Aplicación de técnicas de analítica del aprendizaje como soporte a la clase invertida

Aarón Rubio Fernández

Tesis depositada en cumplimiento parcial de los requisitos para el grado de Doctor en

Ingeniería Telemática

Universidad Carlos III de Madrid

Directores:

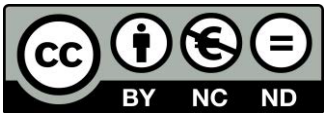
Carlos Delgado Kloos
Pedro José Muñoz Merino

Tutor:

Pedro José Muñoz Merino

Junio, 2020

Esta tesis se distribuye bajo licencia "Creative Commons **Reconocimiento – No Comercial – Sin Obra Derivada**".



Esta Tesis Doctoral está dedicada a mis padres, por todos los esfuerzos y sacrificios que han hecho, y siguen haciendo, para proporcionarme todo lo que he necesitado en esta vida y mucho más. Espero compensarles algún día por todo lo que han hecho por mí.

Sus principios, valores, y enseñanzas son el modelo que siempre he intentado seguir, y siempre intentaré seguir. Si todas las personas fuera como ellos, el mundo sería un lugar infinitamente mejor.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradecer a mis padres todo el apoyo que me han dado y los sacrificios que han realizado todos estos años para darme la oportunidad de completar mis estudios.

De la misma forma, agradecer a mis abuelos y a todos mis familiares todo el cariño que me han demostrado a lo largo de mi vida. Espero poder ayudarles cuando lo necesiten, especialmente a Neve, esa pitufa que me ha hecho sonreír tantas veces.

También agradecer a mi tutor, Pedro, la oportunidad de realizar esta Tesis Doctoral, y prestarme toda la ayuda que he necesitado.

Finalmente, agradecer a mis amigos que me hayan siguiendo brindando su amistad, pese al poco tiempo que nos hemos visto estos últimos años. En especial, a Boris, el mejor amigo que se puede tener.

CONTENIDOS PUBLICADOS Y PRESENTADOS

- Rubio-Fernández, A., Santamaría-González, F., Muñoz-Merino, P. J. y Delgado Kloos, C. (2017). A Data Collection Experience with Canvas LMS as a Learning Platform. In LASI-SPAIN (pp. 109-123).
    - Rol del autor de la tesis en la publicación:
        - Contribución parcial en la conceptualización global.
        - Desarrollo del software.
        - Gestión y análisis de los datos.
        - Validación de los datos.
        - Contribución parcial al diseño de la visualización de los datos.
        - Contribución parcial al análisis de resultados y a la extracción de conclusiones.
        - Escritura de la primera versión del artículo.
        - Contribución parcial a la escritura de posteriores versiones del artículo.
        - Presentación pública del artículo en el congreso.
    - Incluida parcialmente en el Capítulo 4, adaptando parte de su contenido.
    - El material de esta fuente incluido en la tesis no está señalado por medios tipográficos ni referencias.

- Rubio-Fernández, A., Merino-Muñoz, P. J. y Delgado Kloos, C. (2018). Scenarios for the application of learning analytics and the flipped classroom. In 2018 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON) (pp. 1619-1628). IEEE. https://doi.org/10.1109/EDUCON.2018.8363429
    - Rol del autor de la tesis en la publicación:
        - Contribución parcial a la conceptualización global.
        - Contribución parcial a la selección de los escenarios.
        - Contribución parcial a la selección de las visualizaciones en los diferentes escenarios.
        - Selección de los indicadores de manera global y en los diferentes escenarios
        - Determinación de las acciones antes, durante y después de la clase invertida.
        - Escritura de la primera versión del artículo.
        - Contribución parcial a la escritura de posteriores versiones del artículo.
        - Presentación pública del artículo en el congreso.
    - Incluida parcialmente en el Capítulo 4, adaptando parte de su contenido.
    - El material de esta fuente incluido en la tesis no está señalado por medios tipográficos ni referencias.

- Tsai, Y. S., Gašević, D., Whitelock-Wainwright, A., Muñoz-Merino, P. J., Moreno-Marcos, P. M., Rubio-Fernández, A., Delgado Kloos, C., Scheffel, M., Jivet, I., Drachsler, H. y Tammets, K. (2018). SHEILA: Supporting higher education to integrate learning analytics. University of Edinburgh, Edinburgh, United Kingdom, Tech. Rep.
    - Rol del autor de la tesis en la publicación:
        - Realización de grupos de enfoque en la Universidad Carlos III de Madrid. Tanto grupos de enfoque en los que han participado estudiantes, como grupos de enfoque en los que han participado profesores.
        - Análisis de las entrevistas con el objetivo de descubrir las opiniones de profesores y estudiantes universitarios acerca del uso de la analítica del aprendizaje en sus correspondientes contextos educativos.
    - Incluida parcialmente en el Capítulo 3, adaptando parte de su contenido.
    - El material de esta fuente incluido en la tesis no está señalado por medios tipográficos ni referencias.

- Rubio-Fernández, A., Muñoz-Merino, P. J. y Delgado Kloos, C. (2019). A learning analytics tool for the support of the flipped classroom. Computer Applications in Engineering Education, 27(5), 1168-1185. https://doi.org/10.1002/cae.22144
    - Rol del autor de la tesis en la publicación:
        - Contribución parcial a la conceptualización global.
        - Contribución parcial al diseño de las visualizaciones de la herramienta.
        - Propuestas de acciones de recomendaciones para mejorar la clase invertida.
        - Desarrollo del software.
        - Gestión de los datos para representar las visualizaciones.
        - Escritura de la primera versión del artículo.
        - Contribución parcial a la escritura de posteriores versiones del artículo.
    - Incluida parcialmente en el Capítulo 4 y en el Capítulo 5, adaptando parte de su contenido.
    - El material de esta fuente incluido en la tesis no está señalado por medios tipográficos ni referencias.

- Rubio-Fernández, A., Muñoz-Merino, P. J. y Delgado Kloos, C. (2019). Analyzing the group formation process in intelligent tutoring systems. In International Conference on Intelligent Tutoring Systems (pp. 34-39). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-22244-4_5
    - Rol del autor de la tesis en la publicación:
        - Contribución parcial a la conceptualización global.
        - Contribución parcial al diseño del modelo de datos, y a la metodología para el diseño de la evaluación de la herramienta.
        - Desarrollo del software de formación de grupos
        - Gestión de los datos y realización del código para el análisis.
        - Contribución parcial al diseño de las visualizaciones de los datos.
        - Contribución parcial a la extracción de resultados y conclusiones.
        - Escritura de la primera versión del artículo.
        - Contribución parcial a la escritura de posteriores versiones del artículo.
        - Contribución parcial a la presentación pública del artículo en el congreso.
    - Incluida parcialmente en el Capítulo 6, adaptando parte de su contenido.
    - El material de esta fuente incluido en la tesis no está señalado por medios tipográficos ni referencias.

- Rubio-Fernández, A., Muñoz-Merino, P. J. y Delgado Kloos, C. (2020). Learning Analytics and the Flipped Classroom: Current and Future Research Directions. Artículo enviado para ser considerado para posible publicación.
    - Rol del autor de la tesis en la publicación:
        - Contribución parcial a la conceptualización global.
        - Contribución parcial a la metodología utilizada para seleccionar los artículos que se han analizado en la revisión sistemática del estado del arte realizada y para estructurar dicha revisión.
        - Análisis de los artículos seleccionados para filtrarlos, clasificarlos y extraer las enseñanzas de cada uno de ellos.
        - Contribución parcial a la especificación de las conclusiones obtenidas mediante la revisión sistemática del estado del arte que se ha realizado.
        - Escritura de la primera versión del artículo.
        - Contribución parcial a la escritura de posteriores versiones del artículo.
    - Incluida parcialmente en el Capítulo 2, adaptando parte de su contenido.
    - El material de esta fuente incluido en la tesis no está señalado por medios tipográficos ni referencias.

- Muñoz-Merino, P. J., Moreno-Marcos, P. M., Rubio-Fernández, A., Tsai, Y. S., Gašević, D. y Delgado Kloos, C. (2020). A Systematic Analysis of Learning Analytics using Multi-source Data in the Context of Spain. Artículo que va a ser enviado para ser considerado para posible publicación.
    - Rol del autor de la tesis en la publicación:
        - Realización de grupos de enfoque en la Universidad Carlos III de Madrid. Tanto grupos de enfoque en los que han participado estudiantes, como grupos de enfoque en los que han participado profesores.
        - Análisis de las entrevistas con el objetivo de descubrir necesidades, de estudiantes y profesores, que puedan ser satisfechas mediante el uso conjunto del modelo de clase invertida y la analítica del aprendizaje.
        - Contribución parcial a la escritura del artículo.
    - Incluida parcialmente en el Capítulo 3, adaptando parte de su contenido.
    - El material de esta fuente incluido en la tesis no está señalado por medios tipográficos ni referencias.

ÍNDICE

Índice de figuras……XVI

Índice de tablas……XVIII

Resumen……XXI

Capítulo 1. Introducción……1

1.1. Motivación……6

1.2. Objetivos……9

1.3. Estructura de la memoria……11

Capítulo 2. Estado del arte……14

2.1. Constructivismo y aprendizaje activo……14

2.2. Clase invertida……19

2.3. Aprendizaje colaborativo y la clase invertida……25

2.4. Aprendizaje basado en proyectos y la clase invertida……..30

2.5. Experiencias asociadas al modelo de clase invertida……31

2.6. Analítica del aprendizaje……36

2.7. Combinación de analítica del aprendizaje para la clase invertida. Revisión sistemática del estado del arte……42

2.7.1. Metodología……42

2.7.2. Resultados……44

2.7.2.1. Objetivos de los trabajos analizados……45

2.7.2.2. Uso de la analítica del aprendizaje para el análisis de la clase invertida……47

2.7.2.3. Uso de la analítica del aprendizaje para mejorar el modelo de clase invertida……54

2.8. Conclusiones obtenidas mediante el análisis del estado del arte……65

Capítulo 3. Análisis de las necesidades de analítica de aprendizaje de los miembros de la comunidad educativa y su relación con la clase invertida……70

3.1. Metodología……71

3.1.1. Análisis de las entrevistas y de los grupos focales……72

3.2. Resultados obtenidos……74

3.2.1. Análisis de las entrevistas con los gestores……74

3.2.2. Análisis de los grupos focales con los profesores……75

3.2.3. Análisis de los grupos focales con los estudiantes……76
3.2.4. Conclusiones del análisis de las entrevistas y de los grupos focales……76
3.2.4.1. Entorno de aprendizaje adaptable y personalizado……77
3.2.4.2. Mejora de la comunicación entre profesores y estudiantes……80

Capítulo 4. Propuesta de marco para la combinación de analítica de aprendizaje y la clase invertida……84
4.1. Indicadores utilizados en el marco de trabajo……86
4.1.1 Indicadores asociados con los vídeos……93
4.1.1.1. Indicadores asociados a un único estudiante……93
4.1.1.2. Indicadores asociados a varios estudiantes……94
4.1.2. Indicadores asociados con los ejercicios……101
4.1.2.1. Indicadores asociados a un único estudiante……101
4.1.2.2. Indicadores asociados a varios estudiantes……102
4.1.3. Indicadores asociados con las lecturas……107
4.1.4. Indicadores asociados con los foros de discusión……108
4.2. Uso de los indicadores en los diferentes tipos de clase invertida……109
4.2.1. Clase invertida orientada a ejercicios……110
4.2.1.1. Antes de la clase presencial……113
4.2.1.2. Durante la clase presencial……114
4.2.1.3. Después de la clase presencial……114
4.2.2. Clase invertida orientada a actividades en grupo……115
4.2.2.1. Antes de la clase presencial……117
4.2.2.2. Durante la clase presencial……118
4.2.2.3. Después de la clase presencial……118
4.2.3. Clase invertida orientada a prácticas experimentales……119
4.2.3.1. Antes de la clase presencial……121
4.2.3.2. Durante la clase presencial……122
4.2.3.3. Después de la clase presencial……123
4.2.4. Clase invertida orientada a la creación de recursos educativos por parte del estudiante……124
4.2.4.1. Antes de la clase presencial……126
4.2.4.2. Durante la clase presencial……127
4.2.4.3. Después de la clase presencial……127

4.2.5. Comparativa de los indicadores seleccionados según el modelo de clase invertida utilizado……128
4.3. Reglas e intervenciones adicionales……130
4.3.1. Reglas e intervenciones……132
4.3.1.1. Uso de los indicadores asociados a los vídeos……132
4.3.1.2. Uso de indicadores asociados a los ejercicios……135
4.3.1.3. Uso conjunto de indicadores asociados a vídeos y ejercicios……137

Capítulo 5. Herramienta para la combinación de la analítica del aprendizaje y de la clase invertida……143
5.1. La plataforma GEL……152
5.2. La herramienta desarrollada……157
5.2.1. Nuevas visualizaciones……158
5.2.1.1. Intervalos de un vídeo que más se han visualizado……160
5.2.1.2. Número de veces que se ha visto cada uno de los segundos del video……162
5.2.1.3. Utilidad del vídeo respecto al porcentaje de visualización……163
5.2.1.4. Utilidad del vídeo con respecto a los segundos del vídeo con un volumen de reproducciones elevado……164
5.2.1.5. Número medio de veces que se han intentado los ejercicios de una semana o tema del curso……165
5.2.1.6. Facilidad media asociada a los ejercicios de una semana……166
5.2.1.7. Facilidad al primer intento media asociada a los ejercicios de una semana……167
5.2.1.8. Información de un determinado ejercicio……168
5.2.1.9. Información de una determinada lectura……170
5.2.1.10. Información de un determinado foro de discusión……170
5.2.2. Formación de grupos……171
5.3. Uso de la herramienta……174

Capítulo 6. Evaluación del marco de trabajo y de la herramienta……177
6.1. Validación del marco de trabajo y de la herramienta……177
6.1.1. Análisis cuantitativo……179
6.1.2. Análisis cualitativo……183
6.1.2.1. Opinión acerca del marco de trabajo y de la herramienta……185
6.1.2.2. Usos de las visualizaciones……186
6.1.2.3. Intervenciones a realizar……187
6.1.2.4. Mejoras para el marco de trabajo……188
6.1.2.5. Mejoras para la herramienta……190
6.1.2.6. Usos de la analítica del aprendizaje……192
6.1.3. Consideraciones generales del análisis cuantitativo y cualitativo de las entrevistas……193
6.2. Validación de la formación de grupos……194
6.2.1. Análisis del uso de la información asociada con los vídeos y con los ejercicios……198

Capítulo 7. Conclusiones y trabajos futuros……202

Anexo A. Entrevistas realizadas a gestores y grupos focales realizados profesores y a estudiantes……211
A.1. Entrevistas realizadas a los gestores……211
A.2. Grupos focales realizados a los profesores……213
A.3. Grupos focales realizados a los estudiantes……217

Anexo B. Trabajos considerados en la revisión sistemática del estado del arte……220

Anexo C. Formación de grupos……223
C.1. Algoritmo de agrupamiento K-means……225
C.2. Formación de grupos en base a las puntuaciones de los estudiantes……228
C.3. Formación de grupos en base a los segmentos de los vídeos que los estudiantes han visualizado……231
C.4. Formación de grupos en base a la facilidad y a la facilidad al primer intento de los estudiantes para realizar los ejercicios……234
C.5. Formación de grupos utilizando los tres tipos de datos……236
C.6. Formación de grupos aleatoria……241

Anexo D. Cuestionario para la evaluación de la herramienta……245
D.1. Usabilidad……245
D.2. Efectividad……247
D.3. Intervenciones – Modelo de clase invertida……248
D.4. Uso y mejoras de la herramienta……250

ANEXO E. Respuestas de los profesores con respecto a la usabilidad de la herramienta……252

Referencias……257

ÍNDICE DE FIGURAS

Capítulo 2

Fig. 2.1. Número de trabajos asociados a cada uno de los objetivos del uso de la analítica del aprendizaje junto con la clase invertida…….46

Fig. 2.2. Tipos de clase invertida utilizados en los diferentes trabajos……47

Fig. 2.3. Herramientas y plataformas software utilizadas en los trabajos que analizan el modelo de clase invertida mediante la analítica del aprendizaje…….49

Fig. 2.4. Aspectos de la clase invertida evaluados mediante la analítica del aprendizaje…….53

Capítulo 4

Fig. 4.1. Obtención de información académica mediante la interacción de los estudiantes con los recursos educativos……86

Capítulo 5

Fig. 5.1. Acceso a las visualizaciones…….151

Fig. 5.2. Acceso a información específica de un recurso…….152

Fig. 5.3. Módulo de un curso desarrollado mediante GEL…….153

Fig. 5.4 Número de visualizaciones de los vídeos de una determinada semana……154

Fig. 5.5. Porcentaje del vídeo que ha visto un estudiante……154

Fig. 5.6. Número de accesos a un ejercicio por fecha……154

Fig. 5.7. Intervalos de un vídeo más visualizados…….161

Fig. 5.8. Número de visualizaciones de cada uno de los segundos del vídeo……162

Fig. 5.9. Utilidad del vídeo respecto al porcentaje de visualización……163

Fig. 5.10. Segundos del vídeo con un volumen de reproducciones elevado……..164

Fig. 5.11. Número medio de veces que se intentaron los ejercicios de una semana……165

Fig. 5.12. Facilidad media asociada a los ejercicios de una determinada semana……166

Fig. 5.13. Facilidad al primer intento media asociada a los ejercicios de una determinada semana……167

Fig. 5.14. (I) Información específica de un determinado ejercicio……169

Fig. 5.15. (II) Información específica de un determinado ejercicio……169

Fig. 5.16. Información específica de una determinada lectura……170

Fig. 5.17. Información específica de un determinado foro de discusión……171

Fig. 5.18. Creación de grupos mediante la herramienta……173

Anexo C

Fig. C.1. Algoritmo K-means……226

ÍNDICE DE TABLAS

Capítulo 2

Tabla 2.1. Consulta base de datos…….43

Tabla 2.2. Criterios de exclusión…….44

Tabla 2.3. Número de artículos y año de publicación…….44

Tabla 2.4. Trabajos en los que se analiza el uso de los recursos, sin distinguir entre diferentes tipos de estudiantes……51

Tabla 2.5. Trabajos en los que se analiza el uso de los recursos, distinguiendo entre diferentes tipos de estudiantes……52

Tabla 2.6. Trabajos en los que se analiza el uso de la plataforma de aprendizaje electrónico…….52

Tabla 2.7. Aspecto de la clase invertida que se mejora junto con los indicadores utilizados……55

Tabla 2.8. Indicadores, visualizaciones e intervenciones analizadas en los trabajos……57

Capítulo 4

Tabla 4.1. Indicadores utilizados en cada modelo de clase invertida…….128

Tabla 4.2. Porcentaje medio de visualización del vídeo – Intervenciones……133

Tabla 4.3. Número de veces que se ha visto cada uno de los segundos del vídeo – Intervenciones ……134

Tabla 4.4. Utilidad del vídeo respecto al porcentaje de visualización – Intervenciones ……134

Tabla 4.5. Segundos del vídeo con un volumen de reproducciones elevado – Intervenciones……135

Tabla 4.6. Número de veces que el ejercicio se ha intentado – Intervenciones……135

Tabla 4.7. Número de veces que el ejercicio se ha resuelto correctamente – Intervenciones…….136

Tabla 4.8. Facilidad media de los estudiantes al resolver el ejercicio – Intervenciones……137

Capítulo 6

Tabla 6.1. Usabilidad de la herramienta……179

Tabla 6.2. Usabilidad. Puntuaciones obtenidas en cada uno de los cuestionarios……181

Tabla 6.3. Efectividad de la herramienta……182

Tabla 6.4. Intervenciones que se podrían realizar mediante la herramienta……183

Tabla 6.5. Grupos homogéneos – Media y desviación estándar……197

Tabla 6.6. Grupos heterogéneos – Media y desviación estándar……197

Tabla 6.7. Similitud media entre los grupos creados utilizando la información de los vídeos o la información asociada a los ejercicios……200

Anexo B

Tabla B.1. Objetivos de los trabajos……220

Anexo C

Tabla C.1. Posibles perfiles de los estudiantes……227

Anexo E

Tabla E.1. Respuestas del profesor #1 - Usabilidad de la herramienta……252
Tabla E.2. Respuestas del profesor #2 - Usabilidad de la herramienta……252
Tabla E.3. Respuestas del profesor #3 - Usabilidad de la herramienta……253
Tabla E.4. Respuestas del profesor #4 - Usabilidad de la herramienta……253
Tabla E.5. Respuestas del profesor #5 - Usabilidad de la herramienta……253
Tabla E.6. Respuestas del profesor #6 - Usabilidad de la herramienta……254
Tabla E.7. Respuestas del profesor #7 - Usabilidad de la herramienta……254
Tabla E.8. Respuestas del profesor #8 - Usabilidad de la herramienta……254
Tabla E.9. Respuestas del profesor #9 - Usabilidad de la herramienta……255
Tabla E.10. Respuestas del profesor #10 - Usabilidad de la herramienta……255

RESUMEN

En la actualidad, el modelo de clase tradicional basado en clases magistrales está siendo sustituido cada vez más por otros modelos pedagógicos que ponen el foco del aprendizaje en los estudiantes, en lugar de en el profesor. Uno de estos modelos alternativos es el modelo de clase invertida, que es el modelo de aprendizaje de referencia utilizado en la presente Tesis Doctoral.

Debido a las particularidades del modelo de clase invertida, existen diferentes aspectos que pueden ser objeto de mejora, si se dispusiera de información educativa de calidad que permitiera realizar intervenciones basadas en datos objetivos y significativos. Por ejemplo, si se conocieran los conceptos más complejos para los estudiantes, se podría proporcionar ayuda personalizada a los estudiantes que lo necesitaran, o se podría modificar la estructura de la clase presencial para adaptarla a sus necesidades. En este sentido, en la presente Tesis Doctoral se propone el uso de la analítica del aprendizaje (el análisis de los datos educativos de los estudiantes) para la obtención de información educativa con la que poder realizar acciones que permitan mejorar el proceso de aprendizaje de los estudiantes en un contexto educativo que haga uso del modelo de clase invertida.

Tras un análisis en profundidad del estado del arte mediante una revisión sistemática del mismo, se ha corroborado la necesidad de investigaciones en relación con el uso de la analítica del aprendizaje junto con la clase invertida. Además, el análisis de los resultados de una serie de entrevistas con gestores, profesores y estudiantes universitarios, ha mostrado necesidades educativas que la propuesta puede llegar a satisfacer. Por tanto, existen motivos justificados para el desarrollo del presente trabajo.

En particular, en la presente Tesis Doctoral se define un marco de trabajo teórico en el que se incluye una propuesta de los indicadores asociados a la analítica del aprendizaje más propicios de ser utilizados en diferentes escenarios que hacen uso del modelo de clase invertida, qué información se puede obtener mediante dichos indicadores, y qué intervenciones (acciones) se podrían realizar a través de dicha información de forma que se mejore el proceso de aprendizaje de los estudiantes en un contexto de clase invertida.

Por otra parte, con el objetivo de facilitar la implementación práctica del marco de trabajo, se ha desarrollado una herramienta software de analítica del aprendizaje que

permite obtener y visualizar, de manera automática, la información descrita en el marco de trabajo. De esta forma, los profesores disponen de toda la información necesaria para la toma de decisiones en un contexto de clase invertida. Además, las visualizaciones implementadas en la herramienta han sido diseñadas considerando las particularidades asociadas al modelo de clase invertida, puesto que muestran información muy relevante en un contexto de clase invertida, de una manera simple de interpretar, y con diferentes configuraciones que pueden ser de utilidad en dicho contexto. Por ejemplo, es posible visualizar la información asociada a diferentes intervalos de tiempo y, además, dichos intervalos se pueden ajustar dependiendo de la estructura del curso correspondiente. No sólo eso, la herramienta también incorpora una funcionalidad para la creación de grupos de estudiantes en base a datos de los propios estudiantes, todo ello en un contexto de clase invertida. En concreto, para crear los grupos se utilizan los datos de los estudiantes asociados a sus interacciones con los vídeos y con los ejercicios que se proporcionan antes de la clase presencial. Dicha funcionalidad tiene el objetivo de facilitar el desarrollo de actividades de aprendizaje colaborativo en escenarios en los que se haga uso del modelo de clase invertida.

Finalmente, tanto el marco de trabajo como la herramienta han sido evaluados con el objetivo de determinar su utilidad real. Con este objetivo, se han realizado una serie de experiencias piloto con diferentes profesores en las que se han mostrado tanto el marco de trabajo como la herramienta, tras las cuales se ha realizado una entrevista con cada profesor. Los resultados de dichas experiencias han sido bastante positivos, puesto que los profesores han expresado una opinión favorable tanto del marco de trabajo como de la herramienta. Por otra parte, también se ha evaluado la funcionalidad de la herramienta que permite la creación de grupos de estudiantes. Dicha evaluación ha consistido en el análisis de un conjunto de datos de estudiantes que han seguido el modelo de clase invertida. Los resultados del análisis muestran que la formación de grupos se realiza de manera apropiada y, además, que la herramienta puede ser utilizada, sin perjuicio en sus prestaciones, en escenarios en los que únicamente se disponga de información asociada con la interacción de los estudiantes con vídeos educativos, o en escenarios en los que se disponga exclusivamente de información relacionada con la interacción de los estudiantes con ejercicios online.

Palabras clave: clase invertida, analítica del aprendizaje, análisis de datos, visualizaciones, intervenciones, aprendizaje personalizado.

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

En los últimos tiempos, los sistemas educativos han sido objeto de un cambio de paradigma, pasando de un modelo de enseñanza en el que el profesor es el centro del proceso de aprendizaje, a un modelo de aprendizaje centrado en los estudiantes, tal y como puede verse, por ejemplo, en De Oliveira, (2011). Por tanto, cada vez más se utilizan entornos de aprendizaje en los que el agente principal del proceso de aprendizaje es precisamente el estudiante; entornos de aprendizaje como los que se pueden implementar a través del modelo de aprendizaje activo.

El aprendizaje activo es un modelo pedagógico que pretende que los estudiantes se involucren en su propio proceso de aprendizaje, tal y como puede verse, por ejemplo, en Fidalgo-Blanco, Martinez-Nuñez, Borrás-Gene y Sánchez-Medina (2017). Para conseguir que los estudiantes se involucren, se puede utilizar diferentes tareas, tales como actividades en grupo o debates realizados durante la clase, como se puede apreciar, por ejemplo, en van Leeuwen (2018). Además, existen diferentes metodologías de aprendizaje basadas en el aprendizaje activo que se pueden utilizar en diferentes contextos educativos, por ejemplo, el aprendizaje basado en proyectos, cuyas características principales pueden verse en Krajcik, y Blumenfeld (2006), el aprendizaje basado en problemas, expuesto en detalle en Hmelo-Silver (2004), o el modelo de clase invertida, cuyos elementos básicos pueden verse en Bergmann y Sams (2012).

Por tanto, no es de extrañar que, debido a su gran potencial educativo, las metodologías de aprendizaje activo se utilicen en multitud de contextos educativos actuales, tales como instituciones de educación superior, como se puede ver, por ejemplo, en Bergmann y Sams (2012), o instituciones de educación para adultos, tal y como se muestra, por ejemplo, en De Oliveira (2011). Por ejemplo, el aprendizaje activo facilita la adquisición de conocimientos por parte de los estudiantes y la mejora en sus habilidades asociadas a la resolución de problemas, tal y como puede verse en Zappe, Leicht y Messner (2009), así como la obtención de mejores resultados académicos, como se muestra, por ejemplo, en Read, Watts y Wilson (2016). Por tanto, sería conveniente considerar la posibilidad de utilizar metodologías de aprendizaje activo en contextos educativos actuales, puesto que dichas metodologías tienen un gran potencial desde el punto de vista educativo.

En la presente Tesis Doctoral, de entre los diferentes modelos de aprendizaje activo, se utilizará el modelo de clase invertida que, a grandes rasgos, es un modelo que tiene como objetivo dedicar el máximo tiempo posible de la clase presencial a actividades de aprendizaje activo (Bergmann y Sams, 2012; Bishop y Verleger, 2013). Por ejemplo, actividades de aprendizaje activo como tareas en grupo, tal y como se muestra, por ejemplo, en Wong (2016); o debates entre los estudiantes, como se puede apreciar en, por ejemplo, Galway, Corbett, Takaro, Tairyan y Frank (2014).

La idea general del modelo de clase invertida se basa en proporcionar una serie de recursos educativos (por ejemplo, vídeos en los que se expliquen diferentes conceptos, o ejercicios que traten un determinado tema) antes de la clase presencial, de tal forma que las explicaciones teóricas, que en un modelo tradicional se imparten durante dicha clase presencial, se impartan a través de estos recursos educativos antes de la clase presencial (Lage, Platt, y Treglia, 2000). De esta forma, los estudiantes adquieren un conocimiento básico de los conceptos antes de la clase presencial, para después ampliar dicho conocimiento durante dicha clase a través de las actividades de aprendizaje activo realizadas durante el transcurso de la clase. Por tanto, una clase invertida se puede dividir en dos partes (Bishop y Verleger, 2013).

- La primera parte consisten en la instrucción individual del estudiante antes de la clase presencial, que se realiza mediante los recursos educativos proporcionados antes de dicha clase.
- Mientras que la segunda parte se basa en la realización de actividades de aprendizaje activo durante la propia clase, fase que está destinada a incidir y reforzar los conceptos explicados en dichos recursos. Como es lógico, después de la clase, el estudiante puede volver a acceder a los recursos educativos para consolidar sus conocimientos.

No obstante, hay que destacar que el modelo de clase invertida no es un modelo que siempre se implemente de la misma manera. Existen diferentes aproximaciones a la hora de implementar una clase invertida y que se tienen que considerar si se desea utilizar dicho modelo. En el presente trabajo, se distinguirá entre cuatro tipos de clase invertida, y que se han inferido analizando las diferentes experiencias mostradas en "7 Unique Flipped Classroom Models" (2017). En concreto, estos cuatro tipos de clase invertida son los siguientes: (1) clase invertida orientada a ejercicios; (2) clase invertida orientada a actividades en grupo; (3) clase invertida orientada a prácticas

experimentales; y (4) clase invertida orientada a la creación de recursos educativos por parte del estudiante. Aunque posteriormente se explicará en detalle esta clasificación, y las particularidades de cada tipo de clase invertida, hay que destacar que la diferencia fundamental entre estos cuatro tipos de clase invertida estriba en las actividades de aprendizaje activo realizadas durante la clase presencial en cada uno de los diferentes modelos.

En todo caso, con independencia del tipo de implementación, el modelo de clase invertida tiene varias ventajas desde el punto de vista educativo, motivo por el cual se ha seleccionado dicho modelo como referencia en la presente Tesis Doctoral. En particular, el modelo de clase invertida ofrece tres beneficios educativos:

I. Facilita la implementación de un entorno de aprendizaje personalizado para cada estudiante y adaptado a sus necesidades individuales, tal y como puede verse en Bergmann y Sams (2012). Dicho aprendizaje personalizado es fundamental para conseguir un entorno de aprendizaje eficaz, puesto que la ayuda proporcionada a los estudiantes puede ser muy diferente dependiendo del tipo de estudiante con el que se trate, como se muestra en Baalsrud-Hauge et al. (2015), tanto en términos de recursos educativos proporcionados como de actividades a realizar, tal y como se indica en Hórreo y Carro (2007).

II. Mejora la comunicación entre profesores y estudiantes, como se puede apreciar, por ejemplo, en Gilboy, Heinerichs y Pazzaglia (2015).

III. Permite disponer de un mayor tiempo durante la clase presencial para realizar actividades que promuevan la participación activa de los estudiantes, tal y como se indica en Milman (2012).

Además, el modelo de clase invertida posee otras ventajas educativas adicionales, como, por ejemplo, las siguientes:

- Obtención de mejores resultados académicos en determinados contextos en comparación con el modelo de enseñanza tradicional basado en clases magistrales, tal y como puede verse por ejemplo en Muñoz-Merino et al. (2017).
- Mejora del compromiso de los estudiantes con su aprendizaje, como se puede apreciar en Fredricks, Blumenfeld y Paris (2004).

- Mejora de la percepción de los estudiantes con respecto a su aprendizaje (en otras palabras, los estudiantes creen que aprenden más si utilizan el modelo de clase invertida que en el caso de utilizar el modelo tradicional), como sucede en Gilboy et al. (2015).

No obstante, la clase invertida también tiene desventajas. Por ejemplo, en un modelo de clase invertida, los estudiantes no pueden realizar preguntas al profesor en tiempo real cuando están estudiando los conceptos, puesto que dicho estudio se realiza antes de la clase presencial y fuera de la clase, tal y como puede verse, por ejemplo, en Bergmann y Sams (2012). Otra desventaja del modelo, y la más importante seguramente, radica en la necesidad de que los estudiantes se preparen la clase presencial estudiando los recursos educativos proporcionados antes de dicha clase, puesto que, si no realizan dicha tarea preparatoria, las actividades de aprendizaje activo realizadas durante la clase no servirán de mucho a los estudiantes al carecer del conocimiento necesario para poder realizar apropiadamente dichas actividades, como se remarca en (Bergmann y Sams, 2012; Pardo, Gašević, Jovanovic, Dawson y Mirriahi, 2018; Wong, 2016).

En cuanto a la "analítica del aprendizaje", se debe destacar que no existe una única definición consensuada globalmente, sino que existen diferentes interpretaciones acerca de lo que realmente implica la analítica del aprendizaje. En esta Tesis Doctoral, se utiliza la definición proporcionada en el "Call for papers LAK 11" (2011) puesto que se ajusta a los procesos que se han utilizado y realizado. En concreto, dicha definición de analítica del aprendizaje es la siguiente: "la analítica del aprendizaje es la recopilación, análisis, y visualización de los datos educativos de los estudiantes y sus contextos, con los objetivos de comprender y optimizar el aprendizaje de los estudiantes y los entornos en los que dicho aprendizaje ocurre".

Por tanto, si se dispone de los datos y procesos adecuados, la analítica del aprendizaje puede llegar a proporcionar información educativa muy relevante tanto a profesores como a estudiantes. No obstante, y al igual que el modelo de clase invertida, hay que tener en cuenta que la analítica del aprendizaje posee tanto ventajas como inconvenientes, por lo que se debe conocer todas las implicaciones que conlleva su uso en el contexto educativo. Por una parte, algunas ventajas relacionadas con el uso de la analítica del aprendizaje son las siguientes:

- Se pueden realizar acciones destinadas a mejorar el proceso de aprendizaje de los estudiantes en base a información objetiva proporcionada por la analítica del aprendizaje, como puede verse, por ejemplo, en van Leeuwen (2018). En este sentido, mediante la analítica del aprendizaje se puede, por ejemplo, ayudar a los estudiantes que estén en riesgo de suspender, o de abandonar una asignatura antes de que se produzcan dichos sucesos, como se muestra, por ejemplo, en Baalsrud-Hauge et al. (2015).
- La información proporcionada por la analítica del aprendizaje permite obtener información acerca del uso de los recursos educativos; información que se puede utilizar para adaptar dichos recursos de forma que sean más útiles para los estudiantes, tal y como sucede en Baalsrud-Hauge et al. (2015).
- Se puede obtener información relacionada con el comportamiento de los estudiantes y su motivación, como, por ejemplo, en Wong (2016). Esta información puede ser utilizada para comprender mejor las acciones de los estudiantes en sus correspondientes contextos educativos, así como su proceso de aprendizaje.

No obstante, la analítica del aprendizaje también presenta serios inconvenientes que se deben tener en cuenta. Algunos de ellos son los siguientes:

- Usualmente, la analítica del aprendizaje tiene que tratar con una inmensa cantidad de datos, con lo cual puede ser necesario realizar procesos complejos para analizar dichos datos si se desea obtener información educativa que sea realmente útil, tal y como sucede en Dix, Malizia y Gabrielli (2016).
- No existen demasiados trabajos centrados en cómo los profesores tienen que utilizar exactamente la información obtenida mediante la analítica del aprendizaje para adaptar su metodología docente durante el curso, como se muestra en van Leeuwen (2018).
- La analítica del aprendizaje puede verse como un sistema de monitorización y de vigilancia, lo cual puede generar serias preocupaciones tanto a los estudiantes como a los profesores, tal y como ocurre en (Dix et al., 2016).

Pese a estas desventajas, la analítica del aprendizaje tiene un gran potencial desde el punto de vista educativo ya que, con los datos y procesos adecuados, puede proporcionar información relevante con la que realizar acciones, intervenciones, que realmente mejoren el proceso de aprendizaje de los estudiantes, tal y como puede verse, por ejemplo, en (Baalsrud-Hauge et al., 2015; Doko y Bexheti, 2018; Martínez et al., 2015).

1.1. Motivación

Una vez vistas las características básicas del modelo de clase invertida y de la analítica del aprendizaje, hay que analizar los motivos por los que su uso conjunto puede llegar a ser beneficioso para el proceso de aprendizaje de los estudiantes.

Como se comentó anteriormente, en un modelo de clase invertida es fundamental que los estudiantes se preparen la clase presencial, si se pretende que se beneficien de las actividades de aprendizaje activo realizadas durante dicha clase. Por tanto, sería muy útil saber, antes de la propia clase presencial, si los estudiantes están realizando dicha preparación, de forma que se pudiera promover la preparación de la clase presencial. Además, sería conveniente conocer qué conceptos presentan más dificultades a los estudiantes de forma que se pudiera incidir en dichos conceptos tanto antes de la clase presencial (por ejemplo, proporcionando recursos educativos adicionales centrados en dichos conceptos) como durante la clase presencial (por ejemplo, realizando un mayor número de ejercicios centrados en estos conceptos complejos). Por tanto, sería muy útil que el profesor conociera información de diferente naturaleza con la que mejorar distintos aspectos del modelo de clase invertida.

Por una parte, sería conveniente poder monitorizar si los estudiantes se están preparando la clase presencial, de forma que fuera posible realizar diferentes acciones para alentarles a realizar dicha preparación. Por ejemplo, si analizando los datos educativos de los estudiantes se descubre que los estudiantes no se han preparado la clase presencial, el profesor podría alertar individualmente a cada estudiante para que realizara dicha preparación, tal y como se hace en Prieto-Martín et al. (2018).

Por otra parte, también sería útil poder preparar la clase en base a las necesidades de los estudiantes. Por ejemplo, si el profesor supiera qué conceptos generan más dudas a los estudiantes podría reforzar dichos conceptos en la propia clase mediante explicaciones adicionales durante dicha clase, tal y como sucede en Zappe (2009).

No sólo eso, además de poder obtener información y realizar intervenciones antes de la clase presencial, la analítica del aprendizaje también puede facilitar la toma de decisiones durante la propia clase presencial, como después de la clase presencial.

Con respecto al periodo comprendido durante la clase presencial, la analítica del aprendizaje se podría utilizar para inferir si los estudiantes están comprendiendo los conceptos trabajados durante la clase, de forma que se pudiera incidir en los conceptos más complejos para ellos. Por ejemplo, utilizando herramientas software de recopilación de respuestas en tiempo real, como, por ejemplo, la herramienta "Kahoot!" ("Kahoot", 2019), se pueden adaptar las actividades realizadas durante la clase presencial, tal y como se hace, por ejemplo, en Read et al. (2016).

Por otro lado, analizado, después de la clase presencial, la forma en la que los estudiantes han utilizado los recursos educativos, se podría detectar qué recursos son más útiles (o menos) para los estudiantes. De esta forma, el profesor podría actualizar aquellos recursos con los que los estudiantes no se sientan tan cómodos y mantener los recursos que sí que fueran útiles para los estudiantes. Por ejemplo, analizando el ritmo cardiaco de los estudiantes, con el objetivo de inferir su estado cognitivo (por ejemplo, aburrido, interesado, etcétera), se podría mejorar las diferentes partes del vídeo, en base a si el estudiante está aburrido, o interesado, mientras que visualiza las diferentes partes del vídeo, tal y como se hace en Xiao, Pham y Wang (2015), aunque siempre hay que considerar tanto los aspectos asociados a la privacidad como los aspectos éticos que conlleva el análisis de los datos de los estudiantes, tal y como se expone en (Dix et al., 2016; Drachsler y Greller, 2016). No obstante, con la información apropiada, los profesores podrían evitar, o mitigar al menos, los diferentes problemas que pueden surgir en un modelo de clase invertida y, especialmente, el problema asociado a la falta de preparación de la clase presencial por parte de los estudiantes. Como es lógico, conseguir todo esto no es sencillo, existen multitud de indicadores asociados a la analítica del aprendizaje que se podrían utilizar para obtener diferentes tipos de información. Además, cabría preguntarse qué intervenciones serían más convenientes dependiendo de la información que hubiera disponible. Por este motivo, es necesario realizar un análisis de la literatura científica relacionada con el uso conjunto del modelo de clase invertida y de la analítica del aprendizaje.

Aunque se mostrará en el próximo capítulo ("Capítulo 2. Estado del arte") todos los aspectos del análisis en profundidad de la literatura que se ha realizado, una primera

conclusión de dicho análisis es la siguiente: la combinación de la analítica del aprendizaje con la clase invertida ha sido explorada poco y se necesitan más trabajos sobre ello. Es cierto que existen trabajos relacionados con este tema (tal y como se mostrará en el próximo capítulo), pero no existe como tal un marco de trabajo que especifique qué indicadores asociados a la analítica del aprendizaje son más útiles en cada uno de los tipos de clase invertida identificados, ni qué información se puede obtener mediante dichos indicadores, como tampoco qué intervenciones se podrían realizar mediante dicha información.

Pese a esta necesidad de una investigación en mayor profundidad, hay que destacar que sí que existan aportaciones relevantes en esta área del conocimiento. Por ejemplo, existen trabajos que exploran el uso de la analítica del aprendizaje en entornos de clase invertida, trabajos como, por ejemplo, Redondo-Martínez, Muñoz-Merino, Ruipérez-Valiente, Delgado Kloos, Pijeira-Díaz y Santofimia-Ruiz (2015). Además, se han realizado diferentes esfuerzos para analizar, mediante la analítica del aprendizaje, lo que ha sucedido en una experiencia de clase invertida, tal y como se hace en Muñoz-Merino et al. (2017). También existen experiencias en las que se trata de adaptar la clase presencial en base a la información de los estudiantes recopilada mediante la analítica del aprendizaje, como se hace, por ejemplo, en Estévez-Ayres, Arias-Fisteus, Uguina-Gadella, Alario-Hoyos y Delgado Kloos (2018). Pero, en conjunto, no se dispone de un marco de trabajo que englobe los indicadores, información, e intervenciones, más útiles para los diferentes tipos de clase invertida que se pueden utilizar.

Por todos estos motivos, en esta Tesis Doctoral se propone un marco de trabajo que define los indicadores asociados a la analítica del aprendizaje más relevantes para cada uno de los cuatro tipos de clase invertida que se distinguen, la información que se podría obtener mediante dichos indicadores, así como las intervenciones que se podrían realizar a través de la información obtenida.

No obstante, existe un gran problema a la hora de implementar un marco de trabajo como el propuesto en la presente Tesis Doctoral: se requiere de una gran cantidad de tiempo y esfuerzo para obtener la información necesaria para implementar de manera práctica el marco de trabajo. La recopilación, análisis y visualización de los datos educativos de los estudiantes, requiere de una inversión considerable de trabajo, lo cual puede no ser posible en multitud de ocasiones. Por tanto, sería beneficioso disponer de herramientas que permitieran automatizar las tareas de recopilación, análisis, y

visualización de los datos educativos de los estudiantes, tal y como se muestra en Lust, Elen y Clarebout (2013). En este sentido, es clave la automatización de todo el proceso de obtención y visualización de la información, de forma que el profesor se vea liberado de dichas tareas, como se muestra en Prieto-Martín et al. (2018). De esta forma, sería posible monitorizar el proceso de aprendizaje de los estudiantes durante el transcurso del curso, como sucede en (Dix et al., 2016; Saint, Gašević y Pardo, 2018). Por este motivo, además del marco de trabajo, se ha desarrollado una herramienta software que permite recopilar, analizar y visualizar de manera automática, toda la información necesaria para implementar, en un entorno real, el marco de trabajo propuesto.

1.2. Objetivos

Aunque se ha indicado previamente que se pretende proporcionar un marco de trabajo que defina todo lo necesario para poder utilizar la analítica del aprendizaje junto con el modelo de clase invertida, así como una herramienta software que facilite la implementación práctica del marco de trabajo, se deben concretar los objetivos de la presente Tesis Doctoral, de forma que se pueda evaluar lo conseguido mediante dicho trabajo.

Como primer objetivo, se pretende analizar en detalle cuál es el estado actual de la literatura científica con respecto al uso conjunto de la analítica del aprendizaje junto con el modelo de clase invertida. En concreto, se debe identificar qué se ha realizado hasta el momento, qué falta por hacer y qué posibles líneas de trabajo existen en la actualidad. Para ello se realiza una revisión sistemática del estado del arte en relación con esta área del conocimiento.

Además, también sería conveniente corroborar que realmente existe una necesidad educativa que se pueda satisfacer mediante esta propuesta, es decir que la propuesta esté motivada por las necesidades de los diferentes actores en el contexto educativo. En este sentido, se han recopilado las opiniones de los diferentes agentes de la comunidad educativa (en concreto, gestores, profesores, y estudiantes), con el objetivo de conocer sus necesidades. Una vez conocidas dichas necesidades, se puede comprobar si dichas necesidades pueden ser satisfechas a través de esta propuesta. Por este motivo, el segundo objetivo de la presente Tesis Doctoral es precisamente éste, comprobar que de verdad existe una necesidad que justifique el uso conjunto de la analítica del aprendizaje y la clase invertida en un escenario real.

Como tercer objetivo, se pretende definir un marco de trabajo que proporcione toda la información necesaria para utilizar, de manera apropiada, la analítica del aprendizaje en los diferentes tipos de clase invertida que se han considerado. En concreto, se pretende que el marco de trabajo especifique los indicadores asociados a la analítica del aprendizaje más útiles para los diferentes tipos de clase invertida, la información que se puede obtener mediante dichos indicadores, y las acciones (intervenciones) que se pueden realizar antes de la clase presencial, durante la clase presencial, y después de la clase presencial, en base a dicha información.

El cuarto objetivo, consiste en el desarrollo de una herramienta software que permita implementar de manera práctica el marco de trabajo. De esta forma, utilizando la herramienta, se podría obtener y visualizar toda la información que los profesores necesitan para poder implementar el marco de trabajo en un entorno real

Finalmente, también se pretende evaluar el marco de trabajo y la herramienta software. En concreto, este quinto objetivo se centra en realizar una validación de la usabilidad, utilidad y eficacia de la herramienta y del marco de trabajo. Además, se realiza una validación adicional de una funcionalidad bastante relevante de la herramienta, la funcionalidad asociada a la creación automática de grupos de estudiantes.

Por tanto, la presente Tesis Doctoral tiene cinco objetivos:

I. Analizar el estado actual de la literatura científica relacionada con el uso combinado de la analítica del aprendizaje junto con el modelo de clase invertida.

II. Corroborar que existe una necesidad educativa real que la propuesta puede satisfacer.

III. Diseñar un marco de trabajo que proporcione todo lo necesario para utilizar apropiadamente la analítica del aprendizaje junto con el modelo de clase invertida.

IV. Desarrollar una herramienta software que facilite la implementación práctica del marco de trabajo.

V. Evaluar el marco de trabajo y herramienta software.

1.3. Estructura de la memoria

En este apartado se especifica cómo está estructurado el contenido de la presente Tesis Doctoral. En concreto, además de la presente introducción, se incluyen seis capítulos adicionales, y cinco anexos, siendo el contenido de cada uno de ellos el siguiente:

- En el segundo capítulo "Capítulo 2. Estado del Arte" se realiza un análisis en detalle del estado actual de la literatura. Por tanto, este capítulo se centra en el primer objetivo de la presente Tesis Doctoral ("Analizar el estado actual de la literatura científica relacionada con el uso combinado de la analítica del aprendizaje junto con el modelo de clase invertida").
- En el tercer capítulo ("Capítulo 3. Análisis de las necesidades de los profesores y estudiantes de la comunidad educativa") se describe todo el trabajo realizado con respecto al segundo objetivo comentado anteriormente ("Corroborar que existe una necesidad educativa real que la propuesta puede satisfacer").
- El cuarto capítulo ("Capítulo 4. Marco de trabajo") describe el marco de trabajo propuesto, por lo que dicho capítulo está enfocado en el tercer objetivo del presente trabajo ("Diseñar un marco de trabajo que proporcione todo lo necesario para utilizar apropiadamente la analítica del aprendizaje junto con el modelo de clase invertida").
- En cuanto al quinto capítulo ("Capítulo 5. Herramienta"), se centra en la herramienta software desarrollada para la implementación práctica del marco de trabajo. En este caso, el capítulo está enfocado hacia el cuarto objetivo indicado previamente ("Desarrollar una herramienta software que facilite la implementación práctica del marco de trabajo").
- El sexto capítulo ("Capítulo 6. Evaluación del marco de trabajo y de la herramienta") describe la evaluación del marco de trabajo y de la herramienta. Por tanto, es un capítulo centrado en el quinto, y último objetivo, de la presente Tesis Doctoral ("Evaluar el marco de trabajo y herramienta software").
- En el séptimo capítulo ("Capítulo 7. Conclusiones y trabajos futuros"), se describen las conclusiones, limitaciones, y trabajos futuros del presente trabajo.

- En el primer anexo (“Anexo A. Entrevistas realizadas a gestores y grupos focales realizados a profesores y a estudiantes”), se especifican los cuestionarios utilizados en el segundo objetivo de la Tesis Doctoral (“Corroborar que existe una necesidad educativa real que la propuesta puede satisfacer”, objetivo tratado en el tercer capítulo del presente trabajo).

- En el segundo anexo (“Anexo B. Trabajos considerados en la revisión sistemática del estado del arte”), se proporciona un listado con información asociada a los trabajos analizados mediante la revisión sistemática del estado del arte que se ha realizado (y que está especificada en el segundo capítulo de la presente Tesis Doctoral).
- En el tercer anexo (“Anexo C. Formación de grupos”), se proporcionan los detalles específicos relacionados con la funcionalidad de formación de grupos de estudiantes proporcionada por la herramienta.
- En el cuarto anexo (“Anexo D. Cuestionario para la evaluación de la herramienta”), se indican los cuestionarios utilizados para realizar la evaluación del marco de trabajo y de la herramienta (evaluación especificada en el sexto capítulo del presente trabajo).
- En el quinto, y último, anexo (“Anexo E. Respuestas de los profesores con respecto a la usabilidad de la herramienta”) se muestran las respuestas de los profesores relacionadas con el cuestionario que evalúa la usabilidad de la herramienta.
- Finalmente, en el último capítulo, “Referencias”, se incluye el listado de todas las referencias bibliográficas utilizadas en la presente Tesis Doctoral.

CAPÍTULO 2. ESTADO DEL ARTE

En el presente capítulo se describe el análisis del estado del arte que se ha realizado con el objetivo de estudiar posibles investigaciones relevantes que guarden relación con la presente Tesis Doctoral. De este modo, y como se comentó anteriormente, gracias al análisis del estado del arte se podrá identificar qué se ha realizado hasta el momento, qué falta por hacer y qué posibles líneas de trabajo existen en la actualidad con respecto al uso combinado de la analítica del aprendizaje y el modelo de clase invertida.

En concreto, se han analizado las diferentes investigaciones que abordan, por separado, el modelo de clase invertida y en la analítica del aprendizaje, así como trabajos académicos centrados precisamente en el uso conjunto del modelo de clase invertida y de la analítica del aprendizaje. No sólo eso, además se ha analizado el estado del arte relacionado con los pilares básicos del modelo de clase invertida: el constructivismo y el aprendizaje activo.

Además, con el objetivo de analizar las posibilidades educativas que el aprendizaje colaborativo puede proporcionar en un contexto de clase invertida, también se han analizado investigaciones relacionadas con esta aproximación.

Finalmente, en la última sección del presente capítulo ("Sección 2.8. Conclusiones obtenidas mediante el análisis del estado del arte") se muestran las principales conclusiones extraídas mediante el análisis del estado del arte.

2.1. Constructivismo y aprendizaje activo

Desde que la humanidad comenzó a compartir sus conocimientos, los seres humanos han estado debatiendo acerca de cuál es el mejor método de enseñanza. Por ello, a lo largo de la historia se han desarrollado e implementado diferentes teorías de aprendizaje con el objetivo de intentar facilitar la tarea de aprender a los estudiantes.

Como es de esperar, no existe una teoría de aprendizaje que sea mejor que las demás en todos los posibles contextos de aprendizaje, puesto que existen ventajas y posibles problemas relacionadas con cada una de dichas teorías. Una teoría de aprendizaje que está siendo aplicada cada vez más en muchos sistemas educativos actuales es el constructivismo, tal y como se muestra en Schunk (2012).

El constructivismo defiende que el individuo forma, adquiere, construye, su propio conocimiento en base a sus conocimientos previos y en base a nuevas experiencias en

las que se apliquen el nuevo conocimiento (Bada y Olusegun, 2015; Koohang, Riley, Smith y Schreurs, 2009; Schunk, 2012). Por tanto, en un escenario de aprendizaje basado en el constructivismo, hay que fomentar situaciones en las que los estudiantes tengan que utilizar activamente sus conocimientos previos. De este modo, podrán adquirir nuevos conocimientos mediante experiencias educativas en las que se utilicen los conocimientos previos que ya poseen, tal y como sucede en (Koohang et al., 2009; Schunk, 2012). Por ejemplo, se pueden destacar las siguientes experiencias educativas basadas en el constructivismo comentadas en Perkins (1999): (1) escritura de una carta para un aristócrata italiano en la que el estudiante toma el rol de un aristócrata francés y en la que se detalla un momento clave de la Revolución Francesa; (2) predecir qué objetos van a ir más rápido en una superficie con un determinado ángulo de inclinación, y después comprobar la hipótesis experimentalmente en un laboratorio de física; o (3) analizar un poema y relacionarlo con una experiencia personal del estudiante.

Al igual que las demás teorías de aprendizaje, el constructivismo tiene ventajas y desventajas que se deben considerar a la hora de implementar escenarios de aprendizaje constructivistas.

Con respecto a las ventajas del constructivismo hay que destacar que están relacionadas con su principio básico: el individuo aprende cuando utiliza su conocimiento actual en una nueva experiencia. Por tanto, en un escenario de aprendizaje constructivista se puede conseguir que (Schunk, 2012):

- Los estudiantes aprendan a aprender. Como el estudiante amplía sus conocimientos en base a sus conocimientos previos y a las nuevas experiencias, en lugar de simplemente memorizar conocimientos sin llegar a entenderlos, se promueve que el estudiante desarrolle su capacidad para comprender.
- Se disponga de un entorno de aprendizaje personalizado. Debido al hecho de que los estudiantes tienen diferentes capacidades y sensibilidades, para poder asegurar que todos los estudiantes aprenden un concepto, se deben diseñar diferentes actividades educativas que faciliten el estudio de un mismo concepto desde diferentes perspectivas. De este modo, se puede llegar a disponer de un entorno de aprendizaje personalizado para cada estudiante.

- Los estudiantes se interesen significativamente en las actividades educativas realizadas. Si se pretende que los estudiantes aprendan de una manera eficiente, es necesario diseñar actividades que muestren la utilidad de los conceptos estudiados. Este tipo de actividades pueden ser significativamente interesantes para los estudiantes, puesto que les muestran que los conceptos sirven para un fin determinado, y que no son meras abstracciones teóricas. En particular, destaca la posibilidad de utilizar actividades educativas centradas en problemas del mundo real, actividades que vayan más allá de los planteamientos teóricos, puesto que dichas actividades permiten a los estudiantes adquirir experiencias que les serán útiles en su futuro profesional, tal y como se muestra en Scheer, Noweski y Meinel (2012). Por tanto, el uso de este tipo de actividades puede llevar a incrementar la motivación de los estudiantes para realizar la propia actividad, puesto que el hecho de trabajar con ejemplos prácticos puede hacer que se interesen más por las actividades educativas, lo cual a su vez puede llevar a que inviertan más tiempo en dichas actividades.

En cuanto a las desventajas del constructivismo, destaca principalmente el hecho de que las actividades educativas constructivistas a menudo requieren de una mayor cantidad de tiempo en comparación con las típicas actividades realizadas en entornos de aprendizaje tradicionales, tal y como se muestra en Perkins (1999). Bien porque el diseño de la propia actividad requiere de una mayor inversión de tiempo (por ejemplo, la búsqueda de un ejemplo práctico concreto que muestre la utilidad de lo aprendido, es mucho más complicada que el diseño de un ejemplo numérico en el que se resuelva una fórmula teórica), o bien porque el desarrollo de la propia actividad durante la clase requiere de una mayor cantidad de tiempo (por ejemplo, un ejercicio realizado en grupo necesita, típicamente, de más tiempo que un ejercicio numérico realizado por el profesor en la pizarra). Por tanto, las actividades de aprendizaje constructivistas requieren de una inversión de tiempo considerable. Este inconveniente puede ser un gran problema en multitud de ocasiones debido a las limitaciones temporales que, a menudo, se sufren en casi todos los sistemas educativos, como se muestra en Perkins (1999). No obstante, pese a sus desventajas, el constructivismo es una teoría de aprendizaje que puede proporcionar grandes beneficios a los estudiantes si se implementa adecuadamente.

Entrando más en detalle en el concepto de constructivismo, hay que saber que el constructivismo aboga por el aprendizaje activo del estudiante, tal y como se muestra en, por ejemplo, Schunk (2012), por lo que intenta promover que los estudiantes participen activamente en su proceso de aprendizaje, evitando situaciones en las que los estudiantes sean sujetos pasivos que se limiten a escuchar las explicaciones del profesor. Pero, ¿qué implica realmente que los estudiantes aprendan de forma activa?, es decir, ¿en qué consiste exactamente el aprendizaje activo?

El aprendizaje activo es un modelo de aprendizaje en el que se intenta que los estudiantes se involucren en su propio proceso de aprendizaje (Prince, 2004). El objetivo es que los estudiantes realicen actividades educativas que fomenten su participación activa, actividades en las que tengan que reflexionar, utilizar sus conocimientos previos, comprobar hipótesis, contrastar información con sus compañeros o con el profesor, etcétera.

Por este motivo, el término "aprendizaje activo" permite abarcar multitud de escenarios en los que se realizan actividades educativas de muy diversa naturaleza. Por ejemplo, algunas actividades de aprendizaje activo serían las siguientes: debates entre los estudiantes en los que se traten los conceptos que se están aprendiendo, tal y como se muestra en, por ejemplo, Lucero (2016); ejercicios realizados en grupo, por ejemplo, estos ejercicios se utilizan en Giannakos, Krogstie y Aalberg (2016); o uso de herramientas software de recopilación de respuestas en tiempo real (por ejemplo, "Kahoot!") para incentivar la participación de los estudiantes en la resolución de los ejercicios, tal y como se muestra en, por ejemplo, Read et al. (2016). Por tanto, mediante estas actividades de aprendizaje activo, y mediante el aprendizaje activo en general, los estudiantes pueden llegar a entender mejor los conceptos tratados, tal y como se muestra en Zappe et al. (2009).

Debido a su gran potencial educativo, el aprendizaje activo se utiliza cada vez más en multitud de contextos educativos, como se puede apreciar en Bergmann y Sams (2012). Es más, diferentes investigaciones han mostrado que el aprendizaje activo puede proporcionar mejores resultados académicos que el aprendizaje tradicional, como se muestra en, por ejemplo, Zappe et al. (2009), por lo que debería ser tenido en cuenta a la hora de decidir qué modelo de aprendizaje se quiere utilizar en el correspondiente contexto educativo.

Además, el aprendizaje activo también proporciona otras ventajas. Por ejemplo, el aprendizaje activo permite mejorar las notas de los estudiantes y reducir sus tasas de suspensos, tal y como sucede en Prieto-Martín et al. (2018). No sólo eso, además, si se utiliza el aprendizaje activo se puede conseguir que (Zappe et al., 2009): (1) los estudiantes mejoren sus habilidades de resolución de problemas, (2) se aumente el compromiso de los estudiantes con respecto al proceso de aprendizaje, y (3) los estudiantes obtengan mejores resultados académicos en comparación con el modelo de aprendizaje tradicional.

No obstante, el aprendizaje activo también tiene desventajas que hay que considerar a la hora de decidir si puede ser una alternativa viable en diferentes contextos educativos. En concreto, uno de dichos problemas viene dado por el hecho de que las actividades de aprendizaje activo requieren de un mayor tiempo, en contraposición con las actividades que se suelen realizar en un modelo tradicional, tal y como se muestra en Zappe et al. (2009). Por ejemplo, la clásica sesión de problemas realizados por el profesor en la pizarra, requiere de un menor tiempo que un debate entre todos los estudiantes de la clase. Además, hay estudiantes que se sienten más cómodos con el modelo de aprendizaje tradicional, como sucede en Strayer (2012), puesto que ya están acostumbrados a dicho modelo, lo cual explica que en diferentes trabajos el porcentaje de estudiantes que prefieren el modelo tradicional sobre un modelo basado en el aprendizaje activo llegue a cotas del 10%, tal y como ocurre en Street (2015), o incluso a cotas del 18%, como sucede en Galway (2014). Por este motivo, los profesores que utilicen estrategias de aprendizaje activo tienen que encontrar la forma de asegurarse de que se sigue explicando todo el contenido de la asignatura, pero, a la vez, tienen que encontrar tiempo para realizar las actividades de aprendizaje activo durante la clase. Por tanto, sería muy conveniente disponer de un modelo de aprendizaje activo que permitiera realizar actividades de aprendizaje activo durante la clase presencial, pero sin dejar de explicar todo el temario de la asignatura.

No obstante, pese a estas desventajas, el aprendizaje activo puede ser una opción apropiada en la mayoría de los contextos educativos actuales, debido a los beneficios que puede llegar a proporcionar. Por este motivo, cabe plantearse la posibilidad de utilizar un modelo aprendizaje activo como modelo de aprendizaje de referencia.

De entre los diferentes tipos de modelos de aprendizaje activo (por ejemplo, aprendizaje basado en proyectos, o aprendizaje basado en problemas), en la presente Tesis Doctoral se plantea el uso del modelo de clase invertida; modelo que está siendo utilizado en múltiples contextos educativos con resultados favorables, tal y como puede verse en Bergmann y Sams (2012).

2.2. Clase invertida

El modelo de clase invertida permite implementar escenarios de aprendizaje en los que los estudiantes aprenden mediante actividades de aprendizaje activo (Bishop y Verleger, 2013), por tanto, se consigue un escenario de aprendizaje constructivista, ya que el aprendizaje se enfoca en la participación activa de los estudiantes. Además, todo ello sin reducir el tiempo dedicado a las explicaciones de los conceptos clave de la asignatura. Para conseguir todo esto, se proporciona a los estudiantes, antes de las clases presenciales (clases en las que se realizarán las actividades de aprendizaje activo), una serie de recursos educativos (lecturas, vídeos, ejercicios, documentos PDF, etcétera) que permiten a los estudiantes adquirir un conocimiento básico de los conceptos que se van a tratar en profundidad en la clase presencial a través de las actividades de aprendizaje activo (Bergmann y Sams, 2012). De este modo, el profesor no necesita utilizar tiempo de clase para explicar los conceptos teóricos, puesto que los estudiantes los aprenden mediante los recursos educativos proporcionados antes de la clase presencial.

Por tanto, el modelo de clase invertida trata de maximizar el tiempo de clase dedicado a actividades de aprendizaje activo (actividades como, por ejemplo, ejercicios en grupo, prácticas experimentales, debates entre los estudiantes, etcétera), de cara a ofrecer a los estudiantes una experiencia educativa en la que al aprendizaje activo sea la norma, y no la excepción, promoviendo por tanto la participación activa de los estudiantes en sus respectivos procesos de aprendizaje, tal y como puede apreciarse en Bergmann y Sams (2012). De esta forma, utilizando el modelo de clase invertida se está transformando el modelo de enseñanza tradicional centrado en el profesor, en un modelo de enseñanza centrado en el estudiante (Bergmann y Sams, 2012; Bishop y Verleger, 2013).

Como se comentó anteriormente, en un modelo de clase invertida el proceso de aprendizaje de los estudiantes se divide en dos partes (Bishop y Verleger, 2013). En primer lugar, los estudiantes adquieren, mediante los recursos educativos proporcionados antes de la clase presencial, los conocimientos básicos de los conceptos que se van a tratar durante la clase presencial. En segundo lugar, se realizan actividades

de aprendizaje activo durante la propia clase; actividades destinadas a incidir y reforzar los conceptos explicados en dichos recursos. Como es lógico, después de la clase el estudiante puede volver a acceder a los recursos educativos para consolidar sus conocimientos. De cara a maximizar la adquisición de conocimientos, es fundamental que los estudiantes se preparen las clases presenciales mediante el estudio de los conceptos explicados en los recursos educativos asociados a dichas clases presenciales, tal y como puede apreciarse en (Pardo et al., 2018; Prieto-Martín et al., 2018). Esta preparación por parte de los estudiantes es de vital importancia en el modelo de clase invertida, puesto que las actividades de aprendizaje activo realizadas durante la clase presencial requieren que los estudiantes hayan adquirido un cierto conocimiento inicial de los conceptos que se van a trabajar durante dicha clase.

Se puede apreciar que el modelo de clase invertida permite al estudiante aprender a su propio ritmo puesto que, al proporcionarle, antes de la clase presencial, los recursos educativos en los que se explican los conceptos que se van a tratar durante la clase, se le otorga la libertad de acceder a dichos recursos en el momento y lugar que desee y durante todo el tiempo que considere oportuno (Bergmann y Sams, 2012). Por ejemplo, si se proporciona al estudiante un vídeo en el que se explica un determinado concepto, el estudiante puede ver el vídeo cuando lo desee, revisando las partes que más le interesen el número de veces que considere oportuno, durante el tiempo que necesite, y sin tener que sufrir sentimientos negativos por tener que realizar preguntas de conceptos que creen que son fáciles pero que no entienden, y sin tener que sufrir el estrés de tener que responder a preguntas del profesor que quizás no sepan responder o que creen que van a responder erróneamente, temores que se muestran, por ejemplo, en Martin (1987).

De esta forma, se puede llegar a personalizar el aprendizaje en base a las necesidades individuales de cada estudiante, facilitando que los estudiantes que tengan más dificultades con los conceptos tratados puedan revisar las explicaciones el número de veces que consideren oportuno sin tener la presión de estar tomando apuntes a la vez que intentando entender los conceptos. Además, también se facilita que los estudiantes con menos dificultades para aprender puedan avanzar a un mayor ritmo puesto que se les otorga la posibilidad de comprender conceptos más complejos, sin tener que "esperar" a otros compañeros que tengan más dificultades, tal y como puede verse, por ejemplo, en Bergmann y Sams (2012). Debido a estos beneficios, no es de extrañar que el modelo de clase invertida se haya utilizado en los últimos años en diferentes niveles

educativos, desde en la educación primaria y secundaria, tal y como sucede en Bergmann y Sams (2012), hasta en la educación universitaria, tal y como se muestra, por ejemplo, en Enfield (2013) y en la educación para adultos, tal y como se utiliza en Redondo-Martínez et al. (2015), lo cual muestra su gran potencial desde el punto de vista educativo.

No obstante, de nuevo hay que destacar que no existe una metodología docente que funcione mejor que las demás en todos los contextos educativos, y el modelo de clase invertida no es una excepción a esta regla. Por tanto, se debe conocer tanto las ventajas del modelo como sus desventajas para poder disponer de toda la información necesaria para decidir si el modelo es la mejor opción en el correspondiente contexto educativo.

Por una parte, analizando los trabajos previos relacionados con el modelo de clase invertida, se pueden conocer algunas ventajas de la clase invertida, ventajas como las siguientes:

- Aumento de la participación de los estudiantes en su proceso de aprendizaje, tal y como sucede en (Enfield, 2013, Luján-Mora, 2013).
- Mejora de la comunicación entre profesores y estudiantes, como se muestra en Gilboy et al. (2015).
- Posibilita la adquisición en tiempo real de la información relacionada con el proceso de aprendizaje de los estudiantes, por ejemplo, esta ventaja se muestra en Gilboy et al. (2015).
- El ritmo de aprendizaje se adapta a las necesidades individuales de los estudiantes. Cada estudiante aprende a su propio ritmo, pudiendo dedicar más tiempo a los conceptos que le sean más complejos, y un menor tiempo a los conceptos que le resulten más sencillos, tal y como ocurre en Bergmann y Sams (2012).
- Mejora la percepción de los estudiantes acerca de su aprendizaje (es decir, los estudiantes creen que aprenden más mediante el modelo de clase invertida, en comparación con el modelo tradicional), como se puede apreciar en Gilboy et al. (2015).
- Los estudiantes prefieren el modelo de clase invertida en lugar del modelo tradicional, tal y como se muestra, por ejemplo, en Gilboy et al. (2015).

- Los estudiantes obtienen mejores resultados académicos al utilizar el modelo de clase invertida que en el caso de utilizar el modelo tradicional, tal y como ocurre en Muñoz-Merino et al. (2017).

En cuanto a las desventajas del modelo de clase invertida, considerando los trabajos previos, se pueden destacar las siguientes:

- Es necesario que los estudiantes se preparen las clases presenciales, trabajando con los recursos educativos proporcionados antes de la clase presencial, por ejemplo, esta desventaja se muestra en Bergmann y Sams (2012). Este puede ser el mayor inconveniente del modelo de clase invertida, y el principal motivo por el que diferentes experiencias educativas no han obtenido los resultados esperados.
- La creación de recursos educativos que sean útiles para los estudiantes implica un considerable esfuerzo, y una gran inversión de tiempo, tal y como se muestra en (Bergmann y Sams, 2012; Luján-Mora, 2013).
- Si se distribuyen los recursos educativos a través de Internet, se puede discriminar a estudiantes que no dispongan de los medios técnicos para acceder a dichos recursos (por ejemplo, por cuestiones económicas), problema que se destaca, por ejemplo, en Enfield (2013).
- Si los estudiantes tienen dudas acerca de los conceptos explicados en los recursos educativos preparatorios para la clase presencial, no pueden disponer de un "feedback" inmediato para resolver dichas dudas, lo cual es una desventaja en comparación con el modelo tradicional en el que se explican dichos conceptos durante la propia clase presencial, tal y como se incide en Bergmann y Sams (2012).
- En muchas experiencias existe un número pequeño de estudiantes (en relación con el tamaño de la clase) al que no les gusta el modelo de clase invertida, y que preferirían seguir el modelo de clase tradicional, problema que se destaca especialmente en Bishop y Verleger (2013).

Una vez conocidos tanto el potencial educativo del modelo de clase invertida, como sus ventajas e inconvenientes, sería lógico intentar realizar una implementación práctica de dicho modelo. No obstante, antes de realizar la implementación, hay que saber cómo se debe realizar, es decir, hay que preguntarse si existen diferentes alternativas a la hora de

implementar un modelo de clase invertida, de tal modo que se pueda realizar la implementación que mejor se ajuste al correspondiente contexto educativo. Por tanto, hay que considerar si existe más de un tipo de clase invertida y qué características tendrían dichas variantes del modelo. Para responder a esta pregunta, se debe analizar las distintas implementaciones realizadas y que se han explicado en detalle en diferentes investigaciones. En particular, en base a las diferentes experiencias de clase invertida mostradas en "7 Unique Flipped Classroom Models" (2017), se han identificado cuatro modelos de clase invertida que se pueden utilizar en diferentes escenarios; escenarios que se han definido en Rubio-Fernández et al. (2018): (1) clase invertida orientada a ejercicios; (2) Clase invertida orientada a actividades en grupo; (3) clase invertida orientada a prácticas experimentales; y (4) clase invertida orientada a la creación de recursos educativos por parte del estudiante.

De los siete tipos de experiencias de clase invertida descritas en "7 Unique Flipped Classroom Models", en total se han seleccionado cinco de ellas (las otros dos restantes no incorporan, o no definen, actividades de aprendizaje activo para la clase presencial, por lo que se han descartado), y se han agrupado en los cuatro tipos de clase invertida que se han comentado anteriormente. En concreto, las características básicas de los cuatro tipos de clase invertida que se han identificado, así como las experiencias mostradas en "7 Unique Flipped Classroom Models" que se han considerado para la definición del correspondiente tipo de clase invertida, son las siguientes:

- Clase invertida orientada a ejercicios: se corresponde con la experiencia de tipo “The Standard Inverted Classroom”. En la clase invertida orientada a ejercicios, durante la clase presencial, se realizan ejercicios y problemas de aprendizaje activo destinados a consolidar los conceptos tratados en los recursos educativos preparatorios. Por ejemplo, este tipo de clase invertida se utiliza en: (AlJarrah, Thomas y Shehab, 2018; Barral, Ardi-Pastores y Simmons, 2018; Bhuiyan, Goodarzi, Large, Serrano y Bristow, 2018; Silva, Zambom, Rodrigues, Ramos y de Souza, 2018). En este caso, un posible ejercicio de aprendizaje activo consistiría en pedir a un estudiante que resuelva un problema en la pizarra, y que otros estudiantes realicen la corrección de dicho problema.

- Clase invertida orientada a actividades en grupo: se corresponde con las experiencias de tipo “The Discussion-Oriented Flipped Classroom” y “The Group-Based Flipped Classroom”. En este caso, durante la clase presencial los estudiantes se dividen en diferentes grupos y realizan actividades de aprendizaje activo en grupo. Algunos casos en los que se utiliza este tipo de clase invertida son los siguientes: (Jovanović, Gašević, Dawson, Pardo y Mirriahi, 2017; Muñoz-Merino et al., 2017; Sun, Lu y Xie, 2016; White et al., 2017). Por ejemplo, se puede realizar un debate en el que cada grupo tenga que defender una idea, o se puede realizar un proyecto en el que cada grupo tenga que desarrollar una determinada parte de dicho proyecto.
- Clase invertida orientada a prácticas experimentales: la experiencia asociada es la experiencia de tipo “The Demonstration-Focused Flipped Classroom”. En la clase invertida orientada a prácticas experimentales la clase presencial está dedicada a la realización de prácticas experimentales en las que se trabajan casos y problemas “reales”. En este caso, las actividades pueden ser tanto prácticas individuales como en grupo, pero deben ser prácticas experimentales como, por ejemplo, desarrollo de programas informáticos que resuelvan situaciones del mundo real, laboratorios de química, o laboratorios de electrónica en los que se implemente hardware de equipos reales. Algunas experiencias en las que se implementa este tipo de clase invertida son las siguientes: (Corrias y Hong, 2015; Khoo, Scott, Peter y Round, 2015; Mellefont y Fei, 2014; Wong, 2016)
- Clase invertida orientada a la creación de recursos educativos por parte del estudiante: la experiencia asociada es la experiencia denominada “Flipping The Teacher”. En este tipo de clase invertida, el objetivo es que el estudiante aprenda los conceptos tratados, explicando dichos conceptos a sus compañeros. Por este motivo, los estudiantes crean recursos académicos que explican los conceptos que se van a tratar en la clase presencial. Por ejemplo, en (Bergmann y Sams, 2012; Fidalgo-Blanco et al., 2017) se utiliza este tipo de clase invertida. Con el objetivo de proporcionar información al estudiante acerca de la calidad de los recursos educativos que ha creado, se puede pedir a sus compañeros que evalúen dichos recursos educativos y que proporcionen comentarios al autor. No sólo eso, el profesor también puede proporcionar opiniones y recomendaciones a los autores de los recursos educativos.

Se puede apreciar que no existe una única manera de implementar una clase invertida ya que se han realizado multitud de experiencias de muy diversa índole, tal y como puede apreciarse en "7 Unique Flipped Classroom Models" (2017), por lo que es importante analizar cuidadosamente qué modelo se adapta mejor al correspondiente contexto educativo. No obstante, gracias a la revisión sistemática del estado del arte que se presenta en esta Tesis Doctoral, se ha descubierto que el modelo de clase invertida orientada a ejercicios es el modelo que se suele utilizar en la mayoría de escenarios analizados.

Con respecto a dicha predominancia, un posible motivo puede ser que la implementación del modelo de clase invertida orientado a ejercicios durante todo el curso académico, o durante todo el cuatrimestre, no suele suponer un cambio tan grande en comparación con los otros tres modelos de clase invertida (por ejemplo, basar una asignatura completamente en actividades en grupo o en prácticas experimentales requiere de un volumen de cambios mucho mayor que implementar un modelo de clase invertida en el que se realicen ejercicios de aprendizaje activo durante la clase presencial). Por este motivo, una alternativa viable sería complementar el modelo de clase invertida orientada a ejercicios con algunas clases presenciales en las que se implementen el resto de modelos. Por ejemplo, durante un cuatrimestre se podrían realizar actividades en grupo en tres clases, prácticas experimentales en otras tres clases, una de las clases se podría utilizar para que los estudiantes expusieran los recursos educativos que han creado ellos mismos y recibieran “feedback” de sus compañeros, y el resto de clases se podrían utilizar para realizar ejercicios individuales de aprendizaje activo.

2.3. Aprendizaje colaborativo y la clase invertida

Pese a que el modelo de clase invertida orientada a ejercicios es el modelo predominante en la mayoría de los trabajos que hacen uso de la clase invertida, no se debe desdeñar el potencial educativo del aprendizaje en grupo en contextos de clase invertida (también se puede denominar este tipo de aprendizaje como aprendizaje colaborativo), puesto que dicho aprendizaje en grupo puede llegar a proporcionar grandes beneficios desde el punto de vista educativo. Además, aunque el modelo de clase invertida orientado a actividades en grupo no se suela utilizar durante todo el transcurso del curso, sí que es habitual su uso en algunas clases específicas del curso, debido precisamente a las ventajas que trae consigo el aprendizaje colaborativo. Por este

motivo, se debe analizar en detalle en qué consiste el aprendizaje colaborativo, de modo que se disponga de toda la información necesaria para poder utilizarlo en escenarios educativos que hagan uso del modelo de clase invertida.

El aprendizaje colaborativo considera que el estudiante aprende mediante la interacción con sus compañeros, es decir, el aprendizaje colaborativo considera que los elementos clave del proceso de aprendizaje de los estudiantes (los elementos que permiten aprender a los estudiantes) son las interacciones entre los estudiantes, es decir, las interacciones que se producen cuando los alumnos trabajan en grupo en un proyecto común, tal y como puede apreciarse en Gogoulou, Gouli, Boas, Liakou y Grigoriadou, (2007). Como es lógico, para que dicho aprendizaje se produzca realmente, los estudiantes tienen que tener una actitud activa al realizar la actividad de aprendizaje colaborativa, es decir, que los estudiantes se involucren activamente en la actividad, lo cual implica que el aprendizaje colaborativo requiere que el aprendizaje sea también un aprendizaje activo.

Una vez vista la idea general detrás del concepto de aprendizaje colaborativo, se pueden considerar algunas actividades de aprendizaje colaborativo que se podrían realizar durante la clase presencial en un modelo de clase invertida. En concreto, se pueden considerar algunas actividades que van más allá de la actividad clásica en la que se asigna un determinado proyecto a los estudiantes para que lo desarrollen en grupo a lo largo del cuatrimestre. Por ejemplo, cada estudiante de un determinado grupo podría explicar a sus compañeros un determinado concepto, tal y como sucede en, por ejemplo, Hayashi (2012, 2018); también se puede hacer que cada estudiante de un grupo revise el trabajo de otro de sus compañeros de grupo, tal y como sucede en Adewoyin, Araya y Vassileva (2016); o también se puede agrupar a los estudiantes por parejas, en las que cada uno de los integrantes realiza una determinada acción (por ejemplo, en un entorno de programación, uno de los estudiantes se puede encargar de escribir el código del programa, mientras que el otro se puede encargar de revisar la lógica del programa, así como de prevenir los posibles errores de dicho código), tal y como ocurre en, por ejemplo, Harsley, Di Eugenio, Green, Fossati y Acharya (2016).

No obstante, cabe preguntarse si el aprendizaje colaborativo realmente proporciona resultados positivos en contextos educativos reales. En este sentido, se puede decir que el aprendizaje colaborativo sí que ha obtenido resultados positivos en diferentes investigaciones, como por ejemplo en (Francescato et al., 2006; Liu y Tsai, 2008). Esto

no es de extrañar debido a las ventajas que el aprendizaje colaborativo ofrece desde el punto de vista educativo. Por ejemplo, el aprendizaje colaborativo permite: (1) mejorar las habilidades sociales y de aprendizaje de los estudiantes; (2) promover las interacciones entre los estudiantes; y (3) desarrollar habilidades multidisciplinares (como, por ejemplo, habilidades para resolver los problemas derivados del trabajo el grupo, o para gestionar el tiempo del proyecto que se tiene que realizar en grupo); tal y como se muestra en (Foot y Howe, 1998; Johnson, 2019; Tobar y de Freitas, 2007).

Sin embargo, hay que tener en cuenta la importancia que tiene, en un entorno de aprendizaje colaborativo, que todos los miembros del grupo contribuyan realmente a la actividad en grupo, importancia que se remarca en (Schunk, 2012), y que puede apreciarse en diferentes trabajos como, por ejemplo, en (Deibel, 2005; van Leeuwen, 2018). Esto es fundamental, puesto que hay que evitar situaciones en las que únicamente trabajen ciertos miembros del grupo mientras que el resto no se implica en la actividad. Para asegurarse de que los miembros del grupo participan por igual en la actividad en grupo, se pueden utilizar diferentes mecanismos de control, por ejemplo, se puede pedir a los estudiantes que documenten sus aportaciones a la actividad en grupos, de modo que cada uno de los estudiantes del grupo podría explicar sus contribuciones al grupo, tal y como sucede en Schunk (2012). No obstante, pese a que estos mecanismos de control son útiles y se pueden utilizar en cualquier actividad en grupo, se debe ir un paso más allá y centrarse en los elementos fundamentales del aprendizaje colaborativo que son, en efecto, los grupos de estudiantes.

Como se acaba de comentar, la configuración de los grupos de estudiantes es fundamental en el aprendizaje colaborativo, pudiendo tener un gran impacto, tanto positivo como negativo, en el aprendizaje de los estudiantes. Dicho impacto puede llegar a ser muy importante, por lo que agrupar adecuadamente a los estudiantes es fundamental para obtener los beneficios esperados de la actividad en grupo, tal y como se destaca en Christodoulopoulos y Papanikolaou (2007a). Pero, ¿cómo se deberían crear los grupos?, ¿hay que dejar a los estudiantes agruparse por su cuenta?, ¿deben agruparlos los profesores?

Hay que saber que es muy habitual dejar la tarea de formación de grupos a los propios estudiantes, puesto que no se suele tomar demasiado en serio dicho proceso, debido a la sensación de que el tiempo que se requiere para formar los grupos no compensa los resultados que se obtendrían mediante una formación de grupos basada en unos

determinados criterios. Esto lleva a que muchas veces se deja a los estudiantes agruparse como desean, lo cual no permite garantizar que se vaya a fomentar la participación de los estudiantes, ni que vayan a interaccionar entre ellos, como se muestra en Deibel (2005). Por tanto, una opción mucho más razonable sería que la formación de grupos la realizara el propio de profesor. De esta forma, se podría llegar a incrementar la interacción y la implicación de los estudiantes, en el contexto del aprendizaje colaborativo, tal y como se destaca en Hórreo y Carro (2007). Por tanto, se debe analizar cuidadosamente el proceso de creación de grupos si se quiere crear grupos de estudiantes que realmente obtengan el máximo beneficio posible de la actividad en grupo.

A la hora de crear grupos de estudiantes que realmente permitan a los estudiantes obtener el máximo beneficio de la actividad en grupo, lo primero que se debe decidir es si se pretende que los grupos contengan estudiantes con el mismo perfil (por ejemplo, estudiantes con unas notas parecidas), en cuyo caso se habla de “grupos homogéneos”, o con distinto perfil, en cuyo caso se utiliza el término “grupos heterogéneos”. Para obtener los perfiles de los estudiantes, se pueden utilizar diferentes aproximaciones que dependen de dos elementos: los datos de los estudiantes que se van a considerar; y el algoritmo de agrupamiento que se va a utilizar.

En relación con los datos de los estudiantes, existen diferentes posibilidades, es decir, diferentes tipos de datos que se pueden utilizar. Por ejemplo, se pueden utilizar las respuestas a los estudiantes a encuestas que pretenden obtener información relacionada con sus intereses y objetivos de aprendizaje, tal y como sucede en Baalsrud-Hauge et al. (2015); también se pueden utilizar sus notas, como ocurre, por ejemplo, en van der Laan Smith y Spindle (2007); o se pueden usar los datos relacionados con la interacción de los estudiantes con los recursos educativos como, por ejemplo, los vídeos, como ocurre en Mirriahi, Liaqat, Dawson y Gašević (2016), o los ejercicios, tal y como sucede en Gauch, y Biswas (2016).

En cuanto a los algoritmos de agrupamiento que se pueden utilizar, se puede decir que se suelen emplear algoritmos de muy diversa índole. Por una parte, se pueden utilizar algoritmos con una complejidad relativamente baja como, por ejemplo, los algoritmos "K-means", tal y como se utiliza en (Aghababyan, Lewkow y Baker, 2018; Pardos, Trivedi, Heffernan y Sárközy, 2012), o "Fuzzy C-Means", por ejemplo, Christodoulopoulos y Papanikolaou (2007a). Por otra parte, en el otro extremo, se

pueden utilizar algoritmos relativamente complejos como los algoritmos "Expectation-maximization", tal y como se usa en Min et al. (2015), algoritmos basados en reglas, tal y como se utilizan, por ejemplo, en Tobar y de Freitas (2007), o algoritmos de optimización tales como el algoritmo "Hill Climbing", el algoritmo "Ant Colony Optimization", o algoritmos genéticos, algoritmos que se utilizan, por ejemplo, en Moreno, Ovalle y Vicari (2012).

Una vez conocidos los datos de los estudiantes que se quieren considerar, y el algoritmo de agrupamiento que se va a utilizar, se pueden obtener los perfiles de los estudiantes y, mediante dichos perfiles, se pueden crear los grupos de estudiantes de manera relativamente sencilla, puesto que sólo hay que agrupar a los estudiantes en base a sus perfiles (si los grupos son homogéneos, en cada grupo se incluyen estudiantes con el mismo perfil, mientras que si los grupos son heterogéneos, en cada grupo se incluyen estudiantes con distinto perfil).

Se puede apreciar que el proceso de creación de grupos para entornos de aprendizaje colaborativo es un proceso complejo que requiere de una considerable inversión de tiempo y esfuerzo, y que depende en gran medida del contexto educativo utilizado. En el caso del modelo de clase invertida, hay que saber que en multitud casos se han utilizado vídeos y ejercicios como recursos preparatorios de la clase presencial, casos como, por ejemplo, (Enfield, 2013; Newton, Cameron y De Albornoz, 2015; Muñoz-Merino et al., 2017; Yudintseva, 2016). Por este motivo, los datos relacionados con las interacciones de los estudiantes con dichos recursos pueden ser muy útiles a la hora de crear grupos de estudiantes en contextos de clase invertida, puesto que dichos datos pueden permitir inferir el nivel de conocimiento de los estudiantes, tal y como sucede en Mazza y Dimitrova (2004), así como información representativa de su proceso de aprendizaje, como se muestra, por ejemplo, en Garrick (2018).

En cualquier caso, se puede apreciar que el aprendizaje colaborativo proporciona multitud de beneficios a los estudiantes, por lo que se debe tener muy en cuenta a la hora de implementar un modelo de clase invertida. Además, no es necesario elegir entre aprendizaje colaborativo o actividades individuales de aprendizaje activo, puesto que es posible utilizar los dos tipos de actividades en un mismo contexto educativo. De este modo, las actividades colaborativas y las actividades individuales de aprendizaje activo se pueden complementar unas a otras, ofreciendo a los estudiantes un entorno de aprendizaje en el que se les proporciona los beneficios de ambos tipos de aprendizaje.

2.4. Aprendizaje basado en proyectos y la clase invertida

Además de actividades de aprendizaje activo basadas en ejercicios concretos e independientes entre sí (tanto ejercicios realizados de manera individual como en grupo), los estudiantes también pueden aprender mediante la realización de actividades más complejas que impliquen la realización de una serie de actividades, o hitos, relacionados entre sí, para ser completadas. En otras palabras, se puede promover que los estudiantes aprendan mediante la realización de proyectos en los que tengan que realizar diferentes actividades con un objetivo en común: la finalización del proyecto. Por este motivo, en esta sección se tratarán las características básicas del aprendizaje basado en proyectos.

En este caso, se utiliza la definición de aprendizaje basado en proyectos proporcionada en Krajcik y Blumenfeld (2006): el aprendizaje basado en proyectos promueve un aprendizaje basado en la aplicación práctica de las ideas que se están estudiando, es decir, se intenta involucrar a los estudiantes en tareas o proyectos "del mundo real" que sean similares a las tareas a las que se enfrentarán cuando ejerzan su profesión. Por tanto, el aprendizaje basado en proyectos se basa en un enfoque constructivista (Krajcik y Blumenfeld, 2006), en el que los estudiantes entienden mejor un concepto cuando construyen activamente el conocimiento relacionado con ese concepto, mediante la realización de tareas prácticas y la aplicación de las ideas relacionadas con dicho concepto, especialmente si la tarea trata un tema que de verdad les interese.

En cuanto a las ventajas del aprendizaje basado en proyectos, destacan la mejora que se consigue en la relación entre el estudiante y el profesor, como sucede, por ejemplo, en Bada y Olusegun, (2015), y la mejora en los resultados de los estudiantes en comparación con el modelo tradicional, tanto en términos de notas, como en términos de actitud de los estudiantes con respecto a la asignatura en cuestión, tal y como sucede en, por ejemplo, Krajcik y Blumenfeld (2006).

No obstante, y como en cualquier modelo de aprendizaje, el aprendizaje basado en proyectos también tiene diferentes desventajas, desventajas como las siguientes:

- Si se quisiera implementar el modelo de aprendizaje basado en proyectos en todo un grado universitario, se requeriría una gran cantidad de esfuerzo y tiempo, por lo que pudiera suceder que no fuera viable dicha implementación "global", tal y como se destaca en De Oliveira (2011).

- Si el número de estudiantes es elevado, los profesores pueden simplemente no tener el tiempo suficiente como para proporcionar un "feedback" individual y de gran calidad a cada estudiante de manera personalizada, desventaja que se remarca, por ejemplo, en Krajcik y Blumenfeld (2006).
- No es sencillo encontrar contenidos "del mundo real" que permitan que el proyecto realmente permita trabajar con los conceptos que se tienen que tratar, tal y como se comenta en Scheer et al. (2012).

No obstante, pese a estas desventajas, se puede apreciar que el aprendizaje basado en proyectos puede ser utilizado en un modelo de clase invertida, puesto que los proyectos son actividades de aprendizaje activo que pueden ser realizados en un contexto de clase invertida. En otras palabras, el modelo de clase invertida también puede implementarse desde una perspectiva centrada en el aprendizaje basado en proyectos, tal y como se remarca en Bergmann y Sams (2012), lo cual es otra muestra de la flexibilidad que dicho modelo proporciona.

En particular, el modelo de clase invertida orientada a prácticas experimentales, es el modelo más proclive a tomar esta aproximación, debido a posibilidad de utilizar dichas prácticas para realizar proyectos de diferente envergadura, por ejemplo, desde proyectos realizados en una única sesión práctica, como se muestra, por ejemplo, en Fleagle et al., (2018), hasta un proyecto que se desarrolle durante varias sesiones del curso, como sucede, por ejemplo, en Estévez-Ayres et al. (2018). Además, los proyectos pueden ser de diferente índole, por ejemplo, proyectos realizados en laboratorios informáticos, como en Okumoto et al. (2018), laboratorios médicos, tal y como se muestra en Fleagle et al. (2018), o prácticas en laboratorios de electrónica, como sucede en Khoo et al. (2015). Por tanto, se puede decir que el modelo de clase invertida permite utilizar el aprendizaje basado en problemas, ofreciendo por tanto todos los beneficios de dicho tipo de aprendizaje.

2.5. Experiencias asociadas al modelo de clase invertida

Considerando todo lo expuesto hasta el momento, se puede apreciar que el modelo de clase invertida no consiste en simplemente proporcionar a los estudiantes una serie de recursos educativos antes de la clase presencial y en realizar actividades de aprendizaje activo durante dicha clase presencial, sino que es un modelo complejo con múltiples variantes y posibilidades, que permite utilizar una amplia gama de recursos y actividades educativas, todo ello con el objetivo de mejorar el proceso de aprendizaje de

los estudiantes mediante un enfoque basado en el aprendizaje activo. No obstante, pese a los beneficios teóricos mostrados hasta el momento, hay que preguntarse si se han obtenido resultados positivos en escenarios reales, es decir, si el modelo de clase invertida ha permitido mejorar el proceso de aprendizaje de estudiantes reales en cursos reales.

Afortunadamente, existen multitud de trabajos que describen los resultados obtenidos mediante la implementación del modelo de clase invertida en contextos educativos reales. Además, dichos estudios se han realizado en diferentes niveles educativos, tales como en Educación Secundaria, por ejemplo, Lucero (2016), o en enseñanza universitaria, por ejemplo, Fidalgo-Blanco et al. (2017), con resultados positivos. Además, también existen estudios en los que el modelo de clase invertida ha proporcionado mejores resultados que el modelo de enseñanza tradicional, tanto en términos de notas, como de satisfacción de los estudiantes con el proceso de aprendizaje, tal y como sucede en (Baepler, Walker y Driessen, 2014; Fidalgo-Blanco et al., 2017; Street, Gilliland, McNeil y Royal, 2015; Webb y Doman, 2016).

No obstante, hay que destacar que existen algunas experiencias en las que el modelo de clase invertida no ha proporcionado resultados tan positivos. En este sentido, hay que decir que se han realizado experiencias en las que los estudiantes no se han adaptado bien a las actividades de aprendizaje activo realizadas durante la clase presencial debido a su falta de experiencia con dichos tipos de actividades, por ejemplo, experiencias en las que los estudiantes se han quejado del incremento en el trabajo que han tenido que invertir para preparase precisamente las clases presenciales, como sucede, por ejemplo, en Smallhorn (2017). Por otra parte, también existen experiencias en las que muchos de los estudiantes no se han preparado las clases presenciales, tal y como sucede en Yang, Wu y Cao (2016). En general, al utilizar el modelo de clase invertida siempre suele haber una pequeña parte de los estudiantes (usualmente un número pequeño de estudiantes) que rechazan frontalmente dicho modelo porque prefieren el modelo tradicional ya que les resulta más cómodo (ven el modelo tradicional como un modelo en el que simplemente tienen que ir a clase, sentarse y escuchar), hecho que se destaca en Bishop y Verleger (2013).

Por tanto, se debe tener en cuenta que el modelo de clase invertida no es la solución definitiva a todos los problemas del ámbito educativo, sino que es una opción que puede ayudar a los estudiantes si se implementa adecuadamente en contextos educativos

apropiados. No obstante, en términos generales, el modelo de clase invertida ha proporcionado resultados académicos positivos en la mayoría de las experiencias que han implementado dicho modelo, tal y como se muestra en Bishop y Verleger (2013), lo cual muestra el gran potencial educativo del modelo de clase invertida.

Considerando lo expuesto hasta el momento, se puede ver que el modelo de clase invertida todavía tiene margen de mejora si se consiguen resolver algunas de las desventajas que dicho modelo presenta. Por este motivo, no es sorprendente que se hayan realizado diferentes esfuerzos en esta dirección. Por ejemplo, se han realizado esfuerzos para intentar adaptar el diseño de la clase presencial (las actividades realizadas en dicha clase presencial) en base al nivel de preparación de los estudiantes (de los conocimientos que poseen), esfuerzos como los mostrados, por ejemplo, en (Abeysekera y Dawson, 2015; Estévez-Ayres et al., 2018). También existen investigaciones centradas en añadir nuevas actividades destinadas a ser realizadas después del estudio de los recursos educativos preparatorios para la clase presencial pero antes de dicha clase, investigaciones como, por ejemplo, Fidalgo-Blanco et al. (2017). Además, se han desarrollado nuevas herramientas informáticas destinadas a facilitar el seguimiento del modelo de clase invertida, herramientas como la mostrada en Cruz-Argudo (2017).

No sólo eso, hay que destacar que también se han realizado esfuerzos para intentar resolver unos de los problemas más relevantes de la clase invertida: la falta de preparación de la clase presencial por parte de los estudiantes. En este sentido, se han planteado diferentes alternativas centradas en el uso de ejercicios como elementos para promover la preparación de la clase presencial, alternativas como las siguientes:

- Se han utilizado ejercicios sumativos (ejercicios con una nota que cuenta para la nota global de la asignatura) con el objetivo de promover que los estudiantes se preparen la clase presencial, tal y como sucede en (Corrias y Hong, 2015; Giannakos y Chrisochoides, 2014; Jovanović et al., 2017).
- También se ha planteado la posibilidad de realizar ejercicios durante la visualización del vídeo (es decir, los ejercicios están incluidos en el propio sistema de reproducción del vídeo, o en un panel lateral de la página web que incluye el vídeo, y se tiene que realizar dichos ejercicios al llegar a una parte determinada del vídeo), por ejemplo, (Giannakos et al., 2016; Ono y Nakajima, 2015; Read et al., 2016).

- Además del uso de ejercicios, también existen otras posibilidades para intentar que los estudiantes se preparen las clases presenciales. Por ejemplo, se puede pedir a los estudiantes que traigan a clase una lista de preguntas en relación con los conceptos que se hayan tenido que estudiar antes de dicha clase, tal y como sucede en (Bergmann y Sams, 2012; van Leeuwen, 2018); o se puede otorgar puntuación extra a los estudiantes que muestren que realmente se han preparado la clase presencial, por ejemplo, Corrias y Hong (2015).

El problema de estas soluciones es que no permiten detectar antes de la clase presencial la falta de preparación de dicha clase presencial por parte de los estudiantes, es decir, estas propuestas confían en que los estudiantes van a prepararse la clase presencial, ya sea por implicación con el modelo, por beneficio personal (por ejemplo, por la puntuación extra), o por miedo a consecuencias negativas (como, por ejemplo, perder los puntos asociados a la puntuación extra). Por tanto, sería muy conveniente poder detectar el problema asociado a la falta de preparación de la clase presencial antes de dicha clase presencial, puesto que de este modo sería posible avisar a los estudiantes que no se hubieran preparado la clase presencial para que realizaran dicha preparación. De este modo, se estaría tomando un rol proactivo, evitando que se produzcan los problemas, o resolviéndolos antes del punto crítico que, en este contexto, sería el comienzo de la clase presencial.

Debido a la escasez de soluciones que permitan solventar la falta de preparación de la clase presencial antes de dicha clase, en muchos contextos educativos este problema sigue estando presente sin una solución clara a la vista. Esto limita mucho los beneficios del modelo de clase invertida, puesto que sin una preparación previa las actividades de aprendizaje activo realizadas durante la clase presencial no sirven de mucho a los estudiantes, lo cual implica que su proceso de aprendizaje se ve seriamente afectado, tal y como se destaca en Pardo et al. (2018).

En este sentido, si se pudiera detectar este problema y avisar y animar a los estudiantes para que se preparen la clase presencial en un modelo de clase invertida, se resolvería este punto crítico del modelo. Además, también sería muy útil que el profesor conociera diferentes aspectos relacionados con el aprendizaje de los estudiantes, ya que dicho conocimiento le permitiría preparar la clase adaptándola a las necesidades de los estudiantes. Por estos motivos, se puede inferir que, para mejorar el modelo de clase invertida, sería muy conveniente averiguar, antes de la clase presencial, el nivel de

conocimiento de los estudiantes asociado a los conceptos que se van a tratar durante dicha clase. Por ejemplo, si el profesor sabe qué conceptos generan más dudas a los estudiantes, puede reforzar dichos conceptos en la clase; de la misma forma, si el profesor conoce los conceptos que han sido comprendidos por los estudiantes, puede preparar actividades adicionales para profundizar en dichos conceptos. Por tanto, sería muy conveniente que el profesor pudiera conocer qué nivel de conocimientos tienen los estudiantes en relación con los conceptos que se van a tratar.

Por otra parte, también sería conveniente conocer la utilidad de los recursos educativos que se proporcionan antes de la clase presencial, puesto que el profesor podría mantener los recursos que fueran útiles para los estudiantes, y actualizar aquellos recursos con los que los estudiantes no se sientan tan cómodos.

En definitiva, sería beneficioso saber el nivel de conocimientos de los estudiantes, de forma que se pueda adaptar apropiadamente el modelo de clase invertida a las necesidades educativas de los estudiantes, ya sea promoviendo la preparación de la clase presencial, mejorando los recursos educativos proporcionados, o modificando apropiadamente la estructura de la clase presencial de forma que se realicen actividades educativas que sean de verdad útiles para los estudiantes.

Pero, ¿cómo se podría lograr que los estudiantes se preparen las clases presenciales en un contexto de clase invertida? Existen diferentes alternativas para intentar promover dicha preparación. Por ejemplo, haciendo que los estudiantes tengan que resolver ejercicios relacionados con los vídeos preparatorios, tal y como sucede en (Corrias y Hong, 2015; Giannakos, y Chrisochoides, 2014; Jovanović, et al. 2017), o pidiéndoles que traigan a clase preguntas relacionadas con los vídeos preparatorios, como ocurre en (Bergmann y Sams, 2012; van Leeuwen, 2018).

Pese a que soluciones de este tipo pueden permitir resolver el problema, podría ser de utilidad tomar un enfoque más proactivo con el que los profesores puedan anticiparse a los problemas antes de que sucedan (por ejemplo, si se pudiera detectar a los estudiantes que no se han preparado la clase presencial un cierto número de días antes de dicha clase, el profesor podría comunicarse directamente con el estudiante en cuestión para animarle a que se prepare la clase presencial). En esta dirección se centra precisamente la presente Tesis Doctoral, puesto que plantea el uso de la analítica del aprendizaje para intentar prevenir, o mitigar al menos, los problemas típicos de un contexto de clase invertida como puede ser la falta de preparación de la clase presencial. Además, la

analítica del aprendizaje también permite proporcionar al profesor información con la que realizar intervenciones destinadas a adaptar el modelo de clase invertida a las diferentes necesidades de los estudiantes.

2.6. Analítica del aprendizaje

Hay que recordar que, en el capítulo anterior, se presentó la definición de analítica del aprendizaje propuesta en el "Call for papers LAK 11" (2011): "La analítica del aprendizaje consiste en la recopilación, análisis y presentación de los datos sobre los estudiantes y sus contextos, con el objetivo de entender y optimizar el proceso de aprendizaje de los estudiantes y los entornos en los que se produce". Además de la definición de analítica del aprendizaje, también es importante conocer las mejoras específicas que puede llegar a proporcionar de forma que se pueda ver su potencial desde el punto de vista educativo. En concreto, entre otras muchas posibilidades la analítica del aprendizaje permite lo siguiente:

I. Proporcionar a los profesores información académica relevante, de forma que puedan ofrecer una ayuda más apropiada a los estudiantes, tal y como se muestra en van Leeuwen (2018).

II. Monitorizar el proceso de aprendizaje de los estudiantes, de tal modo que sea posible tomar decisiones basadas en datos objetivos, con la finalidad de proporcionar la mejor educación posible a los estudiantes, como ocurre, por ejemplo, en Dix et al. (2016);

III. Conocer qué estudiantes están realizando progresos en su aprendizaje, por ejemplo, Wong (2016).

IV. Proporcionar a los estudiantes recomendaciones personalizadas (por ejemplo, recomendaciones de recursos educativos), como sucede, por ejemplo, en Baalsrud-Hauge et al. (2015).

Por tanto, la analítica del aprendizaje pretende mejorar el proceso de aprendizaje de los estudiantes proporcionando a los profesores, y a los estudiantes, información académica relevante relacionada con dicho proceso de aprendizaje ("Call for papers LAK 11", 2011; Elias, 2011; Gašević, Dawson y Siemens, 2015). Precisamente, el uso de datos educativos es la mayor ventaja de la analítica del aprendizaje, puesto que se proporciona a los profesores la posibilidad de tomar decisiones basadas en datos objetivos con las que mejorar el proceso de aprendizaje de los estudiantes, tal y como se muestra en, por

ejemplo, Dix et al. (2016). En este sentido, la analítica del aprendizaje permite monitorizar el proceso de aprendizaje de los estudiantes, tal y como sucede, por ejemplo, en (Dix et al., 2016; Wong, 2016), permitiendo, entre otras cosas, establecer una comunicación efectiva entre los profesores y los estudiantes, como ocurre en, por ejemplo, van Leeuwen (2018), o saber si los estudiantes se están preparando la clase presencial, en un contexto de clase invertida, mediante los recursos educativos proporcionados, tal y como sucede en Wong (2016).

Uno de los aspectos a tener en cuenta de la analítica del aprendizaje es en relación con la privacidad, monitorización y vigilancia. Por ejemplo, en Dix et al. (2016) se remarca dicho aspecto, puesto que, en definitiva, se está analizando lo que están haciendo determinados estudiantes y profesores, y puede suceder que dichos estudiantes y profesores no deseen que se monitorice su actividad en el contexto educativo en el que se encuentren.

Además, los indicadores asociados a la analítica del aprendizaje pueden no ser suficientes para proporcionar toda la información que los profesores necesitarían, tal y como se muestra en Dyckhoff, Lukarov, Muslim, Chatti y Schroeder (2013), ya que muchas veces es complicado dar sentido a los datos capturados de forma que realmente se proporcione información educativa útil que permita adaptarse a las necesidades de los estudiantes, dificultad que se muestra, por ejemplo, en (Baalsrud-Hauge et al., 2015; van Leeuwen, 2018), o el volumen de datos es tan elevado que el análisis se vuelve excesivamente complicado, tal y como se puede apreciar, por ejemplo, en Dix (2016).

A todo esto, se suma el problema de que la analítica del aprendizaje, por definición, no puede capturar las acciones de los estudiantes realizadas en entornos de aprendizaje offline. Por ejemplo, si el estudiante descarga un vídeo en lugar de verlo en "streaming", la analítica del aprendizaje no puede adquirir los datos necesarios para modelar sus patrones de visualización. Otro ejemplo que ilustra este problema: si el estudiante primero intenta resolver los ejercicios online con lápiz y papel y, hasta que no los consigue resolver correctamente, no responde en la plataforma de aprendizaje electrónico, no se sabría cuánto le está costando resolver el ejercicio.

Pese a estos problemas, el uso de la analítica del aprendizaje ha permitido que en los últimos tiempos se haya incrementado el número de contextos educativos que implementan un seguimiento del progreso educativo de los estudiantes y una monitorización del compromiso de los estudiantes con su proceso de aprendizaje, tal y

como se puede apreciar en Dix et al. (2016). Por tanto, la analítica del aprendizaje podría utilizarse junto con el modelo de clase invertida, puesto que el análisis de los datos de los estudiantes puede llegar a proporcionar, tanto a estudiantes como a profesores, información muy útil con la que mejorar el proceso de aprendizaje de los estudiantes, beneficio que se remarca, por ejemplo, en Rubio-Fernández et al. (2018).

Por tanto, se puede ver que, en el contexto del modelo de clase invertida, el objetivo principal de la analítica del aprendizaje es mejorar el proceso de aprendizaje de los estudiantes en dicho contexto mediante el análisis de sus datos educativos. Pero, ¿qué datos de los estudiantes hay que considerar?, y, ¿cómo se analizan dichos datos?

En relación con la primera cuestión, hay que saber que existen multitud de trabajos centrados en indicadores asociados a la analítica del aprendizaje, que permiten obtener información académica de los estudiantes a partir de sus datos. De entre todos los indicadores relacionados con la analítica del aprendizaje, se seleccionarán en este trabajo aquellos relacionados con la interacción de los estudiantes con los recursos educativos preparatorios para la clase presencial. En concreto, se seleccionan los indicadores relacionados con dos de los recursos preparatorios más utilizados en entornos de aprendizaje basados en el modelo de clase invertida, los vídeos y los ejercicios, puesto que proporcionarán información muy útil para el objetivo asociado a la mejora de la clase presencial tal y como puede verse en Redondo-Martínez et al. (2015). También se considera el uso de indicadores relacionados con la interacción de los estudiantes con los foros de discusión, indicadores como los mostrados en Wong (2016), e indicadores relacionados con la interacción de los estudiantes con la plataforma online que proporciona el acceso a los recursos educativos, indicadores como los considerados en Silva et al. (2018). Aunque hay que destacar que estos tipos de indicadores tendrán una importancia mucho menor que los indicadores relacionados con los vídeos y con los ejercicios, puesto que las interacciones de los estudiantes con los vídeos y con los ejercicios son las interacciones que van a proporcionar la información más relevante. Además, toda esta información puede ser recopilada, analizada y visualizada mediante herramientas software que hacen uso de la analítica del aprendizaje, herramientas como, por ejemplo, las mostradas en (Cruz-Argudo, 2017; Redondo-Martínez et al., 2015; Silva et al., 2018), lo cual muestra que estos indicadores pueden llegar a proporcionar información muy útil para la mejora del modelo de clase invertida.

Por tanto, el objetivo será mejorar el proceso de aprendizaje de los estudiantes mediante el análisis de sus datos educativos. En muchas ocasiones, se podrá utilizar dichos datos directamente (por ejemplo, se puede utilizar el dato asociado el número de veces que han visualizado un vídeo para saber si han intentado comprender los conceptos expuestos en dicho vídeo), aunque en otras ocasiones se deberán procesar dichos datos para obtener indicadores de más alto nivel. Estos indicadores se pueden ver también como datos de los estudiantes puesto que se obtienen mediante datos "más básicos" de los estudiantes. Por ejemplo, mediante el número de veces que un estudiante ha intentado realizar un ejercicio y el número de veces que lo ha resuelto correctamente, se puede obtener un indicador que muestre la facilidad que tiene el estudiante para realizar el ejercicio (en este caso, el indicador podría ser simplemente el cociente entre el número de veces que se ha resuelto el ejercicio y el número de veces que se ha intentado).

En cuanto al análisis de los datos, es fundamental saber qué objetivo se pretende conseguir con dicho análisis, puesto que, como se puede intuir, el análisis dependerá de lo que se pretenda lograr. Por ejemplo, si se pretende saber si los estudiantes se preparan las clases presenciales, hay que analizar el volumen de uso de los recursos educativos preparatorios, tal y como se hace en (Estévez-Ayres et al., 2018; Gilliland, 2017). En este sentido, se podría utilizar el número de visualizaciones de los vídeos preparatorios para saber si los estudiantes han intentado, al menos, ver los vídeos. Mientras que, si se pretende obtener información con la que poder adaptar la clase a las necesidades de los estudiantes, habría que analizar el comportamiento de los estudiantes cuando interactúan con los recursos educativos, tal y como sucede en, por ejemplo, (Giannakos et al., 2016; Luján-Mora, 2013; Read et al., 2016). En este caso se podría analizar, por ejemplo, los intervalos del vídeo que se han reproducido más, puesto que dichos intervalos pueden indicar que los conceptos explicados en ellos son complejos para los estudiantes, ya que, típicamente, si un estudiante visualiza una determinada parte de un vídeo una y otra vez, es porque dicha parte le resulta compleja. Por tanto, el análisis de los datos dependerá de la información académica que se necesite obtener en el correspondiente contexto educativo.

Otro elemento crucial de la analítica del aprendizaje son las herramientas software que facilitan la recopilación, análisis y visualización de los datos de los estudiantes. Dichas herramientas son cruciales puesto que van a permitir obtener la información de los

estudiantes con la que mejorar el modelo de clase invertida. Por tanto, es fundamental analizar diferentes herramientas software asociadas a la analítica del aprendizaje, de modo que se pueda conocer su potencial para el contexto de la clase invertida. En particular, mediante un análisis de este tipo se puede conocer las características básicas tanto de este tipo de herramienta, como de los diferentes contextos educativos para los que se han desarrollado dichas herramientas. En este sentido, a continuación se enumeran algunas herramientas para la analítica del aprendizaje, así como sus correspondientes características.

- Existen herramientas destinadas a contextos en los que se utilizan prácticas realizadas en aulas de ordenadores, y que permiten a los profesores analizar el tiempo que han invertido en ayudar a los estudiantes, el progreso que realizan los estudiantes en relación con el ejercicio práctico que están realizando, y el tiempo que los diferentes estudiantes han estado esperando para que les ayudasen. En particular, un ejemplo de este tipo de herramientas puede verse en Gutiérrez-Rojas y Crespo-García (2012).
- También se han desarrollado herramientas que permiten visualizar el tiempo que los estudiantes han invertido viendo un determinado vídeo, o el tiempo que han invertido realizando un ejercicio. Por ejemplo, herramientas como la mostrada en Ruipérez-Valiente et al. (2016).
- Además, existen herramientas que proporcionan información acerca de los hábitos de los estudiantes a la hora de realizar los ejercicios (por ejemplo, si suelen ver las ayudas que se les ofrecen para que resuelvan más fácilmente los ejercicios, o si suelen ver los vídeos en los que se explican los conceptos tratados en los ejercicios). Por ejemplo, la herramienta mostrada en Ruipérez-Valiente, Muñoz-Merino, Leony, y Delgado Kloos (2015) es una herramienta de este tipo.
- Existen herramientas que muestran si los estudiantes acceden a los recursos educativos que tratan un determinado concepto, si siguen la estructura del curso (por ejemplo, si se accede primero a los recursos educativos asociados al primer tema de la asignatura, después a los recursos del segundo tema, etcétera), o cuándo han enviado un determinado trabajo para ser calificado, herramientas como, por ejemplo, la expuesta en Mazza y Dimitrova (2004).

- Finalmente, hay que destacar que existen herramientas que proporcionan visualizaciones muy útiles en contextos de clase invertida, como, por ejemplo, la mostrada en Cruz-Argudo (2017), visualizaciones tales como las notas de los estudiantes en los diferentes ejercicios realizados, el porcentaje de visualización de los vídeos, o si los ejercicios se han realizado correctamente al primer intento, o en intentos posteriores.

Por tanto, se puede apreciar que existe una amplia gama de herramientas asociadas a la analítica del aprendizaje que están disponibles actualmente, y que proporcionarían parte de la información que se requiere para mejorar el modelo de clase invertida. Particularmente, la herramienta expuesta en Cruz-Argudo (2017) es clave en el presente trabajo puesto que se ha utilizado como base para desarrollar una herramienta software que proporcione la información utilizada por el marco de trabajo presentado en esta Tesis Doctoral. Pero, el desarrollo de una nueva herramienta software puede plantear una duda muy importante, ¿por qué desarrollar dicha herramienta si, como se ha podido comprobar, existen multitud de herramientas ya desarrolladas e implementadas? En este caso, los motivos de dicho desarrollo son los siguientes.

En primer lugar, aunque dichas herramientas proporcionan gran parte de la información que se necesita para mejorar el modelo de clase invertida, no proporcionan toda la información necesaria. Esto implica que, si se quisiera utilizar estas herramientas en el contexto del presente trabajo, se debería utilizar varias de ellas simultáneamente, lo cual es un problema bastante importante puesto que los profesores suelen rechazar el uso de más de una herramienta, ya que aprender a utilizar dichas herramientas implica un tiempo considerable. Por tanto, es necesario agrupar todas las funcionalidades en una única herramienta que proporcione toda la información al profesor.

En segundo lugar, la mayoría de las herramientas consideradas han sido desarrolladas para ser herramientas asociadas a la analítica del aprendizaje, no herramientas para la clase invertida. Esto implica que están orientadas a proporcionar diferentes visualizaciones de los datos de los estudiantes, sin tener en cuenta las características especiales del modelo de clase invertida, tales como la preparación de las clases antes de las propias clases, la estructura asociada a un curso basado en el modelo de clase invertida (es decir, la fase de preparación de la clase presencial y la fase asociada a la propia clase), o el uso de ejercicios para promover dicha preparación. Por estos motivos, la herramienta presentada en este trabajo, y cuyos detalles se pueden ver en el quinto

capítulo del presente trabajo ("Capítulo 5 Herramienta"), extiende la funcionalidad de la herramienta propuesta en Cruz-Argudo (2017) con toda la información necesaria para mejorar el modelo de clase invertida mediante la analítica del aprendizaje. Además, la herramienta desarrollada también proporciona un sistema para crear grupos de estudiantes en base a la información relacionada con la interacción de los estudiantes con los vídeos y con los ejercicios. Dicho proceso de agrupamiento se realiza de una forma muy simple y eficaz, tal y como se mostrará en detalle en el quinto capítulo ("Capítulo 5. Herramienta"), lo cual facilita mucho al profesor la tarea de crear grupos de estudiantes que realmente estén configurados para la actividad en grupo que se desea realizar. De este modo, es posible extraer todo el potencial educativo que el aprendizaje colaborativo puede llegar a ofrecer al modelo de clase invertida, puesto que se pueden crear grupos de estudiantes diseñados específicamente para el contexto de aprendizaje colaborativo que se pretende implementar, lo cual es clave en el aprendizaje colaborativo.

2.7. Combinación de analítica del aprendizaje para la clase invertida. Revisión sistemática del estado del arte

Con el objetivo de conocer qué trabajos y líneas de investigación se están siguiendo en relación con el uso conjunto de la analítica del aprendizaje y el modelo de clase invertida, se ha realizado una revisión sistemática del estado del arte de la literatura disponible en relación con dicho uso conjunto. Con dicho fin, se analiza la bibliografía disponible actualmente que trate, precisamente, del uso combinado de la analítica del aprendizaje junto con la clase invertida.

2.7.1. Metodología

En concreto, se ha realizado dicho análisis mediante una revisión cuantitativa sistemática del estado del arte, en base a las guías establecidas en (Green, Johnson y Adams, 2006; Pan, 2016). A grandes rasgos, una revisión cuantitativa sistemática del estado del arte es una revisión sistemática del estado del arte que combina estadísticamente los resultados de los trabajos recopilados a través de una determinada búsqueda en diferentes bases de datos (Green et al., 2006). Se ha utilizado este tipo de revisión sistemática por dos motivos:

1. Permite obtener, de una forma clara y concisa, los trabajos realizados hasta el momento, e identificar nuevas áreas proclives para la investigación, tal y como puede verse en (Borrego, Foster y Froyd, 2014). Por tanto, es posible conocer el estado actual de la literatura con respecto al uso combinado de la analítica del aprendizaje con el modelo de clase invertida.
2. Este tipo de revisiones sistemáticas han proporcionado resultados positivos en otros estudios como, por ejemplo, en (Moreno-Marcos, Alario-Hoyos, Muñoz-Merino y Delgado Kloos, 2018; Pérez-Sanagustín et al., 2017).

En cuanto a los trabajos analizados se han considerado aquellos trabajos almacenados en las bases de datos de artículos científicos "Scopus" ("Scopus", 2019) y "Web of Science" ("Web of Science", 2019), puesto que dichas bases de datos son dos de las bases de datos más utilizadas para obtener artículos científicos. Además, dichas bases de datos imponen criterios de calidad para dichos artículos. No sólo eso, también hay que destacar que otras revisiones de la literatura también han utilizado dichas bases de datos, tal y como sucede en (González-Loureiro, Dabic y Kiessling, 2015; Moreno-Marcos et al., 2018; Steuten, van de Wetering, Groothuis-Oudshoorn y Retèl, 2013). Por tanto, estas dos bases de datos permitirán recopilar un conjunto de trabajos relevantes para esta revisión cuantitativa sistemática del estado del arte.

Para obtener un primer conjunto de posibles trabajos relacionados con el uso conjunto de la analítica del aprendizaje y la clase invertida, se ha realizado la siguiente consulta en ambas bases de datos (Tabla 2.1).

TABLA 2.1. CONSULTA BASE DE DATOS

Consulta
("Flipped classroom" OR "Flipping the classroom" OR "Flipped teaching" OR "Inverted classroom" OR "Inverted teaching") AND ("Data-driven" OR "Learning analytics" OR "Visualization" OR "Data mining" OR "Prediction" OR "Data analysis" OR "Analytics" OR "Data driven")

Se puede observar que los términos utilizados en la consulta pretenden obtener todos los trabajos en los que se trate el modelo de clase invertida, teniendo en cuenta las diferentes nomenclaturas del modelo, y en los que a la vez se utilice la analítica del aprendizaje, o algún tipo de análisis de datos educativos. Dicha consulta ha proporcionado los siguientes resultados en las dos bases de datos:

- Scopus: 135 artículos.
- Web of Science: 96 artículos.

Debido al hecho de que 54 artículos se almacenan en ambas bases de datos a la vez, el conjunto inicial de artículos consta de 177 trabajos diferentes. Una vez obtenido este conjunto inicial, y con el fin de analizar en detalle exclusivamente los trabajos que realmente traten del uso combinado de la analítica del aprendizaje y el modelo de clase invertida (algunos de los trabajos incluían algún término de los utilizados en la consulta, pero al analizar en detalle dichos trabajos se ha podido comprobar que en realidad no trataban de la temática considerada en la revisión sistemática del estado del arte), se han aplicado los siguientes criterios de exclusión al conjunto de trabajos inicial (Tabla 2.2).

TABLA 2.2. CRITERIOS DE EXCLUSIÓN

Criterio de exclusión
Artículos de posición ("Position paper")
Artículos publicados después del 31 de diciembre del 2018
Artículos que no traten del uso conjunto de la clase invertida y la analítica del aprendizaje.
Artículos que no estén en inglés
Revisiones del estado del arte

Una vez aplicados estos criterios de exclusión, el conjunto de trabajos ha quedado reducido a un conjunto de 50 artículos que son los se analizan en profundidad.

2.7.2. Resultados

Un primer resultado obtenido mediante la presente revisión sistemática del estado del arte, viene dado por el análisis de la fecha de publicación de dichos artículos. En concreto, hay que destacar el creciente interés en el uso combinado de la analítica del aprendizaje junto con el modelo de clase invertida, puesto que el número de artículos científicos relacionados con esta área de investigación ha ido creciendo en los últimos tiempos, tal y como puede verse en la siguiente tabla (Tabla 2.3).

TABLA 2.3. NÚMERO DE ARTÍCULOS Y AÑO DE PUBLICACIÓN

Año	**Número de artículos**
2018	18
2017	8
2016	8
2015	10
2014	5
2013	0
2012	1

Se puede apreciar un importante aumento en el número de artículos en el año 2015, con un ligero descenso en los siguientes dos años, y un nuevo incremento en el año 2018.

Por tanto, se puede decir que existe un interés creciente en los últimos años (aunque hay que esperar a conocer el número de publicaciones en los próximos años para ver si realmente se mantiene dicho interés a lo largo del tiempo).

2.7.2.1. Objetivos de los trabajos analizados

Con todo lo expuesto hasta el momento, se puede proceder a analizar la información más relevante obtenida mediante el análisis del conjunto de artículos científicos recuperados de las bases de datos. En concreto, dichos artículos proporcionan información clave sobre cómo se ha utilizado la analítica del aprendizaje junto con la clase invertida. El resultado del análisis muestra que, en contextos de clase invertida, se ha utilizado la analítica del aprendizaje con dos objetivos diferentes:

- Evaluar los resultados obtenidos en la experiencia educativa en la que se ha implementado el modelo de clase invertida. Se distinguen dos casos: (1) el análisis individual de la experiencia educativa; y (2) el análisis de la experiencia educativa en comparación con una experiencia previa en la que se ha utilizado el modelo tradicional.
- Mejorar la implementación del modelo de clase invertida realizando diferentes modificaciones en dicha implementación. En este caso, también se distingue entre dos tipos de trabajos: (1) trabajos centrados en modificaciones realizadas a posteriori (es decir, tras haber finalizado la experiencia se realizan modificaciones de cara a nuevas experiencias en el futuro); (2) trabajos centrados en modificaciones realizadas en tiempo real (durante el transcurso de la experiencia se realizan modificaciones que tratan de ajustar la experiencia educativa en base a las necesidades de los estudiantes que están envueltos en dicha experiencia).

En concreto, el número de trabajos asociados a cada uno de estos cuatro casos son los siguientes (Fig. 2.1).

Fig. 2.1. Número de trabajos asociados a cada uno de los objetivos del uso de la analítica del aprendizaje junto con la clase invertida.

Analizando la Fig. 2.1., se puede apreciar que los trabajos relacionados con el análisis de la experiencia de clase invertida son los más habituales (36 de los 52 trabajos se centran en este objetivo, el 72%). Aunque, la mejora de la clase invertida, tanto a posteriori como en tiempo real, también se trata en un número relevante de artículos, en concreto, en 14 de ellos (el 28%). En cuanto a la clasificación concreta de cada uno de los trabajos analizados, dicha información se especifica en la Tabla B.1 incluida en el Anexo B.

En el contexto de la presente Tesis Doctoral, lo más relevante es analizar los trabajos que tratan de mejorar la clase invertida en tiempo real mediante la analítica del aprendizaje, puesto que se intenta promover soluciones con las que poder adaptar (mejorar) en tiempo real la experiencia educativa, de forma que los estudiantes puedan obtener el máximo provecho posible del modelo de clase invertida. Por ejemplo, sería conveniente poder detectar los conceptos más complejos para los estudiantes antes de la clase presencial, de forma que se pueda proveer a los estudiantes de recursos educativos centrados en dichos conceptos antes de la clase, así como diseñar ejercicios enfocados en estos conceptos y que se realizarían durante dicha clase presencial.

Por este motivo, esta revisión del estado del arte se centra, sobre todo, en los trabajos relacionados con la adaptación en tiempo real del modelo de clase invertida mediante la analítica del aprendizaje. En concreto en los siguientes trabajos: (Chetlur et al., 2014; Comerford, Mannis, DeAngelis, Kougioumtzoglou y Beer, 2018; Estévez-Ayres et al.,

2018; Giannakos et al., 2016; Lin y Hwang, 2018; Okumoto, Yoshida, Umemura y Ichikawa, 2018; Read et al., 2016; Redondo-Martínez et al. 2015; Rubio-Fernández et al., 2018; Silva et al., 2018; van Leeuwen, 2018). No obstante, también es importante conocer los aspectos más relevantes de los otros tres tipos de trabajos, de forma que se pueda obtener una panorámica general acerca de las investigaciones centradas en el uso de la analítica del aprendizaje junto con la clase invertida.

2.7.2.2. Uso de la analítica del aprendizaje para el análisis de la clase invertida

En este caso se analizará el uso de la analítica para el análisis de la clase invertida con respecto a cuatro aspectos concretos: (1) los tipos de clase invertida utilizados; (2) la duración de las experiencias; (3) las herramientas y plataformas software utilizadas; y (4) los aspectos de la clase invertida que se han evaluado.

En cuanto a los tipos de clase invertida que se utilizan en dichas experiencias, se utiliza la clasificación definida previamente, y que se basa en las actividades realizadas durante la clase presencial. Por tanto, se distingue entre: (I) clase invertida orientadas a ejercicios, (II) clase invertida orientada a actividades en grupo, (III) clase invertida orientada a prácticas experimentales, y (IV) clase invertida orientadas a la creación de recursos educativos por parte del estudiante. Los resultados pueden apreciarse en la siguiente figura (Fig. 2.2.).

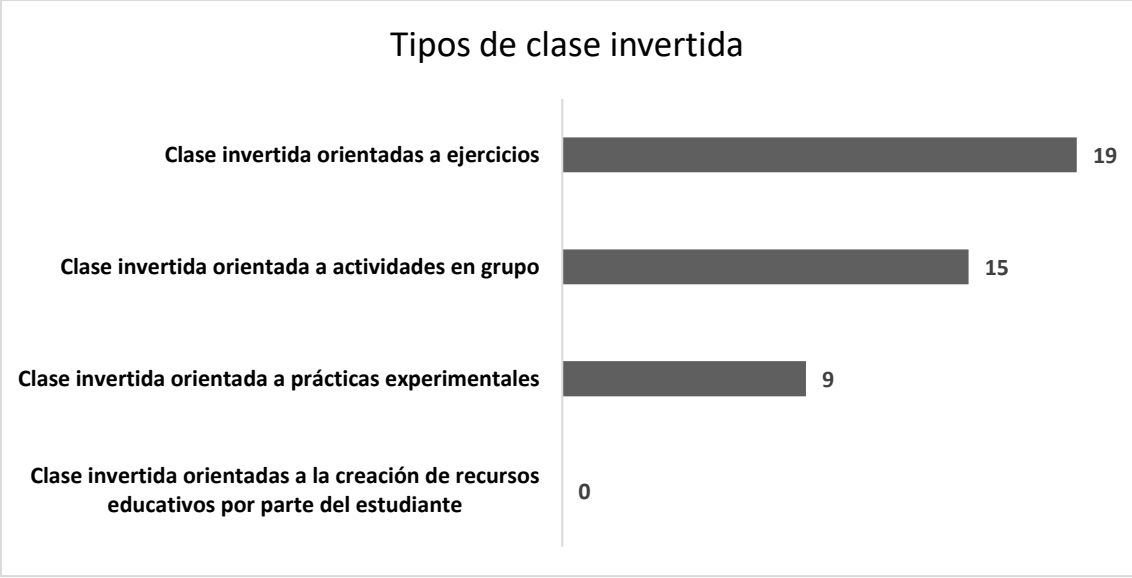


Fig. 2.2. Tipos de clase invertida utilizados en los diferentes trabajos.

Analizando los resultados presentados en la Fig. 2.2., se puede apreciar el mayor uso del modelo de clase invertida orientado a ejercicios y del modelo de clase invertida orientado a actividades de grupo, puesto que se utilizan en 19 de los 36 trabajos (el 52,77 % del total), en el caso de la clase invertida orientada a ejercicios, y en 15 de los trabajos (el 41,66 % del total), en el caso de la clase invertida orientada a actividades en grupo. Por otra parte, el modelo de clase invertida orientado a prácticas experimentales también se utiliza bastante, en concreto en nueve de los 55 trabajos (el 25 %). Mientras que el modelo de clase invertida orientado a la creación de recursos educativos por parte del estudiante no se utiliza en ningún trabajo. Además, hay que destacar que la suma de los trabajos que implementan modelos de clase invertida no es igual al total de trabajos analizados (en total, 36 trabajos), debido al hecho de que en algunas de las experiencias se utilizan diferentes modelos. Por ejemplo, durante unas semanas del curso se utiliza el modelo orientado a ejercicios, mientras que en otras semanas se hace uso del modelo orientado a actividades en grupo.

Estos resultados vienen a confirmar el hecho de que el modelo de clase invertida orientado a ejercicios es el modelo que se suele utilizar en la mayoría de los escenarios, al no suponer un cambio tan grande en comparación con los otros tres modelos de clase invertida, y que el modelo de clase invertida orientado a actividades en grupo también es bastante utilizado. Además, hay que destacar que en varios trabajos (en concreto, en 10 de ellos) se complementa el modelo de clase invertida orientado a ejercicios con varias clases que implementan, bien el modelo de clase invertida orientado a actividades en grupo, o bien el modelo de clase invertido orientado a prácticas experimentales. Por tanto, se puede ver que el modelo de clase invertida orientado a ejercicios es el modelo más utilizado en las diferentes investigaciones analizadas, lo cual es una muestra de su importancia y de su potencial desde el punto de vista educativo. Aunque esto no implica que el modelo de clase invertida orientado a actividades en grupo no sea también una opción válida, sobre todo conociendo los beneficios del aprendizaje colaborativo que se mostraron anteriormente, ni que los otros dos modelos de clase invertida no sean opciones útiles para el aprendizaje de los estudiantes.

En cuanto a la duración de las experiencias, se distinguen entre experiencias que implementan la clase invertida durante todo el curso, experiencias que la implementan durante parte del curso, y experiencias que no la implementan en absoluto. En concreto, 19 de los trabajos implementan experiencias de clase invertida durante todo el curso (el

52,78%), 13 de las experiencias implementan la clase invertida durante parte del curso (el 36,11%), y cuatro de los trabajos no especifican la duración de la experiencia (el 11,11%). Estos resultados muestran un interés importante en relación con el modelo de clase invertida, puesto que más de la mitad de las experiencias se llevan a cabo durante todo un curso lo cual indica que la clase invertida puede ser utilizada como la metodología central de una asignatura y no como una metodología de apoyo que se utiliza únicamente en unas pocas clases.

Con respecto a las plataformas y herramientas software utilizadas en este tipo de experiencias, se puede decir que, aunque son variadas, se pueden clasificar en dos grandes grupos: (1) soluciones diseñadas e implementadas específicamente para las correspondientes investigaciones (soluciones "ad-hoc"); y (2) soluciones basadas en plataformas de aprendizaje electrónico populares cuya madurez se ha demostrado a lo largo de los años, plataformas como por ejemplo, Moodle ("Moodle, 2019") que es la solución preferida de este tipo. En concreto, las plataformas utilizadas en los trabajos son las siguientes (Fig. 2.3).

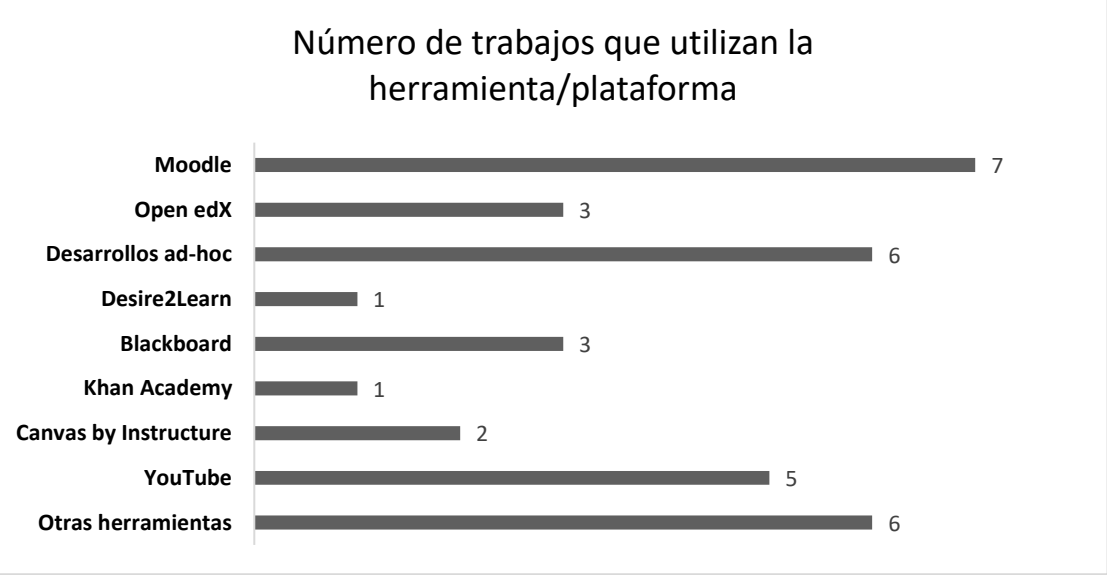


Fig. 2.3. Herramientas y plataformas software utilizadas en los trabajos que analizan el modelo de clase invertida mediante la analítica del aprendizaje.

La figura previa (Fig. 2.3.) muestra que tanto Moodle como las soluciones ad-hoc son las opciones más habituales a la hora de evaluar la clase invertida mediante la analítica del aprendizaje, seguidas por el uso de YouTube ("YouTube", 2020). En concreto, siete de los 36 trabajos utilizan Moodle (19,44 %), seis de los trabajos utilizan soluciones ad-hoc (16,66 %), y cinco de los trabajos utilizan YouTube (el 13,88%). En cuanto al uso de "otras herramientas", hay que decir que este término se refiere a herramientas y

plataformas menos conocidas, y que se han agregado bajo este término por motivos de simplicidad. Por este motivo, sólo se muestran herramientas conocidas y usadas habitualmente en contextos de aprendizaje electrónico (aunque únicamente tengan asociada una aparición en los trabajos analizados), herramientas como, por ejemplo, Khan Academy (“Khan Academy”, 2020), y no se muestran herramientas que son menos conocidas en términos generales. Por otra parte, también se pueden observar otras alternativas como Blackboard ("Blackboard, 2020) u Open edX ("Open edX", 2019), que son también plataformas maduras y bien conocidas, pero que se usan en menor medida en los trabajos considerados, tal y como puede apreciarse en la figura que se acaba de mostrar (Fig. 2.3).

El uso extensivo de plataformas bien conocidas y de soluciones ad-hoc se puede explicar por varios motivos. Por una parte, la necesidad de recopilar y analizar datos específicos hace que sea necesario diseñar herramientas específicas para la investigación que se quiere realizar, lo cual lleva al empleo de soluciones ad-hoc en el contexto del uso conjunto de la analítica del aprendizaje y la clase invertida. Por otra parte, plataformas conocidas, con un alto grado de desarrollo a sus espaldas, son una opción viable si dichas plataformas recopilan los datos que se quieren utilizar en la correspondiente investigación; además, son plataformas muy utilizadas (especialmente Moodle y YouTube), lo cual implica que los investigadores ya estén habituados a utilizarlas, por lo que es lógico utilizar este tipo de herramientas en las experiencias consideradas.

Para finalizar el análisis de los trabajos centrado en el uso de la analítica del aprendizaje para evaluar el modelo de clase invertida, se presentan los aspectos de la clase invertida que se pretenden evaluar. Hay que decir que en algunos de dichos trabajos se evalúan diferentes aspectos de la clase invertida, por este motivo, puede haber trabajos que aparecen en más de un tipo de evaluación. En todo caso, este tipo de trabajos se centran en evaluar tres aspectos de la clase invertida:

I. Uso de los recursos sin distinguir entre diferentes tipos de estudiantes. En este caso, los trabajos analizan cómo se utilizan los recursos educativos, por ejemplo, el número de veces que se ha visto un vídeo, tal y como sucede en Barral et al. (2018), o cuántas veces se ha intentado un ejercicio, como ocurre, por ejemplo, en Sun, et al. (2016), pero sin distinguir entre distintos tipos de estudiantes. De esta forma, se puede inferir el impacto de los recursos educativos que se han utilizado, puesto que es posible saber si los estudiantes han utilizado realmente los recursos educativos proporcionados para aprender los conceptos tratados. Este tipo de evaluación se realiza en los siguientes trabajos (Tabla 2.4).

TABLA 2.4. TRABAJOS EN LOS QUE SE ANALIZA EL USO DE LOS RECURSOS, SIN DISTINGUIR ENTRE DIFERENTES TIPOS DE ESTUDIANTES

Trabajo	Trabajo (continuación)
AlJarrah et al. (2018)	Marasco et al. (2018)
Barral et al. (2018)	McGowan et al. (2014)
Bhuiyan et al. (2018)	Mellefont y Fei (2014)
Corrias y Hong (2015)	Muñoz-Merino et al. 2017
Fleagle et al. (2018)	Santos et al. (2018)
Garrick (2018)	Saterbak, Wettergreen y Roberts (2016)
Giannakos y Chrisochoides (2014)	Thomas y Philpot (2012)
Jovanović et al. (2017)	Watanabe (2014)
Khoo et al. (2015)	White et al. (2017)
Kravchenko y Cass (2017)	Wong (2016)
Lei et al. (2017)	Yang et al. (2016)
Love et al. (2014)	Zhang y Zhu (2017)

II. El uso de los recursos educativos, distinguiendo entre diferentes tipos de estudiantes (qué tipo de estudiantes utiliza qué tipo de recursos). En concreto, se suele clasificar a los estudiantes en base a sus notas. En este caso, el objetivo principal de estos trabajos consiste en descubrir diferencias en los patrones de aprendizaje de los estudiantes en términos del uso de los recursos educativos, distinguiendo entre estudiantes con diferentes notas (por ejemplo, estudiantes con notas elevadas, notas medias, notas bajas, etcétera). Un ejemplo de este tipo de trabajos es el caso de una experiencia en la que se realiza un análisis de las diferencias en los patrones de visualización de los vídeos entre los estudiantes con notas altas (por ejemplo, estudiantes con notables o sobresalientes) y los estudiantes con notas bajas (por ejemplo, estudiantes con aprobados o suspensos), con el objetivo de descubrir si los estudiantes con mejores notas ven más los vídeos que estudiantes con peores notas; análisis como, por ejemplo, el realizado en Han et al. (2015). De esta forma, se puede analizar el impacto que tienen los diferentes recursos educativos en el aprendizaje de los diferentes tipos

de estudiantes. En este caso, los trabajos incluidos en esta clasificación son los siguientes (Tabla 2.5).

TABLA 2.5. TRABAJOS EN LOS QUE SE ANALIZA EL USO DE LOS RECURSOS, DISTINGUIENDO ENTRE DIFERENTES TIPOS DE ESTUDIANTES

Trabajo	Trabajo (continuación)
AlJarrah et al. (2018)	Saint et al. (2018)
Andergassen et al. (2015)	Santos et al. (2018)
Corrias y Hong (2015)	Saterbak et al. (2016)
DeRuisseau (2016)	Smallhorn (2017)
Han et al. (2015)	Sun et al. (2016)
Martínez-Muñoz y Pulido (2015)	Thomas y Philpot (2012)
Ng y Xie (2017)	White et al. (2017)
Ono y Nakajima (2015)	Yamada y Hirakawa (2015)

III. El uso de la plataforma de aprendizaje electrónico. Estos trabajos analizan la manera en la que los profesores y estudiantes acceden a la plataforma de aprendizaje electrónico utilizada, así como la cantidad de tiempo invertida en la plataforma, tal y como sucede en Lei et al. (2017). El objetivo de estos trabajos es medir la utilidad de la plataforma de aprendizaje electrónico, así como tratar de inferir el comportamiento de los usuarios (profesores y estudiantes) en el contexto de aprendizaje electrónico asociado a la plataforma. Por ejemplo, analizando el patrón de navegación por la plataforma (el patrón de "clicks" dentro de la plataforma), se puede inferir si los estudiantes siguen un aprendizaje lineal siguiendo la estructura del curso proporcionada, o si van saltando partes del curso para después volver a ellas más adelante. En este sentido, sería posible mejorar la estructura del curso (por ejemplo, organizando los ejercicios según su nivel de dificultad, u organizándolos por temática) en base a los diferentes patrones de interacción con la plataforma. Los trabajos relacionados con este tipo de evaluación son los siguientes (Tabla 2.6).

TABLA 2.6. TRABAJOS EN LOS QUE SE ANALIZA EL USO DE LA PLATAFORMA DE APRENDIZAJE ELECTRÓNICO

Trabajo
Hu et al. (2016)
Lei et al. (2017)
Newton et al. (2015)
Santos et al. (2018)
Wong (2016).

Gráficamente, el número de trabajos centrados en cada uno de estos aspectos de la clase invertida es el siguiente (Fig. 2.4).

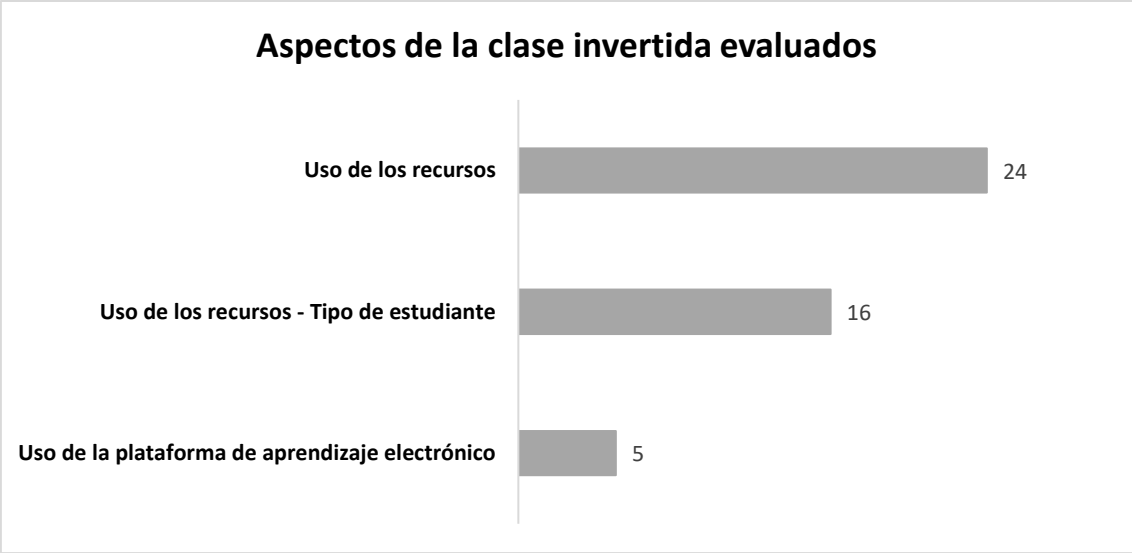


Fig. 2.4. Aspectos de la clase invertida evaluados mediante la analítica del aprendizaje.

Se puede apreciar que la mayor parte de estos trabajos tratan de evaluar el uso de los recursos (hay que recordar que estos trabajos analizan, mediante la analítica del aprendizaje, lo que ha ocurrido en la experiencia en la que se ha utilizado la clase invertida). En concreto, el uso de los vídeos y de los ejercicios es la opción mayoritaria de dichos análisis (por ejemplo, qué porcentajes de los vídeos se ha visto, o cuántas veces se ha intentado un ejercicio o se ha resuelto). Este hecho es lógico, puesto que dichos recursos son los más habituales a la hora de preparar la clase presencial y, tal y como se ha comentado anteriormente. La preparación de la clase presencial es clave para el éxito del modelo de clase invertida, por lo que el análisis del uso de dichos recursos es fundamental si se quiere comprender qué sucede, o qué ha sucedido, en una experiencia de clase invertida. Aunque esto no quita que existan otros tipos de trabajos relevantes, trabajos como, por ejemplo, aquellos trabajos centrados en el uso de la plataforma de aprendizaje electrónico utilizada para proporcionar los recursos educativos a los estudiantes. Por tanto, se puede ver que la analítica del aprendizaje permite obtener información académica relevante acerca de la preparación de los estudiantes de la clase presencial, lo cual permite decir, con cierta seguridad, que la analítica del aprendizaje es una de las mejores opciones para evaluar los resultados de una experiencia educativa basada en el modelo de clase invertida.

2.7.2.3. Uso de la analítica del aprendizaje para mejorar el modelo de clase invertida

En este caso, el foco se sitúa en las investigaciones orientadas a la mejora de la clase invertida mediante la analítica del aprendizaje. Por tanto, se deja a un lado los trabajos centrados en el uso de la analítica del aprendizaje para evaluar los resultados obtenidos en una experiencia educativa basada en la clase invertida, para centrarse en los trabajos en los que se utiliza la analítica del aprendizaje para adaptar la clase invertida de forma que se mejore el proceso de aprendizaje de los estudiantes, ya sea a posteriori (es decir, mejoras orientadas a una futura experiencia, distinta de la actual), o en tiempo real (en este caso, las mejoras están destinadas a la experiencia que se está llevando a cabo en el momento de tiempo actual). En primer lugar, se analizan aquellos trabajos centrados en realizar mejoras del modelo a posteriori, es decir, mejoras implementadas una vez transcurrida la experiencia educativa.

Los trabajos que analizan la mejora a posteriori del modelo de clase invertida utilizando la analítica del aprendizaje no son muy numerosos (únicamente tres de los 50 trabajos toman esta aproximación), pero puesto que este tipo de trabajos proporcionan información relevante para la mejora de la clase invertida utilizando la analítica del aprendizaje, se analizan en detalle. Dichas mejoras pueden estar enfocadas a muchos aspectos de la clase invertida (por ejemplo, la duración óptima de los vídeos, o el mejor momento para dejar disponibles los recursos preparatorios), pero, principalmente, se centran en los vídeos y ejercicios preparatorios. Este tipo de mejoras asociadas a los vídeos y a los ejercicios pueden tomar dos enfoques: (1) se modifica parcialmente el recurso (por ejemplo, sustituir una determinada parte de un vídeo); o (2) se elimina el recurso y se sustituye por uno nuevo. En cualquier caso, el análisis se centra en dos aspectos de este tipo de trabajos: (1) qué se mejora; y (2) los indicadores asociados a la analítica del aprendizaje que se utilizan para lograr dicha mejora. Esta información se muestra en la siguiente tabla (Tabla 2.7).

TABLA 2.7. ASPECTO DE LA CLASE INVERTIDA QUE SE MEJORA JUNTO CON LOS INDICADORES UTILIZADOS

Referencia	Indicadores asociados a la analítica del aprendizaje que se utilizan	Qué se mejora
Hernández Leo y Pardo (2016)	▪Vídeos: número de veces que se ha producido un evento de "reproducción", "pausa", "carga" (cuando se carga el vídeo en la página web), y "finalización". ♦Ejercicios: número de respuestas correctas, número de respuestas incorrectas, número de veces que el estudiante ha accedido a la solución del ejercicio.	▪Vídeos [Rediseño de los vídeos que generan más dificultades a los estudiantes, en base a los eventos de "pausa" y "reproducción"] ♦Ejercicios [Rediseño de los ejercicios con un mayor número de respuestas incorrectas, o con un mayor número de accesos a la solución]
Unno, Ohba, Suzuki y Mizuno (2018)	▪El punto de la pantalla a la que el estudiante está mirando cuando visualiza un vídeo. ▪Comentarios de los estudiantes acerca del vídeo (se distinguen entre comentarios positivos y comentarios negativos).	▪Vídeos [Detección de los vídeos que mejor captan la atención de los estudiantes, de forma que se pueden "etiquetar" dichos vídeos como "recursos recomendados"]
Xiao et al. (2015)	▪Los estudiantes acceden a los vídeos a través de sus teléfonos inteligentes ("smartphones"), y utilizando la cámara del teléfono se obtiene su ritmo cardiaco. Dicho ritmo cardiaco se utiliza para inferir si el estudiante está interesado en la parte del vídeo que está visualizando, o si están "confusos" (si tienen dudas acerca del contenido expuesto en dicha parte del vídeo).	▪Videos [Modificación de las partes del vídeo en las que el estudiante está "confuso"]

Hay que destacar que tanto los vídeos como los ejercicios siguen siendo los recursos educativos predominantes en este tipo de trabajos, lo cual no es sorprendente puesto que, como ya se ha visto anteriormente, la gran importancia de dichos recursos, y su uso extensivo en contexto de clase invertida, hace imprescindible su análisis en casi cualquier investigación centrada en el modelo de clase invertida.

Con respecto a los indicadores asociados a la analítica del aprendizaje, se puede apreciar que existen dos tipos diferentes: (1) indicadores relativamente simples, que se pueden obtener directamente de los datos almacenados por la mayoría de las plataformas de aprendizaje electrónico (por ejemplo, el número de veces que se ha resuelto correctamente un ejercicio); y (2) indicadores más complejos que suelen estar más restringidos a investigaciones particulares de ciertos aspectos del aprendizaje de los estudiantes (indicadores tales como el nivel de interés de los estudiantes en relación con una determinada parte del vídeo).

En cualquier caso, se observa que se puede obtener información educativa relevante con la que se puede detectar recursos educativos (o partes de recursos, por ejemplo, partes de un vídeo) que no estén consiguiendo transmitir los conocimientos de manera apropiada. Conociendo esto, se pueden modificar dichos recursos, o proporcionar otros nuevos, de forma que los estudiantes dispongan de todas las herramientas que necesitan para aprender los conceptos tratados. De esta forma, se puede mejorar el modelo de clase invertida de cara a futuras implementaciones, logrando por tanto implementar un ciclo continuo de mejora en el que en cada iteración se mejore un poco más el entorno de aprendizaje de los estudiantes.

Finalmente, se analizan los trabajos enfocados en la mejora en tiempo real del modelo de clase invertida mediante la analítica del aprendizaje. En particular, estos trabajos tienen el objetivo de detectar lo antes posible cualquier problema que puedan tener los estudiantes en términos de su aprendizaje, de forma que los profesores puedan actuar, es decir, puedan realizar intervenciones que permitan solventar dichos problemas, o mitigarlos al menos. Uno de los aspectos claves que se tratan es la preparación de la clase presencial ya que, como se ha dicho a lo largo de la presente Tesis Doctoral, es fundamental una adecuada preparación de la clase presencial para el éxito del modelo.

La idea es proporcionar a los profesores información con la que puedan detectar si los estudiantes no se están preparando dicha clase presencial, e información con la que puedan adaptar la propia clase presencial en base a la información recopilada en la fase de preparación. Por tanto, los profesores disponen de información que les permite:

- Inferir si los estudiantes no se están preparando dicha clase presencial (por ejemplo, si no están viendo los vídeos preparatorios), de modo que pueden corregir esta situación antes de dicha clase (una posible acción sería enviar correos electrónicos a los estudiantes para recordarles la importancia de dicha preparación).
- Adaptar la propia clase presencial en base a la información recopilada en la fase de preparación. Por ejemplo, si se detecta que los estudiantes están teniendo problemas para entender determinados conceptos explicados en los recursos educativos preparatorios, se pueden realizar, durante la clase presencial, un mayor número de ejercicios relacionados con dichos conceptos de los inicialmente establecidos.

De esta forma, se puede apreciar que la adaptación en tiempo real del modelo de clase invertida utilizando la analítica del aprendizaje tiene un gran potencial desde el punto de vista educativo, motivo por el cual se analizan en detalle los trabajos relacionados con dicha adaptación en tiempo real. Por tanto, el análisis se centra en los 11 trabajos enfocados en dicha mejora, de forma que se pueda obtener el máximo de información relacionada con este aspecto de la clase invertida.

En concreto, con respecto a dichos trabajos se analiza: (1) los indicadores asociados a la analítica del aprendizaje que se necesitan para adaptar la clase invertida en tiempo real en base a las necesidades de los estudiantes; (2) si se puede proporcionar directamente dichos indicadores a los profesores, o si se tienen que procesar de forma que se facilite la comprensión de dichos indicadores (en otras palabras, si se pueden utilizar directamente los datos recopilados por las plataformas de aprendizaje electrónico, o si hay que procesarlos para obtener información educativa relevante); (3) las intervenciones que los profesores pueden realizar en base a la información que se ha obtenido; y (4) los resultados que se han obtenido en los diferentes trabajos.

En cuanto a los indicadores, visualizaciones e intervenciones analizadas en los diferentes trabajos, se muestra, para cada uno de los correspondientes trabajos, qué indicadores se han recopilado en cada caso, si se pueden visualizar directamente (o es necesario un cierto procesado de los datos), y las intervenciones realizadas. En concreto, toda esta información se muestra en la Tabla 2.8 para cada uno de los 11 trabajos considerados.

TABLA 2.8. INDICADORES, VISUALIZACIONES E INTERVENCIONES ANALIZADAS EN LOS TRABAJOS

Referencia	Indicadores	Proceso necesario para visualizar la información	Intervención
Chetlur et al. (2014)	- Vídeos: ▪Número de veces que se ha visualizado cada segundo del vídeo. ▪Porcentaje de visualización. ▪Número de estudiantes que han visto los vídeos preparatorios. ▪Preguntas de los estudiantes acerca del vídeo. - Ejercicios: ♦Respuestas de los estudiantes a los ejercicios.	- Videos: ▪Para cada segundo del vídeo, y cada estudiante, si han visto dicho segundo una vez, más de una vez, o si no han visto dicho segundo ninguna vez.	- Discutir los conceptos tratados en los vídeos preparatorios utilizando los patrones de visualización, las respuestas a los ejercicios preparatorios relacionados con dichos vídeos, y las preguntas asociadas con dichos vídeos. Dicha discusión tiene que involucrar tanto a los profesores como a los estudiantes, y su objetivo es permitir a los estudiantes comprender mejor los conceptos y clarificar cualquier tipo de duda.

Referencia	Indicadores	Proceso necesario para visualizar la información	Intervención
Comerford et al. (2018)	- Ejercicios: ♦Cuánto tiempo necesitan los estudiantes para finalizar los ejercicios preparatorios. ♦Número de intentos para resolver los ejercicios preparatorios. ♦Respuestas incorrectas de los estudiantes a los ejercicios preparatorios.	- Se muestran los indicadores directamente al profesor.	- Proporcionar a los estudiantes, antes de la clase presencial, ejercicios preparatorios adicionales, con el objetivo de que entiendan mejor los conceptos con los que están teniendo más problemas. - Proporcionar, antes de la clase presencial, recursos educativos adicionales que se ajusten al nivel de conocimiento de los estudiantes. - Asegurarse de que los estudiantes no intentan aprender un nuevo concepto hasta que no han entendido los conceptos clave necesarios para entender dichos nuevos conceptos. Por ejemplo, negando la posibilidad de ver un vídeo, hasta que el estudiante haya resuelto correctamente los ejercicios asociados con los vídeos anteriores en los que se explican dichos conceptos "clave" - Proporcionar "feedback" adicional a los estudiantes, mientras que están realizando los ejercicios preparatorios. Por ejemplo, proporcionándoles pistas cuando no resuelven correctamente un ejercicio preparatorio. - Compensar o penalizar a los estudiantes según se preparen, o no, la clase presencial.
Estévez-Ayres et al. (2018)	- Ejercicios: ♦Interacción de los estudiantes con un simulador online orientado a la práctica del lenguaje de programación #C.	♦Si los estudiantes han utilizado el simulador de #C, y qué simulaciones han utilizado.	- Explicaciones adicionales acerca de los conceptos más complejos para los estudiantes, al comienzo de la clase presencial. Dichos conceptos están relacionados con las simulaciones de código #C con las que los estudiantes están teniendo más problemas (estas simulaciones son los ejercicios preparatorios de la clase presencial).

Referencia	Indicadores	Proceso necesario para visualizar la información	Intervención
Giannakos et al. (2016)	- Vídeos: ▪Número de veces que se ha visto cada segundo del vídeo. - Ejercicios: ♦Puntuación obtenida.	- En este caso también se muestran directamente los indicadores al profesor.	- Proporcionar explicaciones adicionales al principio de la clase presencial, con el objetivo de recordar a los estudiantes los conceptos claves que se están tratando. Dichas explicaciones tienen que basarse en el nivel de conocimiento de los estudiantes. Por ejemplo, se utiliza un sistema de sistema de respuestas en tiempo real, de forma que el profesor puede recopilar las respuestas de los estudiantes a las preguntas realizadas durante la clase presencial, consiguiendo por tanto promover la participación de los estudiantes en la dinámica de la clase.
Lin y Hwang (2018)	- Vídeos: ▪ Comentarios de los estudiantes acerca de los vídeos preparatorios (usualmente, dichos comentarios son preguntas acerca de los conceptos expuestos en dichos vídeos).	- Los comentarios se muestran directamente al profesor.	-Analizando los comentarios de los estudiantes, el profesor identifica a los estudiantes que tienen más dificultades para entender los complejos, de forma que puede proporcionarles ayuda personalizada durante la clase presencial. En cuanto a los estudiantes que han comprendido razonablemente bien los conceptos, se les agrupa en diferentes grupos y se les asigna una actividad en grupo.
Okumoto et al. (2018)	- Vídeos: ▪Preguntas de los estudiantes acerca del contenido del vídeo, así como el instante de tiempo específico del vídeo (“timestamp”) en el que dicho contenido se explica. ▪Opinión de los estudiantes acerca de una determinada parte del vídeo. En concreto, los estudiantes pueden etiquetar dicha parte del vídeo como “importante”, “interesante”, o “difícil”.	- En este caso, los indicadores también se muestran directamente al profesor.	- El profesor responde a las preguntas de los estudiantes relacionadas con los vídeos. - Utilizando la opinión de los estudiantes acerca de las diferentes partes de los vídeos, el profesor puede proporcionar explicaciones adicionales acerca de las partes “difíciles”, “interesantes” o “importantes”.

Referencia	Indicadores	Proceso necesario para visualizar la información	Intervención
Read et al., (2016)	- Ejercicios: ♦Respuestas de los estudiantes a los ejercicios preparatorios. ♦Respuestas de los estudiantes a los ejercicios realizados durante la clase presencial (en este caso, también se utiliza un sistema de respuesta en tiempo real).	- Se muestran directamente los indicadores al profesor.	- Explicaciones adicionales relacionadas con los conceptos expuestos en los ejercicios preparatorios. El profesor también incluye, en dichas explicaciones, algunas de las respuestas correctas propuestas por los estudiantes, de forma que se muestra al resto de estudiantes ejemplos relacionados con la manera correcta de resolver el ejercicio. El profesor intenta asegurarse de que los estudiantes han comprendido un determinado concepto antes de empezar a explicar nuevos conceptos que dependen de dicho concepto clave. - Diseñar nuevos ejercicios para la clase presencial, utilizando la información relacionada con la comprensión de los estudiantes de los conceptos que están estudiando.
Redondo-Martínez et al. (2015)	- Videos: ▪Porcentaje de visualización. ▪Número de veces que se ha visualizado cada segundo del vídeo. ▪Tiempo total invertido en el vídeo. ▪Instante de tiempo (“timestamp”) en el que el estudiante ha interactuado con el vídeo (bien porque ha comenzado la reproducción, la ha pausado, ha adelantado o retrasado la reproducción a otro instante del vídeo, o ha cerrado la página web que reproducía el vídeo). - Ejercicios: ♦Tiempo invertido. ♦Si se ha resuelto correctamente. ♦Si se ha intentado realizar. ♦Nota obtenida en el ejercicio.	- Ejercicios: ♦Utilizando una nota como valor umbral, se establece que el estudiante ha entendido los conceptos (los conceptos preguntados en el ejercicio) si obtiene una nota mayor o igual que dicho valor umbral.	- Ofrecer ayuda personalizada a los estudiantes que están teniendo dificultades para comprender los conceptos.

Referencia	Indicadores	Proceso necesario para visualizar la información	Intervención
Rubio-Fernández et al. (2018)	- Vídeos: ▪Tiempo total invertido en el vídeo. ▪Tiempo invertido en una determinada parte del vídeo. - Ejercicios: ♦Nota obtenida. ♦Número de intentos. ♦Tiempo invertido en completar el ejercicio.	- Los indicadores se muestran directamente al profesor.	- Proporcionar a los estudiantes recursos educativos adicionales (por ejemplo, más vídeos o ejercicios) cuando se detecta que los conceptos no se están entendiendo correctamente. Por ejemplo, para detectar este tipo de conceptos complejos, se puede analizar si una parte del vídeo se está visualizando en exceso, o también se puede analizar si un ejercicio se intenta muchas veces, pero no se consigue resolverlo correctamente ninguna vez.
Silva et al. (2018)	- Ejercicios: ♦Respuestas de los estudiantes. ♦Respuestas de los estudiantes a las actividades realizadas durante la clase presencial (se utilizan sistemas de respuesta en tiempo real para plantear preguntas a los estudiantes a través de sus dispositivos inteligentes, como teléfonos inteligentes o tabletas, de forma que se puedan recopilar sus respuestas y mostrarlas al profesor, todo ello en tiempo real).	- Los indicadores se muestran directamente al profesor.	- Realizar ejercicios durante la clase presencial, en base a las respuestas de los estudiantes a los ejercicios preparatorios. - Proporcionar explicaciones adicionales, durante la clase presencial, utilizando también la respuesta de los estudiantes a los ejercicios preparatorios. - Realizar actividades en grupo, en las que los estudiantes tienen que discutir y compartir sus respuestas a los ejercicios preparatorios.
van Leeuwen, (2018)	- Vídeos: ▪Con qué frecuencia se visualiza los vídeos. - Ejercicios: ♦Respuestas de los estudiantes.	- Se muestran directamente los indicadores al profesor.	- Clarificar los conceptos más complejos para los estudiantes (por ejemplo, proporcionando explicaciones adicionales). - Realizar ejercicios adicionales asociados con dichos conceptos. - Motivar a los estudiantes cuando resuelven correctamente los ejercicios (por ejemplo, enviándoles correos electrónicos en el que se les anime a seguir así). - Incrementar el "feedback" proporcionado a los estudiantes. Por ejemplo, proporcionando recursos educativos adicionales a los estudiantes que estén teniendo dificultades con los ejercicios.

Se observa que los indicadores utilizados en estos trabajos permiten inferir si los estudiantes están comprendiendo los conceptos tratados, tanto en la fase de preparación de la clase presencial, como durante la propia clase presencial. De este modo, utilizando la información proporcionada por dichos indicadores, los profesores pueden intervenir antes de la clase presencial con el objetivo de: (1) promover la preparación de la clase presencial por parte de los estudiantes; (2) resolver las dudas de los estudiantes; y (3) proporcionar a los estudiantes recursos educativos adaptados a sus necesidades educativos. Además, antes de impartir la clase presencial, los profesores pueden adaptarla (por ejemplo, añadiendo nuevos ejercicios) de forma que se puedan clarificar los conceptos más complejos para los estudiantes. No sólo eso, los profesores también pueden ajustar dinámicamente la clase presencial durante la propia clase presencial, utilizando sistema de respuesta en tiempo real que permitan plantear preguntas a los estudiantes y recopilar y visualizar las correspondientes respuestas; por ejemplo, sistemas como "Kahoot!".

Por tanto, en estos trabajos se intenta proporcionar a los profesores información educativa relevante, tanto antes de la clase presencial, como durante la propia clase presencial, de forma que: (1) los estudiantes tengan toda la información necesaria para preparar adecuadamente la clase presencial; y (2) los estudiantes hayan comprendido los conceptos al finalizar clase presencial. De esta forma, los profesores proporcionarán un entorno de aprendizaje adaptado a las necesidades específicas individuales de los estudiantes, consiguiendo por tanto mejorar el proceso de aprendizaje de los estudiantes.

En cuanto a los resultados obtenidos en estos trabajos en los que se pretende mejorar en tiempo real el modelo de clase invertida mediante la analítica del aprendizaje, se puede decir que son resultados variados pero que, en general, muestran que este tipo de mejora del modelo de clase invertida consigue obtener resultados positivos, tanto en términos de un incremento en las notas de los estudiantes, así como en términos de una opinión de los estudiantes más favorable en cuanto a la metodología docente utilizada (que se corresponde con el modelo de clase invertida por supuesto). En concreto, los resultados de este tipo de trabajos, así como el trabajo en el que se obtiene dicho resultado, se muestran a continuación.

- Los profesores gestionan mejor el tiempo de clase (Lin y Hwang, 2018).
- Los profesores disponen de más tiempo para interactuar con los estudiantes (Lin y Hwang, 2018).

- Las intervenciones que la analítica del aprendizaje permite en un entorno de clase invertida demuestran un gran potencial desde el punto de vista educativo. (Martínez et al., 2015)
- Mediante una plataforma de aprendizaje electrónico, los profesores son capaces de resolver las preguntas de los estudiantes en relación con los recursos educativos preparatorios para la clase presencial. Esta posibilidad es muy atractiva para los estudiantes, que han expresado una opinión muy positiva acerca de dicho "feedback". Además, los profesores también creen que esta posibilidad es beneficiosa desde el punto de vista del aprendizaje de los estudiantes. (Chetlur et al., 2014).
- Los profesores han podido adaptar los recursos educativos preparatorio (por ejemplo, modificando los vídeos que han generado problemas a los estudiantes), así como su metodología. Por ejemplo, los profesores han proporcionado a los estudiantes los recursos educativos preparatorios antes de lo que solían hacer, dando por tanto más tiempo a los estudiantes para prepararse la clase presencial. (Chetlur et al., 2014).
- Los estudiantes han respondido mejor, tanto en términos de notas como de tiempo utilizado, a las preguntas de los exámenes que estaban relacionados con los conceptos explicados mediante el modelo de clase invertida. (Chetlur et al., 2014).
- La analítica del aprendizaje permite mejorar la capacidad de los estudiantes para autorregular su propio aprendizaje, en un contexto de clase invertida. (Silva et al., 2018).
- Los estudiantes creen que el "feedback" proporcionado gracias a la analítica del aprendizaje es muy útil para su aprendizaje. (Okumoto et al., 2018).
- Los estudiantes creen que el "feedback" proporcionado por los profesores ("feedback" que se obtiene mediante la analítica del aprendizaje) es positivo para su aprendizaje. (Read et al., 2016).
- Los profesores valoran positivamente las siguientes acciones que la analítica del aprendizaje les permite realizar en un contexto de clase invertida: (1) conocer la actividad de los estudiantes (cómo utilizan los estudiantes los recursos

educativos); (2) detectar y resolver problemas; y (3) interactuar con los estudiantes apropiadamente. (van Leeuwen, 2018).

- Los profesores remarcan la dificultad de seleccionar la acción, intervención, apropiada que se ajuste específicamente a las necesidades concretas de los estudiantes. (van Leeuwen, 2018).
- Cuando se implementa un modelo basado en el uso de la analítica del aprendizaje para mejorar en tiempo real la clase invertida, es necesario: (1) determinar qué información se necesita; (2) analizar el nivel de granularidad asociada con dicha información (por ejemplo, si se va a considerar información individual de cada estudiante, información de un grupo de estudiantes, información de toda la clase, etcétera); y (3) permitir a los profesores realizar intervenciones, utilizando esta información, que de verdad tengan un impacto en el aprendizaje de los estudiantes. (van Leeuwen, 2018).
- Una manera de ayudar a los estudiantes a concentrarse en los vídeos preparatorios es integrar preguntar en los propios vídeos, preguntas que aparezcan mientras se está visualizando el vídeo y que tengan relación con los conceptos tratados en dicho vídeo. (Giannakos et al., 2016).
- El profesor puede diseñar adecuadamente la clase presencial, utilizando la información asociada con la interacción de los estudiantes con los ejercicios preparatorios. (Giannakos et al., 2016).
- Para recopilar la información relacionada con las interacciones de los estudiantes con los recursos preparatorios, se puede utilizar una herramienta software. De esta forma, se permite a los profesores tomar decisiones basadas en datos objetivos recopilados por herramientas de este tipo. (Estévez-Ayres et al., 2018)
- El “feedback” es un elemento clave para el proceso de aprendizaje de los estudiantes. (Comerford et al., 2018).
- El uso de cuestionarios tipo “test” realizados a través de Internet tiene un gran potencial desde el punto de vista educativo puesto que, además de permitir la recopilación automática de información educativa, permite ofrecer ayuda a los estudiantes en base a sus respuestas a dichos cuestionarios. (Comerford et al., 2018).

2.8. Conclusiones obtenidas mediante el análisis del estado del arte

A continuación, se exponen las conclusiones generales obtenidas mediante la presente revisión sistemática del estado del arte, así como posibles líneas futuras de investigación en esta temática. En cuanto a las conclusiones relacionadas con el uso conjunto del modelo de clase invertida y de la analítica del aprendizaje, se destacan las siguientes:

- La analítica del aprendizaje permite obtener información relevante que permite evaluar experiencias educativas basadas en la clase invertida (en otras palabras, la analítica del aprendizaje permite saber qué resultados se han obtenido en una experiencia basada en el modelo de clase invertida y los motivos por los que han ocurrido dichos resultados).
- La analítica del aprendizaje permite obtener información académica relevante con la que mejorar el modelo de clase invertida en posteriores implementaciones de una experiencia educativa basada en la clase invertida. De este modo, la analítica del aprendizaje permite establecer un proceso de mejora continua en el que en cada iteración se van mejorando diferentes aspectos de la experiencia (por ejemplo, la calidad de los vídeos, o la estructura de las clases presenciales).
- La analítica del aprendizaje permite inferir si los estudiantes están comprendiendo los conceptos, tanto antes de la clase presencial, como durante la propia clase, lo cual permite solventar, o mitigar al menos, muchos de los problemas asociados al modelo de clase invertida (como, por ejemplo, la falta de preparación de la clase presencial). Por tanto, utilizando la analítica del aprendizaje, los profesores pueden realizar intervenciones (acciones) antes de la clase presencial, para promover la preparación de dicha clase, solventar las dudas de los estudiantes, y proporcionarles recursos educativos adicionales. Además, los profesores pueden adaptar la clase presencial en base a las necesidades de los estudiantes (por ejemplo, incluyendo actividades específicamente diseñadas para mejorar el conocimiento de los estudiantes en relación con los conceptos que les sean más complejos).

No obstante, la revisión sistemática del estado del arte también ha mostrado diferentes limitaciones en relación con los trabajos analizados. Por ejemplo, uno de los problemas principales de estos trabajos es que, por separado, cada uno de los trabajos se centra en unos pocos indicadores asociados a la analítica del aprendizaje, lo cual puede generar situaciones en las que, en el correspondiente trabajo, únicamente se utilice un indicador

asociado con los ejercicios (como puede ser la respuesta a un ejercicio), o un indicador relacionado con los vídeos (por ejemplo, el número de visualizaciones), lo cual hace que no se utilice toda la información que la analítica del aprendizaje puede llegar a proporcionar. Además, no se especifica el motivo de dicha elección, es decir, no se indica por qué se utiliza un determinado indicador en lugar de algún otro incluido en el amplio conjunto de indicadores disponibles.

Por otra parte, los objetivos que se establecen en dichos trabajos suelen ser limitados, en el sentido de que se centran en un único aspecto del modelo de clase invertida (por ejemplo, detectar los vídeos que son menos útiles para los estudiantes), cuando la analítica del aprendizaje puede utilizarse para mejorar multitud de aspectos del modelo.

Además, dichos trabajos tampoco ofrecen guías genéricas (y extrapolables a otros contextos educativos diferentes del contexto del trabajo) acerca de qué acciones específicas hay que realizar para mejorar el modelo de clase invertida. Es cierto que algunos de los trabajos incluyen guías para el uso de la analítica del aprendizaje en un contexto de clase invertida, pero son guías muy específicas para el correspondiente contexto educativo, que no son fáciles de extrapolar a otros contextos. Por tanto, sería conveniente disponer de guías genéricas, puesto que, si se proporciona a los profesores una guía que pueda utilizar en su correspondiente implementación del modelo de clase invertida, y que especifique las acciones a realizar en base a la información obtenida mediante la analítica del aprendizaje, se le está ofreciendo una importante ayuda para mejorar el proceso de aprendizaje de los estudiantes en un contexto de clase invertida. Por tanto, es necesario un marco de trabajo que especifique todo lo necesario para utilizar, de manera apropiada, la analítica del aprendizaje en un contexto de clase invertida.

Por otra parte, en muchas ocasiones, las herramientas utilizadas (por ejemplo, las plataformas de aprendizaje electrónico) no están específicamente diseñadas para adaptarse al modelo de clase invertida. Por ejemplo, en muy pocas ocasiones las herramientas son capaces de mostrar la información en base a la estructura del curso (por nombrar un ejemplo, sería conveniente poder ver los porcentajes de visualización de los vídeos asociados a una determinada semana del curso, o asociados a un determinado tema del curso); ni tampoco se suele mostrar la información hasta una determinada fecha límite (por ejemplo, hasta tres días antes de la clase presencial). Por tanto, herramientas específicamente diseñadas para el modelo de clase invertida serían

bastante útiles, puesto que se podría obtener información muy útil para conseguir una apropiada implementación del modelo. Por ejemplo, si se supiera el número de veces que un estudiante ha intentado un ejercicio, las fechas en las que se han realizado dichos intentos, y los resultados obtenidos, se podría inferir si al estudiante le ha resultado útil el ejercicio y si ha intentado preparar la clase presencial, puesto que sería posible saber si, al menos, lo ha intentado una vez, si lo ha conseguido resolver correctamente en alguno de sus intentos, y si ha intentado resolverlo antes de la clase presencial. Esto lleva a la conclusión, de que sería necesario desarrollar una herramienta que haga uso de la analítica del aprendizaje y que esté específicamente diseñada para el modelo de clase invertida.

Por último, hay que destacar que los resultados obtenidos en las diferentes experiencias dependen demasiado de sus respectivos contextos educativos, tanto por el conjunto de indicadores considerado, como por las herramientas utilizadas. Por este motivo, la extrapolación de los resultados de un determinado trabajo es bastante complicada, e incluso puede ser imposible en algunos casos.

Por estos motivos, se justifica realizar una investigación en profundidad acerca del uso combinado de la analítica del aprendizaje con el modelo de clase invertida, que permita beneficiarse del potencial educativo que dicho modelo puede llegar a ofrecer. En este sentido, sería conveniente desarrollar una investigación centrada en los siguientes aspectos si se pretende mejorar el modelo de clase invertida mediante la analítica del aprendizaje.

Por una parte, es necesario desarrollar un marco de trabajo que defina en detalle los indicadores asociados a la analítica del aprendizaje que son más útiles para cada uno de los cuatro tipos de clase invertida identificados. Además, dicho marco de trabajo tiene que incluir la información que se puede obtener mediante dichos indicadores, así como las intervenciones que se podrían realizar (tanto antes de la clase presencial, como durante la clase presencial) utilizando la información obtenida.

Por otra parte, también existe una necesidad de desarrollar herramientas software basadas en la analítica del aprendizaje, que faciliten la tarea de recopilar, analizar, y visualizar los datos de los estudiantes en contextos de clase invertida. Estas herramientas pueden permitir proporcionar la información necesaria para implementar de manera práctica el marco de trabajo, puesto que se proporciona a los profesores todo lo que necesitan para poder lograr una implementación apropiada de dicho marco de

trabajo en un contexto educativo real. En concreto, herramientas de este tipo pueden permitir obtener información acerca de la interacción de los estudiantes con los recursos educativos, lo cual hace posible inferir el nivel de preparación de las clases presenciales por parte de los estudiantes, el uso de los recursos educativos, los conceptos que son más complejos, así como otros tipos de información extraída mediante el análisis de los datos educativos de los estudiantes. De esta forma, mediante este tipo de información los profesores pueden solventar, o mitigar al menos, muchos de los problemas educativos antes de que sea demasiado tarde.

Precisamente, este trabajo tiene entre sus objetivos proporcionar un marco de trabajo y una herramienta software que permitan implementar de manera práctica un modelo de clase invertida complementado mediante la analítica del aprendizaje.

CAPÍTULO 3. ANÁLISIS DE LAS NECESIDADES DE ANALÍTICA DE APRENDIZAJE DE LOS MIEMBROS DE LA COMUNIDAD EDUCATIVA Y SU RELACIÓN CON LA CLASE INVERTIDA

Aunque el uso de la analítica del aprendizaje junto con el modelo de clase invertida tiene el objetivo de mejorar el proceso de aprendizaje de los estudiantes, cabe preguntarse si existe realmente una motivación que justifique investigaciones de este tipo. En particular, se puede analizar qué necesidades educativas tienen los gestores, los profesores y los estudiantes universitarios, con el objetivo de inferir si el uso combinado de la analítica del aprendizaje y de la clase invertida puede ayudar a satisfacer dichas necesidades.

Para realizar dicho análisis, se utilizarán los resultados obtenidos mediante una serie de entrevistas y grupos focales ("focus groups" en inglés) en los que participaron diferentes agentes de la comunidad universitaria, y que se realizaron dentro del contexto del proyecto SHEILA ("Supporting Higher Education to Integrate Learning Analytics"), cuyas características básicas pueden observarse en "Proyecto SHEILA" (2020). En concreto, en dicho proyecto se elaboró un marco de trabajo que facilita la implementación de la analítica del aprendizaje en instituciones de educación superior, tal y como puede verse en Tsai et al. (2018a). En este sentido, para incluir, en dicho marco de trabajo, las necesidades educativas de los gestores, profesores y estudiantes, se realizaron diferentes entrevistas a gestores universitarios y varios grupos focales a profesores y estudiantes universitarios, como puede apreciarse en (Tsai, Moreno-Marcos, Jivet, Scheffel, Tammets, Kollom y Gašević, 2018b; Tsai et al., 2018c). Por lo tanto, el diseño de las preguntas de los grupos focales a alumnos y profesores y el diseño de las preguntas a gestores, no es parte de esta Tesis Doctoral, sino que se realizó previamente en el contexto del proyecto SHEILA.

En cuanto a las diferencias entre una entrevista individual y los grupos focales, destacan las siguientes. Por una parte, en una entrevista únicamente participan el entrevistador y entrevistado, y se suele seguir un proceso estructurado de tipo pregunta – respuesta. Por otra parte, en un grupo focal participan un conjunto de personas al mismo tiempo, y se promueve la interacción entre los participantes mediante una pregunta que fomente el debate de ideas entre los entrevistados.

Por otra parte, hay que destacar que las preguntas realizadas en las entrevistas y en los grupos focales (y que se especifican en el "Anexo A" del presente trabajo) han sido elaboradas y validadas, dentro del contexto del proyecto SHEILA, por numerosos expertos en la analítica del aprendizaje, como se puede observar en Tsai et al. (2018a).

A grandes rasgos, el proyecto SHEILA estaba centrado en la analítica del aprendizaje en instituciones de educación superior, tal y como puede verse en Tsai (2018a). No obstante, las entrevistas realizadas a gestores de universidades españoles y los grupos focales en los que participaron profesores y estudiantes de la Universidad Carlos III de Madrid, han permitido inferir si algunas de sus necesidades educativas pueden ser satisfechas mediante el uso combinado de la analítica del aprendizaje y del modelo de clase invertida.

En concreto, pese a que los cuestionarios para las entrevistas y los grupos focales no contemplan directamente preguntas sobre el uso del modelo de clase invertida, el análisis de las respuestas de los participantes sí que permiten conocer sus necesidades actuales. Es más, puesto que no se pregunta explícitamente acerca del uso combinado de la analítica del aprendizaje y del modelo de clase invertida, no se ha condicionado las respuestas de los entrevistados con preguntas que pudieran inducirles artificialmente a comentar necesidades que no sintieran realmente. De este modo, se puede llegar a conocer sus necesidades reales, y después analizar objetivamente si dichas necesidades pueden solventarse mediante el uso conjunto de la analítica del aprendizaje y el modelo de clase invertida.

3.1. Metodología

En el contexto del proyecto SHEILA, se realizaron diferentes entrevistas a gestores de universidades españolas y grupos focales a profesores y estudiantes de la Universidad Carlos III de Madrid, con el objetivo de recopilar sus opiniones asociadas con los diferentes aspectos asociados al análisis de los datos educativos (a la analítica del aprendizaje). En el caso de los gestores, se realizaron entrevistas individuales porque se pretendía analizar en detalle las necesidades en sus respectivas instituciones; mientras que en el caso de los profesores y estudiantes se realizaron grupos focales, puesto que el objetiva era promover el intercambio de puntos de vista entre los participantes.

Por otra parte, también es importante conocer el número de participantes, género, y duración de las entrevistas y grupos focales. Dicha información se muestra a continuación.

- Entrevistas con los gestores: en total, 21 gestores participaron en las entrevistas individuales, siendo 12 de ellos hombres, y 9 mujeres. La duración media de dichas entrevistas fue de 24 minutos.
- Grupos focales con los profesores: en total, 16 profesores, distribuidos en cuatro grupos focales diferentes, participaron en las sesiones. Del total de 16 participantes, seis fueron mujeres y 10 fueron hombres. En este caso, la duración media fue de 50 minutos.
- Grupos focales con los estudiantes: en este caso, se entrevistó a 23 estudiantes. En concreto 14 de los participantes fueron hombres, y nueve fueron mujeres. En cuanto a la duración de los grupos focales, hay que decir que tuvieron una duración media de 40 minutos

Una vez proporcionada la información básica de los entrevistados, se puede describir el proceso de análisis de las respuestas recopiladas mediante las entrevistas y los grupos focales.

3.1.1. Análisis de las entrevistas y de los grupos focales.

Tanto en el caso de las entrevistas como en el caso de los grupos focales, se preguntó a los participantes sobre sus necesidades educativas de manera genérica. Es decir, no se realizaron preguntas explícitas acerca del uso combinado de la analítica del aprendizaje y del modelo de clase invertida, sino que se preguntó sobre sus necesidades educativas. De este modo, se puede extraer información que no ha sido obtenida induciéndoles a hablar directamente del modelo de clase invertida. En último término, se pretende determinar si las necesidades educativas comentadas por los participantes pueden ser satisfechas mediante la propuesta asociada al uso conjunto de la analítica del aprendizaje junto con el modelo de clase invertida.

En cuanto al análisis de las entrevistas y de los grupos focales, hay que decir que, en ambos casos, fueron grabadas en vídeo y transcritas posteriormente para su análisis. A partir de las transcripciones de las entrevistas, se realizó un análisis cualitativo de dichas entrevistas. En concreto, para el análisis, se utilizó la técnica de codificación de respuestas, y se hizo uso de la herramienta software “NVivo” para realizar dicho análisis. La herramienta “NVivo” ("NVivo", 2019) permite analizar datos no estructurados y datos cualitativos, motivo por el cual se ha utilizado en el análisis. En concreto, mediante la herramienta “NVivo” se analizan cada una de las preguntas

realizadas durante las entrevistas o los grupos focales, clasificando y agrupando las respuestas de los entrevistados en base a una serie de etiquetas definidas específicamente para tal fin. Estas etiquetas permiten agrupar respuestas similares (por ejemplo, etiquetas como "feedback_mediante_correo_electrónico", "necesidad_mejorar_recursos", o "realizar_acciones_mediante_datos_objetivos), lo cual facilita en gran medida el análisis. Hay que decir que, en cada caso, el conjunto de etiquetas no es exactamente el mismo para los tres actores involucrados (gestores, profesores, y estudiantes), puesto que existen ligeras variaciones en los conjuntos de etiquetas utilizados. El principal motivo se debe al hecho de que las preguntas son diferentes en cada caso (aunque tienen una temática común como es lógico), por lo que el análisis no puede realizarse exactamente de la misma forma al tener que analizar respuestas a diferentes preguntas.

En cuanto al análisis de las respuestas de los participantes, el primer paso consiste en etiquetar las respuestas de los participantes que traten sobre una idea específica representada mediante una determinada etiqueta. Tras dicho proceso de etiquetado, se analiza cada uno de los conjuntos de respuestas que han sido agrupados bajo una determinada etiqueta, de forma que se pueda extraer información académica relevante de dichas respuestas. Por ejemplo, si analizando las respuestas de los estudiantes etiquetadas bajo la etiqueta denominada "mejoras_necesarias", se puede saber qué mejoras se han comentado durante los grupos focales (por ejemplo, se puede saber si algún estudiante ha comentado la necesidad de mejorar los recursos educativos proporcionados). De la misma forma, si se analiza la etiqueta denominada "acciones_para_mejorar_proceso_aprendizaje", se puede saber qué acciones se consideran necesarias para mejorar el proceso de aprendizaje (por ejemplo, se puede llegar a saber si los profesores han destacado la necesidad de poder realizar acciones basadas en datos objetivos, acciones como proporcionar recursos educativos adicionales a los estudiantes si se detecta que tienen problemas para comprender diferentes conceptos). De este modo, se pueden extrapolar las diferentes necesidades de los participantes en base a sus respuestas a las preguntas.

3.2. Resultados obtenidos

En cuanto a los resultados obtenidos, en primera instancia se analizan por separado los tres escenarios con el objetivo de vislumbrar si existen necesidades comunes de todos ellos.

3.2.1. Análisis de las entrevistas con los gestores

El análisis de las respuestas a las entrevistas realizadas a los gestores, muestra que la mayor preocupación está relacionada con los aspectos éticos y de privacidad relacionada con el análisis de los datos educativos. En este sentido se ha realizado un total de 61 comentarios relacionados con este aspecto. No obstante, también se han comentado varias necesidades a lo largo de las entrevistas como, por ejemplo, las siguientes:

- Proporcionar un entorno de aprendizaje personalizado, por ejemplo, proporcionado recursos educativos apropiados para diferentes tipos de estudiantes, o implementando mecanismos de predicción de problemas con el objetivo de solucionarlos antes de que sea demasiado tarde (por ejemplo, proporcionar ayuda específica a un estudiante si se detecta que está en riesgo de suspender la asignatura). En este sentido, se han realizado 16 comentarios relacionados con este aspecto.
- Mejorar la comunicación entre los estudiantes y los profesores, de forma que se consiga un intercambio de información eficaz entre dichos miembros de la comunidad educativa. Un total de 17 comentarios se han realizado con respecto a esta mejora en la comunicación.

Por otra parte, también es importante destacar la preocupación de los gestores acerca de las dificultades para realizar el análisis de los datos de una manera apropiada, tanto en términos de la gestión de los datos como de la dificultad para realizar el análisis en sí. En este caso, se han realizado 30 comentarios relacionados con dicha preocupación.

Con el objetivo de complementar el análisis de las entrevistas con los gestores universitarios, se muestran algunos comentarios realizados por los gestores durante las entrevistas.

> "[Hablando de los motivos por los cuales se desarrolló un proyecto de analítica del aprendizaje] …a partir de las necesidades de la institución a alto nivel institucional como, por ejemplo, la mejora del "feedback" a los estudiantes o la lucha contra el abandono, lo que se hizo fue pensar en este proyecto."
>
> "[Hablando de los motivos por los que desarrollar un proyecto de analítica del aprendizaje] Creemos que es importante que los profesores tengan datos relacionados con el cuándo y el cómo los estudiantes estudian, de forma que se puedan adaptar las clases en consecuencia".

3.2.2. Análisis de los grupos focales con los profesores

En el caso de los grupos focales en los que han participado profesores, la mayor preocupación también se corresponde con los aspectos éticos y de privacidad relacionada con el análisis de los datos educativos. En particular 47 comentarios han sido realizados con respecto a este tema, lo cual recuerda la necesidad de ser especialmente cuidadosos a la hora de tratar los datos de los estudiantes o profesores.

Además, también se han comentado otras necesidades, destacando la necesidad de un entorno de aprendizaje personalizado para los estudiantes (se han realizado 15 comentarios con respecto a este tema), y la necesidad de un mejor "feedback" entre profesores y estudiantes (ocho comentarios han remarcado dicha necesidad).

Por otra parte, destaca el hecho de que se han realizado un número de comentarios elevado (en concreto, 18) relacionados con la dificultad que puede acarrear la interpretación de los datos que se han analizado. Este hecho lleva a inferir que la información proporcionada a los profesores tiene que ser simple y, a la vez, significativa de manera que se ofrezca a los profesores una herramienta para ser más eficientes. De hecho, los profesores han remarcado notablemente la necesidad de herramientas que les permitan ser más eficientes, puesto que se han producido 40 comentarios relacionados con dicho aspecto.

Finalmente, se muestran algunos de los comentarios realizados durante los grupos focales, con el objetivo de ilustrar mejor las necesidades de los profesores.

> "Si tienes 120 personas, no tienes tiempo para hacer un apoyo personalizado y un seguimiento individualizado a cada uno."

> "…yo sí estoy teniendo dificultad para dar apoyo a mis estudiantes porque en los grupos incluso, en los grupos reducidos hacemos evaluación continua. Los grupos son muy amplios para hacer una evaluación continua, para hacer un seguimiento diario."

3.2.3. Análisis de los grupos focales con los estudiantes

En cuanto a los estudiantes, sucede lo mismo que en los casos anteriores, los aspectos éticos y de privacidad son también el elemento más remarcado con respecto al análisis de los datos educativos (en total, 29 comentarios se han referido a este tema). No obstante, la demanda de una mejora en el "feedback", en la comunicación, entre profesores y estudiantes ha sido muy demandado en este caso, bastante más que en los grupos focales con los profesores. En concreto, se han producido 20 comentarios relacionados con la necesidad de un mejor "feedback" entre profesores y estudiantes.

Por otra parte, también destaca la necesidad de disponer de un entorno de aprendizaje personalizado que ofrezca a los estudiantes, entre otras cosas, un apoyo personalizado. En este caso, ocho comentarios se han referido a esta necesidad.

Al igual que en las secciones anterior, también se muestran algunos de los comentarios realizados durante los grupos focales.

> "[Hablando sobre qué se podría mejorar en los grados] …el 'feedback'. Yo creo que las encuestas no son útiles por ejemplo, especialmente si se hacen cuando acaban los cuatrimestres."

> "A mí me gustaría pensar que en unos años tendremos una educación un poco más personalizada a la gente"

3.2.4. Conclusiones del análisis de las entrevistas y de los grupos focales

La mayor preocupación de los gestores, profesores y estudiantes se refiere a las cuestiones éticas y de privacidad relacionadas con el análisis de los datos. Estos resultados no son sorprendentes, puesto que los aspectos éticos y de privacidad generan preocupación tanto a nivel gubernamental como a nivel personal, lo cual puede llevar a una reducción en el uso de técnicas de análisis de datos, tal y como puede verse en Drachsler y Greller (2016). En este sentido, a la hora de implementar propuestas que hagan uso de la analítica del aprendizaje, propuestas como la presentada en este trabajo,

hay que asegurarse de que se cumple con toda la normativa vigente, tanto a nivel nacional como internacional, normativa como, por ejemplo, la Ley Orgánica de Protección de Datos y garantía de los derechos digitales (LOPD, 2020) en España, o el Reglamento General de Protección de Datos de la Unión Europea (RGPD, 2020).

No obstante, dejando aparte los aspectos éticos y de privacidad que tiene asociados cualquier escenario en el que se analicen los datos de los usuarios, las necesidades educativas más relevantes de los gestores, profesores, y estudiantes son las siguientes:

- Se necesita de un entorno de aprendizaje que sea adaptable y personalizado, es decir, que se adapte al ritmo de aprendizaje de cada estudiante. Dentro de esta necesidad, destaca la dificultad asociada a adaptar la metodología docente en base a las necesidades de los estudiantes.
- Es necesaria una mejor comunicación, un mejor "feedback", entre profesores y estudiantes.

Con el objetivo de comprobar si la propuesta realizada en la presente Tesis Doctoral, y que se centra en el uso conjunto de la analítica del aprendizaje y del modelo de clase invertida puede llegar a satisfacer estas necesidades, se van a analizar por separado y en detalle estas dos necesidades. De esta forma, se puede validar si el uso de la analítica del aprendizaje y el modelo de clase invertida puede ser una alternativa viable para solventar dichas necesidades.

3.2.4.1. Entorno de aprendizaje adaptable y personalizado

En relación con la necesidad de un entorno de aprendizaje más adaptable y personalizado, la situación educativa actual es compleja puesto que una gran parte de los entornos de aprendizaje no se adaptan a las necesidades individuales de cada estudiante. Por ejemplo, en muchas ocasiones los estudiantes más avanzados no consiguen desplegar todo su potencial al tener que "esperar" a que finalicen las explicaciones de conceptos que ya entienden, mientras que los estudiantes con más dificultades no consiguen entender lo que se esté explicando, al no ser capaces de seguir el ritmo de las explicaciones que se están proporcionando. Por este motivo, sería conveniente proporcionar entornos de aprendizaje que se ajusten a los diferentes ritmos de aprendizaje de los estudiantes. En este sentido, quizás sea imposible adaptarse a cada estudiante de manera individualizada, pero sí que se podría conseguir adaptarse a determinados grupos de estudiantes (por ejemplo, adaptarse a los estudiantes que

necesiten apoyo adicional, y a los estudiantes que puedan aprender conceptos más complejos durante el curso).

Por tanto, se debe analizar si la presente propuesta asociada al uso combinado del modelo de clase invertida y de la analítica del aprendizaje puede conseguir satisfacer esta necesidad.

Como se ha comentado anteriormente, en el modelo de clase invertida se proporcionan una serie de recursos educativos a los estudiantes antes de la clase presencial. Una vez distribuidos los recursos educativos, los estudiantes interactúan con dichos recursos, generando datos educativos que pueden proporcionar información académica relevante. En concreto, utilizando la analítica del aprendizaje se puede conseguir obtener dicha información, tal y como puede verse en (Mazza y Dimitrova, 2004; van Leeuwen, 2018; Wong, 2016). Siendo fundamentales para dicha tarea el uso de herramientas software que permitan automatizar la extracción y el análisis de los datos de bajo nivel necesarios para obtener dicha información académica, herramientas como, por ejemplo, las mostradas en (Cruz-Argudo, 2017; Ruipérez-Valiente et al., 2015).

De este modo, al utilizar el modelo de clase invertida se promueve la interacción de los estudiantes con los recursos educativos, y dicha interacción genera los datos que la analítica del aprendizaje necesita para obtener información académica con la que proporcionar un entorno de aprendizaje adaptable y personalizado a los estudiantes. Por ejemplo, se puede conocer información relacionada con:

- Los conceptos que son más complejos para los estudiantes. Con esta información se podría proporcionar una ayuda (por ejemplo, un "feedback" adecuado) o unos recursos personalizados a los estudiantes, tal y como puede verse, por ejemplo, en Prieto-Martín et al. (2018). De este modo, se facilitaría que los estudiantes entendieran los conceptos tratados durante la clase presencial.
- No sólo se puede mejorar el aprendizaje en la fase preparatoria de la clase presencial, también se puede mejorar el aprendizaje durante dicha clase. Por ejemplo, se puede proporcionar, al comienzo de la clase presencial, una explicación de los conceptos más complejos de forma que los estudiantes puedan sacar más provecho de la actividad de aprendizaje activo que van a realizar a continuación, tal y como se hace, por ejemplo, en Estévez-Ayres et al.

(2018). También se podrían modificar las actividades que se van a realizar durante la clase presencial, priorizando las actividades que facilitarán a los estudiantes aprender los conceptos más importantes; por ejemplo, en Prieto-Martín et al. (2018) se realiza dicha modificación.

- Además, también se puede mejorar el periodo posterior a la clase presencial. En concreto, se puede modificar los recursos preparatorios de forma que, en posteriores implementaciones del curso, los estudiantes puedan sacar más provecho de dichos recursos, por ejemplo, este tipo de mejora se realiza en Prieto-Martín et al. (2018).

Además de los datos generados por los estudiantes antes de la clase presencial, la analítica del aprendizaje también puede ser de utilidad durante la propia clase presencial. Es posible recopilar en tiempo real los datos de los estudiantes, por ejemplo, a través de herramientas de recolección automática de respuestas como "Kahoot!", de forma que se puede modificar "en tiempo real" la clase presencial. Por ejemplo, en Read et al. (2016) se utiliza "Kahoot!" en la propia clase presencial con diferentes objetivos: (1) para ver si los estudiantes han comprendido los conceptos explicados en los recursos educativos preparatorios; (2) para generar discusiones (en términos de debate) entre los estudiantes; y (3) para identificar qué conceptos necesitan ser clarificados, explicados más en detalle durante la clase presencial.

Además, la analítica del aprendizaje también puede ser utilizada, en un contexto de clase invertida, para tratar a los estudiantes en base a diferentes perfiles que los caractericen. De esta forma, los profesores no tendrían que invertir tanto tiempo en realizar intervenciones para cada uno de los estudiantes, sino que podrían realizar intervenciones para estudiantes con un determinado perfil. Una posible opción sería agrupar a los estudiantes en base a diferentes perfiles que representen su nivel de conocimientos, con el objetivo de proporcionar unos determinados recursos educativos a los estudiantes con dificultades, y otros recursos educativos más avanzados para los estudiantes con mayores conocimientos. Por ejemplo, en van der Laan Smith y Spindle (2007) se utilizan cuestionarios realizados antes de la clase presencial para inferir diferentes perfiles de los estudiantes, pudiendo por tanto proporcionar una ayuda personalizada para cada uno de los perfiles.

No sólo eso, al conocer los perfiles de los estudiantes, la dinámica de la clase también puede ser adaptada en base a dichos perfiles. Por ejemplo, si antes de la clase presencial

se proporciona al profesor los perfiles de los estudiantes, y dichos perfiles están basados en su nivel de conocimiento de los conceptos tratados, el profesor puede agrupar a los estudiantes según las dificultades que tengan dichos estudiantes con los conceptos tratados, o lo que es lo mismo, el profesor puede agrupar a los estudiantes según posean un conocimiento más o menos profundo de los conceptos que se están trabajando. De esta forma, el profesor es capaz de agrupar a los estudiantes con más dificultades (es decir, a los estudiantes que requieren más atención) en un mismo grupo y a los estudiantes más avanzados en otro grupo. Esto posibilitaría que, durante la clase presencial, el grupo de estudiantes con dificultades podría realizar actividades orientadas a reforzar los conceptos más complejos para dichos estudiantes, mientras que los estudiantes más avanzados podrán centrarse en actividades orientadas a los conceptos más acordes a su nivel o más interesantes para ellos.

En conclusión, se puede observar que, complementando el modelo de clase invertida mediante la analítica del aprendizaje, se puede llegar a implementar un entorno de aprendizaje personalizado, consiguiendo tanto, abordar dicha necesidad remarcada tanto por los gestores como por los profesores y estudiantes.

3.2.4.2. Mejora de la comunicación entre profesores y estudiantes

Aunque el uso de la clase invertida, ya de por sí permite mejorar la comunicación entre profesores y estudiantes, tal y como puede verse, por ejemplo, en (Bergmann y Sams, 2012; Pardo et al., 2018), se puede conseguir un mayor impacto en dicha mejora si se utiliza además la analítica del aprendizaje.

En particular, para conseguir una comunicación entre profesores y estudiantes que sea eficaz y eficiente, sería conveniente disponer de información de diferente tipo. En concreto, los siguientes tipos de información podrían utilizarse para mejorar la comunicación entre profesores y estudiantes.

- El grado de utilización de los recursos educativos proporcionados. Es decir, sería conveniente saber si los recursos son utilizados por los estudiantes, de tal forma que se pudieran actualizar dichos recursos en consecuencia (por ejemplo, modificando documentos PDFs o vídeos que no se estén utilizando, de forma que el recurso se actualice apropiadamente y sea utilizado por los estudiantes). Por ejemplo, en (Díaz et al., 2015; Pardo et al., 2018), se realiza este análisis asociado a la utilización de los recursos.

- Además, los profesores también deberían conocer el nivel de compromiso de los estudiantes con el modelo de clase invertida, es decir, los profesores deberían saber si los estudiantes están trabajando realmente en las actividades que deben realizar para poder verse beneficiados del modelo. Por ejemplo, el nivel de compromiso de los estudiantes con la clase invertida se analiza en (Estévez-Ayres et al., 2018; Wood, 2016).

Por tanto, gracias al uso de la analítica del aprendizaje, no es preciso que los estudiantes tengan que comunicarse directamente con el profesor para que éste sepa si los recursos educativos proporcionados son útiles, o si los estudiantes están teniendo dificultades para seguir el modelo de clase invertida. Con el análisis de los datos educativos, se proporciona un "feedback indirecto" al profesor, puesto que los estudiantes en realidad no proporcionan conscientemente esta información, sino que se obtiene mediante el análisis de sus datos (que se puede ver como un proceso de comunicación indirecto). No obstante, este hecho no impide que dicho "feedback" sea muy útil puesto que permite a los profesores realizar intervenciones apropiadas como, por ejemplo, adaptar la clase presencial a las necesidades de los estudiantes, tal y como puede verse, por ejemplo, en (Abeysekera y Dawson, 2015; Estévez-Ayres et al., 2018; Giannakos et al., 2016; Luján-Mora, 2013).

No sólo eso, al proporcionar información de este tipo a los profesores, se posibilita que dichos profesores se comuniquen eficazmente con los estudiantes en base a las acciones de dichos estudiantes. Por ejemplo, en Prieto-Martín et al. (2018) se muestra que si los profesores conocen cómo se están preparando la clase presencial los estudiantes, pueden comunicarse tanto con los estudiantes que se estén preparando la clase presencial (animando a dichos estudiantes a seguir así), como con los estudiantes que no estén realizando dicha preparación (por ejemplo, pueden dar un "toque de atención" a estos estudiantes, de forma que no lleguen a la clase presencial sin realizar dicha preparación).

Además, la analítica del aprendizaje también puede ser utilizada, en un contexto de clase invertida, para que los profesores proporcionen a los estudiantes información de utilidad. Por ejemplo, en Wong (2016) se comunica a los estudiantes (que lo necesiten) qué parte de un vídeo tienen que volver a ver en base a sus respuestas en ejercicios online. De esta forma, utilizando la analítica del aprendizaje, el profesor puede definir qué recursos educativos son más recomendables para un determinado tipo de estudiante

que cumpla un determinado criterio como, por ejemplo, una determinada nota en un ejercicio, o un cierto patrón de visualización de los vídeos proporcionados.

Por tanto, mediante el uso combinado de la analítica del aprendizaje y del modelo de clase invertida se puede proporcionar información de utilidad a profesores y estudiantes, con las que facilitar el intercambio de dicha información, mejorando por tanto la comunicación entre ambos.

En conclusión, tomando en consideración todo lo expuesto en el presente capítulo, se puede concluir que existe una necesidad educativa real que la presente propuesta (el uso combinado de la analítica del aprendizaje junto con el modelo de clase invertida) puede llegar a satisfacer, lo cual ofrece motivos más que suficientes para seguir avanzando en esta línea de investigación.

CAPÍTULO 4. PROPUESTA DE MARCO PARA LA COMBINACIÓN DE ANALÍTICA DE APRENDIZAJE Y LA CLASE INVERTIDA

El marco de trabajo descrito en el presente capítulo tiene el objetivo de seleccionar un conjunto de indicadores asociados a la analítica del aprendizaje que se consideran relevantes en cada uno de los cuatro tipos de clase invertida considerados. Además, dicho marco también especifica la información que se puede obtener mediante dichos indicadores, qué visualizaciones serían más apropiadas para mostrar dicha información, así como las intervenciones que se podrían realizar en base a esta información.

Por tanto, para cada tipo de clase invertida, se especifica el conjunto de indicadores que se considera más apropiado, la información que se puede obtener mediante dichos indicadores, y las intervenciones que se pueden realizar en la clase invertida, tanto antes de la clase presencial como durante dicha clase. De este modo, el presente marco de trabajo pretende proporcionar un conjunto de recomendaciones para implementar de manera práctica diferentes experiencias educativas basadas en el uso conjunto del modelo de clase invertida y la analítica del aprendizaje.

Para describir apropiadamente el marco de trabajo, lo primero que se debe hacer es definir el conjunto de recursos educativos con los que van a interactuar los estudiantes en cada uno de los modelos de clase invertida. Dicha interacción entre los estudiantes y los recursos generará los datos educativos con los que se podrá mejorar el modelo de clase invertida. Por este motivo es fundamental conocer dichos recursos educativos. En este caso, se consideran los recursos educativos más habituales en experiencias que hacen uso del modelo de clase invertida. En concreto, la presente propuesta de marco de trabajo tiene en cuenta los siguientes recursos educativos:

- Vídeos: este tipo de recurso incluye los vídeos en los que se explican los diferentes conceptos. Los estudiantes acceden a dichos vídeos a través de Internet, pudiendo por tanto realizar una monitorización de sus patrones de visualización. Algunos ejemplos de experiencias en las que se utiliza este recurso son (Muñoz-Merino et al., 2017; Redondo-Martínez et al. 2015; Wood, 2016).

- Ejercicios: en este caso, únicamente se consideran los ejercicios realizados mediante un dispositivo electrónico (por ejemplo, ordenador, móvil, tableta, etcétera). Por tanto, no se consideran los ejercicios realizados en el plano físico (con lápiz y papel), sino que se tienen en cuenta, exclusivamente, los ejercicios realizados mediante un soporte electrónico que permita recoger información relacionada con las prestaciones del estudiante cuando realiza los ejercicios. Algunos ejemplos de trabajos en los que se consideran estos recursos son los siguientes: (Lust et al., 2013; Mazza y Dimitrova, 2004; Saint et al., 2018).
- Lecturas: en este caso, se consideran todos aquellos recursos en los que se expliquen contenido a través de un formato textual, es decir, a través de un texto que los estudiantes tienen que leer. Típicamente, las lecturas proporcionadas por los estudiantes se basan en documentos PDFs que los estudiantes descargan, o en páginas HTML en las que se incluye el texto con los contenidos. Por ejemplo, en los siguientes trabajos se utilizan este tipo de recursos: (Hórreo y Carro, 2007; Martínez-Muñoz y Pulido, 2015; Silva et al., 2018).
- Foros de discusión; este tipo de recursos se refiere a los foros de discusión online en los que los estudiantes escriben diferentes mensajes ("posts") para comunicarse con sus compañeros o con el profesor. Por ejemplo, un estudiante puede escribir un mensaje en un foro de discusión para preguntar una duda, y uno de sus compañeros puede escribir una respuesta, en dicho foro, intentando resolver la duda. Algunas experiencias en las que se hace uso de este tipo de recurso son: (Lust et al., 2013; Mazza y Dimitrova, 2004).

Como es lógico, el uso de cada uno de estos recursos académicos dependerá del modelo de clase invertida con el que se esté trabajando. Por ejemplo, en algunos casos se utilizarán mayoritariamente los vídeos y los ejercicios, mientras que en otras situaciones se hará un mayor uso de otros tipos de recursos. En cualquier caso, mediante todos estos recursos se puede obtener toda la información necesaria para mejorar el modelo de clase invertida mediante la analítica del aprendizaje.

Por otra parte, también es muy importante conocer el proceso por el cual se obtiene información académica relevante mediante las interacciones de los estudiantes con los recursos educativos. Dicho proceso, que se puede ver en detalle en (Chatti, Dyckhoff, Schroeder y Thüs, 2013; Dyckhoff, Zielke, Bültmann, Chatti y Schroeder, 2012), consta de diferentes partes que se especifican a continuación.

1. Los estudiantes interactúan con los recursos educativos. Dichas interacciones generan los datos educativos que se utilizarán.
2. Dichos datos pueden requerir de un análisis que permita obtener indicadores que muestren de manera más clara la información educativa. Aunque también puede darse el caso de que se puedan utilizar directamente los datos como indicadores, sin necesidad de realizar ningún tipo de análisis (por ejemplo, el porcentaje de visualización de un vídeo es un dato que se suele recopilar directamente en muchas plataformas de aprendizaje electrónico, y que puede ser utilizado directamente).
3. Los indicadores se muestran a los profesores, o a los estudiantes, mediante una serie de visualizaciones.
4. A través de las visualizaciones se infiere la información con la que se podrán realizar intervenciones.

Gráficamente, este proceso puede verse de la siguiente forma (Fig. 4.1).

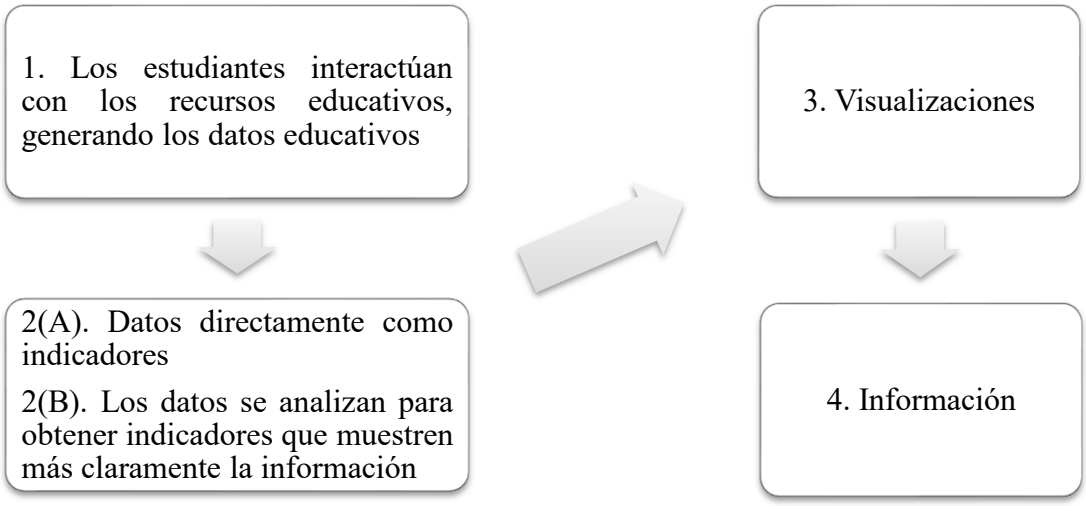


Fig. 4.1. Obtención de información académica mediante la interacción de los estudiantes con los recursos educativos.

4.1. Indicadores utilizados en el marco de trabajo

Antes de analizar en detalle los indicadores utilizados en el marco de trabajo, hay que remarcar que la mayoría de dichos indicadores han sido obtenidos analizando multitud de trabajos previos centrados en diferentes aspectos de la analítica del aprendizaje. Por tanto, salvo unos pocos indicadores derivados de los indicadores "base", el resto de indicadores ya han sido utilizados en diferentes experiencias o trabajos, lo cual implica que la originalidad de este trabajo no está en la definición de estos indicadores. En

realidad, lo que este trabajo aporta es la relación de dichos indicadores con contextos educativos en los que se haga uso de uno de los cuatro tipos de clase invertida que se han identificado.

A continuación, se presentan los tipos de trabajos que se han analizado para obtener los indicadores utilizados. En concreto, se han analizado los siguientes tipos de trabajos:

- Trabajos en los que se han analizado las interacciones entre los estudiantes y los vídeos (en un contexto de clase invertida) mediante diferentes indicadores asociados a dichas interacciones; por ejemplo, el número total de visualizaciones de los vídeos cada día, o cada semana. Un ejemplo de este tipo de trabajos es Wood (2016).
- También se han tenido en cuenta trabajos en los que se compara, mediante los patrones de visualización de los vídeos (por ejemplo, mediante la frecuencia de acceso de los estudiantes a los vídeos), el comportamiento de los estudiantes que han obtenido los mejores resultados académicos con el comportamiento de los estudiantes que han obtenido peores resultados. Por ejemplo, en Owston, Lupshenyuk y Wideman (2011) se realiza una comparación de este tipo.
- Además, se han considerado trabajos en los que se analizan indicadores relacionados con la analítica del aprendizaje, y que tratan de proporcionar información relacionada con el proceso de aprendizaje de los estudiantes (por ejemplo, información sobre cuánto aprende el estudiante, cuántos conceptos domina, según va avanzando el cuatrimestre). Un par de trabajos de este tipo son: (Dyckhoff et al., 2013; Ruipérez-Valiente, Muñoz-Merino, Gascón-Pinedo y Delgado Kloos, 2016).
- Trabajos centrados en definir indicadores asociados a la analítica del aprendizaje que permitan medir la eficiencia de los estudiantes en términos de su interacción con los recursos educativos (recursos como vídeos o ejercicios). Por ejemplo, utilizando los porcentajes de visualización del vídeo o el número de ejercicios resueltos correctamente. Un par de ejemplos, de este tipo de trabajos son (Muñoz-Merino, Ruipérez-Valiente y Delgado Kloos, 2013; Muñoz-Merino, Ruipérez-Valiente, Alario-Hoyos, Pérez-Sanagustín y Delgado Kloos 2015).

- También se consideran trabajos en los que se analizan los patrones de visualización de los estudiantes (por ejemplo, el número de veces que se ha visto el vídeo, o cuánto porcentaje del vídeo han visto los estudiantes) con el objetivo de inferir los conceptos más complejos para los estudiantes (conceptos explicados en los vídeos). Varios ejemplos en los que se realiza dicho análisis del patrón de visualización de los estudiantes son (Gilliland, 2017; Pijeira-Díaz, Santofimia-Ruiz, Ruipérez-Valiente, Muñoz-Merino y Delgado Kloos 2015).
- Trabajos que analizan las notas de los estudiantes obtenidas en los ejercicios realizados, con el objetivo de inferir el nivel de conocimiento de dichos estudiantes. Por ejemplo, en Mazza y Dimitrova (2004) se realiza este tipo de análisis.

Por tanto, se observa que existe una gran cantidad de trabajos previos relacionados con la analítica del aprendizaje que permiten escoger los indicadores que mejor se adaptan al modelo de clase invertida. Principalmente, en dichos trabajos se utilizan, como recursos educativos, vídeos, ejercicios, o ambos, aunque esto no quiere decir que no se utilicen lecturas o los foros de discusión.

Entrando en más en detalle en la elección de los indicadores asociados a la analítica del aprendizaje, hay que decir que el motivo de dicha elección se basa en las siguientes razones:

I. Los indicadores pueden utilizarse para obtener información académica con la que se puede adaptar la clase presencial a las necesidades de los estudiantes. En particular, conociendo cómo interactúan los estudiantes con los recursos preparatorios se puede inferir qué conceptos son más complejos para los estudiantes, pudiendo por tanto adaptar la clase en base a dicha información (por ejemplo, realizando actividades centradas en dichos conceptos durante la clase presencial). Por ejemplo, si los estudiantes invierten más o menos tiempo en una parte específica de un vídeo, o si intentan muchas veces un ejercicio, o si realizan muchas preguntas en un foro de discusión, entonces es posible inferir que los conceptos tratados en dichos recursos están causando dificultades a los estudiantes. Algunos trabajos relacionados con dicha adaptación son (Gilliland, 2017; Read et al., 2016; Wong, 2016).

II. Los indicadores considerados utilizan datos que están disponibles en multitud de entornos de aprendizaje basados en el modelo de clase invertida lo cual es muy conveniente; conveniencia que se muestra en, por ejemplo, (Lei et al., 2017; Saterbak et al., 2016; Sun et al., 2016).

III. Son indicadores que permiten inferir cómo los estudiantes siguen el modelo de clase invertida. Por ejemplo, a través de estos indicadores el profesor puede llegar a saber si los estudiantes están viendo los vídeos que explican los conceptos que se van a tratar durante la clase presencial, y si han entendido lo suficientemente bien dichos conceptos como para resolver correctamente los ejercicios correspondientes; ejercicios que se tienen que realizar antes de la clase presencial. Esto se puede ver, por ejemplo, en (Cruz-Argudo, 2017; Redondo-Martínez et al. 2015).

IV. Los indicadores permiten obtener información relacionada con todo el periodo de aprendizaje, y no únicamente con el periodo asociado a la preparación de la clase presencial. En concreto, se puede obtener información relacionada con: (1) la preparación de la clase presencial; (2) el desarrollo de la clase presencial; y (3) el periodo posterior a la clase presencial. De esta forma se pueden realizar intervenciones durante todo el transcurso del aprendizaje, intervenciones como, por ejemplo, las siguientes:

- Con la información asociada a la preparación de la clase presencial, se pueden preparar explicaciones adicionales para ser dadas justo al comienzo de dicha clase, tal y como se hace en, por ejemplo, Estévez-Ayres et al. (2018), o preparar actividades centradas en los conceptos más complejos para los estudiantes, como se muestra, por ejemplo, en Prieto-Martín et al. (2018).

- Durante la clase presencial se puede recoger información, por ejemplo, mediante sistemas de recopilación automática de respuestas (por ejemplo, sistemas como “Kahoot!”), de forma que se pueden modificar las actividades que se están realizando durante dicha clase, tal y como se hace en, por ejemplo, Read et al. (2016).

- Después de la clase presencial se pueden modificar aquellos recursos educativos que no estén consiguiendo transmitir los conocimientos a los estudiantes, recursos como, por ejemplo, vídeos o ejercicios. Un ejemplo de esto se encuentra en Hernández et al. (2016).

Por otra parte, hay que destacar que en el presente trabajo se pone el énfasis en aquellos indicadores relacionados con la interacción de los estudiantes con los recursos educativos preparatorios para la clase presencial. En especial, los indicadores relacionados con los vídeos y con los ejercicios cobran bastante relevancia, puesto que proporcionan información muy útil (por ejemplo, información con la que se puede adaptar la clase presencial), tal y como se puede ver en, por ejemplo, Redondo-Martínez et al. (2015).

No obstante, como se ha comentado anteriormente, también se han seleccionado otro tipo de indicadores utilizados en diferentes investigaciones y que están relacionados con la participación de los estudiantes en foros de discusión, por ejemplo, en Wong (2016) se utilizan este tipo de indicadores, o con su interacción con la plataforma online o con la herramienta software que alberga los recursos educativos, tal y como puede verse en, por ejemplo, Silva et al., (2018).

En conjunto, los indicadores seleccionados se pueden obtener y visualizar mediante diferentes herramientas software, como se puede apreciar en, por ejemplo, (Cruz-Argudo, 2017; Redondo-Martínez et al. 2015; Silva et al., 2018), lo cual anima a incorporarlos al marco de trabajo propuesto en la presente Tesis Doctoral, puesto que se dispone de evidencias más que suficientes de su uso en escenarios reales.

Finalmente, es importante remarcar un último criterio utilizado para la selección de los indicadores. Dicho criterio se basa en la necesidad de que dichos indicadores sean sencillos de comprender, puesto que es posible que los profesores que van a visualizar los indicadores no dispongan de conocimientos relacionados con la analítica del aprendizaje o con la visualización de datos complejos. Por tanto, hay que asegurarse de que los indicadores son los suficientemente sencillos, como para que profesores con diferentes conocimientos y experiencias puedan ser capaces de entender dichos indicadores sin ningún tipo de dificultad.

En cuanto a los indicadores asociados a la analítica del aprendizaje, hay que remarcar que existen multitud de ellos que ya han sido definidos en diferentes investigaciones. El

objetivo de esta Tesis Doctoral no es definir nuevos indicadores, sino seleccionar aquellos indicadores ya existentes en la literatura que sean más apropiados para los diferentes modelos de clase invertida. Para seleccionar los indicadores más apropiados para los diferentes modelos de clase invertida, se han analizado varios trabajos en los que se han definido o utilizado diferentes indicadores asociados a la interacción de los estudiantes con los vídeos, con los ejercicios, con las lecturas proporcionadas, y con los foros de discusión. En concreto, los indicadores han sido obtenido de diferentes trabajos previos, que se enumeran a continuación.

- Indicadores asociados a los vídeos:
    - Chetlur et al. (2014)
    - Doko y Bexheti (2018)
    - Garrick (2015)
    - Giannakos et al. (2016)
    - Giannakos y Chrisochoides (2014)
    - Lei et al. (2017)
    - Muñoz-Merino et al. (2015)
    - Muñoz-Merino et al. (2017)
    - Pijeira-Díaz et al. (2015)
    - Redondo-Martínez et al. (2015)
    - Ruipérez-Valiente et al. (2015)
    - Ruipérez-Valiente et al. (2016)
    - Santos et al. (2018)
    - Wong (2016)
    - Wood (2016)
    - Zhang y Zhu (2017)

- Indicadores asociados a los ejercicios:
  - Ahadi, Lister y Vihavainen (2016)
  - Demazière y Adawi (2015)
  - Giannakos y Chrisochoides (2014)
  - Lust et al. (2013)
  - Mazza y Dimitrova (2004)
  - Muñoz-Merino et al. (2015)
  - Muñoz-Merino et al. (2017)
  - Ono y Nakajima (2015)
  - Redondo-Martínez et al. (2015)
  - Ruipérez-Valiente et al. (2015)
  - Saint et al. (2018)
  - Saterbak et al., 2016
  - Sun et al. (2016)
  - Tempelaar, Heck, Cuypers, van der Kooij, y van de Vrie (2013)
  - Yamada y Hirakawa (2015)
- Indicadores asociados a la interacción con las lecturas:
  - Hórreo y Carro (2007)
  - Lei et al. (2017)
  - Martínez-Muñoz y Pulido (2015)
  - Mazza y Dimitrova (2004)
  - Muñoz-Merino et al. (2017)
  - Redondo-Martínez et al. (2015)
  - Ruipérez-Valiente et al. (2016)
  - Silva et al. (2018)

- Indicadores asociados a los foros de discusión:
    - Lust et al. (2013)
    - Mazza y Dimitrova (2004)
    - Muñoz-Merino et al., (2015)

Una vez conocidos los motivos por los cuales se han seleccionado los indicadores, así como los trabajos que han permitido seleccionarlos, se pueden ver dichos indicadores en detalle. En concreto, se han diferenciado los indicadores según estén relacionados con la interacción de los estudiantes con los vídeos, los ejercicios, las lecturas, o los foros de discusión. Además, se detalla qué trabajos específicos, de entre los que se acaban de indicar, hacen uso de estos indicadores.

4.1.1. Indicadores asociados con los vídeos

Los indicadores asociados con la interacción de los estudiantes se pueden clasificar en dos tipos, según se refieran a un único estudiante, o a un conjunto de estudiantes. En ambos casos, los indicadores se refieren a un único vídeo, es decir, se obtiene la información de cada uno de los vídeos por separado.

4.1.1.1. Indicadores asociados a un único estudiante

A continuación se muestran los indicadores relacionados con la interacción de un estudiante con un determinado vídeo, así como trabajos previos que utilizan dichos indicadores (aunque esto no implica que dichos trabajos previos hayan sido los primeros en definir dichos indicadores, sino que son trabajos en los que se utilizan los correspondientes indicadores).

- Porcentaje de visualización del vídeo. Este indicador se utiliza, por ejemplo, en (Doko y Bexheti, 2018; Muñoz-Merino et al., 2015; Redondo-Martínez et al. 2015; Lei et al., 2017; Santos et al. 2018).
- Cantidad total de tiempo invertido en el vídeo. Por ejemplo, en (Redondo-Martínez et al. 2015; Ruipérez-Valiente et al., 2015; Ruipérez-Valiente et al., 2016; Wong, 2016; Zhang y Zhu, 2017) se utiliza este indicador.
- Número de veces que se ha visto cada uno de los segundos del vídeo. Por ejemplo, en un vídeo de cinco minutos el estudiante puede haber visto dos veces el intervalo [00:00 - 02:30], y tres veces el intervalo [02:31 - 05:00]. Este indicador se utiliza por ejemplo en (Chetlur et al. 2014; Giannakos et al. 2016;

Giannakos y Chrisochoides, 2014; Pijeira-Díaz et al., 2015; Redondo-Martínez et al. 2015; Ruipérez-Valiente et al., 2016).

- Opinión del estudiante del vídeo que se le ha proporcionado. Mediante este indicador, el estudiante puede indicar simplemente que valora positivamente, o negativamente, el vídeo, o puede asignarle una determinada puntuación. Por ejemplo, en (Muñoz-Merino et al., 2017; Wood, 2016) se utiliza este indicador.

4.1.1.2. Indicadores asociados a varios estudiantes

En cuanto a los indicadores relacionados con varios estudiantes, hay que aclarar que algunos de los indicadores asociados a un único estudiante también pueden ser utilizados en el caso de tener varios estudiantes, simplemente calculando los valores medios para el conjunto de estudiantes. No obstante, también se incluyen algunos indicadores que únicamente pueden obtenerse mediante los datos de varios estudiantes. En concreto, dichos indicadores relacionados con varios estudiantes son: "Utilidad del vídeo respecto al porcentaje de visualización" y "Segundos del vídeo con un volumen de reproducciones elevado". Por otra parte, hay que decir que, considerando todos los trabajos analizados, estos dos indicadores asociados con varios estudiantes no han sido utilizados (tal y como se definen en la presente Tesis Doctoral) en dichos trabajos. No obstante, sí que se han diseñado tomando como referencia indicadores similares descritos en algunos de estos trabajos, por lo que el diseño de estos dos indicadores está basado en la información obtenida de dichos trabajos (trabajos que se especificarán un poco más adelante junto al indicador en cuestión).

Al igual que sucedía en el caso anterior, los trabajos especificados son ejemplos en los que se hace uso de dichos indicadores, pero no son necesariamente trabajos en los que se definen por primera vez los indicadores. En concreto, los indicadores y sus correspondientes trabajos asociados se muestran a continuación.

- Porcentaje medio de visualización del vídeo. Este indicador se utiliza, por ejemplo, en (Muñoz-Merino et al., 2015; Redondo-Martínez et al. 2015).
- Cantidad total de tiempo invertido en un vídeo. Por ejemplo, en (Redondo-Martínez et al. 2015; Ruipérez-Valiente et al., 2015; Ruipérez-Valiente et al., 2016) se utiliza este indicador.

- Número de veces que se ha visto cada uno de los segundos del vídeo. Por ejemplo, este indicador se usa en (Pijeira-Díaz et al., 2015; Redondo-Martínez et al. 2015; Ruipérez-Valiente et al., 2016).
- Conceptos tratados en el vídeo. Este indicador aparece, por ejemplo, en (Muñoz-Merino et al., 2017; Pijeira-Díaz et al., 2015; Wood, 2016).
- Opiniones de los estudiantes del vídeo. Por ejemplo, en (Muñoz-Merino et al., 2017; Wood, 2016) se utiliza este indicador.
- Utilidad del vídeo respecto al porcentaje de visualización. Este indicador se ha diseñado tomando como referencia las visualizaciones asociadas a los porcentajes de visualización de los vídeos que se utilizan en Garrick (2015).
- Segundos del vídeo con un volumen de reproducciones elevado. En este caso, el indicador se ha diseñado tomando como referencia las visualizaciones relacionadas con el número de veces que se ha visto cada segundo de un vídeo que se muestran en Ruipérez-Valiente et al. (2016).

Se puede ver que casi todos los indicadores son fáciles de comprender, y no requieren de ningún tipo de análisis para obtenerse o visualizarse. Sin embargo, los dos indicadores asociados a los vídeos que se han definido ("Utilidad del vídeo respecto al porcentaje de visualización" y "Segundos del vídeo con un volumen de reproducciones elevado") deben ser explicados en detalle, puesto que su interpretación es algo más compleja.

Utilidad del vídeo respecto al porcentaje de visualización

Este indicador trata de determinar la utilidad de un determinado vídeo, analizando los porcentajes de visualización de dicho vídeo (porcentajes de visualización correspondientes a diferentes estudiantes). Por tanto, para cada uno de los estudiantes considerados, se analiza qué porcentaje del vídeo ha visto. Por ejemplo, si un estudiante ha visto 15 minutos de un vídeo cuya duración es de 30 minutos, el porcentaje de visualización asociado a dicho estudiante y a dicho vídeo es del 50 %.

Este indicador requiere que se definan dos valores mínimos que actuarán como valores umbral. En concreto, hay que definir:

I. El porcentaje mínimo del vídeo que se ha de visualizar para considerar que dicho vídeo ha sido útil para un determinado estudiante.

II. El porcentaje mínimo de estudiantes para los cuales el vídeo ha sido útil.

Por tanto, la idea es analizar si un cierto porcentaje de estudiantes del curso han visto, como mínimo, un cierto porcentaje del vídeo. Por ejemplo, se puede considerar que el vídeo es útil si, al menos, el 50% de estudiantes del curso han visto, como mínimo, el 75% del vídeo. En este caso los dos valores umbral serían, por una parte, el porcentaje "75%" en relación con el porcentaje mínimo de visualización, y, por otra parte, el porcentaje "50%" refiriéndose al porcentaje mínimo de estudiantes que han visto dicho porcentaje mínimo del vídeo. El valor de estos dos valores umbral dependerá del criterio del profesor, puesto que según el contexto educativo específico puede ser necesarios unos determinados valores umbral u otros. De esta forma, se puede establecer un criterio flexible que permite inferir si el vídeo es útil para los estudiantes, desde el punto de vista del porcentaje de visualización.

Para entender mejor este indicador asociado a la utilidad del vídeo desde la perspectiva del porcentaje de visualización, se presenta un ejemplo en detalle. En primer lugar, en este ejemplo el 40% de estudiantes de un curso han visto, al menos, el 75% del vídeo. Si el profesor establece que para que un vídeo sea útil al menos el 50% de estudiantes tiene que haber visto, como mínimo, el 80% del vídeo, entonces, considerando dicho criterio, el vídeo no sería útil. Pero, si el profesor establece que para que un vídeo sea útil, al menos el 30% de la clase tiene que haber visto, como mínimo, el 60% del vídeo, entonces el vídeo sí que sería útil. De esta forma, este indicador proporciona bastante flexibilidad a los profesores, ya que les permite establecer su propio criterio a la hora de analizar la utilidad del vídeo desde esta perspectiva.

Segundos del vídeo con un volumen de reproducciones elevado

En este caso, hay que analizar el número de veces que los estudiantes han visualizado cada uno de los segundos del vídeo. La idea es detectar segundos del vídeo que tengan asociados un volumen de reproducciones significativamente mayor que los demás segundos del vídeo. De este modo, se puede alertar a los profesores de intervalos del vídeo que están siendo más visualizados por los estudiantes, en comparación con el resto de partes de dicho vídeo. Dicho comportamiento no tiene por qué implicar un hecho negativo, puesto que, si esa parte del vídeo es interesante para los estudiantes, es normal que la vean más veces que otras partes. Aunque también puede suceder que los

estudiantes vean una parte del vídeo una y otra vez porque no están entendiendo los conceptos explicados en dicha parte. Por tanto, el objetivo es alertar a los profesores de este tipo de situaciones, para que puedan analizar si el segmento del vídeo está causando de verdad problemas a los estudiantes, o si es un fragmento interesante.

Para detectar los segundos del vídeo que están siendo visualizados en mayor medida que el resto de segundos del mismo vídeo, se debe realizar el siguiente proceso para cada uno de los segundos del vídeo, y utilizando los datos de todos los estudiantes. En primer lugar, se tiene que calcular, para el segundo del vídeo que se quiere analizar (segundo X), el parámetro definido en la siguiente expresión (expresión 4.1).

$$Parámetro\ [segundo\ X] = \frac{Número\ de\ reproducciones\ totales\ del\ segundo\ X}{Número\ de\ estudiantes\ que\ han\ visto\ el\ segundo\ X} \quad (4.1)$$

Este parámetro representa una media de las visualizaciones de un segundo del vídeo (segundo X) por estudiante que haya visto dicho segundo. Se utiliza el número de estudiantes que ha visto el segundo X, en lugar del número de estudiantes en total, porque se quiere poder detectar volúmenes de reproducciones elevados incluso cuando un estudiante (o algunos pocos estudiantes) vea muchas veces (en media) dicho segundo.

De este modo, este parámetro no considera los datos de los estudiantes que no han visto ese instante del vídeo, sino que únicamente utiliza los datos de los estudiantes que hayan visto el correspondiente segundo del vídeo. Por tanto, es posible detectar intervalos del vídeo con un volumen de reproducciones elevado, incluso si únicamente un pequeño subconjunto de estudiantes ha visto dicho vídeo.

Además, se dispone de otros indicadores para saber si el vídeo ha sido visualizado por gran parte de la clase, o sólo por unos pocos estudiantes, indicadores como, por ejemplo, el porcentaje medio de visualización del vídeo, o la cantidad total de tiempo invertido en un vídeo. Por tanto, se dispone de información desde una perspectiva doble: considerando a todos los estudiantes de la clase, y considerando únicamente los estudiantes que hayan visto el vídeo.

El siguiente parámetro a definir es un valor umbral. En concreto, dicho parámetro pretende establecer un valor a partir del cual se considerará que el segundo del vídeo se está viendo un número elevado de veces. Este valor umbral se define de la siguiente forma (expresión 4.2).

$$Umbral = 1 + \frac{Número\ mínimo\ de\ reproducciones\ de\ un\ segundo\ del\ vídeo}{Número\ máximo\ de\ reproducciones\ de\ un\ segundo\ del\ vídeo} \quad (4.2)$$

Los dos términos del cociente se refieren al número mínimo o máximo de reproducciones de entre el conjunto de reproducciones de cada segundo del vídeo. Es decir, si el segundo Y del vídeo es el segundo del vídeo que se ha reproducido más veces del vídeo, entonces el número de reproducciones del segundo Y se toma como denominador del cociente en todos los cálculos asociados a los diferentes segundos del vídeo. Mientras que si el segundo Z del vídeo es el segundo del vídeo que se ha reproducido menos veces, entonces el número de reproducciones del segundo Z del vídeo se toma como numerador del cociente para todos los segundos analizados del vídeo.

Una vez vistos estos dos elementos, se puede ver cómo se establece si un determinado segundo del vídeo tiene asociado un volumen de reproducciones elevado. En concreto, se puede comparar el valor del parámetro con el valor del umbral que se acaba de presentar. Se puede observar esta comparación mediante las siguientes expresiones (expresión 4.3a y expresión 4.3b).

$$Parámetro\ [segundo\ X] > umbral \ \rightarrow \ Volumen\ de\ reproducciones\ elevado \quad (4.3a)$$

$$Parámetro\ [segundo\ X] \leq \ umbral \ \rightarrow \ Volumen\ de\ reproducciones\ normal \quad (4.3b)$$

Para poder definir una zona intermedia de clasificación entre los extremos "Volumen de reproducciones elevado" y "Volumen de reproducciones 'normal'" se establece un determinado porcentaje del umbral, que permitirá incluir un caso intermedio. El valor de dicho porcentaje podrá variar, dependiendo del criterio que deseen establecer los profesores. Esto permite otorgar bastante flexibilidad a los profesores, puesto que les permite ajustar el indicador al contexto educativo correspondiente. De esta forma, el escenario sería el siguiente.

- El segundo X tiene un volumen de reproducciones elevado si (expresión 4.4):

$$Parámetro\ [segundo\ X] > Umbral + Porcentaje * Umbral \quad (4.4)$$

- El segundo X tiene un volumen de reproducciones "normal" si (expresión 4.5):

$$Parámetro\ [segundo\ X] < Umbral - Porcentaje * Umbral \quad (4.5)$$

- El segundo X del vídeo se encuentra en el caso intermedio si se cumplen las siguientes dos condiciones (expresión 4.6):

$$\begin{aligned} &1)\ Umbral - Porcentaje * Umbral \ \leq Parámetro\ [segundo\ X] \\ &2)\ Parámetro[segundo\ X] \leq Umbral + Porcentaje * Umbral \end{aligned} \quad (4.6)$$

De esta forma se puede inferir para cada segundo del vídeo, si los estudiantes están visualizando dicho segundo un número elevado de veces. Además, se puede ser capaz de detectar volúmenes de reproducciones elevados incluso cuando sólo unos pocos estudiantes hayan visto el vídeo analizado. En cuanto al vídeo en su conjunto, se puede analizar si el vídeo posee una gran cantidad de segundos con un volumen de reproducciones elevado. Dicho número de segundos dependerá del criterio que deseen establecer los profesores.

A continuación, se muestra un ejemplo para entenderlo mejor. Por simplicidad se considera que el vídeo únicamente dura 10 segundos. Los datos iniciales serían los siguientes:

- Vídeo de 10 segundos.
- Número de reproducciones de los segundos del vídeo*: [1,2,2,4,6,6,6,8,8,10]

  * El primer segundo del vídeo se ha visto una vez, el cuarto segundo se ha visto cuatro veces, etcétera.
- Número de estudiantes que han visto cada segundo del vídeo*: [4,8,8,10,10,5,4,4,2,4]

  * El primer segundo del vídeo lo han visto cuatro estudiantes, el sexto segundo del vídeo lo han visto cinco estudiantes, etcétera.

Se calcula el valor del parámetro que permite determinar si un determinado segundo del vídeo tiene asociado un volumen de reproducciones elevado. El resultado de dicho cálculo se muestra a continuación (expresión 4.7).

$$Parámetro[segundo\ X] = \left[\frac{1}{4}; \frac{2}{4}; \frac{2}{8}; \frac{4}{10}; \frac{6}{5}; \frac{6}{5}; \frac{6}{4}; \frac{8}{4}; \frac{8}{2}; \frac{10}{4}\right] \quad (4.7)$$

Se calcula el valor del umbral. En este caso, el número mínimo de reproducciones de un segundo del vídeo se corresponde con el número de reproducciones del primer segundo del vídeo (una reproducción), mientras que el número máximo de reproducciones de un segundo del vídeo se corresponde con el número de reproducciones del décimo segundo del vídeo (diez reproducciones). El valor del umbral en este ejemplo se calcula de la siguiente forma (expresión 4.8).

$$Umbral = 1 + \frac{Número\ mínimo\ de\ reproducciones\ de\ un\ segundo\ del\ vídeo}{Número\ máximo\ de\ reproducciones\ de\ un\ un\ segundo\ del\ vídeo} \quad (4.8)$$

$$Umbral = 1 + \frac{1}{10} = 1{,}1$$

Continuando con el ejemplo, se considera que el profesor establece que el porcentaje del umbral que cubrirá los casos intermedios será del diez por ciento. Con este dato, los intervalos de clasificación serían los siguientes (expresiones 4.9, 4.10 y 4.11).

$$Segundo\ X - Visualización\ elevada\ si: Parámetro[X] > 1{,}1 + 10\% * 1{,}1 = 1{,}21 \quad (4.9)$$

$$Segundo\ X - Visualización\ normal\ si: Parámetro[X] < 1{,}1 - 10\% * 1{,}1 = 0{,}99 \quad (4.10)$$

$$Segundo\ X\ se\ encuentra\ en\ el\ caso\ intermedio\ si: \begin{cases} Parámetro[X] \leq 1{,}21 \\ Parámetro[X] \geq 0{,}99 \end{cases} \quad (4.11)$$

Por tanto, los segundos del vídeo se clasificarían de la siguiente forma.

- $Parámetro[1] = 0{,}25 \rightarrow Visualización\ normal$
- $Parámetro[2] = 0{,}5 \rightarrow Visualización\ normal$
- $Parámetro[3] = 0{,}25 \rightarrow Visualización\ normal$
- $Parámetro[4] = 0{,}4 \rightarrow Visualización\ normal$
- $Parámetro[5] = 1{,}2 \rightarrow Caso\ intermedio$
- $Parámetro[6] = 1{,}2 \rightarrow Caso\ intermedio$
- $Parámetro[7] = 1{,}5 \rightarrow Visualización\ elevada$
- $Parámetro[8] = 2 \rightarrow Visualización\ elevada$
- $Parámetro[9] = 4 \rightarrow Visualización\ elevada$
- $Parámetro[10] = 2{,}5 \rightarrow Visualización\ elevada$

En cuanto al vídeo en su conjunto, se puede observar que el 40% de los segundos del vídeo tienen asociados un volumen de reproducciones elevado, por lo que si el profesor, por ejemplo, establece que los vídeos que contengan un 30% de segundos con un volumen de reproducciones elevado son vídeos con un volumen de reproducciones elevado, entonces se alertaría al profesor de que ese vídeo tiene muchos segundos que han sido muy visualizados por los estudiantes.

De esta forma, los profesores pueden conocer los segundos del vídeo que han sido muy visualizados por los estudiantes. Como es lógico, todo este proceso tiene que ser transparente para los profesores, hay que automatizar el proceso mediante herramientas que se encarguen de recopilar y analizar los datos asociados a la visualización de los vídeos, herramientas como la mostrada en el quinto capítulo (“Capítulo 5. Herramienta”) del presente trabajo.

4.1.2. Indicadores asociados con los ejercicios

En este caso, también se diferencian los indicadores asociados con los ejercicios según se refieran a un único estudiante o a varios estudiantes. Además, hay que aclarar que ambos tipos de indicadores se refieren a un único ejercicio.

Por otra parte, y tal y como sucedía en el apartado anterior, también se indican algunos trabajos que hacen uso de dichos indicadores, y que se han utilizado como referencia (aunque, como en el caso anterior, esto no implica que sean los primeros trabajos en definir dichos indicadores, sino que son trabajos en los que se utilizan los indicadores). En cuanto a indicadores más complejos, que transformen y combinen indicadores asociados a los ejercicios "más básicos", hay que decir que se definen cuatro indicadores de este tipo. Estos indicadores se han definido tomando como referencia indicadores expuestos en varios de los trabajos considerados, por lo que el diseño de estos cuatro indicadores está basado en la información mostrada en dichos trabajos. En concreto, estos cuatro indicadores son los siguientes: (1) "Facilidad del estudiante para resolver el ejercicio" (y su "versión" para varios estudiantes "Facilidad media de los estudiantes para resolver el ejercicio"); (2) "Facilidad del estudiante para resolver el ejercicio al primer intento" (así como su "versión" para varios estudiantes "Facilidad media de los estudiantes para resolver el ejercicio al primer intento"); (3) "Volumen de uso del ejercicio"; y (4) "Porcentaje de estudiantes que han intentado el ejercicio". Tal y como sucedía en el caso de los indicadores asociados a los vídeos, se mostrarán tanto los trabajos en los que aparecen directamente los indicadores, como los trabajos que se han utilizado como referencia para el diseño de indicadores que transformen y combinen indicadores "más básicos".

4.1.2.1. Indicadores asociados a un único estudiante

Este tipo de indicadores se muestran a continuación, junto con algunos ejemplos de trabajos donde se han utilizado.

- Puntuación obtenida en el ejercicio en el intento correspondiente, es decir, la puntuación obtenida cuando el estudiante completa el ejercicio, independientemente de si es el primer intento, el segundo, el último, etcétera. Por ejemplo, este indicador se utiliza en (Giannakos y Chrisochoides, 2014; Mazza y Dimitrova, 2004; Redondo-Martínez et al. 2015).

- Número de veces que se ha intentado realizar el ejercicio, tanto con resultados positivos como negativos. Este indicador se utiliza, por ejemplo, en (Mazza y Dimitrova, 2004; Muñoz-Merino et al., 2017; Saint et al., 2018; Sun et al., 2016; Yamada y Hirakawa, 2015).
- Número de veces que el ejercicio se ha resuelto correctamente. Por ejemplo, en (Demazière y Adawi, 2015; Muñoz-Merino et al., 2015; Saint et al., 2018) se utiliza este indicador.
- Si el estudiante ha podido resolver el ejercicio al primer intento, es decir, si el estudiante ha podido resolver el ejercicio la primera vez que se ha enfrentado con él. Este indicador se utiliza, por ejemplo, en (Muñoz-Merino et al., 2015)
- Cantidad de tiempo utilizado para resolver el ejercicio. Por ejemplo, en (Muñoz-Merino et al., 2017; Ono y Nakajima, 2015; Redondo-Martínez et al. 2015; Ruipérez-Valiente et al., 2015) se utiliza este indicador.
- Opinión del estudiante del ejercicio. Este indicador se usa, por ejemplo, en (Lust et al., 2013; Muñoz-Merino et al., 2017).
- Facilidad del estudiante para resolver el ejercicio. En este caso, el indicador se ha diseñado tomando como referencia los indicadores expuestos en Yamada y Hirakawa (2015).
- Facilidad del estudiante para resolver el ejercicio al primer intento. Este indicador se ha diseñado analizando los indicadores utilizados en Muñoz-Merino et al. (2015).

4.1.2.2. Indicadores asociados a varios estudiantes

En este caso, los indicadores seleccionados son los siguientes (al igual que en el caso anterior, también se muestran algunos ejemplos de trabajos en los que se han utilizado dichos indicadores).

- Puntuación media obtenida en el ejercicio. Por ejemplo, este indicador aparece en (Mazza y Dimitrova, 2004; Saterbak et al., 2016).
- Número de veces que el ejercicio se ha intentado, tanto con resultados positivos como negativos. Este indicador se usa, por ejemplo, en (Ahadi et al., 2016; Mazza y Dimitrova, 2004; Saint et al., 2018).

- Número de veces que el ejercicio se ha resuelto correctamente. Por ejemplo, en (Ahadi et al., 2016; Saint et al., 2018) se utiliza este indicador.
- Número de veces que el ejercicio se ha resuelto al primer intento. Este indicador, se usa, por ejemplo, en (Muñoz-Merino et al., 2015).
- Cantidad medio de tiempo que los estudiantes han utilizado para resolver el ejercicio. Por ejemplo, en (Redondo-Martínez et al. 2015; Ruipérez-Valiente et al., 2015; Tempelaar et al., 2013) se utiliza este indicador.
- Conceptos tratados en el ejercicio. Este indicador se utiliza, por ejemplo, en (Mazza y Dimitrova, 2004; Muñoz-Merino et al., 2017).
- Opiniones del estudiante del ejercicio. Por ejemplo, en (Lust et al., 2013; Muñoz-Merino et al., 2017) se utiliza este indicador.
- Facilidad media de los estudiantes para resolver el ejercicio. Este indicador se ha diseñado tomando como referencia los indicadores mostrados en Yamada y Hirakawa (2015).
- Facilidad media de los estudiantes para resolver el ejercicio al primer intento. En este caso, el indicador se ha diseñado considerando los indicadores utilizados en Muñoz-Merino et al. (2015).
- Volumen de uso del ejercicio. Este indicador se ha diseñado tomando como referencia los indicadores mostrados en Comerford et al. (2018).
- Porcentaje de estudiantes que han intentado el ejercicio (simplemente, este indicador se define como el cociente entre el número de estudiantes que intentaron el ejercicio y el número de estudiantes del curso). En este caso, el indicador se ha diseñado considerando los indicadores expuestos en Sun et al. (2016).

Se puede ver que la mayoría de los indicadores asociados a la interacción de los estudiantes con los ejercicios son sencillos y fáciles de entender. No obstante, hay que explicar en detalle aquellos indicadores que no tienen una interpretación tan directa. Por este motivo, a continuación se explican en detalle tres indicadores: (1) el indicador "facilidad del estudiante para resolver el ejercicio"; (2) el indicador "facilidad media de los estudiantes para resolver el ejercicio al primer intento" (el indicador "facilidad al primer intento" se ha diseñado para ser utilizado, principalmente, con la información de

varios estudiantes, por eso se explica en detalle la "versión" para varios estudiantes en lugar de la "versión" para un único estudiante); y (3) el indicador "volumen de uso del ejercicio".

Facilidad del estudiante para resolver el ejercicio

Este indicador trata de definir una medida asociada al grado de dificultad del ejercicio. El objetivo es discernir si el estudiante es capaz de resolver correctamente el ejercicio (aunque tenga que realizar múltiples intentos para resolverlo correctamente), o si el estudiante no es capaz de resolverlo. Además, se consideran intentos posteriores a la primera resolución exitosa del ejercicio, con el objetivo de saber si los estudiantes vuelven a intentar un ejercicio tras realizarlo con éxito. En este sentido, las variaciones en el valor de la facilidad indicarán si el estudiante vuelve a intentar un ejercicio una vez lo ha realizado correctamente. Todo esto suponiendo que ha transcurrido un tiempo desde el momento por el cual el estudiante resolvió correctamente el ejercicio, y el momento en el cual lo ha vuelto a intentar. Es decir, no se tiene en cuenta si los intentos exitosos se han producido en un breve intervalo de tiempo, sino que se supone que el estudiante ha dejado pasar un tiempo cuando vuelve a hacer el ejercicio (comportamiento que es lógico, puesto que no es muy probable que un estudiante resuelva un ejercicio y lo vuelva a intentar justo después). En concreto, si este indicador asociado a la facilidad aumenta, el estudiante ha intentado resolver otra vez el ejercicio con éxito, mientras que si disminuye el estudiante ha intentado resolverlo, pero no ha sido capaz de conseguirlo (por ejemplo, porque ha vuelto a intentarlo un tiempo después de haberlo resuelto y ha olvidado cómo obtener el resultado correcto).

Por tanto, para obtener este tipo de información, se define el indicador "facilidad" de la siguiente forma (expresión 4.12).

$$Facilidad = \frac{Número\ de\ veces\ que\ se\ resolvió\ correctamente\ el\ ejercicio}{Número\ de\ veces\ que\ se\ intentó\ el\ ejercicio} \qquad (4.12)$$

En este caso, el indicador puede tomar cualquier valor comprendido en el intervalo [0,1]. Si el indicador toma el valor "cero", se puede considerar que el estudiante no es capaz de resolver el ejercicio, puesto que no lo ha resuelto correctamente ninguna vez. Mientras que, si el indicador toma el valor uno, entonces el ejercicio es sencillo para el estudiante puesto que lo ha podido resolver todas las veces que lo ha intentado. De este modo, viendo simplemente el valor numérico asociado a la facilidad, se puede saber si el estudiante está teniendo problemas para resolver el ejercicio (lo cual sucederá cuando el valor de facilidad tome valores cercanos a cero) o si es capaz de resolverlo sin

demasiadas dificultades (lo cual vendrá indicado cuando la facilidad tome valores cercanos a uno). Además, agregando los valores de facilidad de todos los estudiantes, es posible conocer la tendencia general de la clase en relación con el ejercicio analizado.

Facilidad media de los estudiantes para resolver el ejercicio al primer intento

En este caso, el indicador pretende complementar la información proporcionada por el anterior indicador (facilidad para resolver el ejercicio), analizando si los estudiantes son capaces de resolver el ejercicio al primer intento. En particular, si los estudiantes son capaces de resolver un ejercicio la primera vez que se enfrentan a él, entonces se puede inferir que han comprendido apropiadamente los conceptos tratados en dicho ejercicio, puesto que no necesitan intentarlo una y otra vez para resolverlo correctamente. De esta forma, se dispone de un indicador que complementa al indicador "facilidad", puesto que el indicador "facilidad media al primer intento" permite inferir si los estudiantes disponen del conocimiento necesario como para enfrentarse con éxito con el ejercicio la primera vez que lo intentan.

En concreto, se define la facilidad media de los estudiantes para resolver un ejercicio al primer intento de la siguiente forma (expresión 4.13).

$$Facilidad\ 1^{er}\ intento\ = \frac{Número\ de\ veces\ que\ se\ resolvió\ correctamente\ el\ ejercicio\ al\ primer\ intento}{Número\ de\ veces\ que\ se\ resolvió\ correctamente\ el\ ejercicio} \quad (4.13)$$

Se puede apreciar que se analiza el porcentaje de veces que los estudiantes han sido capaces de resolver correctamente un ejercicio, con respecto al número de veces que se resolvió correctamente. Hay que recordar que este indicador se refiere al conjunto de estudiantes de la clase, por tanto, se tiene que utilizar tanto la expresión "4.13", como los datos de todos los estudiantes. Además, se puede observar que la facilidad media de los estudiantes para resolver el ejercicio al primer intento únicamente puede tomar un valor comprendido en el intervalo [0, 1], tal y como sucedía en el caso anterior.

Si la facilidad media al primer intento toma el valor "cero", entonces ningún estudiante ha resuelto correctamente el ejercicio en su primer intento (pero pueden haberlo resuelto satisfactoriamente en posteriores intentos), lo cual es un claro indicador de que el ejercicio es complejo para los estudiantes puesto que no lo han podido resolver la primera vez que lo han intentado.

Por otro lado, si el indicador toma el valor "uno", entonces: (1) todas las veces que se ha resuelto correctamente el ejercicio han sido ocasiones en las que los estudiantes lo

intentaban por primera vez; y (2) una vez resuelto correctamente el ejercicio los estudiantes no lo han vuelto a intentar, lo cual lleva a pensar que el ejercicio es excesivamente sencillo para los estudiantes, puesto que lo han resuelto al primer intento todas las veces, pero no lo han vuelto a intentar posteriormente (por ejemplo, para repasar los conceptos tratados).

Por otra parte, cuando los valores de facilidad media al primer intento toman valores cercanos a uno, se puede inferir que a los estudiantes les ha costado algo más resolver el ejercicio que en el caso en el que se tiene un valor de "facilidad media al primer intento" de uno, puesto que no todas las veces que han intentado resolver el ejercicio al primer intento lo han conseguido resolver correctamente. Aunque un valor cercano a uno también puede indicar que el ejercicio es útil para repasar los conceptos tratados, puesto que los estudiantes han podido volver a intentar el ejercicio alguna otra vez, tras haberlo resuelto de manera correcta en su primer intento. Este hecho se podría inferir si se detecta que la facilidad al primer intento cambia su valor con el tiempo, pasando de un valor de uno (o cercano a uno) a un valor algo menor, lo cual podría ser un signo de que los estudiantes están volviendo a realizar el ejercicio para repasar los conceptos, mostrando por tanto la utilidad del ejercicio para comprender y repasar los conceptos estudiados.

En el caso de que los valores de facilidad media al primer intento se encuentren en torno a cero, se puede inferir que el ejercicio es complejo para los estudiantes, ya que no han sido capaces de resolverlo al primer intento demasiadas veces. No obstante, esto no quiere decir que el ejercicio no sea útil, puesto que los estudiantes pueden haber resuelto el ejercicio correctamente en posteriores intentos. En este caso, es fundamental comparar este indicador con el indicador "Facilidad media de los estudiantes para resolver el ejercicio", de forma que se pueda corroborar que los estudiantes pueden, al menos, resolver el ejercicio en posteriores intentos.

Por tanto, se puede apreciar que, mediante la facilidad y la facilidad al primer intento asociada a los ejercicios, se dispone de información con la que se puede inferir la dificultad de un ejercicio, puesto que es posible saber si el estudiante es capaz de resolver correctamente el ejercicio y cuánto le cuesta resolverlo (es decir, si el estudiante tiene que intentar muchas veces un ejercicio para resolverlo correctamente), y si es capaz de resolverlo al primer intento. Además, también se puede saber si los estudiantes vuelven a intentar el ejercicio una vez lo han resuelto correctamente, lo cual

proporciona información relacionada con el periodo de tiempo posterior a la preparación de la clase presencial. Esta información puede ser muy relevante para el profesor, puesto que le permite saber, por ejemplo, si los estudiantes repasan lo aprendido justo después de haberse impartido la clase presencial, o si únicamente vuelven a estudiar los conceptos un poco antes del examen final.

Volumen de uso del ejercicio

En este caso, este indicador tiene como objetivo medir el grado de utilización de un ejercicio, con el fin de poder inferir si el ejercicio es realmente útil para los estudiantes. En concreto, el indicador considera cuántas veces se ha intentado resolver un ejercicio (independientemente de si se ha resuelto correctamente o incorrectamente) y el número de estudiantes del curso.

La idea es medir la utilidad de un ejercicio en base al uso que se haga de dicho ejercicio, por lo que, si los estudiantes no han intentado siquiera resolver el ejercicio, entonces se infiere que dicho ejercicio no es útil para los estudiantes. En concreto, la definición del indicador es la siguiente (expresión 4.14).

$$\text{Volumen de uso del ejercicio} = \frac{Número\ de\ veces\ que\ se\ intentó\ un\ ejercicio}{Número\ de\ estudiantes\ del\ curso}\left[\frac{Intentos}{Estudiante}\right] \quad (4.14)$$

4.1.3. Indicadores asociados con las lecturas

En este caso, únicamente se presentan los indicadores asociados a un estudiante, puesto que todos ellos se pueden modificar para representar a varios estudiantes calculando los valores medios de dichos indicadores a partir de los datos asociados al conjunto de estudiantes. En este caso, los indicadores se centran en las interacciones de los estudiantes con las lecturas (mayoritariamente, interacciones con documentos PDFs accesibles mediante la plataforma, e interacciones de los estudiantes con las páginas HTML que la plataforma utiliza para mostrar información a los estudiantes). Al igual que en los casos anteriores, se indican los trabajos donde ya se han utilizado estos indicadores. En concreto, los indicadores asociados con las lecturas son los siguientes:

- Número de descargas de la lectura (por ejemplo, un documento en formato PDF). Este tipo de indicador se utiliza por ejemplo en (Martínez-Muñoz y Pulido, 2015).
- Número de visualizaciones de la lectura. Por ejemplo, este indicador aparece en (Hórreo y Carro, 2007; Lei et al., 2017; Mazza y Dimitrova, 2004; Martínez-Muñoz y Pulido, 2015; Redondo-Martínez et al. 2015; Silva et al., 2018).

- Conceptos tratados en la lectura, por ejemplo, en una página HTML, o en un documento en formato PDF. Este indicador se usa, por ejemplo, en (Mazza y Dimitrova, 2004; Martínez-Muñoz y Pulido, 2015; Muñoz-Merino et al., 2017; Redondo-Martínez et al. 2015).
- Opinión del estudiante de la lectura. Por ejemplo, este indicador aparece en (Martínez-Muñoz y Pulido, 2015; Muñoz-Merino et al., 2017).
- Cantidad de tiempo invertido en la lectura. Por ejemplo, este indicador se utiliza en (Hórreo y Carro, 2007; Lei et al., 2017); Martínez-Muñoz y Pulido, 2015; Muñoz-Merino et al., 2017; Redondo-Martínez et al. 2015).

4.1.4. Indicadores asociados con los foros de discusión

De manera similar a lo que sucedía en el caso anterior, se presentan únicamente los indicadores asociados con la interacción de un determinado estudiante con un foro de discusión (online), puesto que los indicadores son fácilmente extrapolables si se quiere representar a varios estudiantes mediante dichos indicadores. Además, también es importante saber que estos indicadores se refieren a la interacción con un único foro de discusión. Como sucedía en las secciones anteriores, se muestran los trabajos de los que se toman dichos indicadores. En concreto, los indicadores asociados con los foros de discusión son los siguientes:

- Conceptos tratados en el foro de discusión. Este indicador se utiliza, por ejemplo, en (Lust et al., 2013; Mazza y Dimitrova, 2004; Muñoz-Merino et al., 2015)
- Número de mensajes escritos en el foro de discusión. Por ejemplo, este indicador aparece en (Lust et al., 2013; Mazza y Dimitrova, 2004).
- Número de mensajes escritos en el foro de discusión, distinguiendo diferentes tipos de mensajes: mensajes en los que se trata un determinado tema, preguntas (mensajes en los que se solicita información específica), y respuestas a preguntas (mensajes en los que se proporciona información específica solicitada en un mensaje de tipo pregunta). Este tipo de indicador se utiliza, por ejemplo, en (Lust et al., 2013; Muñoz-Merino et al., 2015)
- Evaluación de la utilidad del foro de discusión en su conjunto. Por ejemplo, este indicador aparece en (Lust et al., 2013).

Además, es conveniente saber que un primer análisis de estos indicadores se ha realizado en Rubio-Fernández, Santamaría-González, Muñoz-Merino y Delgado Kloos, (2017); análisis que ha permitido descubrir diferentes tipos de información educativa que se puede obtener mediante dichos indicadores, y que será de utilidad para el marco de trabajo propuesto.

4.2. Uso de los indicadores en los diferentes tipos de clase invertida

Tras haber seleccionado los indicadores utilizados en el marco de trabajo, se puede pasar a describir la forma de utilizar dichos indicadores en las experiencias educativas basadas en el modelo de clase invertida y que hagan uso de la analítica del aprendizaje.

En concreto, se proporcionan los detalles específicos relacionados con el uso de dichos indicadores en cada uno de los cuatro tipos de clase invertida que se distinguen en la presente Tesis Doctoral. Además, se definen varias acciones (intervenciones) que se pueden realizar antes de la clase presencial, durante dicha clase, y después de la clase, en base a la información proporcionada por dichos indicadores, y con el objetivo de mejorar el proceso de aprendizaje de los estudiantes.

Por tanto, se propone qué indicadores asociados a la analítica del aprendizaje, de entre el conjunto considerado, son más adecuados para el tipo de clase invertida utilizado y el motivo de dicha elección, la información que se puede obtener mediante dichos indicadores, así como diferentes actividades y acciones que se pueden realizar tanto antes de la clase presencial, como durante dicha clase. El objetivo es proporcionar un marco general para el uso de la analítica de aprendizaje en cada uno de los tipos de clase invertida, así como proveer una serie de intervenciones que pueden ser muy útiles para desarrollar apropiadamente experiencias prácticas basadas en el marco de trabajo. Además, hay que destacar que, para el diseño de las intervenciones, acciones y actividades especificadas en el presente marco de trabajo, se ha tomado como modelo las intervenciones, acciones y actividades mostradas en Bergmann y Sams (2012).

Por último, es conveniente saber que una versión inicial de este marco de trabajo se ha expuesto en Rubio-Fernández et al. (2018), y un primer conjunto de posibles intervenciones a realizar se ha propuesto en Rubio-Fernández, Muñoz-Merino y Delgado Kloos (2019b).

4.2.1. Clase invertida orientada a ejercicios

En el caso de la clase invertida orientada a ejercicios, la información que más interesaría saber, antes de la clase presencial, sería aquélla que permitiera conocer los conceptos más complejos para los estudiantes, de entre los conceptos que se van a tratar durante la clase presencial. De esta forma, si se pudieran inferir, antes de la clase presencial, qué conceptos son más complejos para los estudiantes, se podrían adaptar los ejercicios realizados durante la clase presencial en base a dicha información. En otras palabras, se podrían diseñar y seleccionar los ejercicios que se ajusten mejor a los conocimientos que disponen los estudiantes al comienzo de la clase presencial en la que se realizarán dichos ejercicios.

Por tanto, si se conoce, por ejemplo, que unos determinados ejercicios tratan conceptos que ya han sido comprendidos por los estudiantes, se puede sustituir dichos ejercicios por otros que traten conceptos más complejos por los estudiantes, consiguiendo por tanto adaptar apropiadamente la clase presencial en función de los conocimientos de los estudiantes. De la misma forma, se pueden diseñar ejercicios que traten específicamente los conceptos más complejos para los estudiantes. No sólo eso, si el profesor observa que los conceptos clave necesarios para la clase presencial no se han entendido, podría proporcionar, durante dicha clase, explicaciones adicionales relacionales con estos conceptos, de tal modo que se dispusiera del nivel de conocimiento mínimo para obtener el máximo provecho de la clase. Por este motivo, los indicadores, de entre los considerados, más relevantes en este contexto son aquellos que permiten adaptar los ejercicios realizados durante la clase presencial a las necesidades de los estudiantes. Dichos indicadores serían los siguientes:

- Indicadores asociados con los vídeos preparatorios, de forma que se pueda detectar si los estudiantes han visto, al menos los vídeos, y qué partes de dichos vídeos están viendo repetidamente.
- Indicadores relacionados con los ejercicios. En este caso, estos indicadores proporcionan información con la que se puede inferir si los estudiantes entienden los conceptos (por ejemplo, si consiguen resolver correctamente los ejercicios), y, además, cuánto esfuerzo tienen que invertir para resolver dichos ejercicios (por ejemplo, si tienen que intentar muchas veces resolver un ejercicio antes de por resolverlo correctamente).

- Indicadores asociados con los foros de discusión. En particular, es necesario saber cuántas preguntas se hacen en un foro de discusión en el que se trate un determinado concepto, así como el número de respuestas que se proporcionan.

Además, estos indicadores no se utilizarían exclusivamente para adaptar la clase presencial, sino que también permitirían inferir la utilidad de los recursos de cara a futuras implementaciones del curso. Por ejemplo, si se conoce que un vídeo no se ha visualizado, entonces habría que plantearse sustituir dicho vídeo por otro, o proporcionar un recurso educativo alternativo.

En conjunto, los indicadores más relevantes en este caso son los siguientes:

- Cantidad total de tiempo invertido en el vídeo.
- Número de veces que se ha visto cada uno de los segundos del vídeo.
- Conceptos tratados en el vídeo.
- Cantidad de tiempo utilizado para resolver el ejercicio.
- Puntuación obtenida en el ejercicio.
- Número de veces que el ejercicio se ha intentado.
- Número de veces que el ejercicio se ha resuelto correctamente.
- Conceptos tratados en el ejercicio.
- Número de mensajes escritos en el foro de discusión, distinguiendo entre los diferentes tipos de mensajes.
- Conceptos tratados en el foro de discusión.

Hay que destacar que se puede utilizar la información relacionada con un único vídeo, ejercicio, o foro de discusión, o con varios de ellos. De esta forma, se puede realizar un análisis en mayor o menor profundidad, dependiendo del número de recursos, así como del número de conceptos tratados en los diferentes recursos.

Por otra parte, además de realizar un análisis general tomando los datos de todos los estudiantes, también se podría realizar un análisis más individualizado si se consideran los datos de cada estudiante por separado, lo cual permitiría proporcionar un apoyo más personalizado (pero que, como es lógico, conllevaría una inversión de tiempo mayor).

Además, con el objetivo de proporcionar información adicional acerca del uso de estos indicadores, se muestran a continuación diferentes opciones que se podrían tomar para conocer qué conceptos son más complejos para los estudiantes antes de la clase presencial.

I. Utilizando la cantidad total de tiempo invertido en un vídeo y el número de veces que se ha visto cada uno de los segundos del vídeo, sería posible detectar si el estudiante ha invertido mucho tiempo en un determinado vídeo y, además, en qué intervalos concretos del vídeo ha invertido dicho tiempo. Dicha información puede indicar los intervalos del vídeo que no están siendo comprendidos por el estudiante, tal y como se hace, por ejemplo, en Ruipérez-Valiente et al. (2016). Aunque, como se comentó anteriormente, es el profesor quien tiene que discernir si dicha inversión de tiempo se debe a que el vídeo es interesante para el estudiante, o si es debida a dificultades del estudiante para entender los conceptos. En cualquier caso, si se muestra al profesor los intervalos de los vídeos con un número de visualizaciones elevado, así como los conceptos explicados en dichos vídeos, se le está ofreciendo una información muy relevante y simple de entender, con la que puede inferir los conceptos que podrían ser complejos para los estudiantes.

II. En cuanto al uso de la información asociada a los ejercicios, la idea es similar que en el caso anterior. Mediante la cantidad de tiempo utilizada para resolver el ejercicio, la puntuación obtenida en el ejercicio, el número de veces que el ejercicio se ha intentado, y el número de veces que el ejercicio se ha resuelto correctamente, se puede detectar los ejercicios que están siendo más problemáticos para el estudiante, tal y como se puede apreciar en Galway et al. (2014). Por ejemplo, los ejercicios en los que el estudiante dedica mucho tiempo para intentar resolverlos, los intenta muchas veces, y obtiene malas puntuaciones, son ejercicios que tratan conceptos que el estudiante no ha entendido bien. Por tanto, si se indica al profesor este tipo de ejercicios y se le muestra los conceptos tratados en dichos ejercicios, se le está proporcionando toda la información que necesita para inferir qué conceptos son más complejos para los estudiantes.

III. También se pueden utilizar los indicadores asociados a la interacción entre los estudiantes en los foros de discusión para detectar los conceptos más complejos para los estudiantes. En concreto, si se consigue identificar los foros de discusión en los que se escriben muchas preguntas (muchos mensajes de tipo "pregunta"), entonces se está detectando, indirectamente, los conceptos más complejos para los estudiantes, que serán aquellos conceptos tratados en estos foros de discusión en los que los estudiantes realizan un número elevado de preguntas, tal y como se propone, por ejemplo, en Rubio-Fernández et al. (2017). De este modo, se podría mostrar al profesor los conceptos tratados en el foro de discusión, así como algunos ejemplos de preguntas realizadas en dicho foro, lo cual le permitiría conocer los conceptos que están causando más problemas a los estudiantes.

Una vez vistos los indicadores considerados más adecuados para el modelo de clase invertida orientado a ejercicios, así como la información que se puede obtener mediante dichos indicadores, se pueden presentar diferentes acciones y actividades que se podrían realizar antes de la clase presencial, durante dicha clase, y después de la clase presencial. Tal y como se comentó anteriormente, la idea es utilizar los ejercicios que mejor se adapten a las necesidades educativas de los estudiantes, así como facilitar la adquisición de conocimientos por parte de los estudiantes. En este sentido, las intervenciones, acciones y actividades, tienen que centrarse, por ejemplo, en realizar ejercicios durante la clase presencial que se centren en los conceptos más complejos de los estudiantes, o en mejorar los recursos educativos para futuras implementaciones de la asignatura.

4.2.1.1. Antes de la clase presencial

En cuanto a las acciones y actividades que se podrían realizar antes de la clase presencial, se presentan las siguientes:

- Los estudiantes acceden a los recursos educativos. En concreto, los estudiantes visualizan los vídeos, intentan resolver los ejercicios, y acceden a los foros de discusión.
- A través de estas interacciones de los estudiantes con los recursos educativos, se generan los datos necesarios para obtener los indicadores que se van a utilizar para detectar los conceptos más complejos para los estudiantes.

- Se analizan los datos que han generado los estudiantes y se muestra al profesor el resultado del análisis, de tal modo que pueda conocer los conceptos más complejos para los estudiantes.
- El profesor prepara los ejercicios que se van a realizar durante la clase presencial, utilizando la información suministrada mediante la analítica del aprendizaje. Como es lógico, dichos ejercicios deben centrarse en los conceptos más complejos para los estudiantes. De esta forma, el profesor conseguirá adaptar la clase a las necesidades de los estudiantes, puesto que diseñará y realizará ejercicios destinados a clarificar los conceptos más complejos para los estudiantes. Además, el profesor puede proporcionar recursos educativos adicionales, en los que se explique más en profundidad los conceptos más complejos para los estudiantes.

4.2.1.2. Durante la clase presencial

Durante la clase presencial se pueden realizar las siguientes acciones y actividades:

- Antes de realizar los ejercicios, el profesor puede dar explicaciones adicionales relacionadas con los conceptos más complejos para los estudiantes.
- El profesor propone ejercicios centrados en los conceptos más complejos para los estudiantes, conceptos que se han detectado a través de la analítica del aprendizaje. Por tanto, se puede ver que, cuando se utiliza la analítica del aprendizaje, se consigue implementar un modelo de aprendizaje mucho más útil para los estudiantes, ya que el profesor adapta la clase en base a los puntos débiles de los estudiantes detectados.

4.2.1.3. Después de la clase presencial

En cuanto al periodo posterior a la clase presencial, se presentan las siguientes acciones y actividades:

- El profesor analiza el uso de los recursos educativos, en concreto, de los vídeos, ejercicios y foros de discusión, así como sus impresiones acerca del desempeño de los estudiantes durante la clase presencial.

- Conociendo los conceptos tratados en los recursos, así como el desempeño de los estudiantes durante la clase presencial al realizar las diferentes actividades de aprendizaje activo (asociadas a dichos conceptos), el profesor puede inferir si los recursos han conseguido transmitir adecuadamente los conceptos a los estudiantes.
- Si el recurso educativo no ha conseguido transmitir los conceptos adecuadamente, el profesor tendría que considerar la posibilidad de modificar dicho recurso, sustituirlo por un recurso del mismo tipo, o sustituirlo por un recurso de otro tipo.

4.2.2. Clase invertida orientada a actividades en grupo

En este caso, se han seleccionado indicadores que permitan obtener perfiles de estudiantes que representen apropiadamente sus patrones de interacción con los recursos educativos. El objetivo es poder crear grupos de estudiantes que permitan desarrollar apropiadamente las actividades en grupo que se van a realizar durante la clase presencial. En este sentido, el énfasis de la analítica del aprendizaje pasa de la selección de los ejercicios más apropiados para la clase presencial (que es el objetivo principal si se utiliza el modelo de clase invertida orientado a ejercicios), a la caracterización del comportamiento de los estudiantes en relación con su interacción con los recursos educativos. El objetivo principal es poder agrupar a los estudiantes apropiadamente, de tal forma que puedan obtener el máximo beneficio posible de la actividad en grupo que se va a realizar durante la clase presencial.

Por este motivo, si se utiliza el modelo de clase invertida orientado a actividades en grupo, los indicadores más útiles son aquéllos que permitan caracterizar apropiadamente a los estudiantes según sus interacciones con los recursos educativos. Por ejemplo, indicadores con los que se puedan caracterizar a estudiantes que vean mucho los vídeos pero que no sean capaces de resolver los ejercicios, o estudiantes que escriban muchas preguntas en los foros de discusión y que intenten completar los ejercicios muchas veces.

Por tanto, mediante estos indicadores se pretende obtener diferentes perfiles que representen un cierto comportamiento y asignar a cada estudiante el perfil que mejor le represente. En concreto, en el “Anexo C”. se mostrará un método específicamente ideado para obtener y asignar diferentes perfiles a los estudiantes en base a su interacción con los vídeos y con los ejercicios

De esta forma, utilizando estos indicadores, se dispone de la posibilidad de crear grupos de estudiantes que se ajusten adecuadamente a la dinámica de la clase presencial, es decir, grupos que permitan a los estudiantes sacar el máximo provecho de la actividad en grupo que se realizará durante la clase presencial. Un ejemplo muy sencillo de esta idea sería agrupar a los estudiantes que hubieran obtenido resultados parecidos en los ejercicios realizados antes de la clase presencial, y asignarles actividades con una menor o mayor dificultad en base al nivel de conocimiento que se infiere que tienen dichos estudiantes.

Por tanto, son necesarios indicadores que caractericen las interacciones de los estudiantes con los diferentes recursos educativos que se han considerado, ya sean interacciones con vídeos, con ejercicios, con las lecturas o con los foros de discusión. Por este motivo, los indicadores que se consideran más apropiados para el modelo de clase invertida orientado a actividades en grupo son los siguientes:

- Porcentaje de visualización del vídeo.
- Cantidad total de tiempo invertido en el vídeo.
- Número de veces que se ha visto cada uno de los segundos del vídeo.
- Cantidad de tiempo utilizado para resolver el ejercicio.
- Puntuación obtenida en el ejercicio.
- Número de veces que el ejercicio se ha intentado.
- Número de descargas del documento.
- Número de visualizaciones de una lectura.
- Cantidad de tiempo invertido en una lectura.
- Número de mensajes escritos en el foro de discusión.
- Tipo de mensajes que el estudiante ha escrito en el foro de discusión: por ejemplo, preguntas, respuestas a preguntas, o comentarios a otros compañeros.

En cuanto a posibles acciones y actividades que se pueden realizar en este escenario educativo, tanto antes de la clase presencial, durante dicha clase, y después de la clase, se destacan las siguientes.

4.2.2.1. Antes de la clase presencial

En el periodo previo a la clase presencial, el objetivo es proporcionar al profesor los perfiles que mejor caractericen las interacciones de los estudiantes con los recursos educativos. De esta forma, tendrá la posibilidad de crear grupos de estudiantes apropiados para la actividad en grupo que se va a realizar durante la clase presencial.

Las acciones y actividades que se realizarían serían las siguientes:

- Los estudiantes interactúan con los recursos educativos, con los vídeos, ejercicios y foros de discusión.
- Tal y como sucedía en el caso anterior, estas interacciones generan los datos que la analítica del aprendizaje utilizará.
- Se analizan los datos con el objetivo de obtener los diferentes perfiles de los estudiantes. Además, se puede obtener información acerca de los conceptos más complejos para los estudiantes.
- Se asignan a los estudiantes los perfiles que mejor representen su comportamiento de cada estudiante. La asociación entre el estudiante y el perfil que representa su comportamiento es lo que se proporciona al profesor.
- El profesor diseña la actividad en grupo que se va a realizar durante la clase presencial.
- El profesor accede a los perfiles de los estudiantes, y crea los grupos en base a dichos perfiles y a la actividad en grupo que va a realizar. Comunica los grupos a los estudiantes, de tal modo que éstos conozcan el grupo al que pertenecen de antemano.
- Tal y como en el caso anterior, el profesor puede realizar ajustes en la clase presencial si los estudiantes no están entendiendo adecuadamente algún concepto clave para la clase.

4.2.2.2. Durante la clase presencial

Durante la clase presencial, se podrían realizar las siguientes acciones y actividades:

- Los estudiantes realizan la actividad en grupo.
- Como el profesor dispone de los perfiles de los estudiantes, puede cambiar los grupos durante la clase siempre que lo considere oportuno. Por tanto, un estudiante puede comenzar la clase en un determinado grupo, realizar una cierta actividad, y luego integrarse en otro grupo para realizar otra actividad. Esta posibilidad otorga mucha flexibilidad a este modelo de clase invertida, puesto que se pueden realizar ajustes en los grupos durante gran parte del proceso de aprendizaje de los estudiantes.
- En el caso de ser necesario, el profesor puede, al comienzo de la clase, explicar los conceptos que sean complejos para los estudiantes, y que necesiten comprender para realizar adecuadamente la actividad en grupo.

4.2.2.3. Después de la clase presencial

En cuanto a las acciones y actividades a realizar después de la clase presencial en un contexto de clase invertida orientada a actividades en grupo, se destacan las siguientes:

- Analizar los resultados de los estudiantes distinguiéndolos en base a su perfil. De esta forma, se puede saber si los diferentes perfiles de estudiantes han conseguido cumplir los objetivos educativos marcados para la clase presencial. En este sentido, se pueden establecer diferentes objetivos dependiendo del tipo de perfil que tenga un estudiante, de forma que los estudiantes no "sintieran" que la clase no les ha servido para aprender nada.
- Además, se puede analizar qué tipos de grupos han sido los que han obtenido mejores resultados. Por ejemplo, si grupos con estudiantes con un mismo perfil (es decir, grupos homogéneos) obtienen mejores resultados que grupos en los que participan estudiantes de distinto perfil (es decir, grupos heterogéneos). En base a esta información se podrían diseñar actividades para ser realizadas por grupos homogéneos, o actividades que serían más adecuadas para grupos heterogéneos.
- Utilizando diferentes tipos de recursos en diferentes clases presenciales, se puede identificar qué recursos permiten obtener los perfiles de estudiantes más adecuados. Por ejemplo, si utilizando únicamente vídeos para preparar la clase

presencial, los grupos de estudiantes (creados mediante la información asociada a la interacción de los estudiantes con los vídeos) consiguen mejores resultados que en el caso de utilizar exclusivamente ejercicios, entonces se puede plantear la posibilidad de utilizar únicamente vídeos para preparar futuras clases presenciales.

- Al igual que sucedía en el caso anterior, se podría evaluar la utilidad de los recursos para transmitir los conceptos que se tratan durante la clase presencial, de forma que se puedan mejorar los recursos educativos para posteriores implementaciones.

4.2.3. Clase invertida orientada a prácticas experimentales

En este caso, el objetivo final de la analítica del aprendizaje es conseguir que el estudiante utilice el máximo tiempo de la práctica experimental para realizar dicha práctica, evitando que tenga que "gastar" tiempo intentando entender conceptos que debería tener claros antes de dicha práctica.

Por este motivo, se tienen que analizar los recursos utilizados para exponer y explicar la práctica experimental, de forma que se pueda inferir si los estudiantes disponen de los conocimientos adecuados para realizar dicha práctica sin grandes dificultades. En este sentido, se pretende que el profesor detecte las dudas de los estudiantes en relación con la práctica que van a realizar (por ejemplo, un laboratorio de electrónica, una práctica en la que se desarrolla un programa software, un laboratorio de química, etcétera), pudiendo por tanto evitar que los estudiantes tengan que invertir tiempo durante la práctica para resolver sus dudas. Por ejemplo, sería conveniente que el profesor conozca si los estudiantes tienen claro:

I. El objetivo de la práctica experimental.
II. El procedimiento que se tiene que realizar.
III. Los conceptos que se van a tratar en dicha práctica.

Conociendo esta información, el profesor puede realizar intervenciones para resolver las dudas de los estudiantes antes de la clase presencial, por ejemplo, proporcionándoles recursos educativos adicionales, o explicaciones adicionales en las clases previas a la clase presencial. De esta forma, los estudiantes no tendrían que realizar preguntas acerca de la práctica durante la propia práctica, y dispondrían de más tiempo para

realizarla, lo cual permitiría alcanzar los objetivos educativos marcados para dicha práctica.

Por este motivo, interesan indicadores que permitan dos cosas. Por una parte, saber si los estudiantes han realizado el esfuerzo de comprender los conceptos que se van a tratar durante dicha práctica. Por ejemplo, si han invertido tiempo para ver los vídeos preparatorios, realizar los ejercicios, preparar las lecturas, o interactuar con sus compañeros en los foros de discusión. Por otra parte, interesan indicadores con los que averiguar los conceptos más complejos para los estudiantes. En este caso, interesan indicadores como el "número de veces que se ha visto cada uno de los segundos del vídeo", o las pregunta realizadas en los foros de discusión, de forma que se pueda inferir los conceptos más complejos para los estudiantes. En concreto, los indicadores, de entre el conjunto considerado, más apropiados para el modelo de invertida orientado a prácticas experimentales son los siguientes:

- Cantidad total de tiempo invertido en el vídeo.
- Número de veces que se ha visto cada uno de los segundos del vídeo
- Cantidad de tiempo utilizado para resolver el ejercicio.
- Número de descargas del documento en el que se explique la práctica.
- Número de visualizaciones de la lectura en la que se explique la práctica.
- Cantidad de tiempo invertido en la lectura en la que se explique la práctica.
- Número de mensajes escritos en el foro de discusión, distinguiendo diferentes tipos de mensajes.

Por otra parte, también sería muy conveniente conocer si los estudiantes realizan todos los pasos asociados al proceso que se tiene que seguir durante la práctica experimental. Por ejemplo, en una determinada práctica los estudiantes pueden tener que desarrollar un programa software, después realizar unas pruebas, tras esto añadir al programa otra funcionalidad y realizar otras pruebas. De esta forma, se podría saber si los estudiantes se saltan alguno de los pasos de una práctica, si no obtienen los resultados esperados, si no invierten todo el tiempo que deberían en alguno de los pasos, etcétera; información que sería muy útil para el profesor puesto que le permitiría saber (incluso en tiempo real) si los estudiantes están realizando la práctica como deberían.

En este caso, se tendrían que utilizar los indicadores asociados al "número de visualizaciones de una lectura", y a la "cantidad de tiempo invertido en una lectura", para poder monitorizar cómo los estudiantes siguen los pasos de la práctica. No obstante, se debe destacar que la adquisición de este tipo de información sería un proceso más complejo que en el caso anterior, puesto que para saber cómo los estudiantes están realizando la práctica, se necesitaría que dicha práctica se desarrollara mediante un ordenador, ya que es necesario recopilar y analizar los datos en tiempo real (cuando el estudiante está realizando dicha práctica) si se quiere solventar los problemas del estudiante cuando suceden realmente. Por tanto, se necesitaría una herramienta software que realice una monitorización de lo que están haciendo los estudiantes, ya sea una herramienta software integrada en los propios ordenadores (por ejemplo, si los estudiantes realizan la práctica en un entorno virtual implementado en los ordenadores, se podría monitorizar su desempeño en dicha práctica), o, si los estudiantes tienen que acceder al entorno virtual a través de Internet, una herramienta software integrada en dicho entorno virtual remoto. De esta forma, se podría realizar dicho seguimiento durante la práctica, puesto que se dispondrían de los datos necesarios para realizar la monitorización.

4.2.3.1. Antes de la clase presencial

En el caso del periodo previo a la clase presencial, se podrían realizar las siguientes acciones y actividades:

- Los estudiantes interactúan con los vídeos, ejercicios, lecturas y foros de discusión en los que se explican la práctica experimental que se va a realizar.
- Como en los dos casos anteriores, gracias a estas interacciones se generan los datos necesarios para obtener los indicadores. De este modo, se puede conocer las dudas de los estudiantes relacionadas con el objetivo de la práctica, con el procedimiento que hay que seguir para completarla, o con los conceptos que se van a tratar durante dicha práctica.
- El profesor accede a la información antes de la práctica experimental. En base a dicha información puede proporcionar, antes de la práctica experimental, información adicional destinada a resolver dichas dudas. De esta forma, se resuelven muchas de las cuestiones de los estudiantes antes de la práctica, por lo que éstos no tienen que utilizar el tiempo de la práctica para resolver dichas dudas.

4.2.3.2. Durante la clase presencial

Las actividades y acciones a realizar durante la clase presencial, en un contexto de clase invertida orientada a prácticas experimentales, podrían ser las siguientes:

- Además de resolver las dudas de los estudiantes antes de la práctica, el profesor puede adaptar la práctica experimental para adaptarse a las necesidades de los estudiantes. Por ejemplo, si cree que, pese a las explicaciones y recursos educativos adicionales que ha proporcionado antes de la práctica, los estudiantes todavía tienen dudas acerca de la práctica, puede proporcionar, junto antes de empezar dicha práctica (cuando los estudiantes están físicamente en el aula, pero no han comenzado a realizar la práctica), una serie de explicaciones adicionales destinadas a aclarar dichas dudas. De este modo, con una pequeña inversión de tiempo, se pueden ahorrar muchos problemas posteriores a los estudiantes. La idea es que los estudiantes tengan el menor número posible de dudas durante la práctica experimental, para evitar tener que esperar a que el profesor les resuelva dicha duda durante la práctica. Esto es algo crítico, puesto que muchas veces los profesores se ven desbordados durante las prácticas experimentales al tener que resolver un número demasiado elevado de dudas de los estudiantes, tal y como se expone, por ejemplo, en Gutiérrez-Rojas y Crespo-García (2012). Por tanto, si se reduce el número de preguntas que los estudiantes tienen que realizar, se estará ayudando al profesor a resolver adecuadamente las cuestiones que puedan surgir durante la práctica experimental, puesto que dispondrán de más tiempo para resolver dichas cuestiones. Además, cuantas menos dudas tengan los estudiantes durante la práctica experimental, menos tiempo tendrán que invertir en resolver dichas dudas, y más aprovecharán la práctica puesto que podrán adquirir mayores conocimientos de ella.
- En base al conocimiento previo de los puntos de la práctica más complejos para los estudiantes, el profesor también puede crear recursos educativos destinados a ser entregados a los estudiantes durante dicha práctica. Por ejemplo, recursos educativos que expliquen en detalle un determinado proceso de la práctica, un vídeo en el que se explique resultados parciales, etcétera.
- Además, los profesores podrían seguir el proceso seguido por los estudiantes para completar la práctica (siempre que se implementara una herramienta software basada en la analítica del aprendizaje que permitiera dicha

monitorización). De este modo, los profesores tendrían una mayor información de lo que de verdad sucede cuando un estudiante dice “esto no funciona”, ya que el profesor puede saber, por ejemplo, si el estudiante se ha saltado un paso de la práctica, o si ha invertido más tiempo del esperado en un determinado paso de la práctica (esto puede indicar que el estudiante no ha completado correctamente dicho paso).

4.2.3.3. Después de la clase presencial

A continuación se muestran algunas acciones y actividades que se podrían realizar después de la clase presencial.

- Si el análisis de los recursos educativos muestra que los estudiantes, en principio, han comprendido los conceptos tratados durante la práctica, pero los resultados obtenidos mediante la práctica experimental no son los adecuados, entonces el profesor podría plantearse la posibilidad de modificar dicha práctica, de forma que futuros estudiantes pudieran obtener mejores resultados en dicha práctica.
- No sólo eso, si además de saber que los estudiantes comprenden los conceptos tratados en una determinada práctica, pero no han obtenido los resultados que se esperaban, y, además, las prácticas que se realizan durante el curso poseen la misma estructura y metodología, entonces el profesor puede inferir que el problema radica precisamente en la estructura o metodología utilizada en dichas prácticas. De este modo, se podrían modificar las prácticas durante ese mismo curso, de forma que los estudiantes puedan, al menos, beneficiarse de las prácticas experimentales que queden por realizar durante ese mismo curso.
- Al igual que sucede en los casos anteriores, se puede evaluar los recursos educativos en base al uso que los estudiantes han dado de ellos, así como de los resultados obtenidos mediante la práctica, con el objetivo de mejorar el curso en futuras implementaciones.

4.2.4. Clase invertida orientada a la creación de recursos educativos por parte del estudiante

En cuanto a este modelo de clase invertida, se utilizan indicadores asociados con los recursos creados por los estudiantes antes de la clase presencial. Hay que recordar que, en este modelo de clase invertida, los estudiantes aprenden los conceptos creando recursos para sus compañeros en los que, precisamente, se tienen que explicar los conceptos que se van a tratar. Por este motivo, en el modelo de clase invertida orientado a la creación de recursos educativos por parte del estudiante, los indicadores seleccionados tienen que permitir inferir si el contenido de los recursos educativos creados por un determinado estudiante (vídeos o lecturas) es "atractivo" y útil para los demás estudiantes.

Como se acaba de comentar, en este tipo de clase invertida el estudiante aprende los conceptos creando recursos educativos para sus compañeros. Dichos recursos han de ser creados antes de la clase presencial y, además, sería conveniente poder evaluarlos antes de dicha clase presencial de forma que los estudiantes tengan la seguridad de estar aprendiendo de recursos de "calidad". Por tanto, es fundamental que el profesor conozca si dichos recursos son útiles para el resto de estudiantes, es decir, si los recursos están bien organizados y estructurados, y si explican adecuadamente los diferentes conceptos, todo ello desde la perspectiva de los otros estudiantes (de los estudiantes que no han creado dicho recurso).

Por tanto, se utilizan indicadores que permitan inferir si un estudiante ha creado un recurso educativo con el que sus compañeros son capaces aprender los conceptos tratados en dicho recurso. Esta información se obtendrá a partir de dos tipos de indicadores: (1) indicadores que permitan medir el uso del recurso por parte de los estudiantes; y (2) indicadores que reflejen la opinión de los estudiantes del recurso en cuestión. Dicha opinión se puede recopilar de diferentes maneras, por ejemplo, se puede pedir a los estudiantes que puntúen el recurso en una escala de cero a diez, o que simplemente indiquen si el recurso les parece útil o no.

En cuanto al tipo de recurso, pueden ser, por ejemplo, vídeos, lecturas y foros de discusión, puesto que son recursos que permiten explicar conceptos de manera natural; en contraposición con los ejercicios que suelen tener un objetivo más centrado en evaluar y comprobar que se ha entendido un concepto.

Por otra parte, en este modelo de clase invertida también es muy importante que los profesores se aseguren de que el recurso educativo creado por un estudiante explica realmente todos los conceptos que debería. De esta forma, se puede proporcionar a los estudiantes recursos educativos de calidad, que les pueden permitir aprender desde su propia perspectiva, puesto que el recurso lo ha creado una persona con su mismo nivel de conocimiento. En este sentido, se pueden utilizar diferentes técnicas para promover la creación de recursos educativos de calidad. Por ejemplo, el profesor podría recompensar a los estudiantes que hayan creado los recursos más útiles para sus compañeros (una posibilidad es otorgarles puntuación extra en la evaluación de la asignatura), o se podrían organizar competiciones entre los estudiantes para ver quién crea el contenido más útil. En cualquier caso, hay que asegurarse de que los estudiantes sean conscientes de la importancia de crear recursos educativos que sean útiles para sus compañeros, puesto que al explicar los conceptos a sus compañeros desarrollarán un conocimiento más profundo de dichos conceptos, como se puede ver, por ejemplo, en Love, Hodge, Grandgenett y Swift (2014).

Por estos motivos, en este modelo de clase invertida, se seleccionan los siguientes indicadores asociados a la analítica del aprendizaje:

- Cantidad total de tiempo invertido en el vídeo.
- Cantidad de tiempo invertido en un intervalo específico de un vídeo.
- Opinión del estudiante del vídeo que se le han proporcionado.
- Número de descargas del documento.
- Número de visualizaciones de una lectura.
- Cantidad de tiempo invertido en la lectura.
- Opinión del estudiante de la lectura.
- Número de mensajes escritos en el foro de discusión.

En cuanto a las actividades que se pueden realizar durante la clase presencial en este tipo de clase invertida, hay que decir que son muy variadas. Se puede tener un modelo en el que se realicen ejercicios durante dicha clase (como en la clase invertida orientada a ejercicios), un modelo en el que se realicen actividades en grupo (como en la clase invertida orientada a actividades en grupo), o un modelo en el que se realice una práctica experimental (como en la clase invertida orientada a prácticas experimentales),

etcétera. Lo importante es que se promueva que los estudiantes creen recursos educativos que sean útiles para sus compañeros.

Finalmente, se muestran algunas acciones y actividades que se pueden realizar, antes de la clase presencial, durante dicha clase, y después de la clase presencial, en este modelo de clase invertida orientado a la creación de recursos educativos por parte del estudiante.

4.2.4.1. Antes de la clase presencial

En cuanto a las acciones y actividades a realizar antes de la clase presencial, se destacan las siguientes:

- Los estudiantes adquieren los conocimientos necesarios para crear recursos educativos para sus compañeros (en concreto, los estudiantes pueden crear vídeos, documentos PDFs, o páginas HTML de información), accediendo a recursos previos proporcionados por el profesor (vídeos, ejercicios, documentos PDFs, o páginas HTML de información).
- Los estudiantes crean los recursos educativos para sus compañeros.
- El profesor analiza los recursos y comprueba que incluyen el contenido que deberían incluir.
- Una vez creados dichos recursos y validados por el profesor, los demás estudiantes acceden a los recursos y los evalúan.
- El profesor puede también incluir una serie de ejercicios relacionados con los conceptos tratados en los recursos educativos, como actividad preparatoria para la clase presencial.
- A partir de las interacciones de los estudiantes con los recursos educativos de sus compañeros, y con los ejercicios planteados por el profesor, se generan datos que pueden ser utilizados por la analítica del aprendizaje. Dependiendo de las actividades que se vayan a realizar durante la clase, el profesor se centrará más en un determinado tipo de datos que en otros. En todo caso, se pueden seguir obteniendo los indicadores que se han mostrado en los tres casos anteriores (clase invertida orientada a ejercicios, clase invertida orientada a actividades en grupo, y clase invertida orientada a prácticas experimentales). De esta forma, se proporciona al profesor toda la información que necesita para adaptar la clase presencial a las necesidades de los estudiantes, independientemente de las actividades que vaya a realizar durante la clase presencial.

4.2.4.2. Durante la clase presencial

Las actividades que se podrían realizar durante una clase presencial en este tipo de clase invertida serían, por ejemplo, las siguientes:

- El profesor puede premiar a los estudiantes cuyos recursos hayan sido más útiles para sus compañeros. Por ejemplo, otorgándoles puntuación extra en la evaluación, o permitiéndoles llevar una hoja con apuntes al examen.
- El profesor puede realizar, al comienzo de la clase, explicaciones relacionadas con los conceptos más complejos para los estudiantes, o puede adaptar la clase a las necesidades de los estudiantes, tal y como se ha mostrado en los casos anteriores.
- Se realizan las actividades que el profesor ha preparado para la clase.

4.2.4.3. Después de la clase presencial

Con respecto al periodo posterior a la clase presencial, podrían realizarse las siguientes acciones y actividades:

- Analizando el uso y la calidad de los recursos educativos creados por los estudiantes, así como los resultados obtenidos en las actividades realizadas durante la clase presencial, el profesor podría recompensar a los estudiantes que hayan creado los recursos educativos que hayan transmitido mejor los diferentes conceptos tratados durante la clase (por ejemplo, con puntuación extra).
- Además, se podrían utilizar los mejores recursos educativos creados por los estudiantes como modelos de referencia para estudiantes futuros del curso.
- Se podría recopilar las opiniones de los estudiantes acerca de un recurso en cuestión, así como la evaluación del profesor acerca del recurso, de forma que se proporcione información ("feedback") al estudiante que creó el recurso. El objetivo sería informar al estudiante tanto de elementos positivos de su recurso (por ejemplo, la estructura, el contenido, la presentación, etc.), como de elementos negativos.
- Analizando los tipos de recursos creados, así como las opiniones de los estudiantes de dichos recursos, se podría inferir qué tipo de recurso es mejor para transmitir determinados conceptos. De esta forma, en futuras implementaciones del curso, se podría recomendar a los estudiantes que utilizasen un determinado tipo de recurso (por ejemplo, un vídeo, o un documento PDF) para explicar un determinado concepto a sus compañeros.

4.2.5. Comparativa de los indicadores seleccionados según el modelo de clase invertida utilizado

En esta sección, se presenta el listado conjunto de los indicadores utilizados en cada uno de los diferentes modelos de clase invertida considerados en la presente Tesis Doctoral. En concreto, los indicadores asociados a cada tipo de clase invertida son los siguientes (Tabla 4.1).

TABLA 4.1. INDICADORES UTILIZADOS EN CADA MODELO DE CLASE INVERTIDA

Clase invertida orientada a ejercicios	**Clase invertida orientada a actividades en grupo**	**Clase invertida orientada a prácticas experimentales**	**Clase invertida orientada a la creación de recursos educativos por parte del estudiante**
Cantidad total de tiempo invertido en el vídeo	Porcentaje de visualización del vídeo	Cantidad total de tiempo invertido en el vídeo	Cantidad total de tiempo invertido en el vídeo
Número de veces que se ha visto cada uno de los segundos del vídeo	Cantidad total de tiempo invertido en el vídeo	Número de veces que se ha visto cada uno de los segundos del vídeo	Cantidad de tiempo invertido en un intervalo específico de un vídeo
Conceptos tratados en el vídeo	Número de veces que se ha visto cada uno de los segundos del vídeo	Cantidad de tiempo utilizado para resolver el ejercicio	Opinión del estudiante del vídeo que se le han proporcionado.
Cantidad de tiempo utilizado para resolver el ejercicio	Cantidad de tiempo utilizado para resolver el ejercicio	Número de descargas del documento en el que se explique la práctica	Número de descargas del documento
Puntuación obtenida en el ejercicio	Puntuación obtenida en el ejercicio	Número de visualizaciones de la lectura en la que se explique la práctica	Número de visualizaciones de una lectura
Número de veces que el ejercicio se ha intentado	Número de veces que el ejercicio se ha intentado.	Cantidad de tiempo invertido en la lectura en la que se explique la práctica	Cantidad de tiempo invertido en la lectura
Número de veces que el ejercicio se ha resuelto correctamente	Número de descargas del documento	Número de mensajes escritos en el foro de discusión, distinguiendo diferentes tipos de mensajes	Opinión del estudiante de la lectura
Conceptos tratados en el ejercicio	Número de visualizaciones de una lectura		Número de mensajes escritos en el foro de discusión
Número de mensajes escritos en el foro de discusión, distinguiendo entre los diferentes tipos de mensajes	Cantidad de tiempo invertido en una lectura		
Conceptos tratados en el foro de discusión	Número de mensajes escritos en el foro de discusión, distinguiendo entre los diferentes tipos de mensajes		

Observando la información proporcionada en la tabla anterior (Tabla 4.1), se puede apreciar que los indicadores seleccionados para cada uno de los tipos de clase invertida difieren según el modelo que se esté considerando. Tal y como se comentó anteriormente, dicha selección depende del objetivo principal que se quiera conseguir mediante la analítica del aprendizaje, objetivo que varía dependiendo de cada caso. En concreto, los objetivos de la analítica del aprendizaje, en base al tipo de clase invertida utilizado, son los siguientes:

- Clase invertida orientada a ejercicios: diseñar y seleccionar los ejercicios (que se van a realizar durante la clase presencial) que mejor se adapten a las necesidades educativas de los estudiantes.
- Clase invertida orientada a actividades en grupo: crear grupos de estudiantes que permitan desarrollar apropiadamente las actividades en grupo realizadas durante la clase presencial.
- Clase invertida orientada a prácticas experimentales: reducir al mínimo el tiempo de la práctica experimental que el estudiante tenga que utilizar para responder preguntas de la práctica que deberían haber sido resueltas mediante los recursos preparatorios.
- Clase invertida orientada a la creación de recursos educativos por parte del estudiante: promover que los estudiantes creen recursos educativos (para sus compañeros) que permitan tanto aprender mediante la propia creación del recurso, como facilitar el aprendizaje de sus compañeros.

Por tanto, los indicadores seleccionados en cada caso se han seleccionado para cumplir con estos objetivos, motivo por el cual se utilizan diferentes indicadores dependiendo del tipo de clase invertida utilizado. No obstante, como los tipos de recursos educativos utilizados en los diferentes modelos de clase invertida coinciden en la mayoría de las ocasiones (por ejemplo, los vídeos suelen utilizarse en los cuatro tipos de clase invertida), existen indicadores que se utilizan en más de un tipo de clase invertida como es lógico. Pero, hay que saber que los objetivos de dichos indicadores son distintos en cada caso, lo cual implica la selección de diferentes indicadores dependiendo del tipo de clase invertida utilizado.

4.3. Reglas e intervenciones adicionales

Además de acciones y actividades que se podrían realizar en los diferentes tipos de clase invertida, es conveniente proporcionar un conjunto de intervenciones adicionales que se podrían realizar en cualquier implementación de la clase invertida en la que se haga uso de vídeos, ejercicios, o ambos. Hay que decir que estas reglas e intervenciones se han expuesto en Rubio-Fernández et al. (2019b).

En concreto, las intervenciones presentadas en esta sección utilizan indicadores asociados con las interacciones de los estudiantes con los vídeos y con los ejercicios, puesto que suele ser habitual utilizar estos dos tipos de recursos educativos para la preparación de la clase presencial y, además, proporcionan información relevante, tal y como puede verse, por ejemplo, en Redondo-Martínez et al. (2015). No sólo eso, estos indicadores también pueden ser recopilados y analizados automáticamente mediante herramientas que hagan uso de la analítica del aprendizaje, como, por ejemplo, la herramienta presentada en Cruz-Argudo (2017), de modo que los profesores "únicamente" se tienen que preocupar de visualizar la información obtenida mediante el análisis de los datos, y no del análisis en sí.

En este caso, las intervenciones definidas utilizan bien algún indicador, o conjunto de indicadores, definidos en el propio marco de trabajo que se acaba de presentar, o un indicador del marco de trabajo modificado ligeramente (por ejemplo, el indicador denominado "Porcentaje de ejercicios de una determinada semana del curso que el estudiante ha intentado" se obtiene mediante el indicador "básico" denominado "Número de veces que el ejercicio se ha intentado").

Hay que destacar que se ha utilizado como referencia temporal cada una de las semanas del curso, puesto que las asignaturas en multitud de centros de educación usualmente están estructuradas en base a dicha referencia temporal (por ejemplo, una asignatura se puede desarrollar durante un cuatrimestre a lo largo de 14 ó 15 semanas con una o dos sesiones por semana). Pero esto no quiere decir que los indicadores estén limitados a dicha organización temporal, ya que se puede utilizar cualquier referencia temporal que se ajuste al correspondiente contexto educativo. Por ejemplo, en este caso se utilizará el indicador "porcentaje de visualización de los vídeos asociados a una determinada semana del curso", pero en otro contexto educativo se podría utilizar sin ningún tipo de problema el indicador "porcentaje de visualización de los vídeos asociados a un determinado día o mes del curso". De esta forma, se proporciona la suficiente

flexibilidad para adaptarse a las particularidades organizativas de cada contexto educativo.

Por otra parte, también es muy importante saber que los indicadores se refieren o bien a un único estudiante, o bien a varios estudiantes. En cualquier caso, como se comentó anteriormente se utiliza indicadores relacionados con los vídeos y con los ejercicios, que permitirán, por ejemplo, mejorar dichos recursos educativos, detectar si los estudiantes se están preparando la clase presencial, o conocer los conceptos más complejos para los estudiantes. En este sentido, se podrían utilizar todos los indicadores asociados a los vídeos y a los ejercicios expuestos en el marco de trabajo de multitud de formas diferentes, pero, con el objetivo de proporcionar un conjunto de intervenciones simple y proporcionado, se utilizará un subconjunto de dichos indicadores. En concreto, los siguientes indicadores serán los considerados en esta sección.

Indicadores relacionados con un único estudiante.

- Porcentaje de visualización del vídeo.
- Número de veces que se ha visto cada uno de los segundos del vídeo.

Indicadores relacionados con varios estudiantes.

- Porcentaje medio de visualización del vídeo.
- Número de veces que se ha visto cada uno de los segundos del vídeo.
- Número de veces que el ejercicio se ha intentado.
- Número de veces que el ejercicio se ha resuelto correctamente. Si los estudiantes no vuelven a realizar el ejercicio una vez lo han resuelto correctamente, entonces este indicador se corresponde con el número de estudiantes que han resuelto correctamente el ejercicio.
- Porcentaje de ejercicios de una semana del curso que los estudiantes han intentado. En este caso, se considera que un ejercicio se ha intentado, si al menos un estudiante ha intentado resolver dicho ejercicio.
- Facilidad media de los estudiantes para resolver el ejercicio.
- Utilidad del vídeo respecto al porcentaje de visualización.
- Segundos del vídeo con un volumen de reproducciones elevado.

4.3.1. Reglas e intervenciones

Tras conocer los indicadores utilizados, se debe especificar cómo hay que interpretar dichos indicadores, de forma que se pueda obtener la información que se necesita para poder realizar acciones concretas que permitan mejorar el proceso de aprendizaje de los estudiantes. En otras palabras, se definen una serie de reglas e intervenciones, que harán uso de la información proporcionada por la analítica del aprendizaje para mejorar dicho modelo de clase invertida.

Es importante decir que, aunque estas intervenciones están diseñadas para ajustarse a la mayoría de escenarios de aprendizaje basados en el modelo de clase invertida, es importante que los profesores tengan en cuenta las particularidades de su respectivo contexto educativo. Por ejemplo, un profesor puede diseñar un vídeo que incluya un determinado segmento que trate de ser interesante para los estudiantes, por lo que dicha parte del vídeo está pensada para que los estudiantes la vean varias veces y reflexionen sobre su contenido. En este caso, este segmento del vídeo tendría un número de visualizaciones elevado, lo cual generaría una alerta en base al indicador "Segundos del vídeo con un volumen de reproducciones elevado", que el profesor tendría que interpretar como una señal positiva puesto que confirma que esa parte del vídeo cumple con su cometido.

Una vez considerado todo lo expuesto anteriormente, se pueden ver las acciones específicas que se pueden realizar en base a los diferentes indicadores utilizados. Con el objetivo de explicar en detalle las intervenciones, se diferencian diferentes casos según se utilicen: (1) únicamente indicadores asociados a los vídeos; (2) exclusivamente indicadores asociados a los ejercicios; y (3) indicadores asociados a los vídeos y a los ejercicios conjuntamente.

4.3.1.1. Uso de los indicadores asociados a los vídeos

En este apartado, se presentan qué acciones se pueden realizar para mejorar el modelo de clase invertida, en base a la información relacionada con las interacciones entre los estudiantes y los vídeos. En concreto, se consideran los indicadores "Porcentaje medio de visualización del vídeo" (Tabla 4.2), "Número de veces que se ha visto cada uno de los segundos del vídeo" (Tabla 4.3), "Utilidad del vídeo respecto al porcentaje de visualización" (Tabla 4.4) y "Segundos del vídeo con un volumen de reproducciones elevado" (Tabla 4.5).

TABLA 4.2. PORCENTAJE MEDIO DE VISUALIZACIÓN DEL VÍDEO - INTERVENCIONES

Vídeos considerados	Intervención
Vídeos de una misma semana	Si un vídeo tiene un porcentaje de visualización mucho menor que el resto de los vídeos asociados a esa misma semana, los profesores pueden considerar cambiar el formato del vídeo, modificar algunas de las partes del vídeo o, como último recurso, rehacer el vídeo al completo, puesto que muchos estudiantes no están viendo ese vídeo tanto como los demás vídeos de la semana. Además, si algunos estudiantes tienen asociado un porcentaje de visualización mucho menor que el resto de sus compañeros, el profesor puede alertar a dichos estudiantes acerca de la necesidad de prepararse la clase presencial mediante los vídeos. Por otra parte, si un número relevante de estudiantes tienen asociado un bajo porcentaje de visualización (es el profesor quien tiene que establecer este tipo de valor umbral), entonces el profesor puede realizar, justo al principio de la clase presencial, una pequeña explicación de los conceptos explicados en el vídeo correspondiente. De este modo, los estudiantes tienen la posibilidad de adquirir un mínimo nivel de conocimiento de los conceptos que se van a tratar mediante las actividades de aprendizaje activo realizadas durante la clase presencial. Por otra parte, un vídeo también puede no haber sido visualizado debido a un acceso poco intuitivo a dicho vídeo. En ocasiones, los estudiantes no se percatan de la disponibilidad de un vídeo, debido simplemente a que la estructura del curso no facilita el acceso a los recursos educativos (por ejemplo, si los vídeos se incluyen en diferentes niveles de la jerarquía del curso, los estudiantes pueden no percatarse de los vídeos situados en jerarquías, directorios, inferiores). Por tanto, este indicador también permite descubrir problemas en la organización del curso en la plataforma de aprendizaje electrónico.
Vídeos de diferentes semanas	Si los profesores detectan una semana del curso cuyos vídeos tienen un porcentaje de visualización bajo (en comparación con el resto de semanas del curso), deberían preguntar a los estudiantes acerca de los vídeos asociados a dicha semana. Si los estudiantes no están viendo los vídeos de la semana por un motivo exclusivamente relacionado con un factor interno del curso (es decir, si este hecho no está causado por factores externos como, por ejemplo, la carga de trabajo asociada a otras asignaturas), entonces los profesores deberían considerar la posibilidad de reorganizar o modificar la estructura y recursos de dicha semana. Por ejemplo, pueden disminuir la carga de trabajo asociada a esa semana, reduciendo el número de vídeos de dicha semana, o el número de tareas preparatorias para la clase presencial, de tal forma que los estudiantes tengan más tiempo para ver los vídeos restantes y entenderlos mejor. Otra alternativa sería modificar los vídeos para que sean más interesantes para los estudiantes. Además, los profesores pueden utilizar la evolución asociada a los porcentajes de visualización de los vídeos de las diferentes semanas del curso, como indicador del compromiso del estudiante con el modelo de clase invertida a lo largo del cuatrimestre. Por ejemplo, si los estudiantes tienen asociados un porcentaje de visualización estable (sin demasiados cambios) a lo largo del cuatrimestre, los profesores pueden inferir que dichos estudiantes están invirtiendo la misma cantidad de tiempo en cada una de las diferentes semanas del cuatrimestre. Pero, si hay grandes fluctuaciones en dichos porcentajes de visualización, entonces es posible que existan factores de diversa índole que estén afectando al trabajo de los estudiantes (el profesor podría intentar saber estos factores preguntando a los estudiantes).

TABLA 4.3. NÚMERO DE VECES QUE SE HA VISTO CADA UNO DE LOS SEGUNDOS DEL VÍDEO - INTERVENCIONES

Vídeos considerados	Intervención
Vídeos de una misma semana	Si el número de visualizaciones asociadas con un fragmento del vídeo es elevado (en comparación con el resto de fragmentos del vídeo), el profesor debería comprobar si dicho fragmento del vídeo se ha diseñado específicamente para ser interesante o para suponer un reto para los estudiantes. Si no es el caso, entonces los estudiantes están teniendo dificultades para entender los conceptos explicados en ese fragmento del vídeo puesto que lo están viendo una y otra vez. Por tanto, se debería modificar dicho fragmento del vídeo, de forma que se mejoren las explicaciones de dichos conceptos, o se debería realizar una breve explicación de los conceptos, justo al comienzo de la clase presencial. Además, también es posible analizar patrones de visualización individuales de un determinado estudiante, de forma que se alerte al profesor del hecho de que algunos estudiantes están teniendo dificultades para entender unos determinados conceptos. De esta forma, el profesor podría ayudar específicamente a estos estudiantes, por ejemplo, proporcionándoles recursos educativos adicionales que les sirvan de apoyo.

TABLA 4.4. UTILIDAD DEL VÍDEO RESPECTO AL PORCENTAJE DE VISUALIZACIÓN – INTERVENCIONES.

Vídeos considerados	Intervención
Vídeos de diferentes semanas	Los profesores pueden especificar un porcentaje de visualización de referencia que se utilice para determinar si un vídeo es útil. Mediante una visualización que muestre la utilidad de todos los vídeos del curso, desde el punto de vista del porcentaje de visualización, el profesor puede ver fácilmente qué vídeos son problemáticos para los estudiantes (qué vídeos no están siendo visto por los estudiantes antes de la clase presencial), y qué videos son de verdad útiles para prepararse la clase presencial (qué vídeos están siendo vistos antes de la clase presencial). De esta forma, los profesores pueden modificar la estructura y los recursos del curso; por ejemplo, pueden reorganizar el orden de los vídeos de forma que alternen los vídeos más visualizados con los menos visualizados (la idea sería que el estudiante viera alternativamente un vídeo que le interese y un vídeo que le interese menos). Los profesores también pueden considerar la opción de reemplazar los vídeos menos visualizados con otro tipos de recursos educativos como, por ejemplo, lecturas, y también se podría permitir a los estudiantes que vieran los vídeos justo al comienzo de la clase presencial de forma que puedan preguntar sus dudas al profesor acerca de dichos vídeos (como es lógico, esta opción requiere que los vídeos no sean demasiado largos, puesto que no se puede utilizar mucho tiempo de clase en esta visualización de los vídeos preparatorios). La principal ventaja de este indicador es que permite a los profesores ver de una manera muy sencilla y directa la interacción de los estudiantes con todos los vídeos del curso, de forma que se facilita a los profesores la tarea de realizar los cambios que el curso necesita, ya sean cambios en la organización o en los recursos educativos proporcionados.

TABLA 4.5. SEGUNDOS DEL VÍDEO CON UN VOLUMEN DE REPRODUCCIONES ELEVADO – INTERVENCIONES.

Vídeos considerados	Intervención
Vídeos de diferentes semanas	Si se proporciona al profesor un listado de todos los vídeos del curso, junto con un pequeño indicador que muestre si el vídeo tiene muchos fragmentos con un volumen de reproducciones elevado, entonces el profesor podría adquirir una panorámica general acerca de los patrones de visualización de los estudiantes. En concreto, el profesor puede comprobar si los vídeos que pretenden ser interesantes, o que pretenden ser un reto para los estudiantes, están cumpliendo con su objetivo (en este caso, deberían tener asociado un volumen de reproducciones elevado), o si los vídeos que únicamente pretenden explicar una serie de conceptos están siendo de verdad útiles para los estudiantes (en este caso, los vídeos no deberían tener asociado un volumen de reproducciones demasiado elevado). De esta forma, los profesores pueden ver rápidamente, y de una manera muy sencilla, si los vídeos están siendo visualizados como deberían, si habría que modificarlos para que se visualicen como se pretendía, o cuántos vídeos del curso se deberían cambiar. La idea es proporcionar una visión simple y general de los patrones de visualización de todos los vídeos del curso, de forma que el profesor sepa qué está ocurriendo en el curso en relación con los vídeos preparatorios para las clases presenciales.

4.3.1.2. Uso de indicadores asociados a los ejercicios

En este caso, se presenta cómo utilizar los indicadores asociados a la interacción de los estudiantes con los ejercicios. En particular, se consideran los indicadores "Número de veces que el ejercicio se ha intentado" (Tabla 4.6), "Número de veces que el ejercicio se ha resuelto correctamente" (Tabla 4.7) y "Facilidad media de los estudiantes al resolver el ejercicio" (Tabla 4.8).

TABLA 4.6. NÚMERO DE VECES QUE EL EJERCICIO SE HA INTENTADO – INTERVENCIONES.

Ejercicios considerados	Intervención
Ejercicios de una misma semana	Si el ejercicio no tiene asociado un número de intentos lo suficientemente elevado (dicho número depende del criterio del profesor), y dichos intentos han sido realizados por un número significativo de estudiantes (es decir, no se da el caso de unos pocos estudiantes que intenten el ejercicio un número desproporcionado de veces), entonces el ejercicio en realidad no está cumpliendo con su cometido puesto que los estudiantes no lo están intentando siquiera. En este caso, hay varias acciones que el profesor puede realizar. Por ejemplo, antes de la clase presencial, el profesor puede preguntar a los estudiantes si existe algún tipo de problema relacionado con el formato o el contenido del ejercicio. Si los profesores reciben una respuesta por parte de los estudiantes indicándole que sí que existe un problema, entonces el profesor puede preparar una actividad para realizar justo al comienzo de la clase presencial de forma que se cubra el contenido de estos ejercicios con los que se están teniendo problemas (es decir, actividades que permitan a los estudiantes consolidar los conceptos que se trabajan en dichos ejercicios). Por otra parte, el profesor podría plantearse la posibilidad de modificar el formato del ejercicio de forma que se evite esta situación en el futuro. En el caso de que el profesor no reciba ningún tipo de respuesta de los estudiantes acerca de los ejercicios que no están intentando, podría intentar motivarles recordándoles que es vital que se preparen la clase presencial realizando los ejercicios, puesto que necesitan adquirir un conocimiento mínimo de los conceptos que se van a tratar durante dicha clase presencial.

Ejercicios considerados	Intervención
Ejercicios de diferentes semanas	Se puede proporcionar a los profesores una vista general que muestre el número de intentos medio de los ejercicios asociados a cada una de las semanas del curso. De esta forma, los profesores pueden saber cómo se están preparando las clases presenciales los estudiantes, puesto que, si los estudiantes intentan realizar los ejercicios de una determinada semana, se puede inferir que al menos tienen la voluntad de prepararse la clase presencial durante dicha semana, mientras que si no intentan realizar los ejercicios se dispone de una clara señal que indica que no se están preparando la clase presencial. Esta información es especialmente relevante a la hora de evaluar los resultados académicos obtenidos por los estudiantes (el motivo por el cual los estudiantes han obtenido unos determinados resultados académicos), puesto que los profesores pueden inferir si los estudiantes, a lo largo del curso, se han preparado las clases presenciales realizando los correspondientes ejercicios. Además, los profesores pueden obtener información relacionada con la carga de trabajo de los estudiantes, si preguntan a dichos estudiantes acerca de los motivos por los cuales han realizado, o no, los ejercicios, ya que puede suceder que los estudiantes no realicen los ejercicios simplemente porque no disponen del tiempo necesario para ello. De este modo, conociendo este tipo de información, el profesor podría balancear mejor la carga de trabajo del curso.

TABLA 4.7. NÚMERO DE VECES QUE EL EJERCICIO SE HA RESUELTO CORRECTAMENTE–INTERVENCIONES.

Ejercicios considerados	Intervención
Ejercicios de una misma semana	Si el ejercicio se resuelve correctamente un número elevado de veces (tal y como en el caso anterior, este número depende del criterio del profesor), entonces los profesores pueden reducir el número de actividades de aprendizaje activo que estén relacionadas con los conceptos tratados en dicho ejercicio, puesto que los estudiantes han aprendido dichos conceptos. De la misma forma, se podría saber los conceptos más complejos para los estudiantes, si se analizan los ejercicios que no se han resuelto correctamente un determinado número de veces (de nuevo, este valor umbral depende del criterio del profesor). De esta forma, se adapta la clase presencial en base al nivel de conocimiento de los estudiantes, puesto que es posible centrarse en los conceptos más complejos para los estudiantes, realizando actividades de aprendizaje activo que traten dichos conceptos. Por otra parte, los profesores también podrían saber cómo mejorar el ejercicio (de cara a futuras implementaciones del curso) preguntando a los estudiantes acerca de dicho ejercicio. De esta forma, se podría saber si el contenido, o el formato, del ejercicio es el apropiado.
Ejercicios de diferentes semanas	Analizando la manera en la que los estudiantes han resuelto los ejercicios asociados a las diferentes semanas del curso, se puede inferir si están aprendiendo los conceptos explicados en las diferentes semanas del curso. En concreto, si los estudiantes son capaces de resolver correctamente la mayor parte de los ejercicios de una determinada semana, entonces los estudiantes están aprendiendo los conceptos tratados en estos ejercicios, lo cual implicaría que los recursos educativos (por ejemplo, los vídeos y los ejercicios) asociados a dicha semana del curso están cumpliendo con su cometido. Sin embargo, si los estudiantes no consiguen resolver los ejercicios un número apropiado de veces, se debería considerar la posibilidad de cambiar los recursos educativos de dicha semana, de forma que los estudiantes puedan aprender apropiadamente los conceptos con los que están teniendo problemas.

TABLA 4.8. FACILIDAD MEDIA DE LOS ESTUDIANTES PARA RESOLVER EL EJERCICIO – INTERVENCIONES.

Ejercicios considerados	Intervención
Ejercicios de una misma semana	Si la facilidad media de los estudiantes asociada con un ejercicio de la semana toma un valor cercano a cero, entonces los estudiantes no han entendido los conceptos tratados en el ejercicio, puesto que han intentado realizar dicho ejercicio un número mucho mayor de veces, en comparación con el número de veces que han conseguido resolverlo correctamente. Por tanto, si los profesores no han diseñado el ejercicio para ser especialmente complejo (en este caso, el valor del indicador sí que debería tomar ser un número cercano a cero), entonces se debería tratar de solventar esta situación realizando alguna de estas dos acciones (o ambas): (1) el profesor puede explicar los conceptos asociados al ejercicio justo al comienzo de la clase presencial; o (2) el profesor puede realizar, durante dicha clase, actividades de aprendizaje activo que traten los conceptos asociados al ejercicio. En el caso contrario, si la facilidad toma valores cercanos a uno, entonces las actividades relacionadas con los conceptos tratados en el ejercicio, y que se iban a realizar durante la clase presencial, pueden ser omitidas puesto que los estudiantes han aprendido los conceptos tratados en los ejercicios. De esta forma, los profesores pueden centrar la clase presencial en otras actividades de aprendizaje activo que traten los conceptos más complicados para los estudiantes.
Ejercicios de diferentes semanas	En este caso, hay que centrarse en la forma en la que los estudiantes han resuelto los ejercicios asociados a diferentes semanas del curso. En concreto, si la facilidad media de los ejercicios de una determinada semana es elevada (si toma valores cercanos a uno), entonces los estudiantes no están teniendo ningún tipo de problema para resolver los ejercicios de dicha semana. Sin embargo, si el valor medio de facilidad asociado a los ejercicios de la semana toma un valor cercano a cero, entonces se puede inferir que los estudiantes están teniendo dificultades con los ejercicios de la semana. Mediante esta información, los profesores pueden inferir si se están cumpliendo los objetivos académicos de la semana correspondiente. Por ejemplo, si los estudiantes tienen dificultades con los ejercicios, pero la semana está diseñada precisamente para suponer un reto para los estudiantes (por ejemplo, porque se desean tratar conocimientos complejos durante dicha semana), entonces se están cumpliendo los objetivos académicos propuestos; pero, si la semana está concebida para explicar conceptos relativamente sencillos, entonces no se están cumpliendo los objetivos académicos asignados a dicha semana, puesto que los estudiantes están teniendo dificultades para entender dichos conceptos que, en teoría, no son complejos para ellos.

4.3.1.3. Uso conjunto de indicadores asociados a vídeos y ejercicios

En esta sección se presenta cómo utilizar conjuntamente la información asociada con la interacción de los estudiantes con los vídeos y la información relacionada con la interacción de los estudiantes con los ejercicios. En concreto, se presentan dos conjuntos diferentes de indicadores asociados a la analítica del aprendizaje.

Uso de los indicadores "Porcentaje medio de visualización del vídeo", "Segundos del vídeo con un volumen de reproducciones elevado", "Número de veces que el ejercicio se ha intentado" y "Facilidad media de los estudiantes para resolver el ejercicio"

Estos indicadores permiten, de una forma muy simple y sencilla, conocer si los estudiantes están siguiendo el modelo de clase invertida, es decir, si se están preparando las clases presenciales de una manera adecuada. La idea es proporcionar a los profesores una visualización que muestre estos indicadores a la vez, de forma que puedan saber la siguiente información:

- Si los estudiantes están viendo los vídeos preparatorios para la clase presencial. Esta información vendría dada por el indicador "Porcentaje medio de visualización del vídeo".
- Los patrones de visualización de los estudiantes. El indicador "Segundos del vídeo con un volumen de reproducciones elevado" proporcionaría esta información.
- Si los estudiantes están intentando realizar los ejercicios preparatorios en los que se preguntan los conceptos explicados en dichos vídeos. En este caso, el indicador "Número de veces que el ejercicio se ha intentado" proporcionaría esta información.
- Si los estudiantes están consiguiendo resolver los ejercicios sin tener que intentarlos un número excesivo de veces. En este sentido, se utilizaría el indicador "Facilidad media de los estudiantes para resolver el ejercicio" para conocer esta información (en concreto, este indicador debería tomar valores cercanos a uno si los estudiantes están consiguiendo resolver los ejercicios sin tener que intentarlos demasiadas veces).

De esta forma, los profesores sabrían si los estudiantes están preparándose la clase presencial y, además, podrían saber si están teniendo dificultades a la hora de entender determinados conceptos (lo cual se podría saber analizando los patrones de visualización de los vídeos, o la facilidad media de los ejercicios en los que se traten dichos conceptos). Por tanto, el profesor podría realizar intervenciones, tanto antes de la clase presencial, como justo al comienzo de dicha clase, destinadas a proporcionar a los estudiantes los conocimientos que necesitan para poder sacar el máximo provecho de las actividades de aprendizaje activo realizadas durante la clase. Por ejemplo, los

profesores podrían alertar a aquellos estudiantes que no se estuvieran preparando la clase presencial para intentar que vean los vídeos y realicen los ejercicios, también podrían proporcionar recursos educativos adicionales que traten los conceptos más complejos, o podrían diseñar nuevas actividades de aprendizaje activo (para la clase presencial) que trataran dichos conceptos complejos.

Por otra parte, también se puede analizar la tupla vídeo - ejercicio (en el caso en el que se prepara la clase presencial viendo primero el vídeo y realizando después los ejercicios relacionados con los conceptos explicados en dicho vídeo), con el objetivo de saber si el recurso que está causando problemas al estudiante es el vídeo, el ejercicio, o ambos. Por ejemplo, si el vídeo tienen asociado un porcentaje de visualización bajo, o si posee muchos fragmentos que están siendo demasiado visualizados por los estudiantes, y, además, el correspondiente ejercicio tiene asociada una facilidad media con un valor en torno a cero, entonces es muy probable que el recurso que esté causando problemas a los estudiantes sea el vídeo, puesto que ni siquiera lo están visualizando (porcentaje de visualización bajo) o puesto que están repitiendo demasiadas veces determinados segmentos del vídeo. En este caso, se deberían centrar los esfuerzos en mejorar el vídeo, de forma que los estudiantes comprendan mejor los conceptos explicados en dicho vídeo. Otra situación que se puede dar, se caracteriza por tener un vídeo con un porcentaje de reproducción adecuado y sin un gran número de fragmentos que estén siendo demasiado visualizados por los estudiantes, pero, a la vez, se tiene una facilidad media asociada a un ejercicio con un valor cercano a cero. En este caso, es posible que el ejercicio sea el que está causando los problemas, puesto que los indicadores asociados a los vídeos indican que los estudiantes no están teniendo dificultades para entender los conceptos explicados en dichos vídeos, mientras que la facilidad media indica que los estudiantes no han comprendido los conceptos tratados en el ejercicio.

Uso de los indicadores “Segundos del vídeo con un volumen de reproducciones elevado” y “Facilidad media de los estudiantes para resolver el ejercicio”

Además de los usos mostrados en la sección anterior, los indicadores “Segundos del vídeo con un volumen de reproducciones elevado” y “Facilidad media de los estudiantes al resolver el ejercicio”, también permiten obtener información adicional. En concreto, dichos indicadores permiten analizar los fragmentos del vídeo con un volumen de reproducciones elevado para identificar los conceptos que se están

visualizando más y, después, analizar la facilidad media de los ejercicios que traten dichos conceptos. De esta forma, sería posible detectar los siguientes patrones:

- Cuando el intervalo del vídeo pretende ser interesante para los estudiantes, se tendrá un volumen de reproducciones elevado en dicho intervalo y una facilidad con un valor en torno a uno en los ejercicios correspondientes.
- Cuando el intervalo del vídeo pretende ser un reto para los estudiantes, también se dará la situación en la que el volumen de reproducciones será elevado en dicho intervalo, pero, en este caso, la facilidad tomará un valor en torno a cero.
- Cuando el ejercicio esté diseñado para que los estudiantes vayan más allá de los conceptos explicados en el vídeo (por ejemplo, si se pretende que los estudiantes apliquen los conceptos en situaciones diferentes a las explicadas en el vídeo), el intervalo correspondiente del vídeo no tendrá asociado un volumen de reproducciones elevado, y la facilidad tomará un valor cercano a cero.
- Si el vídeo y el ejercicio pretenden que los estudiantes comprendan los conceptos de una forma sencilla, y que el aprendizaje de dichos conceptos no les suponga grandes dificultades, entonces el correspondiente fragmento del vídeo no tendrá asociado un volumen de reproducciones elevado, mientras que la facilidad tendrá un valor en torno a uno.

De esta forma, los profesores pueden analizar si los vídeos y los ejercicios están cumpliendo con su cometido teórico (por ejemplo, un vídeo puede diseñarse para que sea un reto para los estudiantes o para que sea interesante, y un ejercicio se puede diseñar para que sea sencillo). No sólo eso, si los indicadores muestran que los vídeos y los ejercicios no están logrando sus objetivos teóricos, los profesores pueden saber si es el vídeo el que no está bien diseñado, si es el ejercicio, o si son ambos recursos educativos. Por otra parte, y tal como sucedía en el caso anterior, mediante los indicadores “Segundos del vídeo con un volumen de reproducciones elevado” y “Facilidad media de los estudiantes al resolver el ejercicio” se puede adaptar la clase presencial en base a las necesidades de los estudiantes, puesto que es posible conocer los conceptos más complejos para los estudiantes, así como los conceptos más sencillos para ellos, lo cual permite modificar apropiadamente (en base a dicha información) las actividades de aprendizaje activo que se van a realizar durante la clase presencial.

Por tanto, utilizando las reglas e intervenciones definidas en esta sección, se puede ser capaz de realizar intervenciones concretas, basadas en datos objetivos, todo ello en un contexto de clase invertida complementada mediante la analítica del aprendizaje.

CAPÍTULO 5. HERRAMIENTA PARA LA COMBINACIÓN DE LA ANALÍTICA DEL APRENDIZAJE Y DE LA CLASE INVERTIDA

En este capítulo se presenta la herramienta desarrollada para dar soporte al marco de trabajo presentado en el capítulo anterior. En particular, dicha herramienta extiende la funcionalidad de la plataforma "GEL"; plataforma que ha sido desarrollada por el "Servicio de Informática y Comunicaciones - Multimedia e Innovación Docente" de la Universidad Carlos III de Madrid. En concreto, la herramienta desarrollada implementa varias visualizaciones asociadas a los indicadores utilizados por el marco de trabajo propuesto, que no están presentes actualmente en GEL, así como una funcionalidad para la creación de grupos de estudiantes. Pero, antes de ver la herramienta desarrollada, es muy importante analizar las características de otras herramientas que hacen uso de la analítica del aprendizaje y los motivos por los cuales se ha creado una nueva herramienta.

Actualmente, existe una amplia gama de posibilidades en términos de herramientas que hacen uso de la analítica del aprendizaje para obtener información académica relevante mediante los datos educativos. En la mayoría de dichas herramientas se proporcionan visualizaciones que muestran la información relacionada con la interacción de los estudiantes con los recursos educativos (recursos tales como vídeos o ejercicios). Por ejemplo, existen herramientas que proporcionan información acerca de cómo los estudiantes resuelven los ejercicios y cómo utilizan los consejos y ayudas que se les proporcionan cuando realizan los ejercicios, herramientas como, por ejemplo, la presentada en Ruipérez-Valiente et al. (2015). También existen herramientas que muestran información relacionada con los resultados de los estudiantes en los diferentes módulos o temas de una determinada asignatura (por ejemplo, el número de estudiantes que han aprobado o suspendido el módulo), o con el trabajo realizado por los estudiantes en dichos módulos (por ejemplo, el tiempo que han invertido en el módulo, o si han realizado los ejercicios correspondientes a dicho módulo), un ejemplo de este tipo de herramientas se muestra en Santofimia-Ruiz et al. (2014). Por otra parte, hay herramientas que analizan los conceptos que son más complejos para los estudiantes con el objetivo de proporcionar visualizaciones que muestren el nivel de conocimiento de los estudiantes en relación con dichos conceptos, herramientas como, por ejemplo, la expuesta en Mazza y Dimitrova (2004). También existen herramientas centradas en varios aspectos asociados a la interacción de los estudiantes con los vídeos, por ejemplo,

existen herramientas que permiten etiquetar los vídeos como “interesantes”, “importantes” o “difíciles”, por ejemplo, la herramienta mostrada en Okumoto et al. (2018); o herramientas que proporcionan información acerca de los patrones de visualización de los estudiantes (como, por ejemplo, el número de reproducciones y pausas cuando se ven los vídeos, o si se ha visualizado el vídeo al completo), por ejemplo, herramientas como la presentada en Hernández Leo y Pardo (2016). Por tanto, se puede ver que existen multitud de herramientas con diferentes características que proporcionan una amplia gama de visualizaciones. Pero, ¿se ajusta alguna de ellas al marco de trabajo presentado en el capítulo anterior?

Hay que recordar que se necesitan herramientas software basadas en la analítica del aprendizaje que den soporte al marco de trabajo definido, de tal forma que se disponga de la información necesaria para que los profesores puedan utilizar dicho marco de trabajo en sus correspondientes entornos educativos. En concreto, para poder ofrecer un soporte que permita el uso de la metodología, se requiere de herramientas software que posean las siguientes características:

- Deben proporcionar visualizaciones que muestren todos los indicadores utilizados por el marco de trabajo propuesto, de tal forma que los profesores dispongan de toda la información necesaria para poder implementarlo con éxito.
- Tienen que considerar las particularidades asociadas al modelo de clase invertida. Esto conlleva que tienen que ser capaces de recopilar datos acerca de las interacciones de los estudiantes con los recursos educativos en cualquier momento del curso, sobre todo, las interacciones con los vídeos y con los ejercicios. Además, sería conveniente poder acceder a la información en base a la estructura típica de los cursos que utilizan el modelo de clase invertida; estructura en la que se suelen agrupar los recursos educativos por semanas o por temas, y con determinadas fechas importantes para el análisis de la situación del estudiante. Por ejemplo, sería conveniente saber el número de veces que un estudiante ha intentado un ejercicio hasta la fecha específica “X días antes de la clase presencial”. Por tanto, se necesitan herramientas que estén diseñadas para ser utilizadas en entornos educativos que hagan uso del modelo de clase invertida.

Además de estas características específicas para el modelo de clase invertida, también sería conveniente que las herramientas software dispongan de las siguientes características adicionales, de forma que se facilite la tarea de obtención de información mediante la analítica del aprendizaje.

- Deben ser capaces de recopilar, analizar, y generar visualizaciones de los datos educativos de los estudiantes, todo ello de forma automática, sin que los profesores tengan que realizar ningún tipo de proceso. En otras palabras, la única acción que los profesores tienen que realizar es visualizar la información que la herramienta proporciona a través de las visualizaciones generadas mediante los datos educativos de los estudiantes.
- Las visualizaciones tienen que ser simples y sencillas, puesto que profesores sin conocimientos tecnológicos tienen que ser también capaces de interpretarlas sin ningún tipo de dificultad.

Por tanto, cualquier herramienta software que pretenda dar soporte al marco de trabajo propuesto tiene que poseer estas características si pretende ofrecer todos los beneficios educativos que dicho marco puede llegar a proporcionar. Si se analiza el conjunto de herramientas disponibles actualmente, se puede ver que dichas herramientas pueden llegar a poseer las dos características adicionales que se acaban de comentar (recopilación, análisis y visualización automática, y simplicidad en las visualizaciones), pero no las dos primeras características asociadas con el modelo de clase invertida (proporcionar visualizaciones que muestren todos los indicadores utilizados por el marco de trabajo propuesto, y adaptarse a las particularidades asociadas al modelo de clase invertida).

Por una parte, aunque la mayoría de las herramientas incorporan varios de los indicadores utilizados por el marco de trabajo propuesto (lo cual es lógico, puesto que los indicadores seleccionados son muy habituales en escenarios en los que se hace uso de la analítica del aprendizaje), no incorporan todos los indicadores. Por ejemplo, las siguientes herramientas proporcionan algunas de las visualizaciones utilizadas por el marco de trabajo propuesto.

- ALAS-KA (Ruipérez-Valiente et al., 2015): esta herramienta proporciona información centrada en la forma en la que los estudiantes realizan los ejercicios. En particular, hace uso de los elementos de gamificación que se incluyen en la plataforma, así como de los accesos de los estudiantes a los vídeos y a los ejercicios para proporcionar, por ejemplo, información sobre: (1) uso total de la plataforma (por ejemplo, el número de vídeos o ejercicios no completados por el estudiante, o si el estudiante se centra más en ver los vídeos o hacer los ejercicios); (2) progreso al hacer los ejercicios o ver los vídeos; o (3) tiempo invertido en la plataforma. En este caso, se necesitarían indicadores con información más específica relacionada con la interacción de los estudiantes con los recursos educativos. Por ejemplo, indicadores como el número de veces que se ha visualizado cada uno de los segundos del vídeo, o el número de veces que se ha resuelto un ejercicio al primer intento. Además, esta herramienta no facilita la visualización de los instantes más visualizados de los vídeos, lo cual es un gran inconveniente si se pretende saber qué conceptos explicados en los vídeos son más complejos para los estudiantes. ALAS-KA tampoco permite la visualización de la información en base a la estructura del curso ni en base a un periodo de tiempo determinado (por ejemplo, desde el día que se proporciona el recurso hasta tres días antes de la clase presencial). Esto es muy importante para el modelo de clase invertida, porque se necesita saber cómo han interactuado los estudiantes con los recursos preparatorios en el periodo previo a la clase presencial, de tal forma que se pueda inferir si dicha preparación se está realizando adecuadamente. Tampoco sería posible agrupar a los estudiantes en base a su interacción con los recursos preparatorios, puesto que ALAS-KA no incorpora una funcionalidad para crear los grupos de estudiantes.
- ANALYSE (Ruipérez-Valiente et al., 2016): en este caso, se dispone de una herramienta que proporciona información bastante completa acerca de la interacción del estudiante con los vídeos y con los ejercicios. Por ejemplo, se muestra el número de veces que se ha visto cada uno de los segundos del vídeo, el porcentaje de visualización del vídeo, o el número de intentos ejercicio. Sin embargo, algunos indicadores del marco de trabajo no se proporcionan, indicadores tales como la utilidad del vídeo respecto al porcentaje de visualización, o la facilidad al primer intento al realizar al ejercicio. Además,

ANALYSE no proporciona un sistema para que los profesores puedan visualizar de una manera simple los intervalos de los vídeos más visualizados. La herramienta "únicamente" muestra cuántas veces se ha visto cada uno de los segundos del vídeo, pero no implementa una visualización que se pueda utilizar de una manera más sencilla, por ejemplo, una visualización en la que los profesores simplemente tengan que pulsar un botón para visualizar las partes de los vídeos más importante. Además, tal y como sucedía con la herramienta anterior, ANALYSE tampoco permite visualizar la información en base a un periodo de tiempo determinado, lo cual es muy conveniente en un escenario en el que se haga uso del modelo de clase invertida. Otra deficiencia de ANALYSE (en el contexto del marco de trabajo propuesto), radica en la falta de una funcionalidad para la creación automática de grupos de estudiantes, lo cual dificultaría en gran medida la implementación de un modelo de clase invertido orientado a actividades en grupo.

- CourseVis (Mazza y Dimitrova, 2004): esta herramienta se centra, mayoritariamente, en los foros de discusión. En particular, ofrece información detallada de la interacción entre los estudiantes y los foros de discusión como, por ejemplo, el número de mensajes escritos o si los mensajes son respuestas a otros mensajes, o mensajes que inician una conversación. Además, también ofrece información, acerca de la interacción con los ejercicios como la puntuación obtenida o los conceptos tratados en el ejercicio. Sin embargo, esta herramienta no ofrece información asociada con la interacción entre los estudiantes y los vídeos, por lo que estaría muy limitada en el escenario de la presente Tesis Doctoral, puesto que no se dispondría de la información relacionada con las interacciones de los estudiantes con los vídeos, lecturas y foros de discusión. Además, aunque CourseVis indica el periodo de tiempo concreto asociada a una determinada información (por ejemplo, el número de discusiones que inició un estudiante un determinado día), no se dispone de un mecanismo para filtrar dicha información (por ejemplo, para visualizar el número de mensajes escritos por un estudiante hasta tres días antes de la clase presencial). Al igual que en los casos anteriores, CourseVis tampoco incorpora una funcionalidad para la creación automática de grupos de estudiantes.

- Response Collector (Okumoto et al., 2018): en este caso, la herramienta ofrece un sistema para realizar anotaciones en diferentes partes de un vídeo que se esté visualizando. En concreto, la herramienta permite al estudiante indicar si un intervalo del vídeo es difícil, interesante o importante, así como escribir un texto relacionado con dicho intervalo del vídeo. De este modo, el estudiante proporciona información directamente al profesor, sin necesidad de realizar un análisis de los patrones de visualización del vídeo, lo cual es una ventaja puesto que no se tiene que inferir nada, puesto que el estudiante indica directamente los problemas relacionados con el vídeo. Sin embargo, pese a que esta herramienta pudiera parecer perfecta para el análisis de los vídeos, carece de otras visualizaciones asociadas a otros recursos educativos tales como ejercicios, lecturas, o foros de discusión, lo cual limitaría su utilidad en el contexto del marco de trabajo propuesto. Además, la herramienta tampoco permite discriminar la información en base a determinadas fechas, ni incorpora una funcionalidad para la creación automática de grupos de estudiantes.

Considerando todo lo expuesto hasta el momento, se puede apreciar que, si se utilizara algunas de estas herramientas de analítica del aprendizaje existentes actualmente, no sería posible obtener toda la información que requiere el marco de trabajo propuesto en la presente Tesis Doctoral. Por tanto, si se plantease el uso de herramientas ya desarrolladas, herramientas como las mostradas anteriormente, sería necesario tomar una de estas dos vías: (1) utilizar (e integrar) más de una herramienta al mismo tiempo, lo cual no es una solución sencilla de implementar; o (2) si se dispusiera del código utilizado para desarrollar las herramientas, habría que extender la implementación para incorporar la obtención de la información necesaria, lo cual tampoco es una solución sencilla de implementar. Por estos motivos, se plantea el desarrollo de una herramienta que proporcione toda la información que se requiere en el marco de trabajo.

Por otra parte, en relación con las particularidades asociadas al modelo de clase invertida, hay que recordar que las herramientas consideradas no disponen de una funcionalidad para mostrar información en un periodo de tiempo determinado. En este sentido, es importante poder conocer información como, por ejemplo, el número de veces que se ha intentado realizar un ejercicio preparatorio en el intervalo de tiempo comprendido entre siete días antes de la clase presencial y dos días antes de dicha clase, con el objetivo de comprobar si los estudiantes se están preparando la clase presencial.

Además, también sería conveniente poder visualizar la información según la estructura del curso en el que se esté utilizando el modelo de clase invertida. Por ejemplo, el porcentaje de visualización de los vídeos, distinguiendo entre el conjunto de vídeos asociados a la primera semana del curso (o al primer tema del curso) con el conjunto de vídeos relacionados con la segunda semana del curso. En este sentido, las herramientas disponibles actualmente no suelen ofrecer estas funcionalidades que son bastante útiles si se utiliza un modelo de clase invertida, puesto que se obtendría información que reflejaría fielmente lo que está sucediendo en cada una de las diferentes partes en las que se ha dividido el curso (tanto en términos de temario, como en términos temporales).

No solo eso, la herramienta propuesta en esta Tesis Doctoral también proporciona visualizaciones cuyo formato facilita la obtención de información en un contexto de clase invertida. Por ejemplo, cuando se muestran los intervalos más visualizados de un vídeo preparatorio, se muestra al profesor dichos intervalos, sin que tenga que tener que analizar la gráfica en la que se muestra la información específica de cada segundo del vídeo. Además, al proporcionar la información asociada a un vídeo o ejercicio preparatorio, o a una lectura o foro de discusión, se muestra toda la información significativa en una misma página, liberando al profesor de la tarea de recopilar información accediendo a diferentes páginas de la herramienta. Lo mismo ocurre con la información asociada a las lecturas, y al foro de discusión, ya que se agrupa toda la información utilizada en el marco de trabajo, de tal forma que el profesor simplemente tiene que seleccionar el recurso que quiera analizar para obtener toda su información asociada.

Finalmente, hay que considerar herramientas que puedan ser utilizadas para crear grupos de estudiantes en un contexto de clase invertida orientado a actividades en grupo. En este sentido, se puede decir que, aunque existen diferentes herramientas disponibles, dichas herramientas están centradas exclusivamente en la creación de grupos, lo cual implican que no proporcionan la información que se requiere para poder realizar las intervenciones definidas en el marco de trabajo propuesto (por ejemplo, información como el porcentaje de visualización de un vídeo, o el número de veces que se ha intentado un ejercicio). Por tanto, si se quisiera utilizar una herramienta de este tipo para crear grupos de estudiantes en el marco de trabajo propuesto, habría que

apoyarse en una segunda herramienta que proporcionase la información especificada en el marco de trabajo.

Pese a este problema, es conveniente mostrar algunas de las herramientas de formación de grupos que podrían ser utilizadas en el contexto asociado al marco de trabajo. Por este motivo, se presentan a continuación varios ejemplos concretos de este tipo de herramientas.

- La herramienta mostrada en Christodoulopoulos y Papanikolaou (2007b) permite crear grupos de estudiantes tanto homogéneos como heterogéneos, en base a parámetros de alto nivel especificados por el profesor como, por ejemplo, el estilo de aprendizaje de los estudiantes o su nivel de conocimientos.
- En cuanto a la herramienta presentada en Webber y Lima (2012) permite crear grupos de estudiantes en base a los errores que dichos estudiantes han cometido en una actividad previa a la creación de grupos, es decir, los grupos se crean según los fallos que hayan tenido los estudiantes al completar una actividad que se realiza antes del proceso de creación de grupos.
- En Alberola, Sánchez-Anguix, Palomares y Teruel (2016) se presenta una herramienta de formación de grupos que utiliza información proporcionada directamente por los propios estudiantes, y en la que se incluye su opinión acerca de cómo han trabajado sus compañeros en actividades en grupo realizadas previamente. Por tanto, en este caso, la herramienta utiliza información que contiene las opiniones (subjetivas) de los estudiantes en relación con las prestaciones de sus compañeros en una actividad de aprendizaje colaborativo.
- La herramienta presentada en Kyprianidou, Demetriadis, Tsiatsos y Pombortsis, (2012) permite crear grupos de estudiantes en base a los estilos de aprendizaje de dichos estudiantes.

Estas herramientas permiten ilustrar otro problema que tendría el uso de una herramienta de formación de grupos ya desarrollada: estas herramientas utilizan, para crear los grupos, datos que no están muy relacionados con los recursos que suelen utilizarse en un contexto de clase invertida. Se puede observar que este tipo de herramientas no utilizan, por ejemplo, las interacciones de los estudiantes con los vídeos, y únicamente una de las herramientas utiliza datos que podrían asemejarse con

la interacción de los estudiantes con los ejercicios. En concreto, la herramienta mostrada en Webber y Lima (2012) considera los errores de los estudiantes al realizar la actividad. Por tanto, sería conveniente disponer de una herramienta que permitiera crear grupos de estudiantes en base a sus interacciones con los recursos educativos más habituales en un modelo de clase invertida, especialmente, con los vídeos y con los ejercicios.

Por todos estos motivos, se ha diseñado e implementado una herramienta software diferente de las disponibles en el estado del arte, puesto que es necesario ofrecer a los profesores las visualizaciones de todos los indicadores asociados con el marco de trabajo. No solo eso, también se ha desarrollado una funcionalidad, integrada en la propia herramienta, que permite crear grupos de estudiantes en base a las interacciones de dichos estudiantes con los vídeos y con los ejercicios. Aunque todo esto no significa que se haya desarrollado una herramienta desde cero, ya que se ha utilizado como base la plataforma "GEL" puesto que posee todas las características necesarias para implementar la metodología, salvo esta cuarta característica asociada a las visualizaciones de los indicadores relacionados con la metodología propuesta. Por tanto, la herramienta diseñada e implementada extiende la funcionalidad de la plataforma "GEL" proporcionando todas las visualizaciones que se necesitan para poder implementar con éxito el marco de trabajo e incorporando una funcionalidad para la creación de grupos de estudiantes.

Además, la herramienta implementada dispone de una interfaz de usuario muy sencilla de utilizar, simplemente pulsando un botón se accede a las visualizaciones del curso, tal y como puede verse en la siguiente imagen (Fig. 5.1., pestaña "FlipApp").

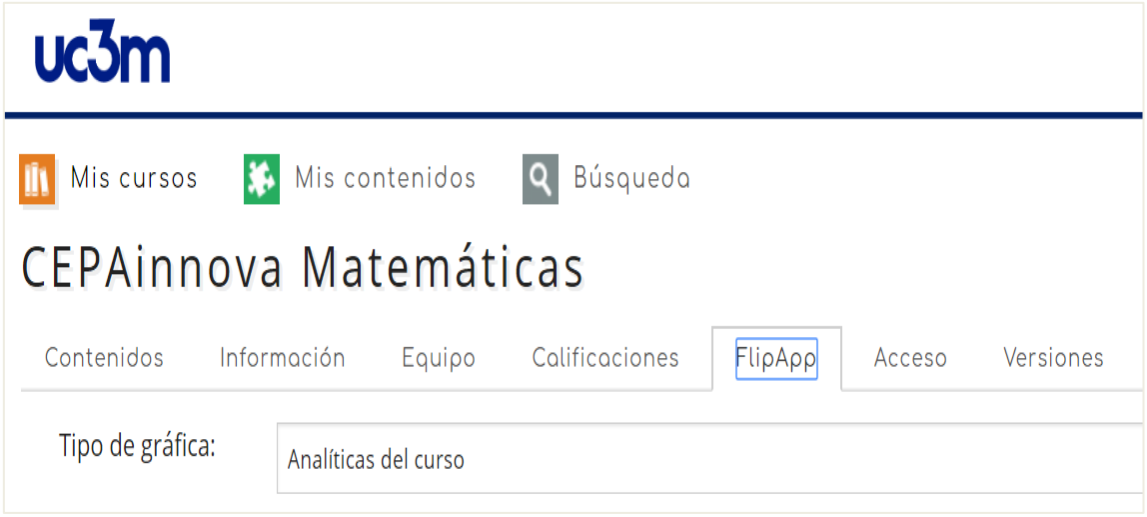


Fig. 5.1. Acceso a las visualizaciones.

Del mismo modo, el acceso específico a información relacionada con un determinado recurso se muestra de acuerdo a la estructura asociada al modelo de clase invertida que se esté utilizando. En particular, para acceder al recurso en cuestión, simplemente hay que navegar por un menú desplegable que representa la estructura del curso. Un ejemplo del acceso a la información asociada a un determinado vídeo ("Matrices") se muestra a continuación (Fig. 5. 2.)

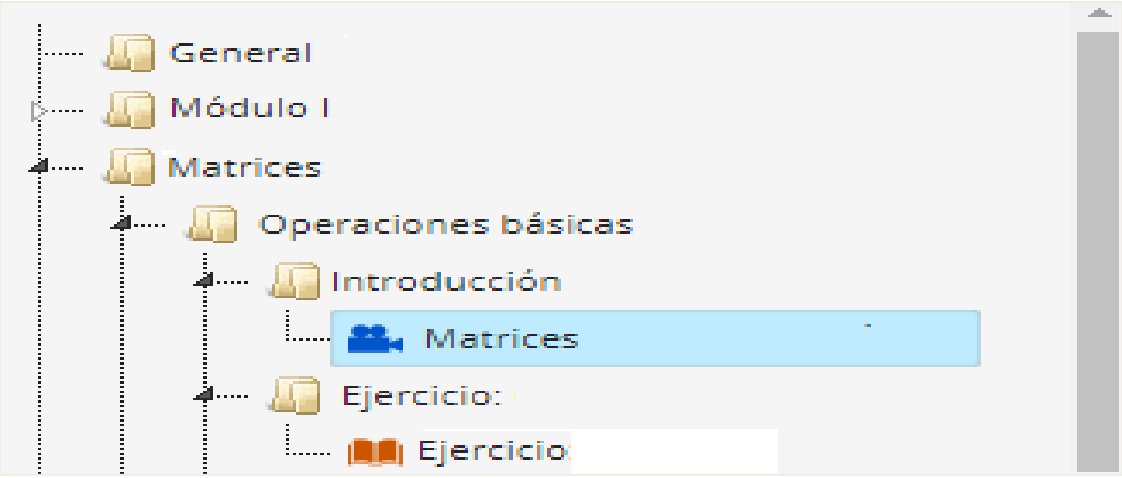


Fig. 5.2. Acceso a información específica de un recurso.

Por tanto, se puede decir que la herramienta propuesta proporciona una interfaz de usuario sencilla de utilizar, y que además está adaptada a la estructura del modelo de clase invertida que se utilice.

Una vez vistos los motivos por los cuales se ha desarrollado una herramienta propia para dar soporte al marco de trabajo, se tiene que mostrar en detalle las funcionalidades que la herramienta proporciona. Tal y como se ha comentado anteriormente, la herramienta implementada extiende las funcionalidades de la plataforma "GEL", motivo por el cual se exponen primero las características de "GEL" de forma que se pueda precisar posteriormente qué nuevas funcionalidades se han añadido a dicha plataforma "base".

5.1. La plataforma GEL

La plataforma GEL (Gestión de E-Learning) es una plataforma desarrollada por la Universidad Carlos III de Madrid que permite la gestión del contenido multimedia utilizado en los MOOCs ("Massive Open Online Course", 2020) y SPOCs ("Small Private Online Course", 2020) producidos en la UC3M, tal y como se muestra en Cruz-Argudo (2017). En concreto, la plataforma GEL permite organizar diferentes recursos

educativos como, por ejemplo, documentos PDF, diapositivas en PowerPoint, o vídeos, en base a la estructura del curso, así como distribuir dichos recursos a los estudiantes. Un ejemplo de la estructura de un curso se puede apreciar en la siguiente imagen (Fig. 5.3.).

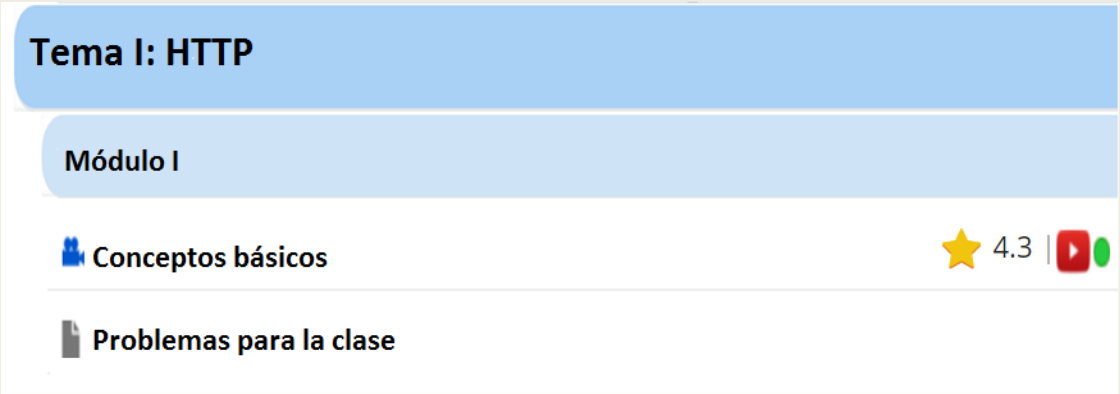


Fig. 5.3. Módulo de un curso desarrollado mediante GEL.

Es importante saber que GEL proporciona diferentes visualizaciones que pueden utilizarse para obtener información académica relevante relacionada con el proceso de aprendizaje de los estudiantes. Por ejemplo, GEL permite que los profesores puedan conocer el número de visualizaciones de los vídeos del curso, si un estudiante ha conseguido resolver un ejercicio al primer intento, o el porcentaje de visualización de los vídeos de una determinada semana del curso (Cruz-Argudo, 2017). No obstante, GEL no proporciona toda la información especificada en el marco de trabajo propuesto, lo cual impide utilizarla para dar soporte a dicho marco de trabajo, puesto que, para poder implementar de manera práctica el marco de trabajo, los profesores necesitan toda la información asociada con los indicadores seleccionados. Aunque esto no quiere decir que las visualizaciones proporcionadas por GEL no sean de utilidad para el marco de trabajo, puesto que algunas de ellas sí que se utilizan en dicho marco, visualizaciones como, por ejemplo, el número de visualizaciones de los vídeos de una determinada semana (Fig. 5.4.), el porcentaje del vídeo que ha visto cada uno de los estudiantes (Fig. 5.5.), o el número de veces que se ha accedido a un ejercicio según una fecha concreta (Fig. 5.6.).

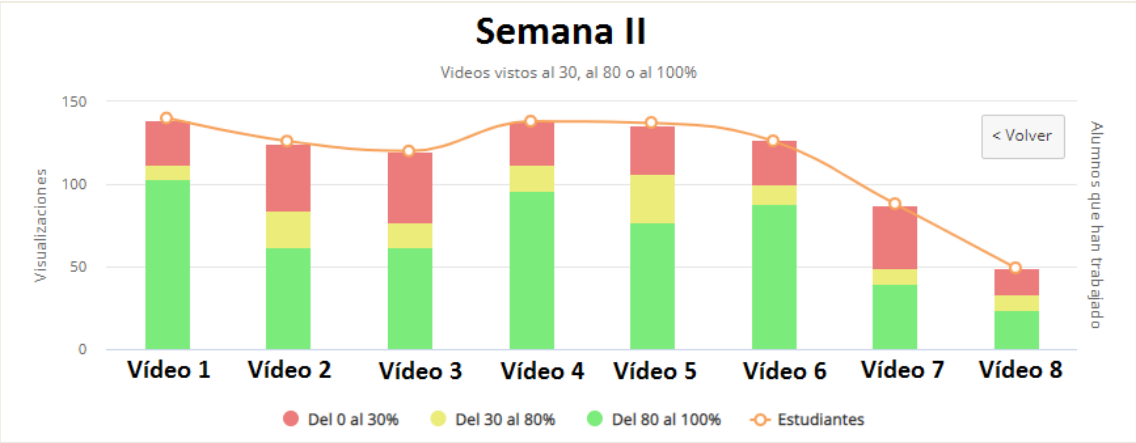


Fig. 5.4. Número de visualizaciones de los vídeos de una determinada semana.

Fig. 5.5. Porcentaje del vídeo que ha visto un estudiante.

Fig. 5.6. Número de accesos a un ejercicio por fecha.

Además, GEL proporciona un sistema de valoración de los vídeos que se utiliza para recopilar la opinión de los estudiantes acerca de dichos vídeos. En concreto, GEL permite a los estudiantes opinar acerca de la calidad del vídeo en base a una escala de cinco puntos representadas mediante estrellas. Cuantas más estrellas, mayor calidad tendrá el vídeo. Por tanto, un vídeo con cuatro estrellas (en media) tendrá una opinión más favorable, por parte de los estudiantes, que otro vídeo que tenga, en media, 2 estrellas. Un ejemplo de este sistema de valoración del vídeo se puede ver en la imagen (previa) Fig. 5.3., en la que se puede apreciar que el vídeo "Conceptos Básicos" tiene una valoración media de "4,3" estrellas (sobre un total de cinco estrellas posible).

No sólo eso, además de la gestión de los contenidos de los cursos y de las visualizaciones, GEL también permite utilizar elementos de gamificación. La gamificación puede entenderse, según lo establecido en "Gamificación" (2019), como la incorporación de elementos propios de los juegos en otros escenarios diferentes de los juegos lúdicos, con el objetivo de promover la interacción de los estudiantes con los recursos educativos. En este sentido, el contexto educativo puede ser una opción válida para utilizar elementos de gamificación, tal y como puede verse en, por ejemplo, Cruz-Argudo (2017).

Por ejemplo, un estudiante obtiene puntos cuando visualiza un cierto porcentaje de un vídeo, o cuando resuelve correctamente un ejercicio al primer intento. El sistema de gamificación permite, por ejemplo, posicionar a los estudiantes en un "ranking" de forma que puedan ver si ocupan las primeras plazas de dicho "ranking", lo cual puede incentivarles a involucrarse más con el proceso de aprendizaje para subir puestos en el "ranking". Este elemento de gamificación puede ser interesante desde el punto de vista de la formación de grupos, puesto que es una fuente de información muy relevante a la hora de inferir el esfuerzo que los estudiantes están invirtiendo en los recursos educativos. Por este motivo, a la hora de crear los grupos, se proporciona a los profesores la posibilidad de crear los grupos en base a los puntos obtenidos por los estudiantes en la plataforma.

Una vez vistas las funcionalidades y capacidades ofrecidas por GEL, hay que recordar que lo único que le hace falta para poder dar soporte al marco de trabajo propuesto es la implementación de las visualizaciones de algunos indicadores utilizados por dicho marco de trabajo y que no están presentes actualmente en GEL. Por este motivo, a continuación se enumeran estos indicadores de forma que se puedan conocer qué

visualizaciones proporciona exactamente la herramienta desarrollada. En concreto, dichos indicadores son los siguientes:

- Intervalos de un vídeo que más se han visualizado (por ejemplo, el intervalo 01:00 – 03:00 de un vídeo con una duración de 10 minutos).
- Número de veces que se ha visto cada uno de los segundos del vídeo.
- Utilidad del vídeo respecto al porcentaje de visualización.
- Utilidad del vídeo con respecto a los segundos del vídeo con un volumen de reproducciones elevado.
- Número medio de veces que se han intentado los ejercicios de una semana.
- Facilidad media asociada a los ejercicios de una semana.
- Facilidad media al primer intento asociada a los ejercicios de una semana.
- Facilidad media y facilidad media al primer intento, asociadas a un determinado ejercicio.
- Número medio de veces que un estudiante de la clase ha intentado un determinado ejercicio.
- Porcentaje de estudiantes del curso que han intentado el ejercicio.
- Número de veces que se ha resuelto al primer intento el ejercicio.
- Cantidad de tiempo utilizado para resolver el ejercicio.
- Opinión del estudiante del ejercicio
- Número de descargas del documento.
- Número de visualizaciones de una página HTML.
- Opinión del estudiante de la lectura.
- Cantidad de tiempo invertido en una página HTML.
- Evaluación de la utilidad del foro de discusión en su conjunto.
- Número de mensajes escritos en el foro de discusión.
- Número de mensajes escritos en el foro de discusión, distinguiendo diferentes tipos de mensajes: mensajes en los que se trata un determinado tema, preguntas, y respuestas a preguntas.

Por otra parte, GEL no proporciona ninguna herramienta para formar grupos de estudiantes en base a sus interacciones con los recursos educativos (por ejemplo, en base a las interacciones de los estudiantes con los vídeos o con los ejercicios), funcionalidad que sería muy conveniente si se quiere facilitar el uso de actividades de aprendizaje colaborativo en un contexto de clase invertida (o en cualquier otro contexto en el que se quieran realizar dichas actividades).

Por tanto, la herramienta implementada proporciona las visualizaciones de los indicadores que no están presentes actualmente en GEL, así como una funcionalidad que permitirá a los profesores crear los grupos de estudiantes de una forma muy sencilla y eficaz. De esta forma, aprovechando todas las capacidades y funcionalidades de GEL, y desarrollando una herramienta que complementa a la herramienta GEL en términos de visualizaciones adicionales y formación de grupos, se puede dar soporte al marco de trabajo propuesto, ofreciendo por tanto la posibilidad de implementar dicho marco en contextos educativos reales.

5.2. La herramienta desarrollada

La herramienta propuesta, se ha desarrollado mediante el lenguaje de programación PHP ("PHP", 2019), la biblioteca JavaScript “Highcharts” ("Highcharts", 2019), y el sistema de gestión de bases de datos MySQL ("MySQL", 2019). Dichas tecnologías se han utilizado debido al hecho de que GEL ha sido desarrollada utilizando estas mismas tecnologías, por lo que con el objetivo de reducir al máximo el riesgo asociado a problemas de integración de la herramienta con la plataforma GEL, se ha decidido utilizar las mismas tecnologías utilizadas para el desarrollo de GEL. Esta decisión ha resultado ser acertada, puesto que se ha podido integrar la herramienta en el ecosistema de GEL sin ningún problema, lo cual siempre es algo muy positivo al desarrollar herramientas software que extienden funcionalidades de plataformas desarrolladas previamente.

Hay que recordar que el objetivo de la herramienta desarrollada es dar soporte al marco de trabajo propuesta, lo cual hace necesario describir un poco más detalle las funcionalidades que proporciona la herramienta. En concreto, se presentan dos elementos clave que la herramienta añade a GEL: (1) las nuevas visualizaciones de indicadores; y (2) la funcionalidad que permite a los profesores crear grupos de estudiantes de una forma simple y eficaz.

En ambos casos, la herramienta realiza automáticamente la recopilación, análisis, y visualización de la información (ya sea la información relacionada con los indicadores o la información asociada con los grupos), por lo que los profesores no tienen que realizar ningún tipo de análisis, lo único que tienen que hacer es acceder a la herramienta y visualizar la información que desean obtener. De esta forma, se facilita la toma de decisiones en escenarios que hagan uso del modelo de clase invertida, puesto que los profesores disponen de toda la información necesaria para realizar las intervenciones descritas en el capítulo anterior.

Además, debido a las visualizaciones proporcionadas y a la funcionalidad para crear grupos de estudiantes, la herramienta resulta particularmente útil para implementar el modelo de clase invertida orientado a ejercicios, y el modelo de clase invertida orientado a grupos. Esto es especialmente relevante puesto que, como se comentó anteriormente, son los tipos de clase invertida más habituales, lo cual implica que se está proporcionando un soporte ideal para la mayoría de escenarios en los que se utilice el modelo de clase invertida junto con la analítica del aprendizaje. Aunque esto no quiere decir que la herramienta no facilite la implementación de los otros dos tipos de clase invertida (la clase invertida orientada a prácticas experimentales, y la clase invertida orientada a la creación de recursos educativos) puesto que proporciona toda la información necesaria para realizar las acciones, las intervenciones, que se comentaron anteriormente.

5.2.1. Nuevas visualizaciones

Hay que recordar que la herramienta implementa diferentes visualizaciones de varios de los indicadores utilizados por el marco propuesto. En concreto, la herramienta desarrollada proporciona las siguientes visualizaciones:

- Intervalos de un vídeo que más se han visualizado.
- El número de veces que se ha visto cada uno de los segundos del vídeo.
- La utilidad del vídeo respecto al porcentaje de visualización.
- La utilidad del vídeo con respecto a los segundos del vídeo con un volumen de reproducciones elevado.
- Número medio de veces que se han intentado los ejercicios de una semana.
- Facilidad media asociada a los ejercicios de una semana.

- Facilidad media al primer intento asociada a los ejercicios de una semana.
- Facilidad media y facilidad media al primer intento, asociadas a un determinado ejercicio.
- Número medio de veces que un estudiante de la clase ha intentado un ejercicio.
- Porcentaje de estudiantes del curso que han intentado el ejercicio.
- Número de veces que se ha resuelto al primer intento el ejercicio.
- Cantidad de tiempo utilizado para resolver el ejercicio.
- Opinión del estudiante del ejercicio.
- Número de descargas del documento.
- Número de visualizaciones de una página HTML.
- Opinión del estudiante de la lectura.
- Cantidad de tiempo invertido en una página HTML.
- Evaluación de la utilidad del foro de discusión en su conjunto.
- Número de mensajes escritos en el foro de discusión.
- Número de mensajes escritos en el foro de discusión, distinguiendo diferentes tipos de mensajes: mensajes en los que se trata un determinado tema, preguntas, y respuestas a preguntas.

En base a la información proporcionada por estos indicadores, y considerando las intervenciones descritas en el capítulo anterior, el profesor podrá tomar decisiones, en base a datos objetivos, con las que mejorar el modelo de clase invertida que esté utilizando.

Una vez indicadas dichas visualizaciones, hay que conocer el criterio utilizado para seleccionar cada uno de los tipos de visualizaciones (por ejemplo, gráficos de columnas o gráficos circulares). En concreto, cada una de las visualizaciones se ha implementado teniendo en cuenta lo siguiente:

- Los tipos de visualizaciones utilizados (por ejemplo, gráficos de columnas), se han diseñado en base a las siguientes guías de visualización de datos: (HubSpot y Visage, 2020; Kirk, 2012; Skau, Harrison y Kosara, 2015; Stone, 2006).

- Las visualizaciones deben poder ser entendidas por profesores sin ningún tipo de conocimiento sobre análisis de datos, tecnología, analítica del aprendizaje, etcétera. De esta forma, la herramienta podrá ser utilizada por cualquier tipo de profesor, independientemente de sus habilidades relacionadas con la tecnología.
- Las visualizaciones deben mostrar la mínima cantidad de elementos, pero ofreciendo la máxima cantidad de información. De esta forma, las visualizaciones mostrarán justo la información que necesitan los profesores para implementar la metodología, sin confundirles con datos que no necesitan para dicha implementación.

Por lo tanto, se han implementado las visualizaciones utilizando estos tres criterios. Además, con el objetivo de mostrar que dichas visualizaciones pueden ser utilizadas en contextos educativos reales, se han utilizado datos educativos de estudiantes de cursos reales en los que se ha utilizado la herramienta GEL como soporte al curso. De esta forma, mediante el uso de datos educativos de estudiantes de cursos reales, se ha comprobado que se puede obtener las visualizaciones a partir de los datos recopilados mediante la herramienta GEL. En concreto, algunas visualizaciones obtenidas mediante dichos datos se mostrarán a continuación. Además, se incluyen todas las visualizaciones proporcionadas por la herramienta, con el objetivo de mostrar en detalle cada una de ellas.

5.2.1.1. Intervalos de un vídeo que más se han visualizado

Con el objetivo de facilitar la tarea de visualizar los intervalos de un vídeo que más se ha visualizado, se proporciona a los profesores un sistema muy simple, pero muy eficaz, para acceder a dichas partes de un determinado vídeo. En concreto, se muestran las partes más visualizadas junto con un reproductor del vídeo, de tal forma que simplemente haciendo "click" en el botón correspondiente, se muestra dicho intervalo del vídeo en el reproductor. De esta forma, se proporciona una visualización que se ajusta apropiadamente a las necesidades en un contexto de clase invertida, puesto que proporciona directamente qué partes del vídeo pueden estar causando problemas a los estudiantes, sin que el profesor tenga que analizar la información por sí mismo. Un ejemplo de esta visualización se puede ver a continuación (Fig. 5.7.).

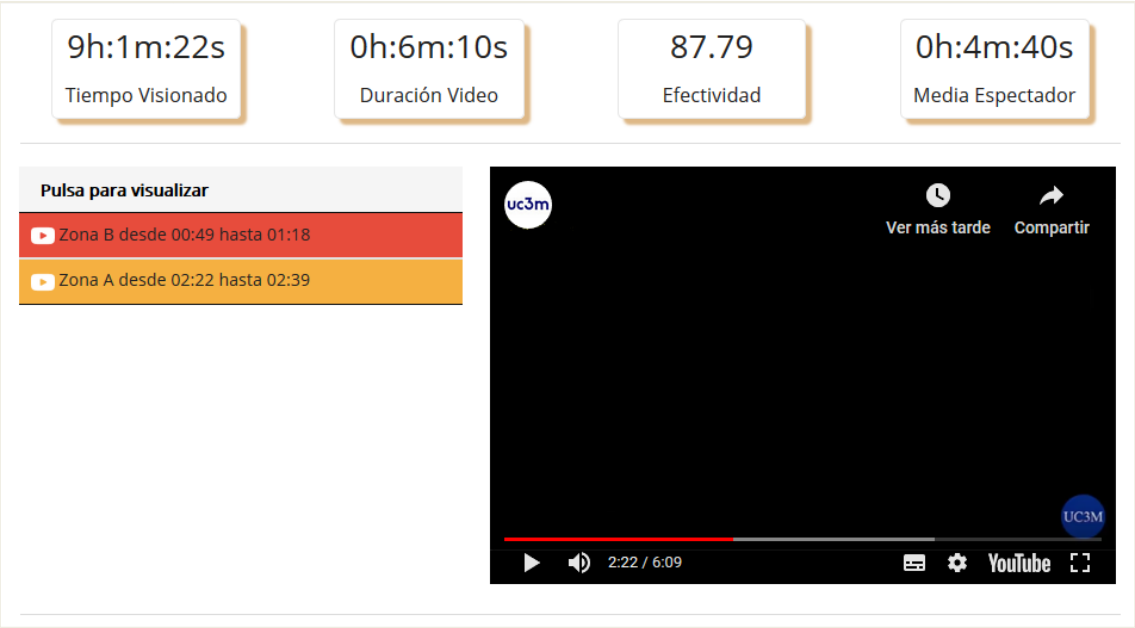


Fig. 5.7. Intervalos de un vídeo más visualizados.

Se puede apreciar que se muestran tanto los intervalos más visualizados (que están marcados en color rojo), como los intervalos que han sido visualizados en menor medida (marcados en color naranja) pero que también han sido visualizados por encima de la media. De esta forma, los profesores pueden acceder fácilmente a las partes del vídeo que más han sido visualizados por parte de los estudiantes.

En este caso (Fig. 5.7), se puede ver que el intervalo del vídeo marcado en color rojo ([00:49 - 01:18]) está siendo muy visualizado por los estudiantes, mientras que el intervalo marcado en color naranja ([02:22 – 02:39]) también están siendo visualizado más de lo normal (pero en menor medida que el intervalo marcado en color rojo). Por tanto, mediante esta visualización, se puede conocer qué intervalos están siendo más visualizados por los estudiantes, lo cual permite comprobar si dichos intervalos están cumpliendo con su cometido original (por ejemplo, si el intervalo del vídeo pretende ser interesante, o si pretende plantear a los estudiantes conceptos que les supongan un reto), o si en realidad están exponiendo conceptos que son muy complejos para los estudiantes. Además, si el profesor pulsa en la zona marcada en rojo (“Zona B”) o en la zona marcada en naranja (Zona “A”) se reproduce directamente el correspondiente intervalo del vídeo, lo cual les evita tener que mover la visualización del vídeo hasta los correspondientes intervalos, puesto que la herramienta desarrollada ya lo hace por ellos.

5.2.1.2. Número de veces que se ha visto cada uno de los segundos del video

Esta información permite complementar la gráfica anterior, mediante los detalles concretos acerca de la visualización del vídeo. En este caso, se ha utilizado un gráfico de líneas puesto que este tipo de gráfico permite entender fácilmente y rápidamente este tipo de información. Hay que destacar que esta información se muestra en la misma página HTML que la visualización mostrada en la sección anterior (sección 5.2.1.1), de forma que el profesor obtiene estos dos tipos de información en un mismo lugar. Se puede ver un ejemplo de la visualización asociada a este indicador en la siguiente imagen (Fig. 5.8.)

Fig. 5.8. Número de visualizaciones de cada uno de los segundos del vídeo.

En esta imagen ("Fig. 5.8") se observa una tendencia decreciente en la visualización del vídeo, puesto que los estudiantes ven más la primera parte del vídeo (hasta el segundo 110 aproximadamente) que la segunda. En este caso, se podrían inferir varias cosas. Por una parte, si se utiliza un enfoque centrado en los conceptos más complejos para los estudiantes, se podría inferir que los conceptos explicados en la primera parte del vídeo son más complejos que los conceptos explicados en la segunda parte. Por otra parte, si el análisis se centra en el interés de los estudiantes, se podría inferir que los estudiantes están más interesados en la primera parte del vídeo que en la segunda. En cualquier caso, lo importante es que los profesores sepan qué partes del vídeo están siendo más visualizadas, de forma que puedan obtener información relevante acerca de los patrones de visualización de los estudiantes.

5.2.1.3. Utilidad del vídeo respecto al porcentaje de visualización

En este caso, se pretende mostrar a los profesores de una forma directa y sencilla si un determinado porcentaje de estudiantes están viendo, al menos, un determinado porcentaje de los vídeos. Por este motivo se utilizan dos colores para representar la utilidad del vídeo respecto al porcentaje de visualización: verde si al menos el porcentaje de estudiantes (el profesor tiene que especificar este valor) ha visto, como mínimo, el porcentaje del vídeo que el profesor ha indicado; y rojo si el porcentaje de estudiantes no alcanza el valor mínimo especificado. De esta forma, mediante una visualización muy sencilla se proporciona información al profesor con la que puede saber si los estudiantes están viendo los vídeos preparatorios para la clase presencial. Un ejemplo de esta visualización proporcionada por la herramienta se puede ver a continuación (Fig. 5.9.).

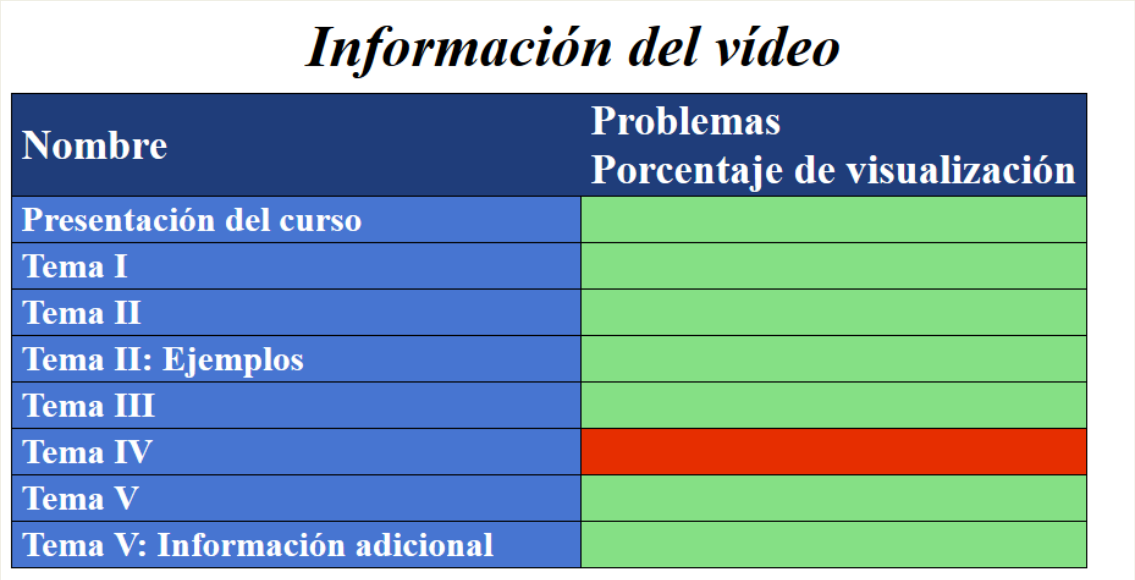


Fig. 5.9. Utilidad del vídeo respecto al porcentaje de visualización.

En este caso, se observa que los estudiantes están viendo casi todos los vídeos (tendencia marcada por la predominancia del color verde para este indicador), aunque el vídeo "Tema IV" no está siendo visualizado lo suficiente por un número mínimo de estudiantes, por lo que habría que analizar si es necesario reemplazar dicho vídeo, o si habría que modificarlo de tal forma que los estudiantes lo visualicen más.

5.2.1.4. Utilidad del vídeo con respecto a los segundos del vídeo con un volumen de reproducciones elevado

En este caso, se pretende mostrar al profesor si los vídeos poseen muchos intervalos con un número de reproducciones elevado. Por este motivo, se utiliza una gráfica prácticamente idéntica a la mostrada en el caso anterior, sólo que esta vez mostrará si los vídeos tienen un número considerable de intervalos (fragmentos, partes del vídeo) con un número de reproducciones elevado. Al igual que en el caso anterior, el color verde se utiliza para mostrar que el vídeo no tiene demasiados intervalos con un número elevado de reproducciones, y el color rojo se utiliza para representar el caso contrario. Además, se proporciona al profesor un enlace a otra visualización en la que se muestran específicamente los intervalos del vídeo con un número de reproducciones elevado (la primera visualización que se ha mostrado en esta sección, es decir, la visualización "Intervalos de un vídeo que más se han visualizado" mostrada en la sección "5.2.1.1"). De esta forma, el profesor puede acceder a información concreta del vídeo simplemente pulsando en el enlace. Un ejemplo de la visualización asociada a los segundos del vídeo con un volumen de reproducciones elevado, junto con el enlace a la información específica de cada uno de los vídeos, puede verse a continuación (Fig. 5.10).

Fig.5.10. Segundos del vídeo con un volumen de reproducciones elevado

En este caso, se puede apreciar que la mayoría de los vídeos no poseen demasiados intervalos con un volumen de reproducciones elevado, salvo los vídeos asociados al segundo tema (vídeos "Tema II" y "Tema II: Ejemplos"), que sí que tienen un número significativo de intervalos con un número de reproducciones elevado. Para cualquiera de los vídeos mostrados en la imagen (incluso para los vídeos que no poseen

demasiados intervalos con un volumen de reproducciones elevado), se puede obtener información específica de los intervalos que tienen asociados un número de reproducciones elevado, simplemente pulsado el enlace "Detalles". De esta forma, mediante dicho enlace se accede a una visualización que muestra dicha información; en concreto, a una visualización como la mostrada en la imagen "Fig. 5.7".

5.2.1.5. Número medio de veces que se han intentado los ejercicios de una semana o tema del curso

Con el objetivo de mostrar la tendencia general en una determinada semana o tema del curso, en lugar de mostrar simplemente el número medio de intentos asociado a los ejercicios de una determinada semana, se divide dicho número entre el número de estudiantes. De esta forma, se consigue mostrar el número medio de veces que un estudiante (genérico) ha intentado realizar los ejercicios asociados a una determinada semana del curso (o a un determinado tema). Para mostrar de una manera sencilla y directa esta información, se ha utilizado un gráfico de columnas para visualizar este indicador. Se puede ver un ejemplo de dicha visualización a continuación (Fig. 5.11.).

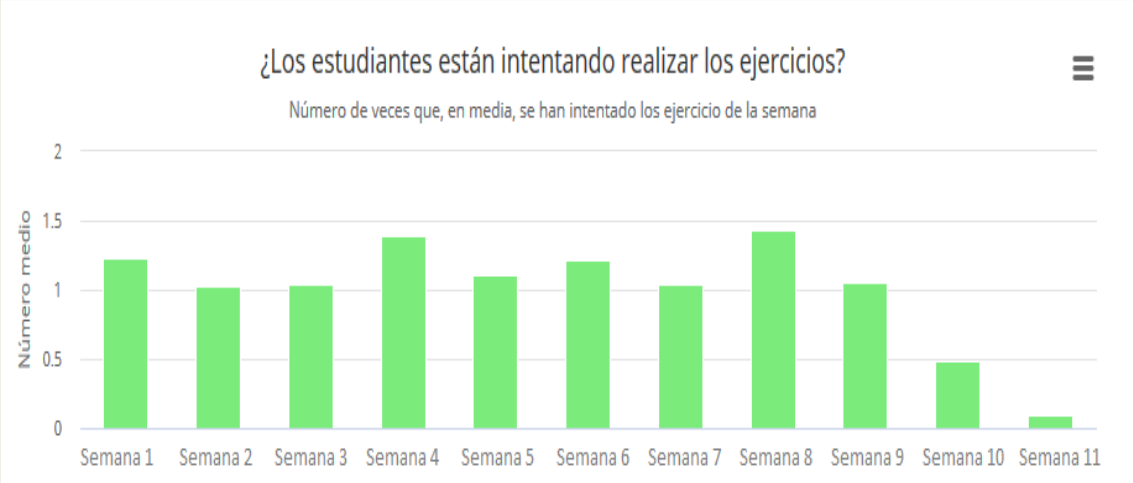


Fig. 5.11. Número medio de veces que se intentaron los ejercicios de una semana

En este caso, se observa que, en la mayoría de semanas del curso, los estudiantes intentan realizar al menos una vez los ejercicios de dicha semana (en media, un estudiante intenta realizar una vez cada uno de los ejercicios de la semana correspondiente). La excepción a esta tendencia sucede en las semanas #10 y #11, como se puede apreciar en la figura, puesto que los estudiantes han intentado en mucha menor medida los ejercicios de dichas semanas. Por tanto, utilizando esta información, los profesores pueden saber si los estudiantes, al menos, están intentando realizar los ejercicios de una determinada semana del curso.

5.2.1.6. Facilidad media asociada a los ejercicios de una semana

En este caso se muestra la facilidad media asociada a los ejercicios de una determinada semana del curso. Hay que recordar que se ha definido la facilidad, en el marco de trabajo propuesto, como el cociente entre el número de veces que se resolvió un ejercicio correctamente y el número de veces que se intentó. Por tanto, la facilidad proporciona una medida acerca del esfuerzo que están realizando los estudiantes para resolver un determinado ejercicio. En concreto, se muestra el valor asociado al número de veces que, en media, se resolvió correctamente un ejercicio de la semana con respecto al número total de veces que se intentó (incluyendo tanto las veces que se resolvió correctamente, como las veces que no se resolvió con éxito). Al igual que sucedía en el caso anterior, se utiliza un gráfico de columnas para mostrar la información, tal y como puede verse en la siguiente figura (Fig. 5.12.).

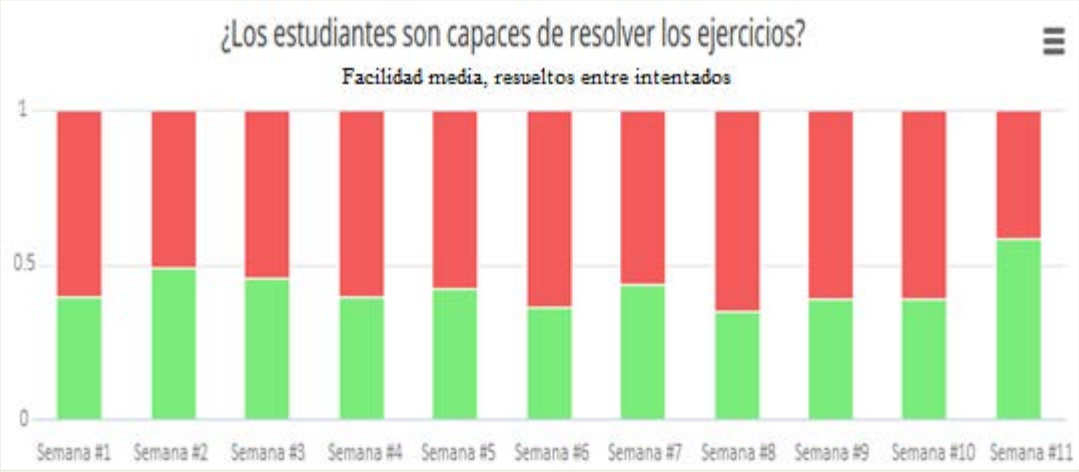


Fig. 5.12. Facilidad media asociada a los ejercicios de una determinada semana

En este caso se puede apreciar que los estudiantes están teniendo dificultades para resolver los ejercicios, puesto que la mayoría de las veces ni siquiera la mitad de las veces que intentan un ejercicio de la semana lo consiguen resolver correctamente. En concreto, el valor de facilidad media está marcado por el límite superior de la parte verde en la que se divide la barra. La parte roja de la barra indica la "distancia" del valor de facilidad media con respecto al máximo valor posible, que es uno.

5.2.1.7. Facilidad al primer intento media asociada a los ejercicios de una semana

La visualización es idéntica a la anterior, la única diferencia estriba en el hecho de que se muestra la facilidad al primer intento asociada a los ejercicios de una semana. En el marco de trabajo propuesto en esta Tesis Doctoral, se ha definido la facilidad al primer intento como el cociente entre el número de veces que se resolvió un ejercicio al primer intento, entre el número de veces que se resolvió correctamente (incluyendo tanto resoluciones correctas al primer intento, como resoluciones correctas en posteriores intentos). Por tanto, este indicador permite saber si los estudiantes son capaces de resolver un ejercicio la primera vez que se enfrentan con él, o si necesitan trabajar más en él para resolverlo correctamente. En este caso también se utiliza un gráfico de barras para visualizar el indicador, así como la separación en dos partes de la barra correspondiente para mostrar tanto el valor del indicador (parte verde) como la "distancia" al máximo valor teórico (parte roja) que, de nuevo, sería uno. Un ejemplo de esta visualización puede verse a continuación (Fig. 5.13.).

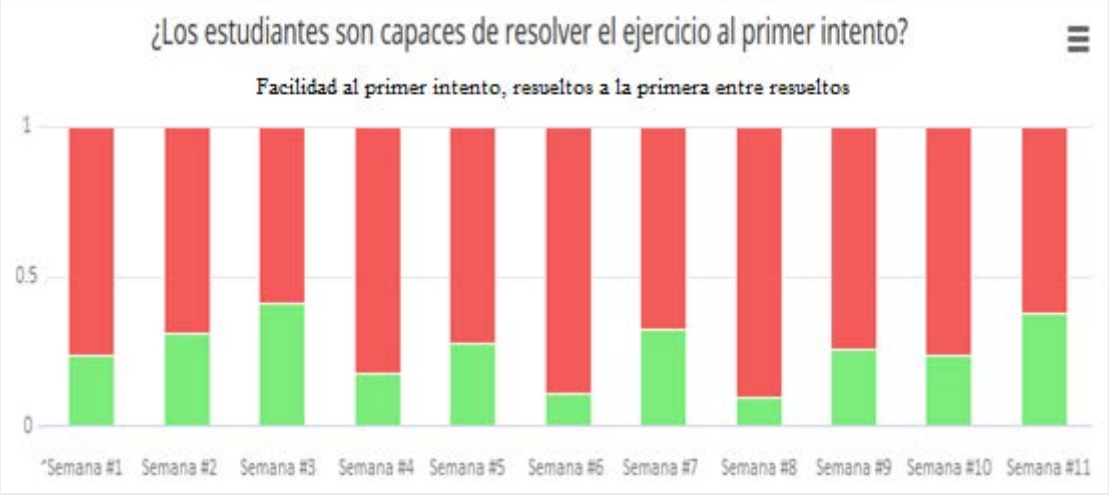


Fig. 5.13. Facilidad al primer intento media asociada a los ejercicios de una determinada semana

Se puede observar que, en todas las semanas del curso, menos de la mitad de las veces que un estudiante resuelve un ejercicio correctamente, es capaz de hacerlo la primera vez que se enfrenta con dicho ejercicio. Por tanto, mediante esta información el profesor puede inferir si los ejercicios de la semana tienen un nivel de dificultad adecuado. Por ejemplo, si los ejercicios están pensados para que los estudiantes los piensen detenidamente, es lógico que no sean capaces de resolverlos correctamente al primer intento, puesto que su nivel de dificultad será elevado, pero si no es el caso, entonces los ejercicios pueden tener un nivel de dificultad mayor que el estimado inicialmente.

5.2.1.8. Información de un determinado ejercicio

En este caso, se proporciona toda la información asociada a un ejercicio desde una misma página HTML. En concreto, se muestra la información de un ejercicio relacionada con la facilidad, la facilidad al primer intento, el número medio de intentos, el porcentaje de estudiantes del curso que han intentado el ejercicio, el número de veces que se ha resuelto al primer intento, la cantidad de tiempo utilizado para resolver el ejercicio, y la opinión de los estudiantes acerca del ejercicio.

Por otra parte, hay que remarcar que se ha utilizado como sistema de valoración para los ejercicios, el sistema de valoración basado en estrellas que GEL proporciona para los vídeos (pero no para los ejercicios, lecturas y foros de discusión, motivo por el cual se han tenido que implementar en la herramienta desarrollada).

En cuanto al tipo de gráficas utilizadas, en todos los casos se muestra el valor numérico asociado (o el número de estrellas en el caso de la valoración del ejercicio), de forma que el profesor puede visualizar muy fácilmente dicha información. Con respecto a la facilidad y a la facilidad al primer intento, además del valor numérico, se muestra un gráfico de tipo velocímetro para proporcionar esta información, puesto que dicho gráfico permite mostrar tanto el valor numérico del indicador, como su cercanía o lejanía a los valores límite (que serían cero y uno). Además, dependiendo del valor del indicador se utilizan diferentes colores, de forma que se proporciona a los profesores una forma sencilla y directa de saber si la facilidad o la facilidad al primer intento toman valores cercanos a cero, valores cercanos a uno, o valores intermedios. En concreto, la gráfica va tomando colores que pasan del rojo (que representan valores de facilidad o facilidad al primer intento en torno a cero) al amarillo (representa valores en torno a 0,5) y del amarillo al verde (que representa valores en torno a uno). De esta forma, se proporciona de una forma simple y visual información a los profesores. Un ejemplo de todas estas gráficas puede observarse en las siguientes figuras (Fig. 5.14. y Fig. 5.15).

Fig. 5.14. (I) Información específica de un determinado ejercicio

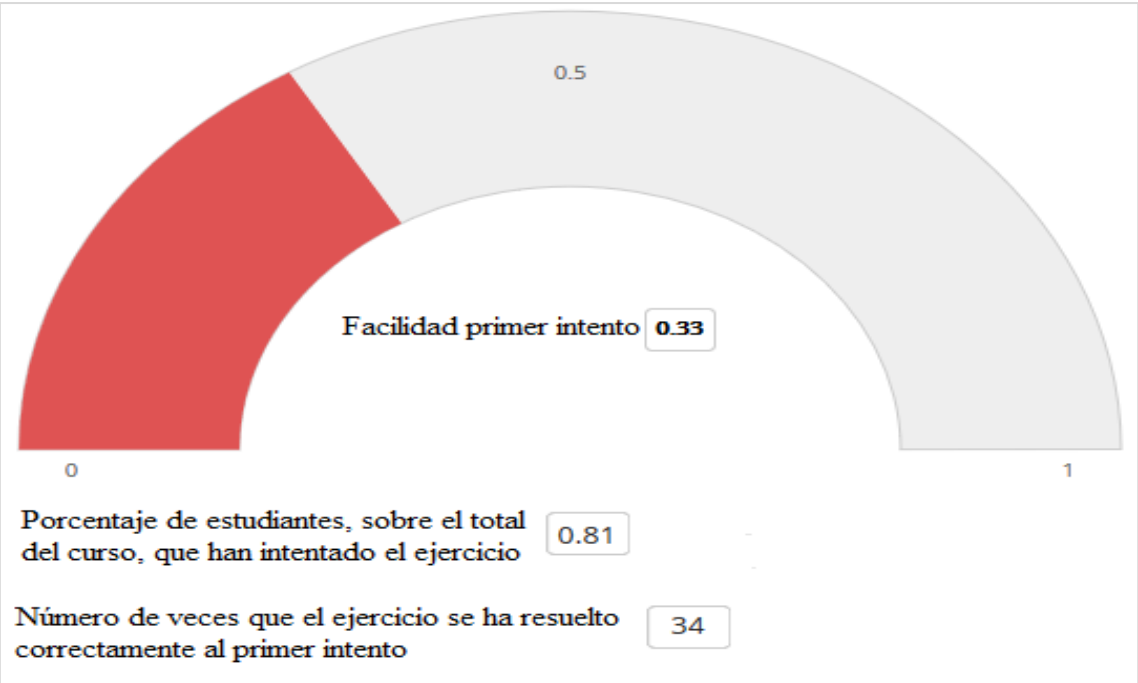


Fig. 5.15. (II) Información específica de un determinado ejercicio

En este caso, se observa que la facilidad toma un valor relativamente elevado (0,73), lo cual indica que a los estudiantes no les está resultando muy complicado resolver correctamente el ejercicio (no necesitan muchos intentos para resolver con éxito el ejercicio). En cuanto a la facilidad al primer intento, el valor es menor, en concreto 0,33, lo cual indica que únicamente un tercio de las veces que un estudiante ha resuelto

correctamente el ejercicio han sido resoluciones al primer intento. También se puede apreciar que, en media, cada estudiante ha intentado resolver el ejercicio 1,52 veces, que se ha conseguido resolver correctamente el ejercicio al primer intento 34 veces, y que algo más del 80% de los estudiantes de la clase han intentado resolver el ejercicio.

5.2.1.9. Información de una determinada lectura

En el caso de la información relacionada con las lecturas, la idea es similar a la vista en la sección anterior (sección "5.2.1.8."), puesto que se muestra toda la información de una determinada lectura en una misma gráfica. En concreto, se utiliza el mismo sistema de puntuación (valoración) de la lectura basado en estrellas, así como valores numéricos para mostrar el número de descargas (en el caso de que el recurso sea un documento que los estudiantes obtienen y descargan desde la plataforma, típicamente un documento en formato PDF), y para mostrar el número de visualizaciones y tiempo invertido (en el caso de que el recurso sea una página HTML que muestre un contenido textual y que esté alojada en la plataforma). Además, se indica si el recurso es una lectura de tipo "descargable", es decir, una lectura a la que se accede descargando el documento (por ejemplo, un documento Word, o un documento PDF), o si el recurso es una lectura accesible directamente en la plataforma (por ejemplo, una página HTML con contenido textual). Un ejemplo de las visualizaciones asociada a la información relacionada con una determinada lectura puede verse en la siguiente imagen (Fig. 5.16).

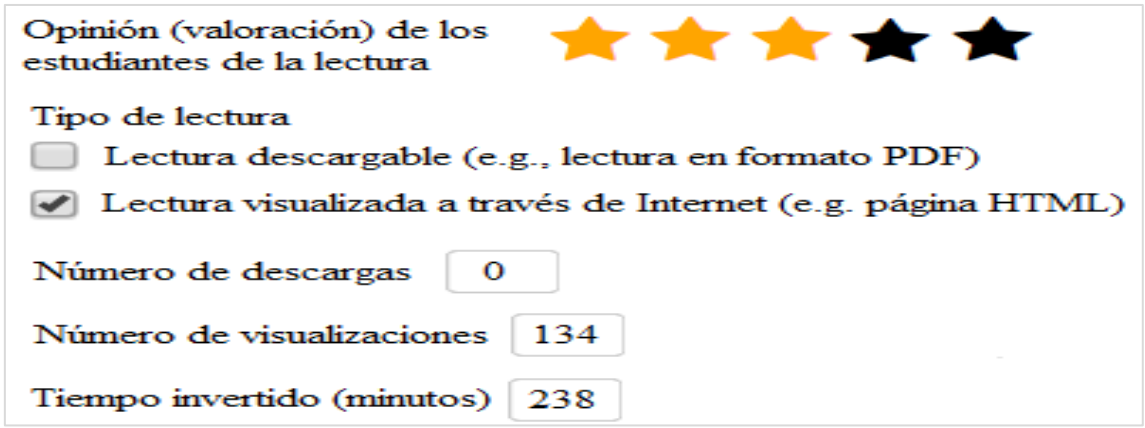


Fig. 5.16. Información específica de una determinada lectura

5.2.1.10. Información de un determinado foro de discusión

En el caso de los foros de discusión se presenta un escenario similar, puesto que se muestra la información asociada a un determinado foro de una manera sencilla y directa. En particular, se utiliza el sistema basado en estrellas para ilustrar la opinión de los estudiantes acerca del foro en cuestión, así como valores numéricos para mostrar el

número de mensajes escritos en el foro, el número de mensajes de dicho foro en el que se trata un determinado tema, el número de mensajes en los que se realiza una pregunta, y el número de mensajes en el que se responde a una pregunta. Un ejemplo de este tipo de visualización se puede apreciar en la siguiente imagen (Fig. 5.17).

Foro	Valoración	Número total de mensajes	Número de mensajes expositivos	Número de preguntas	Número de respuestas
#1	★★★★★	134	80	30	24

Fig. 5.17. Información específica de un determinado foro de discusión

Por tanto, mediante estas visualizaciones, y las visualizaciones proporcionadas originalmente por GEL, se proporciona a los profesores, de una forma concisa, simple y eficaz, toda la información que necesitan para poder implementar el marco de trabajo en contextos educativo reales. No sólo esto, la herramienta también proporciona una funcionalidad que permite crear grupos de estudiantes en base a sus interacciones con los vídeos y ejercicios preparatorios, por lo que se facilita de esta forma el uso de actividades de aprendizaje colaborativo en entorno de clase invertida. Precisamente, en la próxima sección se describirá esta funcionalidad asociada a la formación de grupos que la herramienta proporciona

5.2.2. Formación de grupos

Como se comentó anteriormente, uno de los aspectos clave en el aprendizaje colaborativo radica en la formación de grupos. Por tanto, si se pretende realizar actividades de aprendizaje colaborativo durante la clase presencial en un contexto de clase invertida, sería conveniente proporcionar a los profesores facilidades para que puedan crear grupos de estudiantes de una forma sencilla y eficaz. Por este motivo se ha agregado a la herramienta desarrollada una funcionalidad que permite crear grupos de estudiantes en base a su interacción con los vídeos y ejercicios preparatorios para la clase presencial. Además, debido al hecho de que la plataforma GEL incorpora elementos asociados a la gamificación, elementos que permiten a los estudiantes ganar puntos por interactuar con los recursos (por ejemplo, un estudiante gana puntos si visualiza un determinado porcentaje de un vídeo), se ha aprovechado la información relacionada con la puntuación conseguida por los estudiantes para formar grupos en base a dicha información. Por tanto, la herramienta permite formar los grupos de

diferentes maneras, dependiendo de si se utilizan datos relacionados con: (1) los vídeos; (2) los ejercicios; y (3) la puntuación obtenida por los estudiantes en el contexto de la plataforma GEL. En concreto, los datos educativos específicos que se han utilizado son los siguientes:

1. Interacción estudiante-vídeo: número de veces que cada segundo del vídeo ha sido visualizado por el estudiante.
2. Interacción estudiante-ejercicio: facilidad y facilidad al primer intento del estudiante.
3. Puntuación del estudiante en el contexto del sistema de gamificación implementado en GEL.

Debido al hecho de que se ha implementado una formación de grupos que utiliza conjuntamente estos tres tipos de datos para crear los grupos, se puede caracterizar de una forma más precisa el proceso de aprendizaje que en el caso de utilizar únicamente un tipo de información (por ejemplo, sólo la información relacionada con los vídeos). De esta forma, al utilizar diferentes datos del estudiante, se puede representar mejor sus interacciones con los recursos educativos.

Aunque se analizarán en detalle la forma en la que se ha implementado la formación de grupos en el "Anexo C" del presente trabajo, hay que conocer los elementos clave de la formación de grupos implementada en la herramienta. La idea básica es utilizar los datos de estudiantes que han cursado asignaturas reales en las que se ha utilizado la plataforma GEL, de forma que se pueda obtener una serie de perfiles que representen los diferentes tipos de interacciones con los recursos educativos.

Por ejemplo, se puede tener un perfil de estudiante que represente a los estudiantes que vean mucho los vídeos, pero que tengan valores de facilidad y facilidad al primer intento reducidos, o un perfil que represente a estudiantes que no vean tanto los vídeos, pero que tengan valores de facilidad y facilidad al primer intento elevados. Cuando se tenga que agrupar a estudiantes "nuevos", estudiantes diferentes de los estudiantes cuyos datos se han utilizado para obtener los perfiles, lo que hay que hacer es analizar sus correspondientes interacciones con los recursos educativos de tal forma que se les asigne el perfil que mejor representan dichas interacciones (el perfil que mejor representa su manera de interactuar con los recursos educativos). Una vez asignado el perfil que mejor representa al estudiante, únicamente hay que crear los grupos en base a

los perfiles de los estudiantes. El proceso de creación de grupos es muy simple, puesto que únicamente hay que decidir si los grupos van a contener estudiantes con el mismo perfil (estos grupos se denominan grupos homogéneos), o estudiantes con distinto perfil (en este caso, los grupos se denominan grupos heterogéneos). De esta forma, se pueden crear grupos de estudiantes mediante los datos asociados con las interacciones de los estudiantes con los recursos educativos. Finalmente, hay que destacar que la herramienta también incorpora la posibilidad de crear grupos aleatorios de estudiantes, si el profesor así lo desea.

Como es lógico, todo este proceso es automático en la herramienta desarrollada, el profesor únicamente tiene que indicar el número de estudiantes por grupo, los tipos de grupos, qué datos quiere utilizar para crear los grupos, y el conjunto de estudiantes que quiere analizar (en este contexto, dicho conjunto se refiere al grupo docente asociado a los estudiantes). A continuación, se muestra un ejemplo de la funcionalidad que permite crear grupos de estudiantes a los profesores (Fig. 5.18.).

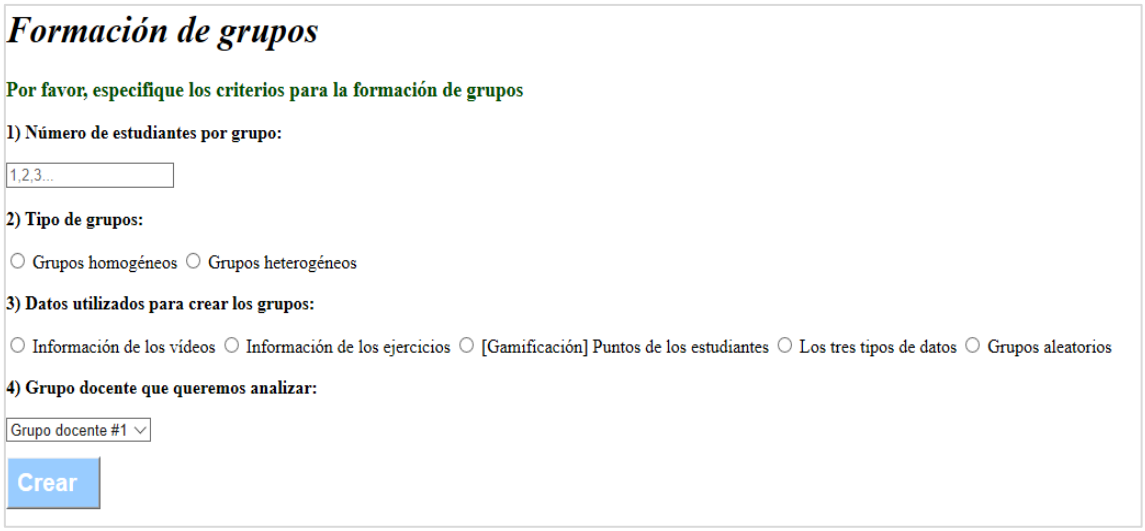


Fig. 5.18. Creación de grupos mediante la herramienta.

Por tanto, utilizando la herramienta desarrollada, los profesores pueden crear fácilmente grupos de estudiantes en base a sus interacciones con los recursos educativos proporcionados antes de la clase presencial. De esta forma, se promueve el uso de actividades de aprendizaje colaborativo en contextos de aprendizaje activo basados en el modelo de clase invertida, puesto que se facilita a los profesores la tarea de crear grupos de estudiantes que se ajusten apropiadamente a la actividad que se va a realizar durante la clase presencial.

5.3. Uso de la herramienta

Una vez vistas las funcionalidades ofrecidas por la herramienta desarrollada, es conveniente especificar cómo se utilizaría la herramienta para dar soporte al marco de trabajo.

La idea básica es que los profesores utilicen la plataforma GEL para proporcionar los recursos educativos a los estudiantes (los vídeos y los ejercicios) antes de la clase presencial, por ejemplo, una semana antes de dicha clase. Para prepararse la clase presencial, los estudiantes tienen que acceder a dichos recursos antes de la clase, lo cual generará los datos necesarios para crear las visualizaciones proporcionadas por GEL y, sobre todo, por la herramienta desarrollada; visualizaciones que permiten saber si los estudiantes se están preparando realmente la clase presencial.

Por tanto, mediante estas visualizaciones, los profesores pueden ir comprobando periódicamente (por ejemplo, diariamente) si los estudiantes están realizando el proceso de preparación de la clase presencial. Llegados a un determinado punto límite (por ejemplo, tres días antes de la clase presencial), los profesores tienen que decidir, en base a la información proporcionada por las visualizaciones, si tienen que realizar las acciones definidas por el marco de trabajo para prevenir, o al menos mitigar, unos de los problemas más relevantes del modelo de clase invertida que, como se ha comentado anteriormente, es la falta de preparación de la clase presencial por parte de los estudiantes. Además, analizando la información asociada a los vídeos y a los ejercicios, los profesores pueden inferir los conceptos más complejos para los estudiantes, lo cual les permite adaptar la clase presencial en consecuencia (por ejemplo, realizando ejercicios que traten dichos conceptos).

En cuanto al periodo de tiempo comprendido durante la clase presencial, el profesor podría recopilar información en tiempo real si proporciona, durante dicha clase, ejercicios a los estudiantes mediante la plataforma. La idea sería que los estudiantes accedieran a la plataforma mediante un dispositivo móvil, y realizaran los ejercicios propuestos. Una vez hecho esto, el profesor podría acceder a la información asociada a dichos ejercicios durante la propia clase, y adaptar las actividades en consecuencia. Por ejemplo, si detecta que los estudiantes no han podido resolver un ejercicio correctamente, puede enfocar las actividades de la clase para profundizar en los conceptos asociados a dicho ejercicio.

No solo eso, la herramienta también se puede utilizar después de la clase presencial para, por ejemplo, evaluar la utilidad de los recursos educativos mediante el análisis del uso de dichos recursos, o para comparar el nivel de preparación de la clase presencial con respecto a los resultados obtenidos.

La idea general es utilizar la herramienta para obtener la información que se necesita para realizar las intervenciones descritas en el capítulo anterior. Puesto que la herramienta desarrollada proporciona toda la información descrita en el marco de trabajo propuesto (la herramienta añade a las visualizaciones disponibles en la plataforma GEL, todas las visualizaciones del marco de trabajo que no están disponibles en GEL), se posibilita la realización de las intervenciones definidas en el marco de trabajo propuesto.

De esta forma, utilizando la herramienta, los profesores pueden monitorizar el proceso de aprendizaje de los estudiantes en un contexto de clase invertida, y realizar intervenciones con las que mejorar dicho proceso; en concreto, las intervenciones definidas en el marco de trabajo. Por tanto, la herramienta permite la implementación práctica del marco de trabajo propuesto en la presente Tesis Doctoral.

Además, las visualizaciones proporcionadas por la herramienta, además de proporcionar información relevante con la que poder realizar intervenciones apropiadas, son visualizaciones sencillas de entender lo cual puede llegar a promover el uso de dichas herramientas por parte de los profesores. Por ejemplo, puede haber profesores que, en principio, deseen utilizar este tipo de herramientas de analítica del aprendizaje, pero que quizás tengan reparos en utilizar estas herramientas porque las consideren complejas de utilizar; por tanto, si la herramienta es sencilla de utilizar, el profesor puede animarse a probar la herramienta, puesto que no verá grandes dificultades para utilizarla eficazmente. Además, la herramienta también incorpora una funcionalidad orientada a la creación automática de grupos en base a las interacciones de los estudiantes con los recursos educativos, por lo que también se puede llegar a conseguir promover el uso de actividades de aprendizaje colaborativo, al facilitar a los profesores la tarea de crear los grupos.

CAPÍTULO 6. EVALUACIÓN DEL MARCO DE TRABAJO Y DE LA HERRAMIENTA

Con el objetivo de evaluar el marco de trabajo y la herramienta que se han propuesto en la presente Tesis Doctoral, se han mostrado ambas propuestas a diferentes profesores, con el objetivo de recopilar sus opiniones e impresiones a través de un cuestionario. De este modo, se pretende comprobar si los usuarios de la herramienta y del marco de trabajo estiman que ambos elementos tienen un impacto positivo en el ámbito educativo. Además, se ha realizado una evaluación de la funcionalidad asociada a la creación de grupos basada en el análisis de los datos de estudiantes que han seguido el modelo de clase invertida en un curso real. De esta forma, se comprueba que dicha funcionalidad permite crear grupos de manera eficaz y apropiada, lo cual es muy beneficioso a la hora de realizar actividades en grupo en un contexto de clase invertida.

Por tanto, se ha evaluado tanto las capacidades y potencial educativo de la propuesta recopilando las opiniones de diferentes profesores (sección 6.1), como la funcionalidad asociada a la formación de grupos, a través del análisis de los datos educativos de estudiantes que han participado en un curso en el que se ha hecho uso del modelo de clase invertida (sección 6.2).

6.1. Validación del marco de trabajo y de la herramienta

Con el objetivo de validar la utilidad de la herramienta y del marco de trabajo propuesto, se ha pedido a diferentes usuarios (todos ellos con experiencia docente) responder a un cuestionario tras mostrarles de manera práctica cómo se utilizaría la herramienta en el contexto del marco de trabajo propuesto. En concreto, se les ha mostrado las visualizaciones proporcionadas por la herramienta, la información que se puede obtener mediante dichas visualizaciones, y las intervenciones que se podrían realizar en base a dicha información. Todo ello en base al marco de trabajo propuesto. Aunque hay que decir que, por motivos de limitaciones temporales, no todas las visualizaciones descritas en el Capítulo 5 han podido trasladarse del prototipo de la herramienta a la implementación en el sistema real. En concreto, las visualizaciones asociadas a los sistemas de puntuación de ejercicios y la medida del tiempo invertido en el ejercicio, las visualizaciones relacionadas con las lecturas y los foros de discusión, y la funcionalidad asociada a la creación de grupos, no fueron implementadas en el prototipo. No obstante, el resto de visualizaciones y capacidades de la herramienta

fueron mostradas a los usuarios, así como una muestra gráfica de la herramienta de formación de grupos, por lo que se ha podido realizar apropiadamente la evaluación de la herramienta y del marco de trabajo propuestos.

Entrando más en detalle en el cuestionario proporcionado a los profesores, hay que destacar que consta de dos partes. Por un lado, el cuestionario incluye una serie de preguntas tipo "test" basadas en una escala Likert de cinco niveles, en la que se trata de evaluar la usabilidad, la efectividad de la herramienta, y las intervenciones que se podrían realizar mediante la herramienta considerando el marco de trabajo propuesto. Hay que destacar que la usabilidad se ha evaluado a través del cuestionario "SUS" (Brooke, 1996; "System Usability Scale", 2020), por lo cual se han utilizado directamente las preguntas establecidas en dicho cuestionario. Por otro lado, el cuestionario también contiene una serie de preguntas abiertas. Por tanto, mediante este cuestionario se puede realizar tanto un análisis cuantitativo a través del cuestionario tipo "test", como un análisis cualitativo mediante las preguntas abiertas. En concreto, en el "Anexo D" se muestra el cuestionario al completo.

En cuanto a la metodología asociada a la evaluación de la herramienta, hay que destacar que consta un proceso compuesto por tres partes diferentes.

I. Demostración de la herramienta y de sus capacidades en el contexto del marco de trabajo. En concreto, se hace una capacitación y entrenamiento sobre las características de la herramienta y cómo utilizarla.

II. Los usuarios responden al cuestionario. Además de mostrarse la herramienta y sus posibles usos, también se anima a los usuarios para que comenten mejoras que creen que serían útiles, o para que piensen en intervenciones no consideradas durante la demostración.

III. Tras recopilar todas las respuestas de todos los usuarios, se han analizado sus respuestas tanto mediante un análisis cuantitativo como mediante un análisis cualitativo.

En total, 10 usuarios han participado en la evaluación de la herramienta completando el cuestionario. Todos los usuarios poseen experiencia docente, por lo que sus opiniones son muy importantes para entender cómo verían los profesores la utilización de la herramienta en sus clases. Además, hay que destacar que los usuarios han aportado mucha información y muy variada, lo cual permite realizar apropiadamente la

evaluación de la herramienta, así como conocer algunas mejoras para la herramienta que otros usuarios podrían apreciar. En cuanto al análisis de las respuestas, hay que decir que este análisis se compone en realidad de dos análisis: un análisis cuantitativo centrado en las preguntas tipo "test", y un análisis cualitativo basado en las preguntas abiertas.

6.1.1. Análisis cuantitativo

En este caso, se han analizado las respuestas de los usuarios a las preguntas tipo "test" del cuestionario (preguntas que se muestran en las secciones "D.1. Usabilidad", "D.2. Efectividad" y "D.3. Intervenciones – Modelo de clase invertida" incluidas en el "Anexo D"). Las respuestas a dichas preguntas están basadas en una escala Likert de 5 puntos. En concreto, los usuarios pueden responder con una de estas cinco respuestas: "Totalmente en desacuerdo", "Moderadamente en desacuerdo", "Ni en desacuerdo ni de acuerdo", "Moderadamente de acuerdo", "Totalmente de acuerdo".

En cuanto a los resultados obtenidos, la siguiente tabla (Tabla 6.1) muestra el número de usuarios que han contestado a la pregunta mediante la respuesta correspondiente.

TABLA 6.1. USABILIDAD DE LA HERRAMIENTA

Usabilidad	Totalmente en desacuerdo	Moderadamente en desacuerdo	Ni en desacuerdo ni de acuerdo	Moderadamente de acuerdo	Totalmente de acuerdo
Pregunta #1	0	0	0	3	7
Pregunta #2	4	4	2	0	0
Pregunta #3	0	0	0	6	4
Pregunta #4	4	4	1	1	0
Pregunta #5	0	0	0	4	6
Pregunta #6	6	2	2	0	0
Pregunta #7	0	0	0	3	7
Pregunta #8	4	4	2	0	0
Pregunta #9	0	0	0	3	7
Pregunta #10	8	0	1	1	0

Analizando las respuestas de los usuarios relacionadas con la usabilidad del sistema, se puede apreciar que la herramienta es simple de utilizar para los usuarios, puesto que no han reportado grandes dificultades para su uso cotidiano. Por ejemplo, a la pregunta #3 ("Creo que el sistema ha sido fácil de usar"), seis de ellos han respondido "moderadamente de acuerdo", y cuatro han marcado la opción "totalmente de acuerdo". Por otro lado, a la respuesta #9 ("Me he sentido confiado cuando he usado el sistema, es decir, sabía lo que estaba haciendo cuando he usado el sistema"), 7 de los usuarios han

respondido “totalmente de acuerdo”, mientras que 3 han contestado “moderadamente de acuerdo”.

Además, hay que recordar que la usabilidad ha sido medida utilizando el cuestionario SUS, por lo que se puede realizar realizando un análisis más detallado, si se siguen las especificaciones descritas en Brooke (1996). En concreto, se puede obtener una puntuación de la usabilidad del sistema en el intervalo [0, 100] mediante el siguiente proceso.

- Las respuestas a las preguntas tienen asignadas una puntuación que depende de la pregunta asociada. En concreto, se distingue entre las preguntas #1, #3, #5, #7 y #9; y las preguntas #2, #4, #6, #8, #10.
- Las respuestas a las preguntas #1, #3, #5, #7 y #9 puntúan de la siguiente forma:
    - Respuesta “Totalmente en desacuerdo”: 0.
    - Respuesta “Moderadamente en desacuerdo”: 1.
    - Respuesta “Ni en desacuerdo ni de acuerdo”: 2.
    - Respuesta “Moderadamente de acuerdo”: 3.
    - Respuesta “Totalmente de acuerdo”: 4.
- Las respuestas a las preguntas #2, #4, #6, #8 y #10 puntúan de la siguiente forma:
    - Respuesta “Totalmente en desacuerdo”: 4.
    - Respuesta “Moderadamente en desacuerdo”: 3.
    - Respuesta “Ni en desacuerdo ni de acuerdo”: 2.
    - Respuesta “Moderadamente de acuerdo”: 1.
    - Respuesta “Totalmente de acuerdo”: 0.
- Las puntuaciones totales de todas las respuestas se suman y se multiplican por “2,5”, de forma que la puntuación toma un valor comprendido en el intervalo [0, 100], incluyendo tanto el valor “0” como el valor “100” entre las posibles puntuaciones.

Si se realiza este proceso con las puntuaciones obtenidas en el cuestionario completado por cada uno de los profesores (en el "Anexo E" se muestran las respuestas específicas de cada uno de los profesores a las preguntas asociadas a la usabilidad del sistema), se obtienen los siguientes resultados (Tabla 6.2):

TABLA 6.2. USABILIDAD. PUNTUACIONES OBTENIDAS EN CADA UNO DE LOS CUESTIONARIOS.

Profesor	Puntuación
Profesor #1	97,5
Profesor #2	92,5
Profesor #3	80
Profesor #4	82,5
Profesor #5	87,5
Profesor #6	85
Profesor #7	80
Profesor #8	62,5
Profesor #9	100
Profesor #10	95

En base a lo expuesto en Sauro (2011), un sistema posee una usabilidad adecuada si la puntuación obtenida en un cuestionario SUS iguala, o supera, el valor frontera de 68 puntos. En otras palabras, si la puntuación obtenida en el cuestionario SUS correspondiente supera los 68 puntos, entonces se puede inferir que la usabilidad del sistema es apropiada. En este caso, se puede observar que las respuestas de nueve de los diez profesores superan dicho valor límite y que, además, la puntuación asociada al profesor restante no difiere mucho del valor frontera. De esta forma, el 90% de los profesores opinan que la usabilidad de la herramienta es la adecuada.

Considerando todo lo expuesto hasta el momento, se puede decir que la herramienta no requiere de mucho esfuerzo, ni tiempo, para ser utilizada eficazmente, ni requiere de unos grandes conocimientos para utilizarse apropiadamente. Puesto que uno de los principales factores que explican la poca utilización de herramientas de este tipo (herramientas en las que se muestre información educativa a los profesores) es precisamente la dificultad para utilizar correctamente la herramienta o el esfuerzo necesario para aprender cómo utilizarlas eficazmente, es fundamental que los profesores no se sientan "intimidados" a la hora de utilizarla. De esta forma, esta barrera de entrada asociada a la dificultad de utilización, no se convierte en un obstáculo insalvable, tal y como sucede en ocasiones con herramientas que, a priori, pueden parecer muy útiles,

pero que al final no se utilizan debido al tiempo y esfuerzo necesario para utilizarlas eficazmente.

En cuanto a la efectividad de la herramienta, los resultados se muestran de forma agregada, con el objetivo de simplificar el análisis de dichos resultados. En concreto, las respuestas de los profesores en cuanto a la efectividad de la herramienta se pueden ver en la siguiente tabla (Tabla 6.3).

TABLA 6.3. EFECTIVIDAD DE LA HERRAMIENTA

Efectividad	Totalmente en desacuerdo	Moderadamente en desacuerdo	Ni en desacuerdo ni de acuerdo	Moderadamente de acuerdo	Totalmente de acuerdo
Pregunta #1	0	0	0	4	6
Pregunta #2	0	0	0	2	8
Pregunta #3	0	0	1	2	7
Pregunta #4	1	0	0	4	5

En este caso, se puede apreciar que la herramienta puede llegar a mejorar la práctica docente en contextos de clase invertida, puesto que los usuarios han respondido favorablemente a la primera pregunta ("Creo que la herramienta, en su conjunto, permitiría mejorar mi práctica docente en un contexto de clase invertida"). Además, también creen que tanto la información asociada con los vídeos, como la información relacionada con los ejercicios, es útil para mejorar el modelo de clase invertida, tal y como puede verse a través de las opiniones favorables con respecto a la segunda pregunta ("Creo que la información relacionada con la visualización de los vídeos permitiría mejorar mi práctica docente en un entorno educativo que hiciera uso de la clase invertida") y a la tercera pregunta ("Creo que la información asociada con los ejercicios permitiría mejorar mi práctica docente en un contexto de clase invertida"). Por último, hay que destacar que la herramienta asociada a la formación de grupos de estudiantes, también se ha considerado útil, puesto que la mayoría de las respuestas a la cuarta pregunta ("Creo que la herramienta de formación de grupos permitiría mejorar mi práctica docente en un entorno educativo que hiciera uso de la clase invertida") son respuestas favorables.

Como último punto del análisis cuantitativo asociado a la evaluación de la herramienta, hay que tratar la parte de la encuesta relacionada con las intervenciones que se podrían realizar mediante la herramienta. En este sentido, hay que destacar que las intervenciones comentadas durante las entrevistas se refieren a las intervenciones especificadas en el marco de trabajo propuesto. Además, al igual que en el caso anterior,

para simplificar el análisis únicamente se muestran las respuestas agregadas de los profesores. En concreto, las respuestas de los usuarios se pueden apreciar en la siguiente tabla (Tabla 6.4).

TABLA 6.4. INTERVENCIONES QUE SE PODRÍAN REALIZAR MEDIANTE LA HERRAMIENTA

Intervenciones - Modelo de clase invertida	Totalmente en desacuerdo	Moderadamente en desacuerdo	Ni en desacuerdo ni de acuerdo	Moderadamente de acuerdo	Totalmente de acuerdo
Pregunta #1	0	0	1	2	7
Pregunta #2	0	1	1	1	7
Pregunta #3	0	0	0	2	8
Pregunta #4	1	1	0	3	5
Pregunta #5	1	1	0	2	6
Pregunta #6	0	0	0	4	6
Pregunta #7	0	0	0	2	8
Pregunta #8	0	0	2	3	5

Se puede ver que la mayoría de los usuarios creen que la información asociada a las interacciones de los estudiantes con los vídeos y con los ejercicios se puede utilizar para mejorar el recurso correspondiente (preguntas #1 y #4), para solventar el problema asociado a la falta de preparación de la clase presencial (preguntas #2 y #5), y para conocer los conceptos más complejos para los estudiantes (preguntas #3 y #6). Por lo tanto, se puede inferir que las intervenciones que se pueden realizar mediante la información proporcionada por la herramienta permitirían mejorar el proceso de aprendizaje de los estudiantes. Por otra parte, los usuarios creen que, si se dispone de la información adecuada, se puede mejorar el modelo de clase invertida (pregunta #7) y, además, utilizarían la herramienta en un contexto de clase invertida para obtener la información necesaria para realizar intervenciones que mejorasen el proceso de aprendizaje de los estudiantes (pregunta #8).

6.1.2. Análisis cualitativo

En cuanto al análisis cualitativo, hay que destacar que dicho análisis se centra en las preguntas abiertas de la encuesta (en concreto, las preguntas contenidas en la sección "D.4. Uso y mejoras de la herramienta" del "Anexo D"); preguntas que tienen como objetivo recopilar información acerca de la opinión de los usuarios, en relación con el uso de la herramienta y con posibles mejoras a implementar. Para realizar este análisis cualitativo, se ha utilizado el software NVivo para codificar las respuestas de los usuarios, siguiendo un proceso parecido al descrito en el tercer capítulo ("Capítulo 3. Análisis de las necesidades de analítica de aprendizaje de los miembros de la

comunidad educativa y su relación con la clase invertida"), de tal forma que se han podido analizar con relativa facilidad las respuestas de los diferentes usuarios. En concreto, se han utilizado diferentes códigos para clasificar los comentarios de los usuarios según los diferentes aspectos del marco de trabajo y de la herramienta. Dicha codificación (clasificación) se realiza asignando una etiqueta (que representa una idea o un concepto), a una determinada parte del comentario de un usuario, lo cual permite acceder fácilmente a todos los comentarios de los diferentes usuarios relacionados con la idea correspondiente representada por la etiqueta. En concreto, dichas etiquetas son las siguientes:

- Opinión acerca del marco de trabajo: esta etiqueta se utiliza para agrupar comentarios que incluyan opiniones acerca del marco de trabajo.
- Opinión acerca de la herramienta: en este caso, la etiqueta agrupa comentarios que representan opiniones relacionadas con la herramienta.
- Usos de las visualizaciones: etiqueta referida a comentarios en los que se expongan diferentes usos de las visualizaciones.
- Intervenciones a realizar: la etiqueta agrupa comentarios que estén relacionados con intervenciones que se podrían realizar mediante la herramienta.
- Mejoras para el marco de trabajo: esta etiqueta permite agrupar comentarios en los que se describan mejoras para el marco de trabajo.
- Mejoras para la herramienta: en este caso, la etiqueta está asociada con comentarios en los que se indiquen mejoras para la herramienta.
- Usos de la analítica del aprendizaje: etiqueta con la que se agrupan comentarios relacionados con diferentes usos que se puede dar a la analítica del aprendizaje.

Una vez vistas las diferentes etiquetas utilizadas para codificar las respuestas de los usuarios, hay que centrarse en la información más importante obtenida mediante el análisis de dichas etiquetas.

6.1.2.1. Opinión acerca del marco de trabajo y de la herramienta

En cuanto a la opinión de los profesores acerca del marco de trabajo y de la herramienta, hay que destacar que todos ellos han valorado positivamente tanto el marco de trabajo como la herramienta. En concreto, analizando los comentarios asociados a las etiquetas "Opinión acerca del marco de trabajo" y "Opinión acerca de la herramienta" se corrobora que los diez participantes han generado comentarios positivos en este sentido, y únicamente se ha producido un comentario negativo de uno de los profesores. Dicho comentario se centra en las dudas del profesor en términos éticos y de privacidad con respecto al análisis de los datos de los estudiantes, opinión que no es sorprendente debido a la naturaleza del análisis de los datos educativos de los estudiantes.

Por otra parte, también se muestran algunos de los comentarios etiquetados bajo estas dos etiquetas, con el fin de mostrar algunos ejemplos de las opiniones expresadas por los profesores.

- "Pienso que es muy útil, porque para el alumno es más enriquecedor llegar a una clase presencial con conceptos e ideas ya asimiladas y poder interactuar con sus compañeros y profesores aportando sus ideas y recibiendo ayuda para resolver sus dudas. Creo que se podría mejorar realizando vídeos que fueran de menor a mayor dificultad para que fueran asentando bien los conceptos."
- "Es muy útil ya que antes no disponíamos de estos datos. Para mejorar: afinar la manera de mostrar los datos y, si es posible, automatizar las cosas."
- "Creo que la información mostrada en la herramienta es útil y recoge la principal información sobre los alumnos, y también creo que está representada de forma coherente y fácil de usar."
- "Con la información mostrada en la herramienta se podría mejorar dicho modelo porque permite reforzar el aprendizaje a nivel personal y ver qué les parece complicado a los alumnos."

No obstante, también se han comentado negativamente diferentes aspectos del marco de trabajo y de la herramienta. Principalmente, dichos comentarios se centran en dos puntos.

- Sería conveniente utilizar más fuentes de información, además de los vídeos y de los ejercicios, puesto que puede suceder que dichos dos recursos no sean suficientes como para caracterizar apropiadamente el proceso de aprendizaje de los estudiantes.
- Existen problemas éticos y de privacidad asociados al análisis de los datos de los estudiantes. Por ejemplo, pueden generarse prejuicios si se detecta que un estudiante no ha accedido a los vídeos, pese al hecho de no saber la situación personal de dicho estudiante; además, algunos estudiantes pueden no estar cómodos con la idea de que se monitorice todo lo que hagan en un entorno de aprendizaje online.

Pese a estas cuestiones problemáticas, en términos generales, tanto el marco de trabajo como la herramienta han recibido comentarios positivos por parte de los profesores, lo cual permite inferir que son de utilidad a la hora de mejorar el proceso de aprendizaje de los estudiantes en un contexto de clase invertida que haga uso de la analítica del aprendizaje.

6.1.2.2. Usos de las visualizaciones

En cuanto al uso de las visualizaciones asociadas a los vídeos y a los ejercicios que la herramienta proporciona, se puede decir que no existe una preferencia clara por uno u otro tipo. Por una parte, se han realizado cinco comentarios relacionados con el uso de visualizaciones asociadas a los vídeos. Por otra parte, se han realizado seis comentarios asociados con la utilización de las visualizaciones relacionadas con los ejercicios. En este caso, hay profesores que han comentado tanto el uso de la información relacionada con los vídeos, como la utilización de la información asociada con los ejercicios, profesores que sólo han comentado uno de los dos tipos de información, y profesores que no han comentado ningún uso asociado con los vídeos y con los ejercicios. Por este motivo se muestran los datos en términos de "número de comentarios" y no "número de profesores".

En cualquier caso, con el objetivo de mostrar la tendencia asociada al uso por igual de visualizaciones asociadas con vídeos y con ejercicios, se van a presentar varios de los comentarios de los profesores relacionados con dicho uso.

- "Previamente a la clase, miraría en la plataforma qué han hecho para saber si han trabajado o adaptar la clase. Usaría tanto información de vídeos como de ejercicios y actividad. Intentaría cubrir mejor lo que no hayan entendido, aunque también podría alertar de alguna manera cuando no se hacen las cosas."
- "Utilizaría todos los datos proporcionados por la herramienta."
- "Usaría tanto información de vídeos como de ejercicios."
- "Principalmente, utilizaría [las visualizaciones de] las partes de los vídeos más y menos vistas."
- "En mi caso utilizaría más los vídeos, creo que aportan más información a los estudiantes y a la hora de explicar el temario ya se sabría donde se tiene que hacer más hincapié."

Por tanto, se puede ver que el uso de visualizaciones que muestren información relacionada con los vídeos y con los ejercicios es una propuesta apropiada, puesto que los profesores consideran que dicha información es útil para mejorar el proceso de aprendizaje de los estudiantes.

6.1.2.3. Intervenciones a realizar

En cuanto a las intervenciones comentadas durante las entrevistas, la intervención más comentada ha sido la adaptación de la clase presencial. En concreto ocho de los diez entrevistados han remarcado dicha intervención, por lo que se puede decir que este tipo de intervención es la preferente desde el punto de vista de los docentes. Por ilustrar dicha tendencia, se muestran un par de ejemplos de las opiniones de los profesores con respecto a este tipo de intervención.

- "La utilizaría [la herramienta] para asentar mejor los conceptos en los que los alumnos tienen más dificultad de aprendizaje. Dedicaría más tiempo en la clase presencial a realizar ejercicios que no han podido resolver los estudiantes al visualizar los vídeos."
- "Intentaría aplicar el grado de clase invertida (cuánto del tiempo de clase se tiene que dedicar a explicaciones teóricas, y cuánto a actividades de aprendizaje) que mejor conviniera a los estudiantes en base a los datos recopilados."

Además de la adaptación de la clase presencial, los profesores también han comentado las siguientes intervenciones:

- Personalizar y reforzar el aprendizaje en base a las necesidades de los estudiantes. Cuatro profesores han comentado este tipo de intervención.
- Alertar a los estudiantes que estén en riesgo de suspender. Esta intervención ha sido comentada por un profesor.
- Alertar y motivar a los estudiantes para que se preparen la clase presencial. En este caso, un profesor ha comentado esta intervención.
- Motivar a los estudiantes para que participen activamente durante la clase presencial. Esta intervención también ha sido comentada por un profesor.

Algunos de los comentarios relacionados con las intervenciones son, por ejemplo, los siguientes:

- "Las intervenciones que realizaría tendrían el objetivo de "guiar" a los estudiantes, es decir, intentaría decirles qué tienen que estudiar, qué conceptos tienen que aprender, y proporcionaría los recursos educativos adecuados para tal fin."
- "Utilizaría la analítica del aprendizaje para intentar motivar a los estudiantes para que participasen activamente durante la clase presencial."

Por tanto, se puede ver que las intervenciones comentadas por los profesores se ajustan con lo propuesto en el marco de trabajo desarrollado, puesto que dichas intervenciones se centran en: la preparación de la clase presencial; adaptar la clase presencial en base a las necesidades de los estudiantes; y, en definitiva, proporcionar un entorno de aprendizaje personalizado.

6.1.2.4. Mejoras para el marco de trabajo

El análisis de las entrevistas también ha permitido obtener las opiniones de los profesores en cuanto al marco de trabajo propuesto; opiniones que permitirán mejorar dicho marco de trabajo acorde con lo propuesto por los profesores. Hay que destacar que dichas mejoras son variadas, puesto que cada una de las mejoras ha sido propuesta por un profesor diferente, lo cual permite tener una perspectiva bastante amplia en relación con la manera en la que se deben abordar las mejoras de la herramienta. En concreto, las mejoras comentadas han sido las siguientes:

- Tener en cuenta el nivel de conocimientos inicial de los estudiantes.
- Considerar la carga de trabajo de los estudiantes, que puede variar a lo largo del curso.
- Recompensar a los estudiantes de tal forma que se promueva la realización de tareas opcionales.
- Tener en cuenta las preferencias de estudio de los estudiantes, especialmente la preferencia de algunos estudiantes por trabajar en entornos "offline".
- Recopilar y analizar más datos, de más fuentes, de tal forma que se pueda obtener una información más rica y variada.
- Incluir variables de más alto nivel como, por ejemplo, variables asociadas a la persistencia o a la constancia.
- Estructurar apropiadamente el curso, de tal forma que se utilicen los recursos con el nivel de dificultad adecuado. Por ejemplo, se podrían proporcionar los vídeos en una secuencia que fuera de menor a mayor dificultad para que los estudiantes pudieran asentar los conceptos adecuadamente.

En cuanto a ejemplos de comentarios realizados por los profesores, destacan los siguientes:

- "Se podría mejorar utilizando la analítica del aprendizaje para medir la carga media de trabajo de los estudiantes durante el transcurso del curso, y adaptando el curso en base a dicha información."
- "Creo que se podría mejorar teniendo en cuenta que algunas personas prefieren trabajar en un entorno offline (por ejemplo, intentar el ejercicio en papel, en lugar de en el ordenador), y que, por tanto, la analítica del aprendizaje puede perjudicarles ya que no puede captar dicho esfuerzo offline."

Se puede apreciar que el marco de trabajo puede ser objeto de mejora, incidiendo en multitud de aspectos del proceso de aprendizaje de los estudiantes, aspectos que, originalmente, no se habían considerado. De esta forma, gracias a estas indicaciones se podrá mejorar el marco de trabajo acorde con las preferencias de los profesores que serán precisamente los usuarios de dicho marco.

6.1.2.5. Mejoras para la herramienta

Como es lógico, la herramienta también puede ser objeto de mejora, tanto en términos de las visualizaciones proporcionadas, como en el ámbito de nuevas visualizaciones a incorporar. Gracias a las entrevistas se han podido conocer diferentes mejoras que los profesores creen que sería conveniente implementar. En este caso, las mejoras también han sido muy variadas, puesto que la mayoría de ellas han sido propuestas por un profesor diferente. No obstante, una mejora ha sido comentada por dos profesores diferentes; en concreto, la siguiente:

- Mayor automatización, sobre todo, alertas que avisaran cuando un estudiante (o varios estudiantes) cumplieran un cierto criterio (por ejemplo, cuando un estudiante no haya visto un 30% del vídeo y haya intentado cinco veces un ejercicio).

En cuanto al resto de mejoras, han sido comentadas, cada una de ellas, por un único profesor. En concreto, las mejoras relacionadas con la herramienta son las siguientes:

- Estandarización de colores y tipos de gráficos en aquellas visualizaciones que representen información similar. En la medida que sea posible, seguir las indicaciones del Diseño Universal ("Diseño universal", 2020).
- Incorporar información asociada con tendencias y predicciones.
- Incluir en la información asociada a un determinado estudiante, información general de su clase de tal forma que se pueda comparar su estado con el nivel medio de la clase. Por ejemplo, si se muestra el número de veces que un estudiante ha intentado un ejercicio, mostrar a la vez el número de veces que, en media, los estudiantes de su clase han intentado dicho ejercicio.
- Incluir información asociada con otro tipo de recursos educativos diferentes de los vídeos y de los ejercicios. En particular, se ha remarcado el uso de textos online (por ejemplo, PDFs mostrados en el navegador) como recurso educativo de gran utilidad en un contexto de clase invertida. Sería conveniente tener información acerca del tiempo invertido en el recurso, o el número de accesos a dichos recursos.
- Cuando se muestren datos de diferentes estudiantes, poder ordenar la información de diferentes formas, por ejemplo, mediante su identificador de estudiante (NIA).

- Patrón de acceso a los recursos, es decir, el orden en el que se accede a los diferentes recursos, así como el tiempo invertido en dichos recursos.
- Permitir a los estudiantes indicar explícitamente que no entienden un concepto (por ejemplo, en la página de reproducción del vídeo, permitir al estudiante indicar que no entienden una determinada parte del vídeo).
- Cuando se muestra la información asociada a un ejercicio, mostrar a la vez el tipo de ejercicio realizado, es decir, si el ejercicio es de tipo "test" o una pregunta abierta.

Para ilustrar mejor esta situación, se muestran algunos de los comentarios realizados por los profesores.

- "Que el alumno dé su opinión acerca de la dificultad de los conceptos, algo más subjetivo, aparte de la información objetiva, y ver si coinciden para validar tu método."
- "Datos más específicos de los alumnos, por ejemplo, alerta si un alumno no está haciendo las cosas o va mal. Ya que si tienes muchos alumnos es difícil encontrar alumnos con problemas."
- "Además, sería conveniente conocer el patrón que siguen los estudiantes al acceder a los vídeos y a los ejercicios (por ejemplo, primero se accede al vídeo #1, luego al ejercicio #2, después al vídeo #3, tras ellos se vuelve al vídeo #1, etcétera), puesto que dicha información permitiría saber cómo utilizan los recursos los estudiantes y cómo estudian (por ejemplo, si revisan los conceptos cuando no saber hacer un ejercicio que pregunta precisamente por dichos conceptos)."

Por tanto, se observa que la herramienta tiene todavía margen de mejora, por lo que es necesario seguir trabajando en ella de forma que se proporcione la información que los profesores requieren y de la manera en la que les resulte más útil y sencilla. No obstante, se puede ver que el prototipo de la herramienta ya cumple con gran parte de las mejoras propuestas por los usuarios, en particular, con las mejoras relacionadas con visualizaciones del tiempo invertido en los recursos y con visualizaciones de otros tipos de recursos educativos. Aunque esto no implica que no se deba dejar de trabajar en la herramienta para implementar, en la medida de lo posible, todas las mejoras remarcadas por los usuarios.

6.1.2.6. Usos de la analítica del aprendizaje

En relación con el uso de la analítica del aprendizaje en entornos de aprendizaje en los que se haga uso del modelo de clase invertida, se puede decir que la tendencia general se basa en la monitorización del proceso de aprendizaje de los estudiantes (por ejemplo, viendo qué conceptos les son más complejos, o analizando su patrón de acceso a los recursos educativos). Los objetivos de dicha monitorización son varios, puesto que prácticamente cada profesor ha comentado un objetivo diferente, tal y como sucedía en los casos anteriores. En concreto, dichos objetivos son los siguientes:

- Alertar a aquellos estudiantes que cumplan una serie de criterios (por ejemplo, mediante el envío automático de correos).
- Conocer cuántas explicaciones teóricas han de darse al comienzo de la clase presencial, para asegurarse de que los estudiantes disponen de los conocimientos necesarios para sacar el máximo provecho de la actividad de aprendizaje activo.
- Monitorizar el tiempo invertido por el estudiante en un recurso.
- Monitorizar el proceso de aprendizaje en general.
- Promover la preparación de la clase presencial.
- Conocer el patrón de acceso a los recursos que sigue el estudiante.
- Adaptar la clase presencial apropiadamente.
- Obtener información detallada de los estudiantes que refleje su esfuerzo durante el curso.
- Conocer los conceptos más complejos para los estudiantes.

Se observa que las respuestas de los profesores están muy relacionadas con las mejoras que se han comentado anteriormente (por ejemplo, conocer el patrón de acceso a los recursos que sigue el estudiante, o detectar estudiantes que cumplan un cierto criterio), así como con funcionalidades que proporcionan el marco de trabajo y herramienta (por ejemplo, conocer los conceptos más complejos para los estudiantes, o adaptar la clase presencial apropiadamente). Por tanto, se observa que los profesores utilizarían la analítica del aprendizaje de una forma similar a lo expuesto en la presente propuesta, o de manera similar a lo que podría conseguirse con la propuesta si se implementasen las mejoras propuestas por los profesores. Esto permite inferir que la propuesta es apropiada en términos de los objetivos a conseguir a través del uso de la analítica del

aprendizaje, puesto que los profesores han coincidido, en términos generales, con dichos objetivos cuando se les ha preguntado durante las entrevistas

Finalmente, se muestran algunos de los comentarios realizados durante las entrevistas en relación con estos objetivos asociados con el uso de la analítica del aprendizaje.

- "Usaría la analítica del aprendizaje para ver qué están haciendo los alumnos, qué dificultades tienen, quién está en riesgo por no hacer las cosas, y ver cómo adaptar la clase. Si la gente se entera y hace las cosas, se puede platear la clase de forma más práctica. Si no, la clase se debe "convertir" en una clase tradicional volviendo a ver conceptos o al menos los más difíciles. Sería una aproximación similar a la mostrada en la sesión."
- "Utilizaría la analítica del aprendizaje para ver cuánto de invertida puede ser de clase, cuánto tiempo le tienes que dedicar al principio de la clase presencial para explicar los conceptos."

6.1.3. Consideraciones generales del análisis cuantitativo y cualitativo de las entrevistas

Considerando los resultados globales del análisis de las entrevistas, tanto del análisis cuantitativo, como del análisis cualitativo, se concluye que, en la mayoría de los casos, los profesores creen que el marco de trabajo y la herramienta son útiles, y que permitirían implementar con éxito una experiencia de clase invertida complementada mediante la analítica del aprendizaje.

No obstante, también se han comentado mejoras muy interesantes como la posibilidad de incluir información asociada a predicciones y tendencias, o la posibilidad de que los estudiantes especifiquen exactamente qué conceptos son más complejos para ellos.

De esta forma, gracias al análisis de las entrevistas realizadas a diferentes profesores, se han podido obtener informaciones que permite tanto validar el marco de trabajo y la herramienta, como mejorar el marco de trabajo y la herramienta en base a las sugerencias de los propios usuarios.

6.2. Validación de la formación de grupos

Con el objetivo de validar la funcionalidad de formación de grupos proporcionada por la herramienta desarrollada, se ha realizado un análisis de la homogeneidad y de la heterogeneidad de los grupos. De esta forma, se puede comprobar si la herramienta crea grupos de estudiante que realmente son homogéneos o heterogéneos. Dicho análisis se ha basado en el uso de los datos asociados a un conjunto de estudiantes matriculados en una misma asignatura en la que se ha utilizado el modelo de clase invertida. Además, hay que destacar que este análisis ha sido presentado en Rubio-Fernández et al. (2019a).

Tal y como se mostró anteriormente, la herramienta permite crear tanto grupos homogéneos como grupos heterogéneos. Por tanto, hay que comprobar si los estudiantes agrupados mediante la herramienta realmente tienen comportamientos similares en cuanto a sus interacciones con los vídeos o con los ejercicios.

Hay que recordar que, para crear los grupos de estudiantes se utilizan sus interacciones con los vídeos o con los ejercicios del curso. La idea es asignar a cada estudiante un perfil que representa su comportamiento en relación con dichas interacciones. Como es lógico, para validar la homogeneidad y heterogeneidad de los grupos, no se puede utilizar como referencia dichas interacciones, puesto que ya se están utilizando para obtener y asignar los perfiles a los estudiantes; perfiles que se utilizan para crear los grupos. Por tanto, se necesita otro tipo información que sea "independiente" de estas interacciones, si se quiere evaluar apropiadamente la homogeneidad y heterogeneidad de los grupos. En este caso, se ha utilizado las notas finales de los estudiantes para realizar dicha evaluación, por dos motivos fundamentales:

I. Las notas de los estudiantes pueden ser un indicador adecuado de la habilidad del estudiante, tal y como se muestra, por ejemplo, en Swanson, Gross y Kramer (1998), por lo que pueden utilizarse para agrupar a diferentes tipos de estudiantes (por ejemplo, un determinado tipo de estudiantes incluiría a los estudiantes con notas elevadas, mientras que otro tipo de estudiantes incluiría a aquellos estudiantes con notas bajas). Por tanto, en base a este criterio, los grupos homogéneos deberían incluir estudiantes con el mismo "nivel" de habilidad, es decir con las mismas notas o notas similares, mientras que los grupos heterogéneos deberían incluir estudiantes con distinto nivel de habilidad o, lo que es lo mismo, con notas diferentes.

II. Existen diferentes trabajos en los que se han definido los grupos heterogéneos como grupos que incluyen estudiantes con notas elevadas, medias y bajas, trabajos como, por ejemplo, (Christodoulopoulos y Papanikolaou, 2007a; Christodoulopoulos y Papanikolaou, 2007b; Graf y Bekele, 2006). Utilizando esta definición como referencia, se pueden definir a los grupos homogéneos como grupos de estudiantes que incluyen estudiantes con notas parecidas (por ejemplo, estudiantes con notas elevadas, con notas medias, o con notas bajas).

Por tanto, existen varias razones para utilizar las notas de los estudiantes como criterio independiente para medir la heterogeneidad y la homogeneidad de los grupos. En este caso, se ha evaluado tanto los grupos homogéneos como los grupos heterogéneos, analizando la media y la desviación estándar de las notas de los estudiantes incluidos en cada grupo. Los resultados muestran que los grupos homogéneos incluyen estudiantes con notas similares, mientras que los grupos heterogéneos incluyen estudiantes con notas diferentes. Por ejemplo, la herramienta ha creado los siguientes grupos homogéneos y heterogéneos en base a su interacción con los vídeos o con los ejercicios del curso.

- Grupos homogéneos.
  - Grupo #1 – Notas elevadas: {Estudiante #1 [8.5], Estudiante #2 [9.6], Estudiante #3 [9.5], Estudiante #4 [9.5]}
  - Grupo #2 – Notas medias: {Estudiante #5 [7.10], Estudiante #6 [7.5], Estudiante #7 [8.6], Estudiante #8 [6.5]}
- Grupos heterogéneos.
  - Grupo #1: {Estudiante #1 [9.5], Estudiante #2 [5.7], Estudiante #3 [0], Estudiante #4 [8.6]}
  - Grupo #2: {Estudiante #5 [9], Estudiante #6 [7.10], Estudiante #7 [0.3], Estudiante #8 [9.6]}

Por tanto, utilizando las notas de los estudiantes se puede comprobar si los grupos, creados a partir de los datos de los estudiantes asociados a sus interacciones con los vídeos y con los ejercicios, son realmente grupos homogéneos o heterogéneos. En el ejemplo, se observa que los grupos han sido creados apropiadamente, puesto que los grupos homogéneos incluyen estudiantes que son parecidos entre sí (tienen un perfil

parecido, unas notas similares), mientras que los grupos heterogéneos incluyen estudiantes que son diferentes (que tienen diferentes perfiles, diferentes notas). Además, se puede ver que, tomando cada uno de los grupos en su conjunto, los grupos homogéneos son más diferentes entre sí que los grupos heterogéneos, lo cual es otro indicador positivo de una apropiada creación de grupos, puesto que, para formar apropiadamente los grupos se tiene que cumplir dos condiciones.

I. Los grupos homogéneos deben incluir estudiantes con un mismo perfil, pero, a la vez, dicho perfil tiene que ser distinto a los perfiles de los otros estudiantes asignados a otros grupos (como es lógico, según el número de estudiantes en la clase se puede tener varios grupos homogéneos que contienen, todos ellos, estudiantes con un mismo perfil, lo importante es que no se "mezclen" estudiantes de distintos perfiles en un mismo grupo).

II. Los grupos heterogéneos deben incluir estudiantes con diferentes perfiles, pero con un mismo "patrón" en los diferentes grupos (por ejemplo, un patrón sería tener en cada grupo: dos estudiantes con notas elevadas, un estudiante con notas medias, y un estudiante con notas bajas).

Se puede apreciar que la herramienta crea grupos de estudiantes que cumplen con ambas condiciones, por lo que, en principio, se puede decir que los grupos se están formando apropiadamente.

Por otra parte, también se ha podido comprobar que las notas de los estudiantes agrupados en grupos homogéneos presentan una menor desviación estándar, en comparación con la desviación estándar de las notas de los estudiantes agrupados en grupos heterogéneos. En concreto, los grupos homogéneos presentan una desviación estándar que tomar un valor medio de "0,9745", mientras que los grupos homogéneos tienen asociados una desviación estándar que toma un valor medio de "2,15". Por tanto, los estudiantes incluidos en un mismo grupo homogéneo tienen notas más parecidas que los estudiantes asignados a un mismo grupo heterogéneo; lo cual es otro indicador positivo de una correcta creación de grupos, puesto que indica que los estudiantes de un mismo grupo homogéneo tienen el mismo perfil en cuanto a sus notas se refiere. Además, las notas medias de cada uno de los grupos homogéneos son más distintas entre sí en comparación con el caso de comparar las notas medias de cada uno de los grupos heterogéneos. Por ejemplo, hay dos grupos heterogéneos cuyos estudiantes han obtenido, en media, una nota de "9,55" para el primer grupo y una nota de "9,325" para

el segundo grupo; mientras que las notas medias asociadas a tres grupos homogéneos son, respectivamente, “1,4”, “9,275” y “7,425”. Por tanto, se observa que los grupos homogéneos son más diferentes entre sí, en comparación con los grupos heterogéneos que son más parecidos entre sí. De esta forma, se dispone de otra evidencia que indica que los grupos homogéneos incluyen estudiantes que son parecidos entre sí, pero diferentes con respecto a los estudiantes asignados a otros grupos homogéneos.

Además, también se observa que los estudiantes incluidos en un grupo heterogéneo son diferentes entre sí y, además, existe un “patrón” similar en los diferentes grupos heterogéneos (por ejemplo, un patrón consistiría en tener, en cada uno de los grupos heterogéneos, un estudiante con notas elevadas, dos estudiantes con notas medias, y un estudiante con notas bajas), por lo que, en principio, se puede decir que los grupos heterogéneos también se están formando apropiadamente. De esta forma, hay claros indicios de que la formación de grupos, homogéneos y heterogéneos, se está realizando apropiadamente.

Con el objetivo de ilustrar mejor estas tendencias generales, se introduce un ejemplo adicional asociado a las estadísticas de notas relacionadas con varios grupos formados mediante la herramienta. En concreto, la Tabla 6.5 muestra la media y la desviación estándar de dos grupos homogéneos creados mediante la herramienta; mientras que la Tabla 6.6 muestra la media y la desviación estándar de dos grupos heterogéneos.

TABLA 6.5. GRUPOS HOMOGÉNEOS - MEDIA Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR.

Grupo	Notas - Media	Notas – Desviación estándar
A	6,8	0,4243
B	9,55	0,0707

TABLA 6.6. GRUPOS HETEROGÉNEOS - MEDIA Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR.

Grupo	Notas - Media	Notas – Desviación estándar
C	6,5	4,2684
D	5,95	4,2852

Se puede apreciar que las notas de los estudiantes incluidos en un mismo grupo homogéneo son más parecidas entre sí, en comparación con el caso de las notas de los estudiantes agrupados en un mismo grupo heterogéneo, puesto que las desviaciones estándar son menores en el caso de los grupos homogéneos, lo cual indica que los estudiantes incluidos en un mismo grupo homogéneo tienen perfiles parecidos. Además, también se observa que las notas medias de los estudiantes de diferentes grupos heterogéneos son más parecidas que las notas medias de los estudiantes de distintos

grupos homogéneos, por lo que hay indicios de que los grupos heterogéneos han organizado a los estudiantes siguiendo un patrón similar.

Por tanto, en base a toda esta información, se puede deducir, con cierta certeza, que el proceso de formación de grupos se realiza correctamente, puesto que los grupos homogéneos y heterogéneos incluyen estudiantes con los perfiles esperados.

6.2.1. Análisis del uso de la información asociada con los vídeos y con los ejercicios

Debido al hecho de utilizar la información asociada con la interacción de los estudiantes con los vídeos y con los ejercicios, cabría preguntarse si el uso de uno de estos tipos de información (por ejemplo, si se utiliza únicamente las interacciones entre los estudiantes y los vídeos) proporciona resultados diferentes (grupos diferentes) con respecto al caso de utilizar el otro tipo de información (siguiendo con el ejemplo, la información asociada con la interacciones entre los estudiantes y los ejercicios). De esta forma, se puede saber si se puede utilizar un tipo de información u otro, sin que los grupos formados varíen significativamente; puesto que puede suceder que no se dispongan de datos suficientes relacionados con uno de estos dos tipos de interacción, y se tenga que crear los grupos con la otra fuente de información restante. Por este motivo, se ha analizado la similitud de los grupos creados únicamente utilizando la información asociada a la interacción de los estudiantes con los vídeos, con respecto a los grupos obtenidos mediante el uso exclusivo de la información relacionada con la interacción de los estudiantes con los ejercicios. Con este objetivo, se han utilizado los datos relacionados con un conjunto de estudiantes que han cursado una asignatura que ha seguido el modelo de clase invertida (dichos datos son los mismos que se utilizaron previamente en la validación asociada a la formación de grupos).

Entrando más en detalle en el análisis, se han creado grupos de estudiantes utilizando dos aproximaciones diferentes: (1) formación de grupos basada exclusivamente en las interacciones de los estudiantes con los vídeos; y (2) creación de grupos utilizando únicamente la información asociada con la interacción de los estudiantes con los ejercicios. Tras obtener los grupos, se ha calculado la similitud entre cada posible pareja "Grupo creado mediante la información de los vídeos" – "Grupo creado usando la información de los ejercicios", y se han calculado los valores medios de similitud, tanto para el caso de los grupos homogéneos, como para el caso de los grupos heterogéneos. Por tanto, el proceso seguido ha sido el siguiente:

1. Se han creado cuatro conjuntos de grupos diferentes utilizando los datos de los estudiantes asociados con sus interacciones con los recursos educativos (interacciones con los vídeos, o interacciones con los ejercicios): (1) grupos homogéneos basados en la información de los vídeos; (2) grupos homogéneos basados en la información de los ejercicios; (3) grupos heterogéneos basados en la información de los vídeos; y (4) grupos heterogéneos basados en la información de los ejercicios.
2. Se analizan los grupos homogéneos (grupos #1 y #2) por una parte y, por separado, los grupos heterogéneos (grupos #3 y #4).
3. Se calculan dos similitudes: (I) la similitud media entre los grupos homogéneos; y (II) la similitud media entre los grupos heterogéneos. En ambos casos, lo que se quiere calcular es la similitud media entre los grupos creados únicamente mediante las interacciones con los vídeos y los grupos creados utilizando exclusivamente las interacciones con los ejercicios. Por tanto, en cada caso se realiza el cálculo de la similitud entre cada posible pareja de grupos "Grupo formado mediante la información de los vídeos" y "Grupo creado usando la información de los ejercicios".
4. Con todos los valores de similitud obtenidos, se ha calculado el valor medio de similitud para cada uno de los dos casos, bien el caso de grupos homogéneos, o bien el caso de grupos heterogéneos.

Con el objetivo de proporcionar más detalles acerca del cálculo de la similitud entre cada pareja de grupos, se detalla en profundidad dicho proceso. En concreto, para el cálculo de la similitud de dos conjuntos se ha considerado el índice de Jaccard, cuya definición se puede ver, por ejemplo, en Lesot, Rifqi y Benhadda (2009). En concreto, el índice de Jaccard se define de la siguiente forma (expresión 6.1).

$$Similitud = \frac{a}{a + 2 \cdot b} \begin{cases} a = Número\ de\ elementos\ incluidos\ en\ ambos\ conjuntos \\ b = Número\ de\ elementos\ que\ no\ se\ incluyen\ en\ ambos\ conjuntos \end{cases} \quad (6.1)$$

Los posibles valores del índice de Jaccard están comprendidos en el intervalo [0, 1]; intervalo en el cual un valor de cero ("0") implica que los dos conjuntos de elementos son totalmente diferentes (es decir, no comparten ningún elemento), mientras que un valor de uno ("1") significa que los dos grupos son el mismo, puesto que incluyen exactamente los mismos elementos.

Por tanto, se calcula el índice de Jaccard para cada posible pareja de los dos conjuntos considerados (grupos creados mediante la información de los vídeos, y grupos obtenidos utilizando la información de los ejercicios); se suman todos los valores de similitud, y se divide el valor total entre el número de grupos del conjunto (en ambos conjuntos, el número de grupos es el mismo). De esta forma, se obtiene un valor medio de similitud, tanto para el caso de utilizar grupos homogéneos, como para el caso de utilizar grupos heterogéneos. En concreto, este análisis ha proporcionado los siguientes resultados (Tabla 6.7).

TABLA 6.7. SIMILITUD MEDIA ENTRE LOS GRUPOS CREADOS UTILIZANDO LA INFORMACIÓN DE LOS VÍDEOS O LA INFORMACIÓN ASOCIADA A LOS EJERCICIOS.

Similitud media – Grupos homogéneos	Similitud media – Grupos heterogéneos
0,662102934	0,635156085

Pero, ¿qué implican estos valores de similitud? En base a la literatura, por ejemplo, (Hassanzadeh, Sadoghi y Miller, 2007; Niwattanakul, Singthongchai, Naenudorn y Wanapu, 2013), un valor del índice de Jaccard por encima del 0,55 implica que los dos conjuntos de elementos analizados son similares. Por tanto, si la similitud toma un valor de 0,55, o superior, se puede decir que los dos conjuntos son parecidos, puesto que poseen muchos elementos comunes. En este caso, se puede ver que, tanto la formación de grupos homogénea, como la formación de grupos heterogénea, proporcionan valores de similitud que, en media, están por encima de dicho valor umbral de 0,55. Considerando este resultado, se puede decir que la formación de grupos basada exclusivamente en las interacciones entre los estudiantes y los vídeos proporciona grupos que son muy similares a los grupos obtenidos utilizando únicamente las interacciones de los estudiantes con los ejercicios. Esto implica que, si únicamente se dispone de uno de estos dos tipos de información, se pueden obtener grupos que no serán muy distintos de los grupos obtenidos mediante el otro tipo de información.

Por tanto, estos resultados permiten corroborar que la propuesta de formación de grupos pueda ser utilizada en diferentes contextos; contextos en los que uno de estos dos tipos de información (interacciones estudiante – vídeo, o interacciones estudiante – ejercicio) puede no estar disponible, permitiendo por tanto la formación de grupos en contextos educativos en los que únicamente se utilicen vídeos, o en los que exclusivamente se utilicen ejercicios, lo cual es otra ventaja más de la herramienta desarrollada.

CAPÍTULO 7. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

En el presente trabajo se propone el uso del modelo de clase invertida junto con la analítica del aprendizaje con el objetivo de potenciar los beneficios educativos que la combinación de ambos puede llegar a ofrecer.

Con el objetivo de analizar la idoneidad de dicha propuesta con respecto al avance con trabajos previos, así como evaluar las necesidades educativas que la propuesta podría llegar a satisfacer, se ha realizado un estudio tanto del estado actual de la literatura científica relacionada con la propuesta, como una serie de entrevistas con estudiantes y profesores universitarios.

En cuanto al análisis de la literatura, se han analizado tanto los trabajos más relevantes en el ámbito en cuestión conocidos a priori, como los trabajos obtenidos a través de una revisión sistemática del estado del arte relacionado con el uso conjunto del modelo de clase invertida y la analítica del aprendizaje. Las conclusiones fundamentales de este análisis son las siguientes:

I. Los objetivos de los trabajos son muy limitados, se centran en unos pocos aspectos del modelo de clase invertida, cuando la analítica del aprendizaje puede utilizarse de una manera mucho más amplia en un contexto de clase invertida.

II. Aunque existen ejemplos específicos de uso de indicadores, visualizaciones y recomendaciones para apoyar la clase invertida, no se ha encontrado un marco de trabajo completo para la combinación del modelo de clase invertida con la analítica del aprendizaje.

III. Las herramientas software utilizadas no están adaptadas a las particularidades del modelo de clase invertida, por lo que no permiten la implementación de un marco de trabajo centrado en el uso conjunto de la analítica del aprendizaje y el modelo de clase invertida.

Por tanto, en base a estos resultados se ha podido determinar que existe una necesidad para profundizar en el estudio del uso combinado del modelo de clase invertida y la analítica del aprendizaje. En concreto, es necesario desarrollar un marco de trabajo que defina qué indicadores asociados a la analítica del aprendizaje son más útiles en cada tipo de clase invertida identificado, qué información se puede obtener mediante dichos

indicadores, y qué intervenciones habría que realizar en base a dicha información. Además, también sería conveniente desarrollar una herramienta que facilite la implementación práctica del marco de trabajo, mediante la automatización de las tareas de recopilación, análisis, y visualización de toda la información incluida en el marco de trabajo, y que, además, se diseñe teniendo en cuenta las particularidades del modelo de clase invertida.

Además del análisis de la literatura existente, se ha realizado una serie de entrevistas con gestores de universidades españolas y una serie de grupos focales con profesores y estudiantes de la Universidad Carlos III de Madrid con el objetivo de descubrir qué necesidades educativas tienen actualmente. Mediante un análisis cualitativo de las respuestas a dichas entrevistas y grupos focales, se ha podido determinar que las dos necesidades educativas más importantes son: (1) la necesidad de un entorno de aprendizaje personalizado, en base a las necesidades individuales de cada estudiante; y (2) la necesidad de una mejor comunicación (un mejor "feedback") entre profesores y estudiantes. En base a estos resultados, y analizando las características de la propuesta, se ha podido determinar que dicha propuesta puede llegar a satisfacer estas dos necesidades, lo cual proporciona un motivo adicional para su desarrollo.

Una vez comprobado que existen motivos para el desarrollo de la propuesta, se ha diseñado un marco de trabajo con el objetivo de permitir utilizar de manera eficaz la analítica del aprendizaje en un contexto de clase invertida. Dicho marco de trabajo incluye toda la información necesaria para utilizar la analítica del aprendizaje en los cuatro modelos de clase invertida identificados: (1) modelo de clase invertida orientado a ejercicios; (2) modelo de clase invertida orientado a actividades en grupo; (3) modelo de clase invertida orientado a prácticas experimentales; y (4) modelo de clase invertida orientado a la creación de recursos educativos por parte del estudiante En concreto, para cada uno de estos modelos de clase invertida, se han seleccionado los indicadores asociados a la analítica del aprendizaje más apropiados en cada caso, la información que se puede obtener mediante dichos indicadores, las visualizaciones que serían más apropiadas para mostrar dicha información, y las intervenciones que se podrían realizar en base a esta información.

No sólo eso, también se ha desarrollado una herramienta software ideada para facilitar la implementación práctica de dicho marco de trabajo, puesto que permite visualizar de una manera simple y eficaz todos los indicadores asociados a la analítica del aprendizaje

utilizados por el marco de trabajo propuesto. Además, la herramienta ha sido diseñada para adaptarse a las particularidades propias del modelo de clase invertida. En este sentido, la herramienta proporciona la posibilidad de visualizar la información en base a la estructura del curso desarrollado (por ejemplo, información asociada a una determinada semana del curso, o asociada a un determinado tema), o la posibilidad de crear grupos de estudiantes. Todo ello de manera transparente para el profesor, puesto que la recopilación, análisis y visualización de los datos se realiza de manera automática, únicamente dejando al profesor la tarea de interpretar las visualizaciones; visualizaciones que, además, han sido diseñadas con el objetivo de que transmitan la información de una manera simple y eficaz.

Por tanto, mediante el desarrollo del marco de trabajo y de la herramienta software, se proporciona todo lo necesario para implementar de manera práctica una experiencia basada en el modelo de clase invertida que haga uso de la analítica del aprendizaje para prevenir y corregir algunos de los problemas más relevantes del modelo de clase invertida, como, por ejemplo, la falta de preparación de la clase presencial, o la dificultad para adaptar dicha clase a las necesidades de los estudiantes.

Por otra parte, con el objetivo de validar la propuesta, se ha realizado una serie de encuestas a diferentes profesores. En concreto, se ha recopilado sus opiniones y valoraciones acerca del marco de trabajo y de la herramienta, tras una demostración del uso de la herramienta. Para analizar las respuestas de los profesores se han realizado tanto un análisis cuantitativo, como un análisis cualitativo, de las correspondientes respuestas. Gracias a dichos análisis, se ha podido comprobar que el marco de trabajo y la herramienta permiten implementar de manera práctica escenarios de aprendizaje basados en el modelo de clase invertida complementado mediante la analítica del aprendizaje. Aunque de dicho análisis también se ha constatado que la propuesta puede ser mejorada (por ejemplo, mediante nuevas intervenciones para el marco de trabajo, con sus respectivos indicadores asociados a la analítica del aprendizaje, o mediante nuevas visualizaciones en la herramienta).

Además, con el objetivo de comprobar que la funcionalidad de formación de grupos de la herramienta realiza correctamente la formación de grupos, se han analizado diferentes grupos de estudiantes creados mediante la herramienta. En concreto, el análisis consta de dos partes diferentes:

1. Un análisis de la homogeneidad y de la heterogeneidad de los grupos.
2. Una comparativa de los grupos creados exclusivamente mediante la información relacionada con las interacciones entre estudiantes y vídeos, y los grupos creados utilizando únicamente la información asociada con las interacciones entre estudiantes y ejercicios.

En cuanto al análisis de la homogeneidad y la heterogeneidad de los grupos, hay que destacar que se ha utilizado como referencia la nota de los estudiantes para medir tanto la homogeneidad, como la heterogeneidad, de los grupos. Los resultados obtenidos muestran que los grupos se crean adecuadamente, tanto en el caso de crear grupos homogéneos, como en el caso de crear grupos heterogéneos.

Con respecto a la comparativa entre la creación de grupos usando únicamente la información asociada con los vídeos o con los ejercicios, los resultados muestran que los grupos creados únicamente con la información asociada a los vídeos son muy similares a los grupos creados utilizando exclusivamente la información relacionada con los ejercicios. Este resultado permite determinar que la herramienta funciona adecuadamente en sistemas en los que, por diversas razones, sólo se disponga de un tipo de información (por ejemplo, sistemas en los que predomine el uso de los vídeos, o sistemas en los que únicamente se utilicen ejercicios).

No obstante, pese a los resultados positivos de la evaluación tanto del marco de trabajo, como de la herramienta, es conveniente destacar algunas limitaciones de la propuesta, que deben ser tenidas en cuenta a la hora de evaluar la propuesta en su conjunto. Aunque es preciso señalar que dichas limitaciones pueden ser solventadas mediante diferentes trabajos futuros que se detallan junto con la limitación asociada. En concreto, las principales limitaciones de la presente propuesta, junto con los trabajos futuros necesarios para solventarlas, se exponen a continuación.

I. No se ha realizado una evaluación del impacto de la herramienta, en un escenario educativo en el que se utilice el modelo de clase invertida y en el que se realicen, en base a la información proporcionada por la propia herramienta, las intervenciones descritas en el marco de trabajo.

   - Para solventar esta limitación, se podría realizar un trabajo futuro centrado en la evaluación del marco de trabajo y de la herramienta en una experiencia educativa en la que se haga uso del modelo de clase invertida, y en la que se utilice la herramienta para realizar intervenciones basadas en el marco de trabajo. De esta forma, se podrá comprobar si realmente el marco de trabajo y la herramienta tienen un impacto positivo en el aprendizaje de los estudiantes.
   - Por ejemplo, se podría desarrollar una experiencia práctica en la que se mida el impacto real del marco de trabajo y la herramienta. En dicha experiencia, se tendría un grupo de control que utilizaría únicamente el modelo de clase invertida, y un grupo experimental en el que se utilizaría el modelo de clase invertida junto con la herramienta (como es lógico, en el grupo experimental se seguiría lo dispuesto en el marco de trabajo). Para medir el impacto del marco de trabajo y de la herramienta se podrían analizar, por ejemplo, las notas en ambos grupos, las respuestas a encuestas de opinión completadas por los estudiantes (se podrían utilizar diferentes tipos de encuestas como, por ejemplo, encuestas para medir la autorregulación o la motivación de los estudiantes), o las tasas de asistencia a las clases presenciales. Además, también sería posible medir otros aspectos educativos como, por ejemplo, qué impacto tiene en el aprendizaje de los estudiantes el uso de clases presenciales adaptadas a sus necesidades, en comparación con el uso de clases presenciales sin modificar; la opinión de los estudiantes acerca de los mecanismos de alerta y de resolución de dudas; o la opinión de los profesores en relación con los problemas que se han encontrado a la hora de utilizar la herramienta o en relación con las ayudas que la herramienta les ha proporcionado.

II. El marco de trabajo puede ser ampliado con nuevos indicadores y las correspondientes intervenciones, con el objetivo de proporcionar un mayor abanico de posibilidades a los profesores.

   - Un trabajo futuro que permitiría ampliar el marco de trabajo consistiría en implementar, en la medida de lo posible, todas las mejoras, que estuvieran centradas en el marco de trabajo, que se han comentado durante las entrevistas realizadas a los profesores.
   - Por ejemplo, podrían incluirse en el marco de trabajo indicadores asociados a sistemas de gamificación, o indicadores que permitan predecir el comportamiento o los resultados de los estudiantes en el futuro.

III. Las visualizaciones y las funcionalidades proporcionadas por la herramienta pueden ser extendidas y mejoradas, incluyendo nuevas visualizaciones y funcionalidades, y modificando las disponibles actualmente; todo ello teniendo en cuenta las necesidades de los usuarios expuestas en las entrevistas asociadas a la evaluación de la propuesta.

   - Tal y como sucedía en el caso anterior, se podrían utilizar los comentarios de los profesores realizados durante las entrevistas para solventar esta limitación, implementando las mejoras comentadas por los profesores que estuvieran relacionadas con la herramienta.
   - Por ejemplo, se podría implementar una funcionalidad para predecir la nota final del estudiante en la asignatura en base a sus patrones de interacción con los recursos, o se podrían modificar las visualizaciones actuales para que mostraran únicamente estudiantes que cumplieran un cierto requisito (por ejemplo, estudiantes que hayan intentado un ejercicio más de seis veces sin haberlo podido resolver ninguna vez). Además, el marco de trabajo debería adaptarse de tal forma que se acomodaran estas nuevas visualizaciones y funcionalidades, añadiendo también las intervenciones que se podrían realizar con la nueva información.

IV. El soporte de la herramienta a los modelos de clase invertida orientado a prácticas experimentales y del modelo de clase invertida orientado a la creación de recursos por parte de los estudiantes, puede ser mejorado con nuevas visualizaciones y funcionalidades.

   - En este sentido, un posible trabajo futuro que permitiría solventar esta limitación consistiría, precisamente, en ampliar las funcionalidades de la herramienta para facilitar la implementación de ambos modelos.
   - Por ejemplo, incorporando una funcionalidad para monitorizar en tiempo real las prácticas realizadas en laboratorios informáticos.

V. Es necesario medir el impacto que tiene la funcionalidad de la herramienta para la creación de grupos en el aprendizaje de los estudiantes.

   - Para solventar esta limitación, un trabajo futuro que sería necesario realizar consistiría en realizar una comparación entre el caso de utilizar dicha funcionalidad y el caso de dejar a los estudiantes agruparse según su propio criterio; todo ello en un contexto educativo en el que se haga uso del modelo de clase invertida orientado a actividades en grupo.
   - Se podría analizar, por ejemplo, las notas de los estudiantes asociadas a grupos que se han creado mediante la herramienta, con respecto a las notas de los estudiantes asociadas a grupos creados por ellos mismos, utilizando, como es lógico, el mismo modelo de clase invertida en ambos casos.

Por tanto, es posible solventar las principales limitaciones de la propuesta mediante diferentes trabajos futuros, consiguiendo por tanto mejorar la propuesta, así como evaluar su utilidad educativa real. Una vez evaluada la propuesta y realizados los diferentes trabajos futuros, se dispondría de un amplio abanico de posibilidades para utilizar tanto el marco de trabajo propuesto, como la herramienta desarrollada, en diferentes entornos de aprendizaje en los que se haga uso del modelo de clase invertida y de la analítica del aprendizaje, lo cual es un gran incentivo para continuar con esta apasionante línea de investigación.

Como conclusión final, este trabajo pretende realizar una modesta contribución que facilite el uso de la analítica del aprendizaje junto con el modelo de clase invertida, de tal forma que se proporcionen beneficios reales a todos los miembros de la comunidad educativa. Por tanto, en la medida en que se consiga este objetivo, independientemente de que sea un beneficio mínimo o un beneficio más notable, el esfuerzo dedicado para desarrollar la presente Tesis Doctoral habrá valido la pena.

ANEXO A. ENTREVISTAS REALIZADAS A GESTORES Y GRUPOS FOCALES REALIZADOS A PROFESORES Y A ESTUDIANTES

En este anexo se muestran las preguntas incluidas en las entrevistas realizadas a gestores universitarios y las preguntas incluidas en los grupos focales realizados a profesores y estudiantes universitarios, cuyos resultados se muestran en el tercer capítulo del presente trabajo. Hay que destacar que estas preguntas no han sido elaboradas como parte de la presente Tesis Doctoral, sino que estos cuestionarios se desarrollaron y validaron en el contexto del proyecto SHEILA (Tsai et al., 2018a). No obstante, dichos cuestionarios han permitido realizar el análisis descrito en el tercer capítulo de la presente Tesis Doctoral, puesto que permiten conocer las necesidades educativas de los gestores, profesores y estudiantes universitarios.

Una vez dicho esto, se deben describir las preguntas realizadas durante las entrevistas a gestores y las preguntas realizadas durante los grupos focales realizados a profesores y a estudiantes. En concreto, dichas preguntas son las siguientes.

A.1. Entrevistas realizadas a los gestores

Las preguntas realizadas en las entrevistas a los gestores se muestran a continuación.

- ¿Cómo se está preparando tu institución para la analítica del aprendizaje?
- ¿Tiene tu institución un proyecto asociado a la analítica del aprendizaje? ¿Cuál?

Si se está desarrollando un proyecto asociado a la analítica del aprendizaje.

- ¿Por qué estáis realizando un proyecto de este tipo?
- ¿Tu institución ha conseguido algún resultado relevante con respecto al uso de la analítica del aprendizaje?
- ¿Qué puede haber contribuido al éxito del proyecto?
- ¿Cómo se almacenan y comparten los datos?
- ¿Estáis utilizando un marco de trabajo (una herramienta software o plataforma de aprendizaje electrónico) proporcionado por una organización externa, o un desarrollo realizado en la propia universidad? ¿La infraestructura asociada es de la universidad o la proporciona otra organización?

- ¿Cómo habéis informado a los profesores del proyecto de analítica del aprendizaje?
- ¿Qué retos ha encontrado tu institución a la hora de implementar el proyecto? ¿Ha habido algún tipo de barrera cuando se ha implementado?
- ¿Tenéis algún tipo de estrategia? ¿Tenéis algún tipo de metodología o evaluación de los resultados con relación a la recopilación de los datos?
- ¿Cómo desarrolló tu organización dicha estrategia?
- Para implementar esta estrategia, ¿utilizasteis algún tipo de guía, europea, nacional, de la propia universidad, o de alguna otra fuente?
- En términos de la estrategia, ¿cómo aseguráis que es relevante, que marca una diferencia, en vuestro correspondiente contexto educativo?
- ¿Qué consideraciones éticas y de privacidad habéis tenido en cuenta? Por ejemplo, la privacidad de los estudiantes, tener un proceso de recopilación de datos que sea trasparente, etcétera.
- ¿Hay algún comité que supervise el proyecto?

Si no se está desarrollando un proyecto asociado a la analítica del aprendizaje.

- ¿Puede ser un problema la infraestructura de la institución, por ejemplo, la gestión de datos o el número de expertos que se necesitan para el proyecto?
- ¿Qué puede estar evitando que tu institución adopte soluciones basadas en la analítica del aprendizaje?
- ¿Qué se necesitaría para que tu institución empezar a utilizar la analítica del aprendizaje? ¿Qué cambios habría que hacerse?
- ¿Qué retos crees que presentan los cambios necesarios para introducir la analítica del aprendizaje en tu institución?
- ¿Crees que tu institución está lista para la implementación de soluciones basadas en la analítica del aprendizaje? Por ejemplo, en términos de gestión de datos o de disponer de expertos en cuanto al análisis de datos se refiere.

Las preguntas restantes se realizan independientemente de si se está desarrollando un proyecto asociado a la analítica del aprendizaje o no.

- ¿Cuáles son los potenciales beneficios y beneficiarios asociado al uso de la analítica del aprendizaje?
- ¿Cómo se entrenan a los profesores y estudiantes para utilizar la analítica del aprendizaje?
- ¿Crees que la analítica del aprendizaje puede llegar a ser útil para tu institución?
- ¿Hay algún tipo de carencia en el contexto educativo que la analítica del aprendizaje puede llegar a solventar?
- ¿Existe la posibilidad de integrar la analítica del aprendizaje en algún otro proyecto de análisis de datos que estéis desarrollando?
- ¿Qué crees que es esencial en una política asociada a la analítica del aprendizaje?
- ¿Qué dimensiones pedagógicas crees que posee la analítica del aprendizaje? ¿Crees que es importante evaluar los resultados y disponer de un control de calidad?

A.2. Grupos focales realizados a los profesores

En cuanto a las preguntas realizadas a los profesores, son las siguientes:

- La analítica del aprendizaje utiliza diferentes tipos de datos educativos, tales como datos académicos, datos personales, o datos de participación. Estos datos se obtienen de diferentes entornos de aprendizaje, tanto físicos como virtuales. Teniendo esto en cuenta, ¿qué fines crees que justificarían el uso de estos datos educativos?
    - ¿Deberían utilizarse para mejorar la calidad de los servicios de la universidad como, por ejemplo, la asignación de recursos, la calidad de la docencia, o el diseño del plan de estudios?
    - ¿Deberían utilizarse para mejorar la experiencia educativa en un curso o un programa? Por ejemplo, identificando problemas dentro de una actividad educativa.

    - ¿Deberían utilizarse para mejorar la experiencia educativa de un determinado estudiante? Por ejemplo, identificado puntos que le son difíciles, o puntos que pueden desanimarle.
    - ¿Deberían utilizarse para informarte acerca de tu metodología docente?
- ¿Qué tipos de datos te serían particularmente útiles para mejorar la experiencia educativa de los estudiantes, en un curso/programa del que fueras responsable?
    - Datos académicos (por ejemplo, las evaluaciones del estudiante o su historial académico).
    - Datos de participación como, por ejemplo, accesos al sistema, bibliografía consultada, visualización de vídeos, datos de asistencia o mensajes en foros de discusión.
    - Datos personales.
    - Respuestas de los estudiantes a las encuestas.
    - Utilización de los servicios proporcionados por la universidad, y de las instalaciones de la universidad.
    - ¿Cómo te gustaría que te proporcionaran estos datos?, ¿de qué manera?
- ¿Qué tipos de datos te serían particularmente útiles para tu desarrollo profesional?
    - Datos sobre los estudiantes, como los que hemos visto en la pregunta anterior.
    - Datos relacionados con tu metodología docente y cómo influye en la participación, y en los resultados, de tus estudiantes.
    - ¿Cómo te gustaría que te proporcionaran estos datos?, ¿de qué manera?
- ¿Tienes alguna dificultad para ofrecer apoyo docente a tus estudiantes? Por ejemplo, dificultades para:
    - Ofrecer apoyo de acuerdo a las diferentes necesidades de los estudiantes.
    - Proporcionar información útil a cada estudiante.

- Proporcionar apoyo para el desarrollo de habilidades y la adquisición de conocimiento.
- Desarrollar una comunidad de enseñanza y de apoyo al aprendizaje.

- ¿Crees que se podría utilizar la analítica del aprendizaje, de alguna manera, para resolver estas dificultades, utilizando los datos sobre tus estudiantes o sobre tu metodología docente?
  - ¿Habría algún riesgo en cualquiera de estos usos?
  - ¿Tienes alguna inquietud acerca de las habilidades y el tiempo que necesitarías para el análisis de estos datos?
  - ¿Bajo qué circunstancias estarías dispuesto a invertir tu tiempo en incorporar la analítica del aprendizaje a tu metodología docente?
  - ¿Bajo qué circunstancias no estarías dispuesto a invertir tu tiempo en incorporar la analítica del aprendizaje a tu metodología docente?
- ¿Consideras que existen problemas éticos o legales relacionados con el uso de los datos de los estudiantes, o con el uso de los datos acerca de tu metodología docente?
  - ¿Tienes alguna inquietud relacionada con el envío de cualquier tipo de dato a los estudiantes?
  - ¿Tienes alguna inquietud relacionada con el uso de los datos relacionados con tu metodología docente?
  - ¿Te preocupa el envío de estos datos a terceras entidades para que los procesen? ¿Por qué?
  - ¿Crees que la universidad debería permitirte borrar tus datos de cualquier base de datos en cualquier momento?

- Estas son algunas formas en las que la universidad podría utilizar la analítica del aprendizaje para mejorar el aprendizaje y la docencia. ¿Cuáles de estas opciones crees que serían útiles? (Puedes elegir más de una opción). Por favor, escoge una opción para compartir el motivo por el cual crees que dicha opción es útil o no lo es.
    - Mejorar las relaciones entre los estudiantes y el personal docente o los tutores.
    - Mejorar la experiencia educativa (en su conjunto) de los estudiantes y su bienestar.
    - Detectar puntos débiles en el aprendizaje del estudiante y sugerir maneras de mejorarlo.
    - Alertar lo antes posible al personal docente si los estudiantes están en riesgo de suspender un curso, o si los estudiantes pudieran mejorar su aprendizaje.
    - Identificar el camino óptimo que permita a los estudiantes alcanzar sus objetivos de aprendizaje (por ejemplo, sugiriendo asignaturas optativas).
    - Ofrecer a los estudiantes un perfil completo de su aprendizaje en todos y cada uno de los cursos que han cursado.
    - Ofrecer al personal docente y a los tutores un perfil completo del aprendizaje de sus estudiantes.
    - Ofrecer al personal docente y a los tutores un perfil completo de su metodología docente, y cómo dicha metodología afecta a la participación, y a los resultados, de sus estudiantes.
- ¿Cómo crees que el personal docente y los tutores deberían abordar los resultados proporcionados por el análisis de los datos de los estudiantes?
    - ¿Deberían tener la obligación de actuar si se detecta que un estudiante está en riesgo de suspender un módulo, o si se detecta que el estudiante está teniendo un bajo rendimiento en un determinado módulo?
    - ¿El personal docente de la universidad debería recibir algún tipo de entrenamiento específico para poder comprender el análisis de los datos de los estudiantes?, ¿y para poder proporcionar información útil a los estudiantes?

- ¿Te preocupa que se incorpore, a la enseñanza, la analítica del aprendizaje? ¿En qué sentido?
    - Preocupaciones éticas y de privacidad.
    - La precisión de los resultados obtenidos.
    - Habilidades y capacidades necesarias.
    - Utilidad real.
    - Enfoque pedagógico.
    - Interacción con los estudiantes.
- ¿Tienes alguna sugerencia en relación con la adopción de la analítica del aprendizaje por parte de las universidades?

A.3. Grupos focales realizados a los estudiantes

Las preguntas realizadas a los estudiantes son las siguientes:

- ¿Qué propósitos legitimarían el uso de sus datos por parte de la universidad?
    - ¿Deberían utilizarse sus datos para mejorar la calidad de los servicios de la universidad, servicios como, por ejemplo, la asignación de recursos, la calidad de la docencia, o el diseño del plan de estudios?
    - ¿Deberían utilizarse sus datos para mejorar la experiencia educativa en un módulo, curso, o programa? Por ejemplo, identificando problemas dentro de una actividad de aprendizaje.
    - ¿Deberían utilizarse sus datos para mejorar la experiencia educativa de un determinado estudiante? Por ejemplo, identificando puntos complejos de aprender.
- En relación con el apoyo al aprendizaje que se le ha ofrecido desde la universidad, ¿hay algo que se pudiera haber hecho mejor?
- ¿Le interesaría que la universidad utilizara sus datos para apoyarle en su aprendizaje?
    - ¿Conoce alguna forma de utilizar sus datos para apoyar su aprendizaje?

- De entre los siguientes aspectos, ¿cuáles preferiría que se implementaran?, ¿por qué?
    - Mejorar las relaciones entre los profesores y los estudiantes.
    - Mejorar la experiencia de aprendizaje en su conjunto, y el bienestar de los estudiantes.
    - Detectar puntos débiles en el aprendizaje y sugerir maneras de mejorarlo.
    - Alertar lo antes posible al personal docente si el estudiante está en riesgo de suspender un módulo, tema, etcétera, o si el estudiante pudiera mejorar su aprendizaje.
    - Identificar, en base al plan de estudios, el camino óptimo para los estudios del estudiante. Por ejemplo, sugiriendo asignaturas optativas.
    - Ofrecer al estudiante un perfil completo de su aprendizaje en cada módulo, tema, etcétera.
- ¿Cómo le gustaría recibir los resultados del análisis de sus datos educativos?
- ¿Cómo deberían abordar los profesores el análisis de sus datos?

ANEXO B. TRABAJOS CONSIDERADOS EN LA REVISIÓN SISTEMÁTICA DEL ESTADO DEL ARTE

Los objetivos de los trabajos considerados en la revisión sistemática del estado del arte se muestran en la siguiente tabla (Tabla B.1).

TABLA B.1. OBJETIVOS DE LOS TRABAJOS

Referencia	Objetivo
(AlJarrah et al., 2018)	Análisis de una única experiencia de clase invertida
(Andergassen et al., 2015)	Análisis de una única experiencia de clase invertida
(Barral et al., 2018)	Comparativa clase invertida - modelo tradicional
(Bhuiyan et al., 2018)	Análisis de una única experiencia de clase invertida
(Chetlur et al., 2014)	Mejora de la clase invertida en tiempo real
(Comerford et al., 2018)	Mejora de la clase invertida en tiempo real
(Corrias y Hong, 2015)	Análisis de una única experiencia de clase invertida
(DeRuisseau, 2016)	Comparativa clase invertida - modelo tradicional
(Estévez-Ayres et al., 2018)	Mejora de la clase invertida en tiempo real
(Fleagle, Borcherding, Harris y Hoffmann, 2018)	Comparativa clase invertida - modelo tradicional
(Garrick, 2018)	Análisis de una única experiencia de clase invertida
(Giannakos y Chrisochoides, 2014)	Análisis de una única experiencia de clase invertida
(Giannakos, et al., 2016)	Mejora de la clase invertida en tiempo real
(Han, Wang y Yang, 2015)	Análisis de una única experiencia de clase invertida
(Hernández Leo y Pardo, 2016)	Mejora de la clase invertida a posteriori
(Hu, Liu, Xu y Xiao, 2016)	Comparativa clase invertida - modelo tradicional
(Jovanović et al., 2017)	Análisis de una única experiencia de clase invertida
(Khoo et al., 2015)	Análisis de una única experiencia de clase invertida
(Kravchenko y Cass, 2017)	Comparativa clase invertida - modelo tradicional
(Lei et al., 2017)	Análisis de una única experiencia de clase invertida
(Lin y Hwang, 2018)	Mejora de la clase invertida en tiempo real
(Love et al., 2014)	Comparativa clase invertida - modelo tradicional
(Marasco, Moshirpour, Moussavi, Behjat y Amannejad, 2018)	Análisis de una única experiencia de clase invertida
(Martínez-Muñoz y Pulido, 2015)	Comparativa clase invertida - modelo tradicional
(McGowan, Balmer y Chappell, 2014)	Análisis de una única experiencia de clase invertida
(Mellefont y Fei, 2014)	Análisis de una única experiencia de clase invertida
(Muñoz-Merino et al., 2017)	Comparativa clase invertida - modelo tradicional
(Newton et al., 2015)	Comparativa clase invertida - modelo tradicional
(Ng y Xie,2017)	Comparativa clase invertida - modelo tradicional
(Okumoto et al., 2018)	Mejora de la clase invertida en tiempo real
(Ono y Nakajima, 2015)	Análisis de una única experiencia de clase invertida
(Read et al., 2016)	Mejora de la clase invertida en tiempo real
(Redondo-Martínez et al. 2015)	Mejora de la clase invertida en tiempo real
(Rubio-Fernández et al., 2018)	Mejora de la clase invertida en tiempo real
(Saint et al., 2018)	Análisis de una única experiencia de clase invertida
(Santos et al., 2018)	Comparativa clase invertida - modelo tradicional
(Saterbak, Wettergreen y Roberts, 2016)	Análisis de una única experiencia de clase invertida
(Silva et al., 2018)	Mejora de la clase invertida en tiempo real
(Smallhorn, 2017)	Comparativa clase invertida - modelo tradicional
(Sun et al., 2016)	Análisis de una única experiencia de clase invertida
(Thomas y Philpot, 2012)	Comparativa clase invertida - modelo tradicional
(Unno et al., 2018)	Mejora de la clase invertida a posteriori
(van Leeuwen, 2018)	Mejora de la clase invertida en tiempo real
(Watanabe, 2014)	Análisis de una única experiencia de clase invertida

(White et al., 2017)	Análisis de una única experiencia de clase invertida
(Wong, 2016)	Análisis de una única experiencia de clase invertida
(Xiao et al., 2015)	Mejora de la clase invertida a posteriori
(Yamada y Hirakawa, 2015)	Análisis de una única experiencia de clase invertida
(Yang et al., 2016)	Análisis de una única experiencia de clase invertida
(Zhang y Zhu, 2017)	Comparativa clase invertida - modelo tradicional

ANEXO C. FORMACIÓN DE GRUPOS

En este anexo se muestra en detalle cómo la herramienta propuesta implementa la formación de grupos de estudiantes en base a las interacciones de dichos estudiantes con los recursos educativos.

Lo primero que hay que recordar son los datos que se utilizan para crear los grupos. En concreto, se utilizan las interacciones de los estudiantes con los vídeos y con los ejercicios, así como el sistema de gamificación proporcionado por la plataforma GEL (sistema que se basa en la obtención de puntos por completar diferentes actividades relacionadas con los recursos educativos, actividades como, por ejemplo, visualizar una cierta cantidad de un determinado vídeo, o realizar correctamente un ejercicio al primer intento). Por tanto, se utilizan los siguientes datos de los estudiantes:

I. Interacción estudiante-vídeo: número de veces que cada segundo del vídeo ha sido visualizado por el estudiante.

II. Interacción estudiante-ejercicio: facilidad y facilidad al primer intento del estudiante.

III. Puntuación del estudiante en el contexto del sistema de gamificación implementado en GEL.

Una vez vistos los datos que se utiliza, para crear los grupos, se puede pasar a analizar el proceso específico utilizado para la formación de grupos. En concreto, dicho proceso se ha diseñado tomando como referencia las formaciones de grupo expuestas en (Christodoulopoulos y Papanikolaou 2007b; Pardos et al., 2012). La idea es utilizar los datos educativos de cada estudiante con el objetivo de poder asignarle el perfil que mejor le represente; pero, ¿cómo se obtienen dichos perfiles que representan diferentes tipos de estudiantes? En este caso, para obtener los perfiles de los estudiantes, se utilizan: (1) un conjunto de datos educativos de estudiantes que hayan interactuado con diferentes vídeos y ejercicios, así como con el sistema de gamificación de GEL, y que hayan cursado una asignatura en la que se haya utilizado la plataforma GEL; y (2) un algoritmo de agrupamiento, de forma que se pueda agrupar comportamientos parecidos de los estudiantes en un mismo perfil.

En cuanto a los datos educativos de estudiantes que hayan utilizado la plataforma GEL, hay que puntualizar que dichos estudiantes no son los estudiantes que se van a agrupar, sino que son estudiantes independientes cuyos datos se utilizan para obtener perfiles generales que se pueden asignar a otros estudiantes. En este caso, se han utilizado datos de 3543 estudiantes provenientes de 19 cursos diferentes. Aunque en algunos de estos cursos se ha seguido el modelo de clase invertida, se han utilizado también datos de estudiantes de cursos que no han seguido el modelo de clase invertida porque el objetivo es implementar una funcionalidad para formar grupos de estudiantes que funcione razonablemente bien independientemente del modelo pedagógico utilizado. Dichos datos representan las interacciones de los estudiantes con la plataforma GEL a lo largo de todo un cuatrimestre, por lo que se dispone de datos bastantes completos que pueden permitir extrapolar características generales aplicables a otros estudiantes que utilicen la plataforma GEL para interactuar con diferentes vídeos y ejercicios.

Con respecto al algoritmo de agrupamiento, hay que decir que se ha utilizado el algoritmo de agrupamiento K-means (Hartigan, 1975), por dos motivos principalmente. Por una parte, este algoritmo no es un algoritmo excesivamente complejo por lo que ha podido ser implementado en la herramienta sin demasiadas dificultades y, además, no requiere de una gran cantidad de tiempo para ejecutarse, por lo que el profesor no tiene que esperar demasiado para obtener los grupos de estudiantes cuando utiliza la herramienta. Por otra parte, es un algoritmo de agrupamiento que ya ha sido utilizado para formar grupos de estudiantes en diferentes trabajos, como, por ejemplo, en (Esnaashari, Gardner y Rehm, 2018; Lehman, D'Mello y Graesser, 2013; Pardos, et al., 2012), lo cual proporciona cierta confianza en relación con su facilidad para crear grupos de estudiantes que permitan realizar apropiadamente las correspondientes actividades colaborativas de aprendizaje activo. Por tanto, el algoritmo K-means permitirá obtener los perfiles que representarán diferentes tipos de estudiantes en base a sus interacciones con los recursos educativos y con el sistema de gamificación de GEL. Estos perfiles podrán ser asignados a otros estudiantes (estudiantes que no son los estudiantes que han generado los datos utilizados para obtener dichos perfiles), lo cual permitirá crear grupos de estudiantes, tanto grupos homogéneos como grupos heterogéneos. Con el objetivo de entender mejor este proceso, la próxima sección describe, a grandes rasgos, en qué consiste exactamente el algoritmo de agrupamiento K-means.

C.1. Algoritmo de agrupamiento K-means

El algoritmo "K-means", descrito en detalle en Hartigan (1975), es un algoritmo iterativo que agrupa los datos (las observaciones, los elementos que se quieren agrupar) por similitud. Es decir, los grupos contienen observaciones que se parecen entre ellas. En cada grupo se identifica un representante para dicho grupo denominado centroide. Se puede ver al centroide como el punto de referencia del grupo, como el punto al que los demás puntos del grupo tienen que parecerse. Además, hay que saber que el algoritmo "K-means" trata de minimizar una determinada función denominada función de distorsión (D). Matemáticamente, la función de distorsión se define de la siguiente forma (expresión C.1).

$$D = \sum_{k=1}^{K} \sum_{x \in G_k} \|x - \mu_k\|^2 \qquad (C.1)$$

Siendo:

- $K = Número\ total\ de\ grupos$
- $x = Observación\ actual$
- $G_k = Grupo\ actual$
- $\mu_k = Centroide\ del\ grupo\ actual$
- $\|x - \mu_k\|^2 = Distancia\ al\ centroide$

Para conseguir crear los diferentes grupos en base a las observaciones, el algoritmo de agrupamiento "K-means" realiza el siguiente proceso:

1. Se especifica el número de grupos que se quieren crear.
2. Se toman unos centroides iniciales para dichos grupos. Por ejemplo, se pueden tomar como centroides observaciones generadas aleatoriamente.
3. Una vez obtenidos los centroides, se asigna a cada observación al grupo que posea el centroide más cercano a dicha observación.
4. Con los nuevos grupos de observaciones, se estiman las nuevas posiciones de los centroides.

Se puede ver que el proceso es un proceso iterativo en el que se repite, un número finito de veces, tanto el tercer paso como el cuarto paso. Para completar la explicación, se incluye un ejemplo gráfico ("Fig. C.1") en el que se muestra una primera iteración de este proceso de agrupamiento asociado al algoritmo "K-means". En el ejemplo, se agrupan las observaciones en tres grupos diferentes que se diferencian utilizando

diferentes colores. En el ejemplo ("Fig. C.1"), las observaciones se representan mediante cuadrados, mientras que los centroides se representan mediante círculos

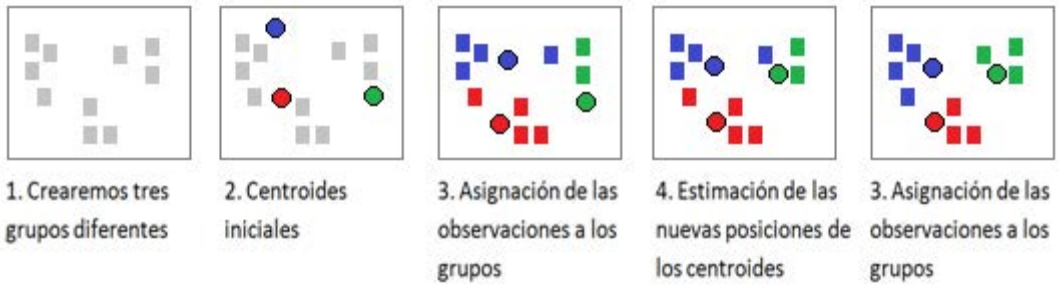


Fig. C.1. Algoritmo K-means. Inspirado en Weston.pace (2007)

Una vez mostrado el ejemplo, es conveniente analizar un poco más en detalle la asignación de las observaciones a los grupos que posean el centroide más cercano (tercer paso del proceso), y la estimación de las nuevas posiciones de los centroides (cuarto paso del proceso).

3. Asignación de la observación al grupo que posea el centroide más cercano.
   La asignación se basa en la función de distorsión (D). En concreto, se escoge el centroide más cercano a la observación, es decir, se escoge al centroide que hace que la función de distorsión (D) tome un valor menor.

4. Estimación de la nueva posición del centroide.
   Una vez asignados todas las observaciones a los nuevos grupos, se recalcula la posición de los centroides en base a la minimización de la distancia entre el centroide y todos los puntos contenidos en el grupo (hay que recordar que el centroide es un punto que actúa como representante del grupo). Es decir, se escoge la posición del centroide (μ_k) que minimiza, para el grupo en cuestión, la siguiente función (expresión C.2).

$$\sum_{x \in G_k} \|x - \mu_k\|^2 \qquad (C.2)$$

Por otra parte, hay que destacar que el algoritmo de agrupamiento "K-means" es un algoritmo que siempre converge, pero que puede no converger a la solución óptima. También es importante saber que la función de distorsión (D) va disminuyendo en cada iteración, es decir, el sumatorio de todas las distancias a los centroides para todos los grupos se reduce (toma valores cada vez más pequeños) en cada iteración.

De este modo, el algoritmo de agrupamiento "K-means" permitirá agrupar interacciones de los estudiantes que sean similares (por ejemplo, estudiantes que vean un vídeo una cantidad de tiempo parecida, o estudiantes cuya facilidad a la hora de realizar el ejercicio sea similar), lo cual permitirá obtener perfiles que representarán las características de un determinado tipo de estudiante "modelo" que podrá representar a otros estudiantes diferentes de los estudiantes cuyos datos se han utilizado para obtener dichos perfiles. En este caso, se ha establecido que existirán tres tipos de estudiantes diferentes, por lo que se consideran tres tipos de perfiles distintos cuando se utiliza el algoritmo K-means. La idea es agrupar a los estudiantes en base a la siguiente clasificación (Tabla C.1).

TABLA C.1. POSIBLES PERFILES DE LOS ESTUDIANTES

Datos / Perfil	Puntuaciones	Visualización de los vídeos	Facilidad y facilidad al primer intento
Perfil #A	Estudiantes con puntuaciones elevadas	Estudiantes que reproducen poco los vídeos	Estudiantes con una facilidad y una facilidad al primer intento elevadas (cercanas a uno)
Perfil #B	Estudiantes que poseen puntuaciones medias	Estudiantes con un patrón de visualización intermedio (ni reproducen mucho los vídeos, ni los reproducen poco)	Estudiantes con una facilidad y facilidad al primer intento intermedias (en este caso, con valores cercanos a 0,5)
Perfil #C	Estudiantes con puntuaciones bajas	Estudiantes que reproducen muchas veces los vídeos	Estudiantes con una facilidad y una facilidad al primer intento reducidas, cercanas a cero

Es importante saber que, aunque se haya escogido utilizar tres perfiles diferentes, la herramienta es lo suficientemente flexible como para permitir otras configuraciones. Por ejemplo, se pueden utilizar cinco perfiles diferentes, seis perfiles, etcétera, dependiendo de la formación de grupos que se quiera realizar.

Una vez visto el algoritmo de agrupamiento utilizado "K-means", se detalla el proceso de agrupamiento en base a los diferentes datos de los estudiantes considerados. En primer lugar, se analiza la formación de grupos basada en el elemento de gamificación de GEL: las puntuaciones de los estudiantes obtenidas en la plataforma.

C.2. Formación de grupos en base a las puntuaciones de los estudiantes

Típicamente, en GEL los cursos están divididos en diferentes módulos (un módulo puede verse como un tema específico de una asignatura, o una semana del curso), que contienen diferentes recursos educativos como, por ejemplo, vídeos y ejercicios. Cuando los estudiantes interactúan con dichos recursos, por ejemplo, cuando ven un vídeo o resuelven correctamente un ejercicio, puede conseguir puntos que son la base del sistema de gamificación de GEL, tal y como se ha visto anteriormente. Es importante saber que, en cada uno de estos módulos, los estudiantes obtienen una determinada puntuación por lo que se puede conocer tanto las puntuaciones individuales asociadas a cada módulo del curso, como la puntuación global del estudiante teniendo en cuenta todos los módulos de la asignatura.

Una vez conocida la estructura de los cursos en la plataforma GEL, hay que detallar el proceso de agrupamiento que se ha utilizado para crear los grupos de estudiantes en base a sus puntuaciones en los diferentes módulos del curso. La idea principal se basa en caracterizar a cada estudiante mediante un vector de números que representará sus puntuaciones en los diferentes módulos del curso. Por tanto, dicho vector contendrá las puntuaciones del estudiante en los módulos del curso que se quiera analizar. Por ejemplo, si se pretende agrupar a los estudiantes en base a sus puntuaciones en tres módulos diferentes, cada estudiante tendrá asociado un vector compuesto por tres números que representarán sus puntuaciones en dichas secciones, un vector como el siguiente (expresión C.3).

$$Estudiante\ N \rightarrow Vector = [Puntos\ módulo\ \#1, Puntos\ módulo\ \#2, Puntos\ módulo\ \#3] \quad (C.3)$$

Los vectores de los estudiantes asociados al conjunto de estudiantes utilizado para "descubrir" los perfiles (hay que recordar que se ha establecido que habrá tres perfiles diferentes) serán los que el algoritmo K-means irá agrupando en diferentes grupos en base al centroide más cercano, y también serán los vectores con los que el centroide se irá recalculando tras cada ejecución del algoritmo. Una vez que el algoritmo K-means finaliza su ejecución, se dispone de tres centroides que representan los valores que caracterizan al conjunto de estudiantes del correspondiente grupo (por lo que, en este contexto, los centroides representan los diferentes perfiles de los estudiantes).

Una vez conseguidos los centroides, es decir, una vez que se tienen los perfiles de los estudiantes, ya se puede asignar a nuevos estudiantes el perfil que mejor les representa. Simplemente se calcula el vector que representa sus puntos en los módulos del curso

correspondiente y se calcula la distancia euclídea ("Distancia Euclídea", 2019) entre dicho vector y los diferentes centroides. El centroide más cercano al vector que representa al estudiante es el escogido como perfil para dicho estudiante. De esta forma, gracias al algoritmo K-means, y al conjunto de datos de estudiantes utilizado para obtener los diferentes perfiles, se consigue asignar perfiles a nuevos estudiantes (a estudiantes que no están incluidos en el conjunto de estudiantes cuyos datos se han utilizado para obtener los perfiles).

Para entender mejor la idea detrás de este proceso, se continua con el ejemplo presentado anteriormente. En dicho ejemplo, se caracterizaba a cada estudiante mediante las puntuaciones que había obtenido en tres módulos del curso diferentes. Por tanto, si se extiende el ejemplo estableciendo que se tiene tres estudiantes diferentes (Estudiante #1, Estudiante #2 y Estudiante #3), cada uno de ellos tendrá asociadas tres puntuaciones diferentes correspondientes a cada uno de los tres módulos. Por ejemplo, los estudiantes podrían tener las siguientes puntuaciones en los tres módulos analizados (en este caso, la puntuación obtenida por un estudiante puede tomar un valor comprendido en el intervalo [0, 10]).

$$Estudiante\ \#1\ \rightarrow\ [6, 5, 5]$$
$$Estudiante\ \#2\ \rightarrow\ [5, 6, 5]$$
$$Estudiante\ \#3\ \rightarrow\ [9, 10, 9]$$

Por otra parte, si se continúa con el ejemplo suponiendo que el algoritmo K-means ha proporcionado los siguientes perfiles (perfiles #A, #B y #C) al finalizar su ejecución (hay que recordar que, para obtener los perfiles, se utilizan datos de estudiantes que no se van a agrupar, es decir datos de estudiantes que sólo se utilizan para obtener los diferentes perfiles), se podrían tener perfiles como los siguientes:

$$Perfil\ \#A\ \rightarrow\ [8, 9, 10]$$
$$Perfil\ \#B\ \rightarrow\ [4;\ 5, 6]$$
$$Perfil\ \#C\ \rightarrow\ [1, 2, 2]$$

Se puede ver que los dos primeros estudiantes tienen asociadas puntuaciones intermedias y muy similares, mientras que el tercer estudiante tiene asociadas unas puntuaciones más elevadas. Por tanto, a los dos primeros estudiantes se les asignará el perfil asociado a los estudiantes con puntuaciones intermedias (perfil #B), mientras que al tercer estudiante se le asignará el perfil asociado a los estudiantes con las puntuaciones más altas (perfil #A). De este modo, conociendo los perfiles de los

estudiantes, es posible crear los grupos. Por ejemplo, si se quisieran crear grupos homogéneos, los dos primeros estudiantes se agruparían en un mismo grupo, mientras que el tercer estudiante se agruparía en otro grupo diferente, y si se pretendiera crear grupos heterogéneos, el tercer estudiante se agruparía con el primer estudiante, o con en el segundo estudiante, en un mismo grupo.

Por otra parte, es muy importante distinguir entre el concepto de "grupo" según se utilice en el ámbito del algoritmo de agrupamiento "K-means", o en el ámbito de la creación de grupos en base a su perfil. Por una parte, en el ámbito del algoritmo de agrupamiento "K-means", "grupo" se refiere a los diferentes grupos que representan las características generales de los datos que pertenecen a dicho grupo. Por tanto, en el ámbito del algoritmo de agrupamiento "K-means", un grupo contendrá datos con características comunes y, además, definirá las características que debe tener un dato para pertenecer a dicho grupo. Se puede pensar en el concepto de "grupo" como si fuera un perfil que describiera las características que debe tener un dato para poseer dicho perfil, y que, además, se ha creado (dicho grupo) a través de un determinado conjunto de datos con características comunes. Por otra parte, en el ámbito de la creación de grupos en base a su perfil, el concepto de "grupo" se refiere a un conjunto de estudiantes que se han agrupado en base a un determinado criterio: el perfil (en este caso, el perfil del estudiante se basa en sus puntuaciones en los diferentes módulos del curso). Por tanto, en el ámbito de la creación de grupos, un grupo almacena estudiantes que tendrán asociado un determinado perfil. Se puede ver este proceso de agrupamiento como un proceso que consta de dos fases.

1. Primero se obtienen los diferentes grupos (perfiles) utilizando el algoritmo de agrupamiento "K-means" y un conjunto de datos (en este caso, datos asociados a las puntuaciones de los estudiantes). De esta forma se consiguen obtener los diferentes perfiles. Cada uno de dichos perfiles definirá las características comunes de los estudiantes incluidos (o que pueden incluirse) en dicho perfil.
2. A continuación, se asigna a los estudiantes el perfil que mejores les represente, y se les agrupa en diferentes grupos en base a dicho perfil.

De esta forma, se utilizan las puntuaciones obtenidas por los estudiantes en los diferentes módulos del curso para crear los grupos de estudiantes. Aunque hay que recordar que no sólo se van a utilizar dichas puntuaciones para crear los grupos, sino que, adicionalmente, se utilizaran otras dos características de los estudiantes, la

información asociada a los segundos de los vídeos que los estudiantes han visualizado, y la facilidad y facilidad al primer intento de los estudiantes al realizar los ejercicios, para crear los grupos.

C.3. Formación de grupos en base a los segmentos de los vídeos que los estudiantes han visualizado

En esta ocasión, se va a caracterizar a los estudiantes en base a su comportamiento a la hora de visualizar un vídeo, por lo que se van a agrupar a los estudiantes utilizando la información asociada a la visualización de los vídeos. La idea es obtener los perfiles de los estudiantes analizando un conjunto de vídeos que compartan una misma temática, por ejemplo, un conjunto de vídeos que expliquen las operaciones con números imaginarios, o un conjunto de vídeos que expliquen algoritmos de aprendizaje máquina. De esta forma, se pueden obtener perfiles de los estudiantes que estén asociados a una determinada temática, lo cual es bastante relevante, puesto que se dispone de la posibilidad de obtener varios perfiles, para el mismo estudiante, asociados a diferentes temáticas, pudiendo crear grupos de estudiantes que se ajusten a la temática tratada en dichos vídeos.

Para poder obtener los perfiles de los estudiantes basados en la información asociada a la visualización de un determinado conjunto de vídeos, se utiliza, como elemento clave para obtener dichos perfiles, el número de visualizaciones de cada uno de los segundos de dichos vídeos. Por tanto, el algoritmo de agrupamiento que utilizado (es decir, el algoritmo de agrupamiento "K-means"), únicamente requiere de dicha información para crear los perfiles de los estudiantes que permitirán formar los grupos. La idea consiste en representar la información asociada a la visualización de un determinado vídeo mediante un vector que contendrá el número de visualizaciones de cada segundo del vídeo. Por ejemplo, si el estudiante ha visto siete veces el tercer segundo del vídeo, en la tercera posición de dicho vector se almacenará el número siete. Cada uno de estos vectores se almacenará en un único vector, que contendrá todos los vectores de visualización asociados a un determinado estudiante. Por tanto, un estudiante tendrá asociado un único vector que contendrá diferentes vectores de visualización (cada uno de estos vectores de visualización estará asociado con un determinado vídeo incluido en el conjunto de vídeos que se quiera utilizar para el análisis). Por ejemplo, si se está analizando un conjunto de cinco vídeos, el estudiante tendrá asociado un vector que almacenará cinco vectores de visualización, y dichos vectores de visualización

permitirán conocer el número de veces que el estudiante ha visto cada uno de los segundos del vídeo correspondiente. De esta forma, cada estudiante se caracterizará por un único vector, que permitirá obtener los diferentes perfiles con los que se podrán crear los grupos de estudiantes.

Para comprender mejor el proceso de agrupamiento basado en la información de visualización de los vídeos, se muestra un ejemplo. En dicho ejemplo, se establece que una determinada temática se trata en tres vídeos diferentes, y que se pretende agrupar ocho estudiantes en total. De esta forma, cada estudiante se caracterizará mediante un vector que contendrá tres vectores, cada uno de ellos asociado a un determinado vídeo (expresión C.4).

$$Estudiante\ N\ \rightarrow\ Vector = [Vector\ \#1, Vector\ \#2, Vector\ \#3] \qquad (C.4)$$

El algoritmo de agrupamiento "K-means" utilizará los vectores asociados al conjunto de estudiantes cuyos datos se utilizan para obtener los perfiles (estudiantes que no son los ocho que se pretenden agrupar, sino que son los estudiantes del conjunto que se ha utilizado para obtener los perfiles). Una vez obtenidos los perfiles (los valores de los centroides al acabar la ejecución del algoritmo K-means), se podrá asignar, a cada uno de los ocho estudiantes analizados, el perfil que mejor les represente (hay que recordar que, en este caso, se ha establecido que existen tres perfiles diferentes de estudiante). Una vez obtenidos los perfiles, y en base al tipo de agrupamiento que se quiera implementar (grupos homogéneos o heterogéneos), se agrupará al estudiante en un grupo o en otro.

Siguiendo con el ejemplo, y con el objetivo de clarificar la relación existente entre la información asociada a la visualización de los vídeos y los perfiles de los estudiantes, se van a mostrar los vectores que caracterizan a tres de los ocho estudiantes (Estudiante #1, Estudiante #2 y Estudiante #3).

$$Estudiante\ \#1\ \rightarrow Vector\ = \begin{cases} Vector\ 1 = [1,1,1,1,\dots,1,1] \\ Vector\ 2 = [2,3,3,3,\dots,3,3,3] \\ Vector\ 3 = [1,1,1,1,\dots,1,1,1] \end{cases}$$

$$Estudiante\ \#2\ \rightarrow\ Vector = \begin{cases} Vector\ 1 = [1,1,2,2,\dots,2,2] \\ Vector\ 2 = [3,3,3,3,\dots,3,3,3] \\ Vector\ 3 = [2,2,2,2,\dots,2,2,2] \end{cases}$$

$$Estudiante\ \#3\ \rightarrow\ Vector\ = \begin{cases} Vector\ 1 = [15,15,15,15,\dots,21,21] \\ Vector\ 2 = [18,18,18,18,\dots,18,18,] \\ Vector\ 3 = [20,20,20,20,\dots,20,20,20] \end{cases}$$

Por otra parte, y siguiendo con el ejemplo, se establece que el algoritmo "K-means" proporciona los siguientes perfiles (Perfil #A, Perfil #B y Perfil #C).

$$Perfil\ \#A\ \rightarrow Vector\ = \begin{cases} Vector\ 1 = [2,2,3,3,\dots,3,3] \\ Vector\ 2 = [4,2,2,2,\dots,4,4,4] \\ Vector\ 3 = [2,2,3,3,\dots,4,4,4] \end{cases}$$

$$Perfil\ \#B\ \rightarrow\ Vector = \begin{cases} Vector\ 1 = [9,9,9,9,\dots,9,9] \\ Vector\ 2 = [8,8,7,7,\dots,10,10,10] \\ Vector\ 3 = [12,12,11,11,\dots,12,12,12] \end{cases}$$

$$Perfil\ \#C\ \rightarrow\ Vector\ = \begin{cases} Vector\ 1 = [21,21,18,18,\dots,21,21] \\ Vector\ 2 = [19,19,19,19,\dots,20,20] \\ Vector\ 3 = [17,17,17,18,\dots,23,23,23] \end{cases}$$

Se puede ver que a los dos primeros estudiantes se les asignará el perfil #A, mientras que al tercer estudiante (estudiante #3) se le asignará el perfil #C, puesto que son los perfiles más cercanos a sus correspondientes vectores relacionados con su visualización de los vídeos. Tal y como sucedía en el caso anterior, dependiendo del tipo de grupos que se quiera utilizar, se agruparán a los dos primeros estudiantes en un mismo grupo, si los grupos son homogéneos; o al tercer estudiante con el primer estudiante, o con el segundo estudiante, si los grupos son heterogéneos.

Por tanto, la idea fundamental, en la que se basa este proceso de creación de grupos, está asociada al comportamiento de los estudiantes a la hora de visualizar los vídeos. En base a este tipo de agrupamiento se puede distinguir si los estudiantes visualizan mucho cada uno de los segundos de los vídeos, si tienen un patrón de visualización intermedio, o si visualizan poco los vídeos. En este sentido, se puede diferenciar estudiantes que sientan curiosidad por los vídeos o que tengan problemas con los conceptos explicados en los vídeos (que tendrán asociado un perfil que represente un número elevado de visualizaciones, en este caso el perfil #C), de estudiantes que no vean excesivamente dichos vídeos (perfil #B), y de estudiantes que vean poco los vídeos (perfil #A). Esta aproximación es particularmente útil si se considera que los estudiantes que ven mucho un determinado intervalo del vídeo son estudiantes que no están entendiendo los conceptos explicados en dichos conceptos. Siguiendo esta idea, se puede decir que, cuando los estudiantes se encuentran en el vídeo con conceptos que no entienden, vuelven a visualizar los segmentos del vídeo en los que se explican dichos conceptos. De forma similar, si los estudiantes se encuentran en el vídeo con conceptos que ya entienden, o con conceptos que pueden aprender sin necesidad de un gran esfuerzo,

entonces únicamente van a visualizar un número reducido de veces (puede que incluso una única vez) los segmentos de los vídeos en los que se explican dichos conceptos. Por tanto, los estudiantes que entiendan el mismo conjunto de conceptos tendrán un comportamiento similar, ya que visualizarán un número reducido de veces los segundos de los vídeos en los que se explican dichos conceptos (es decir, dichos estudiantes visualizarán los vídeos de una forma similar). Mientras que los estudiantes que no entiendan el mismo conjunto de conceptos visualizarán de manera diferente los vídeos con respecto a los estudiantes que sí que los entiendan, puesto que visualizarán un número elevado de veces los segundos de los vídeos en los que se explican dichos conceptos. Esto permitirá asignar diferentes perfiles a estudiantes en base a su "nivel" de conocimiento de los conceptos explicados en dichos vídeos. Aunque, como se ha comentado previamente, esta suposición asociada al hecho de que los estudiantes ven repetidamente los intervalos de los vídeos que no comprenden, requiere que el profesor no haya diseñado los vídeos precisamente con el objetivo de que los estudiantes los vean muchas veces (ya que, en este caso, los estudiantes estarían viendo muchas veces los intervalos del vídeo porque el profesor ha diseñado así el vídeo, por ejemplo, porque incluye contenido interesante para los estudiantes, no porque no estén entendiendo los conceptos expuestos en dicho vídeo).

C.4. Formación de grupos en base a la facilidad y a la facilidad al primer intento de los estudiantes al realizar los ejercicios

En este caso, se van a crear los grupos en base a la facilidad y a la facilidad al primer intento de los estudiantes a la hora de resolver los ejercicios. La idea es caracterizar a cada estudiante mediante un conjunto de vectores asociados a diferentes ejercicios. Cada uno de estos vectores almacenará dos valores, el valor asociado a la facilidad del estudiante a la hora de resolver un determinado ejercicio, y el valor asociado a la facilidad al primer intento del estudiante a la hora de resolver el mismo ejercicio. Por tanto, se tiene un vector que contendrá diferentes vectores (cada uno de estos vectores contendrá la información asociada a un determinado ejercicio) que, a su vez, contendrán la facilidad y facilidad al primer intento del ejercicio correspondiente.

Con el objetivo de entender mejor este proceso de formación de grupos se muestra un ejemplo. En dicho ejemplo se establece que se quiere caracterizar a tres estudiantes, en base a la facilidad y a la facilidad al primer intento de dichos estudiantes a la hora de

resolver dos ejercicios asociados a una determinada temática. En este caso, cada uno de los tres estudiantes se caracterizará de la siguiente forma (Expresión C.5).

$$Estudiante\ N \rightarrow \begin{cases} Ejercicio\ 1 \begin{cases} Facilidad = X1 \\ Facilidad\ primer\ intento = Y1 \end{cases} \\ Ejercicio\ 2 \begin{cases} Facilidad = X2 \\ Facilidad\ primer\ intento = Y2 \end{cases} \end{cases} \quad (C.5)$$

Por tanto, cada estudiante se define mediante un vector que, a su vez, contiene diferentes vectores asociados a diferentes ejercicios. Tal y como en los casos anteriores, para obtener los perfiles se utilizará el conjunto de datos de los estudiantes (estudiantes que no se van a agrupar) y el algoritmo "K-means". Siguiendo con el ejemplo, se establece que este proceso proporciona los siguientes perfiles (Perfil #A, Perfil #B y Perfil #C).

$$Perfil\ \#A \rightarrow \begin{cases} Ejercicio\ 1 \begin{cases} Facilidad = 1 \\ Facilidad\ primer\ intento = 0{,}8 \end{cases} \\ Ejercicio\ 2 \begin{cases} Facilidad = 0{,}9 \\ Facilidad\ primer\ intento = 0{,}8 \end{cases} \end{cases}$$

$$Perfil\ \#B \rightarrow \begin{cases} Ejercicio\ 1 \begin{cases} Facilidad = 0{,}5 \\ Facilidad\ primer\ intento = 0{,}4 \end{cases} \\ Ejercicio\ 2 \begin{cases} Facilidad = 0{,}6 \\ Facilidad\ primer\ intento = 0{,}4 \end{cases} \end{cases}$$

$$Perfil\ \#C \rightarrow \begin{cases} Ejercicio\ 1 \begin{cases} Facilidad = 0{,}2 \\ Facilidad\ primer\ intento = 0{,}1 \end{cases} \\ Ejercicio\ 2 \begin{cases} Facilidad = 0{,}1 \\ Facilidad\ primer\ intento = 0 \end{cases} \end{cases}$$

En cuanto a los estudiantes (Estudiante #1, Estudiante #2 y Estudiante #3), se establece que han resuelto los ejercicios de tal forma que sus correspondientes valores de facilidad y facilidad al primer intento son los siguientes:

$$Estudiante\ \#1 \rightarrow \begin{cases} Ejercicio\ 1 \begin{cases} Facilidad = 0.9 \\ Facilidad\ primer\ intento = 0.8 \end{cases} \\ Ejercicio\ 2 \begin{cases} Facilidad = 0.85 \\ Facilidad\ primer\ intento = 0.7 \end{cases} \end{cases}$$

$$Estudiante\ \#2 \rightarrow \begin{cases} Ejercicio\ 1 \begin{cases} Facilidad = 0.55 \\ Facilidad\ primer\ intento = 0.5 \end{cases} \\ Ejercicio\ 2 \begin{cases} Facilidad = 0.6 \\ Facilidad\ primer\ intento = 0.4 \end{cases} \end{cases}$$

$$Estudiante\ \#3 \rightarrow \begin{cases} Ejercicio\ 1 \begin{cases} Facilidad = 0.5 \\ Facilidad\ primer\ intento = 0.4 \end{cases} \\ Ejercicio\ 2 \begin{cases} Facilidad = 0.55 \\ Facilidad\ primer\ intento = 0.45 \end{cases} \end{cases}$$

De esta forma, al primer estudiante se le asignaría el perfil #A, mientras que a los otros dos estudiantes (estudiante #2 y estudiante #3) se les asignaría el perfil #B. De esta forma, se podría diferenciar entre estudiantes que resuelven los ejercicios sin dificultades (sus correspondientes valores de facilidad y facilidad al primer intento estarían en torno a uno), estudiantes a los que les costara algo más resolver los ejercicios (que tendrían asociados valores de facilidad y facilidad al primer intento en torno a 0,5), y estudiantes que tuvieran dificultades con los ejercicios (en este caso, sus correspondientes valores de facilidad y facilidad al primer intento estarían en torno a cero). De la misma forma que antes, una vez obtenidos los perfiles de los estudiantes se pueden crear los grupos sin ningún tipo de dificultad, lo único que hay que decidir es si se pretende crear grupos homogéneos o heterogéneos, puesto que dependiendo de dicha elección se asignarán a los estudiantes a grupos que incluyan estudiantes con su mismo perfil o con distinto perfil.

C.5. Formación de grupos utilizando los tres tipos de datos

Tras la exposición de las formaciones de grupos descritas en las secciones anteriores, se puede apreciar que las puntuaciones obtenidas por los estudiantes en los diferentes módulos del curso, la información asociada a la visualización de los vídeos, y las prestaciones de los estudiantes a la hora de resolver los ejercicios, son datos que permiten obtener los perfiles de los estudiantes, lo cual permite crear los diferentes grupos. Hasta este punto, se han creado los grupos de estudiantes considerando cada una de estos tipos de datos por separado, pero se puede dar un paso más allá y combinar dichos datos para crear los grupos. De esta forma, se estaría utilizando una información que representa de una forma mucho más completa el comportamiento de los estudiantes, puesto que se consideran varias fuentes de información diferentes para crear los grupos.

La idea detrás de este tipo de agrupamiento puede equipararse a la idea asociada al agrupamiento basado en el uso de la facilidad y la facilidad al primer intento de los estudiantes a la hora de resolver los ejercicios. Hay que recordar que, en este tipo de formación de grupos, para obtener los perfiles, hay que "enlazar" la información asociada a la facilidad del estudiante con la información asociada a la facilidad al primer intento del estudiante en un único vector, por cada ejercicio que se quiera analizar y, a su vez, hay que almacenar cada uno de estos vectores en un único vector que almacena toda la información asociada a un determinado estudiante. En este caso, el proceso es similar, ya que hay que enlazar los tres tipos de datos. Por tanto, si se utiliza,

como datos para la creación de grupos, las puntuaciones obtenidas en los diferentes módulos del curso, la información asociada a la visualización de los vídeos, y la facilidad y facilidad al primer intento de los estudiantes, se debe almacenar toda la información disponible en un único vector que caracterice al estudiante. Una vez almacenada toda la información asociada al estudiante en un único vector, se puede obtener los perfiles de los estudiantes mediante el algoritmo "K-means"; perfiles que se utilizarán para crear los diferentes grupos de estudiantes.

Con el objetivo de comprender mejor este tipo de formación de grupos basadas en el uso combinado de varios tipos de datos, se mostrará un ejemplo. En este ejemplo se establece que se dispone de la información asociada a las puntuaciones obtenidas en tres módulos del curso (los valores asociados a estas puntuaciones estarán comprendido en el intervalo [0, 10]), la información de visualización asociada a tres vídeos diferentes (hay que recordar que este tipo de información está representada mediante el número de visualizaciones de cada segundo del vídeo), y la facilidad y facilidad al primer intento de los estudiantes a la hora de resolver tres ejercicios diferentes (hay que recordar que la facilidad y la facilidad al primer intento pueden tomar un valor comprendido en el intervalo [0,1]). Además, se establece que, utilizando el conjunto de estudiantes utilizado para obtener los perfiles, así como el algoritmo "K-means", se obtienen los siguientes perfiles de los estudiantes (Perfil #A, Perfil #B, y Perfil #C).

- Perfil #A
  - Puntuaciones en los tres módulos: $\begin{cases} Módulo\ 1 \rightarrow 8 \\ Módulo\ 2 \rightarrow 9 \\ Módulo\ 3 \rightarrow 8 \end{cases}$
  - Información de visualización de los tres vídeos: $\begin{cases} Vídeo\ 1 \rightarrow [2,2,\dots,2,2] \\ Vídeo\ 2 \rightarrow [3,3,\dots,3,3] \\ Vídeo\ 3 \rightarrow [4,4,\dots,3,3] \end{cases}$
  - Facilidad y facilidad al primer intento en los tres ejercicios: $\begin{cases} Ejercicio\ 1 \rightarrow \begin{cases} Facilidad \rightarrow 0.9 \\ Facilidad\ primer\ intento \rightarrow 0.8 \end{cases} \\ Ejercicio\ 2 \rightarrow \begin{cases} Facilidad \rightarrow 0.95 \\ Facilidad\ primer\ intento \rightarrow 0.75 \end{cases} \\ Ejercicio\ 3 \rightarrow \begin{cases} Facilidad \rightarrow 0.8 \\ Facilidad\ primer\ intento \rightarrow 0.7 \end{cases} \end{cases}$

- Perfil #B
  - Puntuaciones en los tres módulos: $\begin{cases} Módulo\ 1 \rightarrow 7 \\ Módulo\ 2 \rightarrow 6 \\ Módulo\ 3 \rightarrow 5 \end{cases}$
  - Información de visualización de los tres vídeos: $\begin{cases} Vídeo\ 1 \rightarrow [4{,}5, \ldots, 5{,}5] \\ Vídeo\ 2 \rightarrow [6{,}6, \ldots, 7{,}7] \\ Vídeo\ 3 \rightarrow [8{,}8, \ldots, 8{,}8] \end{cases}$
  - Facilidad y facilidad al primer intento en los tres ejercicios:

$$\begin{cases} Ejercicio\ 1 \rightarrow \begin{cases} Facilidad \rightarrow 0.55 \\ Facilidad\ primer\ intento \rightarrow 0.45 \end{cases} \\ Ejercicio\ 2 \rightarrow \begin{cases} Facilidad \rightarrow 0.6 \\ Facilidad\ primer\ intento \rightarrow 0.5 \end{cases} \\ Ejercicio\ 3 \rightarrow \begin{cases} Facilidad \rightarrow 0.6 \\ Facilidad\ primer\ intento \rightarrow 0.4 \end{cases} \end{cases}$$

- Perfil #C
  - Puntuaciones en los tres módulos: $\begin{cases} Módulo\ 1 \rightarrow 2 \\ Módulo\ 2 \rightarrow 3 \\ Módulo\ 3 \rightarrow 2 \end{cases}$
  - Información de visualización de los tres vídeos: $\begin{cases} Vídeo\ 1 \rightarrow [20{,}20, \ldots, 20{,}20] \\ Vídeo\ 2 \rightarrow [17{,}17, \ldots, 17{,}17] \\ Vídeo\ 3 \rightarrow [18{,}18, \ldots, 18{,}18] \end{cases}$
  - Facilidad y facilidad al primer intento en los tres ejercicios:

$$\begin{cases} Ejercicio\ 1 \rightarrow \begin{cases} Facilidad \rightarrow 0.2 \\ Facilidad\ primer\ intento \rightarrow 0.1 \end{cases} \\ Ejercicio\ 2 \rightarrow \begin{cases} Facilidad \rightarrow 0.2 \\ Facilidad\ primer\ intento \rightarrow 0.15 \end{cases} \\ Ejercicio\ 3 \rightarrow \begin{cases} Facilidad \rightarrow 0.15 \\ Facilidad\ primer\ intento \rightarrow 0.1 \end{cases} \end{cases}$$

Siguiendo con el ejemplo, se establece que se tienen tres estudiantes (Estudiante #1, Estudiante #2, y Estudiante #3), y que se ha recopilado la siguiente información de cada uno de ellos.

- Estudiante #1:
  - Puntuaciones en los tres módulos: $\begin{cases} Módulo\ 1 \rightarrow 6 \\ Módulo\ 2 \rightarrow 5 \\ Módulo\ 3 \rightarrow 6 \end{cases}$
  - Información de visualización de los tres vídeos: $\begin{cases} Vídeo\ 1 \rightarrow [7{,}7, \ldots, 7{,}7] \\ Vídeo\ 2 \rightarrow [8{,}8, \ldots, 8{,}8] \\ Vídeo\ 3 \rightarrow [8{,}9, \ldots, 9{,}9] \end{cases}$
  - Facilidad y facilidad al primer intento en los tres ejercicios:

$$\begin{cases} Ejercicio\ 1 \rightarrow \begin{cases} Facilidad \rightarrow 0.55 \\ Facilidad\ primer\ intento \rightarrow 0.5 \end{cases} \\ Ejercicio\ 2 \rightarrow \begin{cases} Facilidad \rightarrow 0.6 \\ Facilidad\ primer\ intento \rightarrow 0.55 \end{cases} \\ Ejercicio\ 3 \rightarrow \begin{cases} Facilidad \rightarrow 0.5 \\ Facilidad\ primer\ intento \rightarrow 0.45 \end{cases} \end{cases}$$

- Estudiante #2
  - Puntuaciones en los tres módulos: $\begin{cases} Módulo\ 1 \rightarrow 5 \\ Módulo\ 2 \rightarrow 5 \\ Módulo\ 3 \rightarrow 5 \end{cases}$
  - Información de visualización de los tres vídeos: $\begin{cases} Vídeo\ 1 \rightarrow [10,10,\dots,10,10] \\ Vídeo\ 2 \rightarrow [10,12,\dots,13,13] \\ Vídeo\ 3 \rightarrow [3,3,\dots,3,3] \end{cases}$
  - Facilidad y facilidad al primer intento en los tres ejercicios: $\begin{cases} Ejercicio\ 1 \rightarrow \begin{cases} Facilidad \rightarrow 0.5 \\ Facilidad\ primer\ intento \rightarrow 0.4 \end{cases} \\ Ejercicio\ 2 \rightarrow \begin{cases} Facilidad \rightarrow 0.55 \\ Facilidad\ primer\ intento \rightarrow 0.45 \end{cases} \\ Ejercicio\ 3 \rightarrow \begin{cases} Facilidad \rightarrow 0.55 \\ Facilidad\ primer\ intento \rightarrow 0.4 \end{cases} \end{cases}$
- Estudiante #3
  - Puntuaciones en los tres módulos: $\begin{cases} Módulo\ 1 \rightarrow 8 \\ Módulo\ 2 \rightarrow 9 \\ Módulo\ 3 \rightarrow 8 \end{cases}$
  - Información de visualización de los tres vídeos: $\begin{cases} Vídeo\ 1 \rightarrow [2,2,\dots,2,2] \\ Vídeo\ 2 \rightarrow [3,3,\dots,3,3] \\ Vídeo\ 3 \rightarrow [3,4,\dots,4,4] \end{cases}$
  - Facilidad y facilidad al primer intento en los tres ejercicios: $\begin{cases} Ejercicio\ 1 \rightarrow \begin{cases} Facilidad \rightarrow 0.9 \\ Facilidad\ primer\ intento \rightarrow 0.8 \end{cases} \\ Ejercicio\ 2 \rightarrow \begin{cases} Facilidad \rightarrow 0.85 \\ Facilidad\ primer\ intento \rightarrow 0.75 \end{cases} \\ Ejercicio\ 3 \rightarrow \begin{cases} Facilidad \rightarrow 0.9 \\ Facilidad\ primer\ intento \rightarrow 0.8 \end{cases} \end{cases}$

Se puede ver que a los dos primeros estudiantes (estudiante #1 y estudiante #2) se les asignaría el perfil #B, mientras que al tercer estudiante (estudiante #3) se le asignaría el perfil #A. De este modo, se pueden crear los grupos de estudiantes utilizando conjuntamente los tres tipos de información considerados, lo cual permite caracterizarles de una manera más apropiada con respecto al caso de utilizar un único tipo de dato, puesto que se está utilizando una mayor cantidad de información relacionada con su proceso de aprendizaje.

Por otra parte, con el objetivo de detallar por completo el agrupamiento de los estudiantes en base a las tres fuentes de información que se han considerado, se va a mostrar en detalle el proceso que permite almacenar toda la información asociada al estudiante en el vector utilizado para caracterizar a dicho estudiante. La idea es almacenar en un único vector toda la información del estudiante proveniente de las tres fuentes de información consideradas. Por tanto, hay que almacenar la información asociada a las puntuaciones del estudiante en los diferentes módulos, la información del

estudiante asociada a la visualización de los vídeos, y la información asociada a la facilidad y facilidad al primer intento del estudiante en los diferentes ejercicios. El proceso que se ha utilizado es bastante intuitivo, simplemente se ha almacenado cada uno de los vectores que almacenan los diferentes tipos de información en el vector que va a caracterizar al estudiante (en el vector que va a almacenar toda la información del estudiante). Primero se almacena la información asociada a las puntuaciones en los diferentes módulos, después se incluye la información asociada a la visualización de los vídeos y, finalmente, se almacena la información asociada a la facilidad y a la facilidad al primer intento obtenida en los diferentes ejercicios. De esta forma, es posible caracterizar a cada estudiante mediante un único vector que contendrá toda la información asociada a los tres tipos de datos que se han considerado. Con el objetivo de entender mejor el proceso, se muestra un ejemplo. En este ejemplo se establece que un estudiante tiene asociada la siguiente información.

- Estudiante #N
  - Puntuaciones en dos módulos: $\begin{cases} Módulo\ 1 \rightarrow 7 \\ Módulo\ 2 \rightarrow 8 \end{cases}$

$$Vector\ que\ almacena\ esta\ información = [7,8]$$

  - Información de visualización en dos vídeos: $\begin{cases} Vídeo\ 1 \rightarrow [3,3,3,\dots,3,3,3] \\ Vídeo\ 2 \rightarrow [4,4,4,\dots,4,4,4] \end{cases}$

$$Vector\ que\ almacena\ esta\ información = \begin{cases} [3,3,3,\dots,3,3,3] \\ [4,4,4,\dots,4,4,4] \end{cases}$$

  - Facilidad y facilidad al primer intento en dos ejercicios:

$$\begin{cases} Ejercicio\ 1 \rightarrow \begin{cases} Facilidad \rightarrow 0.9 \\ Facilidad\ primer\ intento \rightarrow 0.8 \end{cases} \\ Ejercicio\ 2 \rightarrow \begin{cases} Facilidad \rightarrow 0.9 \\ Facilidad\ primer\ intento \rightarrow 0.85 \end{cases} \end{cases}$$

$$Vector\ que\ almacena\ esta\ información = \begin{cases} [0.9, 0.8] \\ [0.9, 0.85] \end{cases}$$

Como se ha comentado anteriormente, para obtener el vector que va a caracterizar al estudiante, primero se almacenan las puntuaciones obtenidas en los diferentes módulos del curso, por tanto, en este punto del proceso, dicho vector contendría la siguiente información (expresión C.6).

$$Vector = \left[[7,8]\right] \qquad (C.6)$$

Después se almacena la información asociada a la visualización de los vídeos (expresión C.7).

$$Vector = \left[[7,8], [[3,3,3, \dots ,3,3,3], [4,4,4, \dots ,4,4,4]\ ]\right] \qquad (C.7)$$

Finalmente, se almacena la información asociada a la facilidad y a la facilidad al primer intento obtenida en los diferentes ejercicios (expresión C.8).

$$\left[[7,8], [[3,3,3, \dots ,3,3,3], [4,4,4, \dots ,4,4,4]\ ], [[0.9, 0.8], [0.9, 0.85]\ ]\right] \qquad (C.8)$$

Por lo que el vector que caracterizaría al estudiante sería el siguiente (expresión C.9).

$$\left[[7,8], [[3,3,3, \dots ,3,3,3], [4,4,4, \dots ,4,4,4]\ ], [[0.9, 0.8], [0.9, 0.85]]\right] \qquad (C.9)$$

Se puede observar que el proceso es un proceso bastante simple, que permite caracterizar completamente a los estudiantes, puesto que se tienen en cuenta los tres tipos de datos que se han considerado para realizar el agrupamiento de los estudiantes. De esta forma, se puede obtener unos perfiles que contendrán información muy completa de los estudiantes, información con la que se puede representar de una manera apropiada el proceso de aprendizaje de los estudiantes; y esto permitirá crear grupos de estudiantes que se ajusten adecuadamente a la actividad de aprendizaje colaborativo que se pretenda realizar.

C.6. Formación de grupos aleatoria

Finalmente, y para proporcionar todos los detalles relacionados con la forma en la que la herramienta desarrollada crea los grupos, se va a exponer la formación de grupos aleatoria que la herramienta proporciona. En concreto, para crear los grupos de manera aleatoria se seguiría el siguiente proceso. Primero se asigna a cada estudiante un determinado identificador compuesto simplemente por un número entero, y después se almacenan los identificadores de todos los estudiantes en un mismo vector. Después, se generan números aleatorios cuyos valores se encuentran en el intervalo [1, longitud del vector], puesto que se considera que el primer elemento del vector se almacena en la posición 1, y el último elemento del vector se almacena en la posición "longitud del vector". Utilizando dicho número aleatorio, se selecciona al estudiante cuyo identificador se encuentre en la posición del vector que se corresponda con el valor del número aleatorio que se ha generado en la correspondiente iteración del proceso. Al seleccionar al estudiante, se extrae su identificador de dicho vector, y se reemplaza por un valor nulo de forma que no se vuelva a escoger a dicho estudiante si el número

aleatorio vuelve a tomar el mismo valor. De esta forma, se va agrupando en el mismo grupo a los estudiantes hasta alcanzar el número de estudiantes por grupo que se haya establecido, momento en el cual se "crea" un nuevo grupo que contendrá a los siguientes estudiantes seleccionados de manera aleatoria. Con el objetivo de entenderlo mejor, se muestra un ejemplo a continuación (en dicho ejemplo, los valores nulos se representarán mediante un signo menos "-"). En este ejemplo se establece que se quiere agrupar de forma aleatoria a 9 estudiantes en grupos de tres estudiantes. Por tanto, lo primero que se hace es asignar a cada estudiante un identificador y almacenar dichos identificadores en un vector.

$$Estudiante\ N\ \rightarrow Identificador\ ID_N$$

$$Vector\ con\ los\ identificadores = [ID_1, ID_2, \dots, ID_8, ID_9]$$

Una vez hecho esto, se van generando números aleatorios y asignando a los estudiantes a sus correspondientes grupos.

- $Número\ aleatorio = 2$

$$Grupo\ \#A = [ID_2]$$

$$Vector\ con\ los\ identificadores = [ID_1, -, ID_3, ID_4 \dots, ID_8, ID_9]$$

- $Número\ aleatorio = 4$

$$Grupo\ \#A = [ID_2, ID_4]$$

$$Vector\ con\ los\ identificadores = [ID_1, -, ID_3, -, \dots, ID_8, ID_9]$$

- $Número\ aleatorio = 8$

$$Grupo\ \#A = [ID_2, ID_4, ID_8]$$

$$Vector\ con\ los\ identificadores = [ID_1, -, ID_3, -, \dots, ID_7, -, ID_9]$$

- $Número\ aleatorio = 9$

$$Grupo\ \#A = [ID_2, ID_4, ID_8]$$

$$Grupo\ \#B = [ID_9]$$

$$Vector\ con\ los\ identificadores = [ID_1, -, ID_3, -, \dots, ID_7, -, -]$$

Por tanto, si se continúa con este proceso hasta que el vector con los identificadores únicamente contenga valores nulos, se consigue crear los grupos de estudiantes de forma aleatoria.

Considerando todo lo expuesto hasta el momento, se puede apreciar que el proceso de formación de grupos lleva asociado un análisis relativamente complejo que no sería posible realizar sin herramientas específicas para la formación de grupos, herramientas como la presentada en el presente trabajo. Además, hay que destacar que la herramienta desarrollada permite crear grupos de estudiantes no sólo en contextos educativos basados en el modelo de clase invertida (aunque, como es lógico, está ideada para dichos contextos), sino que puede ser utilizada en cualquier contexto educativo en el que se dispongan de los datos necesarios para crear los grupos, ya sean las puntuaciones de los estudiantes, el número de veces que han visualizado cada uno de los segundos de los vídeos, o la facilidad y la facilidad al primer intento a la hora de resolver los ejercicios. Por tanto, se podría utilizar esta funcionalidad asociada a la formación de grupos en cualquier tipo de curso en el que se generen los datos educativos que la herramienta utiliza para la formación de grupos.

ANEXO D. CUESTIONARIO PARA LA EVALUACIÓN DE LA HERRAMIENTA

D.1. Usabilidad

En este caso, todas las preguntas del cuestionario (en total, diez preguntas) están basadas en el cuestionario SUS ("System Usability Scale", 2020). Dichas preguntas son las siguientes:

1) Creo que me gustaría usar este sistema frecuentemente.

Totalmente en desacuerdo	
Moderadamente en desacuerdo	
Ni en desacuerdo ni de acuerdo	
Moderadamente de acuerdo	
Totalmente de acuerdo	

2) El sistema es innecesariamente complejo.

Totalmente en desacuerdo	
Moderadamente en desacuerdo	
Ni en desacuerdo ni de acuerdo	
Moderadamente de acuerdo	
Totalmente de acuerdo	

3) Creo que el sistema ha sido fácil de usar.

Totalmente en desacuerdo	
Moderadamente en desacuerdo	
Ni en desacuerdo ni de acuerdo	
Moderadamente de acuerdo	
Totalmente de acuerdo	

4) Creo que necesitaría ayuda de una persona con conocimientos técnicos para poder usar el sistema adecuadamente.

Totalmente en desacuerdo	
Moderadamente en desacuerdo	
Ni en desacuerdo ni de acuerdo	
Moderadamente de acuerdo	
Totalmente de acuerdo	

5) Creo que las funciones proporcionadas por el sistema están bien integradas en dicho sistema.

Totalmente en desacuerdo	
Moderadamente en desacuerdo	
Ni en desacuerdo ni de acuerdo	
Moderadamente de acuerdo	
Totalmente de acuerdo	

6) Creo que el sistema es demasiado inconsistente (por ejemplo, el sistema tiene demasiados fallos, faltan funciones básicas, o las funciones no están bien implementadas).

Totalmente en desacuerdo	
Moderadamente en desacuerdo	
Ni en desacuerdo ni de acuerdo	
Moderadamente de acuerdo	
Totalmente de acuerdo	

7) Creo que la mayoría de los usuarios no tendrían demasiados problemas para aprender a usar el sistema en un periodo razonable de tiempo.

Totalmente en desacuerdo	
Moderadamente en desacuerdo	
Ni en desacuerdo ni de acuerdo	
Moderadamente de acuerdo	
Totalmente de acuerdo	

8) Creo que el sistema es demasiado enrevesado.

Totalmente en desacuerdo	
Moderadamente en desacuerdo	
Ni en desacuerdo ni de acuerdo	
Moderadamente de acuerdo	
Totalmente de acuerdo	

9) Me he sentido confiado cuando he usado el sistema, es decir, sabía lo que estaba haciendo cuando he usado el sistema.

Totalmente en desacuerdo	
Moderadamente en desacuerdo	
Ni en desacuerdo ni de acuerdo	
Moderadamente de acuerdo	
Totalmente de acuerdo	

10) He necesitado aprender un gran número de cosas para poder usar adecuadamente el sistema.

Totalmente en desacuerdo	
Moderadamente en desacuerdo	
Ni en desacuerdo ni de acuerdo	
Moderadamente de acuerdo	
Totalmente de acuerdo	

D.2. Efectividad

Las preguntas asociadas a la evaluación de la efectividad de la herramienta son las siguientes:

1) Creo que la herramienta, en su conjunto, permitiría mejorar mi práctica docente en un contexto de clase invertida.

Totalmente en desacuerdo	
Moderadamente en desacuerdo	
Ni en desacuerdo ni de acuerdo	
Moderadamente de acuerdo	
Totalmente de acuerdo	

2) Creo que la información relacionada con la visualización de los vídeos permitiría mejorar mi práctica docente en un entorno educativo que hiciera uso de la clase invertida.

Totalmente en desacuerdo	
Moderadamente en desacuerdo	
Ni en desacuerdo ni de acuerdo	
Moderadamente de acuerdo	
Totalmente de acuerdo	

3) Creo que la información asociada con los ejercicios permitiría mejorar mi práctica docente en un contexto de clase invertida.

Totalmente en desacuerdo	
Moderadamente en desacuerdo	
Ni en desacuerdo ni de acuerdo	
Moderadamente de acuerdo	
Totalmente de acuerdo	

4) Creo que la herramienta de formación de grupos permitiría mejorar mi práctica docente en un entorno educativo que hiciera uso de la clase invertida.

Totalmente en desacuerdo	
Moderadamente en desacuerdo	
Ni en desacuerdo ni de acuerdo	
Moderadamente de acuerdo	
Totalmente de acuerdo	

D.3. Intervenciones - Modelo de clase invertida

A continuación, se muestran las preguntas relacionadas con las intervenciones que se podrían realizar utilizando el marco de trabajo y la herramienta propuestos.

1) Creo que la información asociada a los patrones de visualización de los vídeos (por ejemplo, el porcentaje de visualización, o el número de veces que se ha visto cada segundo del vídeo) permitiría mejorar dichos vídeos (por ejemplo, modificando partes de los vídeos que no se visualizaran un número suficiente de veces).

Totalmente en desacuerdo	
Moderadamente en desacuerdo	
Ni en desacuerdo ni de acuerdo	
Moderadamente de acuerdo	
Totalmente de acuerdo	

2) Creo que la información relacionada con los patrones de visualización de los vídeos permitiría detectar estudiantes que no se estuvieran preparando la clase presencial, lo cual permitiría corregir esta situación (por ejemplo, proporcionándoles recursos educativos adicionales, o "feedback" personalizado).

Totalmente en desacuerdo	
Moderadamente en desacuerdo	
Ni en desacuerdo ni de acuerdo	
Moderadamente de acuerdo	
Totalmente de acuerdo	

3) Creo que la información asociada a los patrones de visualización de los vídeos permitiría detectar los conceptos más complejos para los estudiantes, lo cual permitiría modificar la clase presencial en consecuencia (por ejemplo, realizando durante la clase más ejercicios asociados a dichos conceptos).

Totalmente en desacuerdo	
Moderadamente en desacuerdo	
Ni en desacuerdo ni de acuerdo	
Moderadamente de acuerdo	
Totalmente de acuerdo	

4) Creo que la información relacionada con los ejercicios (por ejemplo, el número de intentos o el número de veces que se han resuelto correctamente) permitiría mejorar dichos ejercicios (por ejemplo, modificando ejercicios que se detectasen que tienen un enunciado que no es entendido por los estudiantes, o cambiando las posibles soluciones en un ejercicio tipo test).

Totalmente en desacuerdo	
Moderadamente en desacuerdo	
Ni en desacuerdo ni de acuerdo	
Moderadamente de acuerdo	
Totalmente de acuerdo	

5) Creo que la información asociada con los ejercicios permitiría detectar estudiantes que no se estuvieran preparando adecuadamente la clase presencial (por ejemplo, estudiantes que no hubieran intentado realizar los ejercicios ni siquiera una vez), lo cual permitiría intervenir apropiadamente para solventar la solución (por ejemplo, contactando con el estudiante para saber el motivo de su falta de preparación, o proporcionándoles otros recursos educativos adicionales).

Totalmente en desacuerdo	
Moderadamente en desacuerdo	
Ni en desacuerdo ni de acuerdo	
Moderadamente de acuerdo	
Totalmente de acuerdo	

6) Creo que la información relacionada con los ejercicios permitiría detectar los conceptos más complejos para los estudiantes, lo cual permitiría modificar la clase presencial en consecuencia (por ejemplo, reduciendo el número de ejercicios, realizados durante dicha clase, que estuvieran asociados a conceptos comprendidos por los estudiantes, de tal modo que se pudieran realizar ejercicios centrados en conceptos que sean más complejos para los estudiantes).

Totalmente en desacuerdo	
Moderadamente en desacuerdo	
Ni en desacuerdo ni de acuerdo	
Moderadamente de acuerdo	
Totalmente de acuerdo	

7) Creo que, si se dispone de la información adecuada, se puede mejorar el proceso de aprendizaje de los estudiantes en un contexto de clase invertida

Totalmente en desacuerdo	
Moderadamente en desacuerdo	
Ni en desacuerdo ni de acuerdo	
Moderadamente de acuerdo	
Totalmente de acuerdo	

8) Utilizaría el modelo de clase invertida, y realizaría intervenciones como las expuestas anteriormente, si se me ofrecieran herramientas como la mostrada en la sesión.

Totalmente en desacuerdo	
Moderadamente en desacuerdo	
Ni en desacuerdo ni de acuerdo	
Moderadamente de acuerdo	
Totalmente de acuerdo	

D.4. Uso y mejoras de la herramienta

Las preguntas relacionadas con el uso y las posibles mejoras que se podrían implementar en la herramienta son las siguientes:

1) En el caso de utilizar el modelo de clase invertida, ¿cómo utilizarías la herramienta para mejorar tu docencia? ¿Qué información utilizarías? ¿Qué intervenciones realizarías?

2) ¿Hay información que crees que te sería útil en un contexto de clase invertida, pero que no has podido obtener mediante la herramienta, o que crees que se podría representar de otra forma? ¿Por qué crees que te sería útil? ¿Cómo la utilizarías (qué intervenciones realizarías)?

3) En cuanto a la metodología mostrada en la sesión, ¿crees que es útil desde el punto de vista pedagógico? ¿Cómo crees que se podría mejorar?

4) En general, ¿cómo utilizarías la analítica del aprendizaje para mejorar el modelo de clase invertida? ¿En qué diferiría tu aproximación de la mostrada en la sesión?

ANEXO E. RESPUESTAS DE LOS PROFESORES CON RESPECTO A LA USABILIDAD DE LA HERRAMIENTA

En este anexo se muestran las respuestas de los profesores al cuestionario asociado a la usabilidad de la herramienta. Hay que recordar que dicho cuestionario está basado en el cuestionario SUS, y que participaron 10 profesores en total.

- Profesor #1 (Tabla E.1)

TABLA E.1. RESPUESTAS DEL PROFESOR #1 - USABILIDAD DE LA HERRAMIENTA.

Usabilidad	Respuesta del profesor
Pregunta #1	Totalmente de acuerdo
Pregunta #2	Totalmente en desacuerdo
Pregunta #3	Totalmente de acuerdo
Pregunta #4	Totalmente en desacuerdo
Pregunta #5	Moderadamente de acuerdo
Pregunta #6	Totalmente en desacuerdo
Pregunta #7	Totalmente de acuerdo
Pregunta #8	Totalmente en desacuerdo
Pregunta #9	Totalmente de acuerdo
Pregunta #10	Totalmente de acuerdo

- Profesor #2 (Tabla E.2)

TABLA E.2. RESPUESTAS DEL PROFESOR #2 - USABILIDAD DE LA HERRAMIENTA.

Usabilidad	Respuesta del profesor
Pregunta #1	Totalmente de acuerdo
Pregunta #2	Moderadamente en desacuerdo
Pregunta #3	Totalmente de acuerdo
Pregunta #4	Moderadamente en desacuerdo
Pregunta #5	Totalmente de acuerdo
Pregunta #6	Totalmente en desacuerdo
Pregunta #7	Moderadamente de acuerdo
Pregunta #8	Totalmente en desacuerdo
Pregunta #9	Totalmente de acuerdo
Pregunta #10	Totalmente en desacuerdo

- Profesor #3 (Tabla E.3)

TABLA E.3. RESPUESTAS DEL PROFESOR #3 - USABILIDAD DE LA HERRAMIENTA.

Usabilidad	Respuesta del profesor
Pregunta #1	Moderadamente de acuerdo
Pregunta #2	Ni en desacuerdo ni de acuerdo
Pregunta #3	Moderadamente de acuerdo
Pregunta #4	Moderadamente en desacuerdo
Pregunta #5	Moderadamente de acuerdo
Pregunta #6	Totalmente en desacuerdo
Pregunta #7	Totalmente de acuerdo
Pregunta #8	Ni en desacuerdo ni de acuerdo
Pregunta #9	Totalmente de acuerdo
Pregunta #10	Totalmente en desacuerdo

- Profesor #4 (Tabla E.4)

TABLA E.4. RESPUESTAS DEL PROFESOR #4 - USABILIDAD DE LA HERRAMIENTA.

Usabilidad	Respuesta del profesor
Pregunta #1	Totalmente de acuerdo
Pregunta #2	Moderadamente en desacuerdo
Pregunta #3	Moderadamente de acuerdo
Pregunta #4	Moderadamente en desacuerdo
Pregunta #5	Moderadamente de acuerdo
Pregunta #6	Ni en desacuerdo ni de acuerdo
Pregunta #7	Totalmente de acuerdo
Pregunta #8	Moderadamente en desacuerdo
Pregunta #9	Totalmente de acuerdo
Pregunta #10	Totalmente en desacuerdo

- Profesor #5 (Tabla E.5)

TABLA E.5. RESPUESTAS DEL PROFESOR #5 - USABILIDAD DE LA HERRAMIENTA.

Usabilidad	Respuesta del profesor
Pregunta #1	Totalmente de acuerdo
Pregunta #2	Moderadamente en desacuerdo
Pregunta #3	Moderadamente de acuerdo
Pregunta #4	Totalmente en desacuerdo
Pregunta #5	Moderadamente de acuerdo
Pregunta #6	Totalmente en desacuerdo
Pregunta #7	Moderadamente de acuerdo
Pregunta #8	Moderadamente en desacuerdo
Pregunta #9	Totalmente de acuerdo
Pregunta #10	Totalmente en desacuerdo

- Profesor #6 (Tabla E.6)

TABLA E.6. RESPUESTAS DEL PROFESOR #6 - USABILIDAD DE LA HERRAMIENTA.

Usabilidad	Respuesta del profesor
Pregunta #1	Totalmente de acuerdo
Pregunta #2	Moderadamente en desacuerdo
Pregunta #3	Moderadamente de acuerdo
Pregunta #4	Moderadamente en desacuerdo
Pregunta #5	Totalmente de acuerdo
Pregunta #6	Moderadamente en desacuerdo
Pregunta #7	Totalmente de acuerdo
Pregunta #8	Moderadamente en desacuerdo
Pregunta #9	Moderadamente de acuerdo
Pregunta #10	Totalmente en desacuerdo

- Profesor #7 (Tabla E.7)

TABLA E.7. RESPUESTAS DEL PROFESOR #7 - USABILIDAD DE LA HERRAMIENTA.

Usabilidad	Respuesta del profesor
Pregunta #1	Totalmente de acuerdo
Pregunta #2	Totalmente en desacuerdo
Pregunta #3	Moderadamente de acuerdo
Pregunta #4	Moderadamente de acuerdo
Pregunta #5	Totalmente de acuerdo
Pregunta #6	Totalmente en desacuerdo
Pregunta #7	Totalmente de acuerdo
Pregunta #8	Moderadamente en desacuerdo
Pregunta #9	Moderadamente de acuerdo
Pregunta #10	Ni en desacuerdo ni de acuerdo

- Profesor #8 (Tabla E.8)

TABLA E.8. RESPUESTAS DEL PROFESOR #8 - USABILIDAD DE LA HERRAMIENTA.

Usabilidad	Respuesta del profesor
Pregunta #1	Moderadamente de acuerdo
Pregunta #2	Ni en desacuerdo ni de acuerdo
Pregunta #3	Moderadamente de acuerdo
Pregunta #4	Ni en desacuerdo ni de acuerdo
Pregunta #5	Totalmente de acuerdo
Pregunta #6	Ni en desacuerdo ni de acuerdo
Pregunta #7	Moderadamente de acuerdo
Pregunta #8	Ni en desacuerdo ni de acuerdo
Pregunta #9	Moderadamente de acuerdo
Pregunta #10	Moderadamente de acuerdo

- Profesor #9 (Tabla E.9)

TABLA E.9. RESPUESTAS DEL PROFESOR #9 - USABILIDAD DE LA HERRAMIENTA.

Usabilidad	Respuesta del profesor
Pregunta #1	Totalmente de acuerdo
Pregunta #2	Totalmente en desacuerdo
Pregunta #3	Totalmente de acuerdo
Pregunta #4	Totalmente en desacuerdo
Pregunta #5	Totalmente de acuerdo
Pregunta #6	Totalmente en desacuerdo
Pregunta #7	Totalmente de acuerdo
Pregunta #8	Totalmente en desacuerdo
Pregunta #9	Totalmente de acuerdo
Pregunta #10	Totalmente en desacuerdo

- Profesor #10 (Tabla E.10)

TABLA E.10. RESPUESTAS DEL PROFESOR #10 - USABILIDAD DE LA HERRAMIENTA.

Usabilidad	Respuesta del profesor
Pregunta #1	Moderadamente de acuerdo
Pregunta #2	Totalmente en desacuerdo
Pregunta #3	Totalmente de acuerdo
Pregunta #4	Totalmente en desacuerdo
Pregunta #5	Totalmente de acuerdo
Pregunta #6	Moderadamente en desacuerdo
Pregunta #7	Totalmente de acuerdo
Pregunta #8	Totalmente en desacuerdo
Pregunta #9	Totalmente de acuerdo
Pregunta #10	Totalmente en desacuerdo

REFERENCIAS

7 Unique Flipped Classroom Models - Which is Right for You? (2017) Recuperado diciembre 2, 2019, de: https://www.panopto.com/blog/7-unique-flipped-classroom-models-right/

Abeysekera, L. y Dawson, P. (2015). Motivation and cognitive load in the flipped classroom: definition, rationale and a call for research. Higher Education Research & Development, 34(1), 1-14.

Adewoyin, O., Araya, R. y Vassileva, J. (2016). Peer review in mentorship: perception of the helpfulness of review and reciprocal ratings. In International Conference on Intelligent Tutoring Systems (pp. 286-293). Springer, Cham.

Aghababyan, A., Lewkow, N. y Baker, R. S. (2018). Enhancing the Clustering of Student Performance Using the Variation in Confidence. In International Conference on Intelligent Tutoring Systems (pp. 274-279). Springer, Cham.

Ahadi, A., Lister, R. y Vihavainen, A. (2016). On the number of attempts students made on some online programming exercises during semester and their subsequent performance on final exam questions. In Proceedings of the 2016 ACM Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education (pp. 218-223).

Alberola, J. M., Del Val, E., Sánchez-Anguix, V., Palomares, A. y Teruel, M. D. (2016). An artificial intelligence tool for heterogeneous team formation in the classroom. Knowledge-Based Systems, 101, 1-14.

AlJarrah, A., Thomas, M. K. y Shehab, M. (2018). Investigating temporal access in a flipped classroom: procrastination persists. International Journal of Educational Technology in Higher Education, 15(1), 1.

Andergassen, M., Ernst, G., Guerra, V., Mödritscher, F., Moser, M., Neumann, G. y Renner, T. (2015). The evolution of e-learning platforms from content to activity based learning: the case of Learn@ WU. In 2015 International Conference on Interactive Collaborative Learning (ICL) (pp. 779-784). IEEE

Baalsrud-Hauge, J. M., Stanescu, I. A., Arnab, S., Moreno Ger, P., Lim, T., Serrano-Laguna, A., Lameras, P., Hendrix, M., Kiili, K., Ninaus, M., de Freitas, S., Mazzetti, A., Dahlbom, A. y Degano, C. (2015). Learning through analytics architecture to scaffold learning experience through technology-based methods. International Journal of Serious Games, 2(1), 29-44.

Bada, S. O. y Olusegun, S. (2015). Constructivism learning theory: A paradigm for teaching and learning. Journal of Research & Method in Education, 5(6), 66-70.

Baepler, P., Walker, J. D. y Driessen, M. (2014). It's not about seat time: Blending, flipping, and efficiency in active learning classrooms. Computers & Education, 78, 227-236.

Barral, A. M., Ardi-Pastores, V. C. y Simmons, R. E. (2018). Student Learning in an Accelerated Introductory Biology Course Is Significantly Enhanced by a Flipped-Learning Environment. CBE—Life Sciences Education, 17(3), ar38.

Bergmann, J. y Sams, A. (2012). Flip your classroom: Reach every student in every class every day. International Society for Technology in Education.

Bhuiyan, S., Goodarzi, S., Large, J., Serrano, C. y Bristow, S. (2018). Understanding ERP Learning Success in Flipped Classrooms.

Bishop, J. L. y Verleger, M. A. (2013). The flipped classroom: A survey of the research. In ASEE national conference proceedings, Atlanta, GA (Vol. 30, No. 9, pp. 1-18).

Blackboard. Página web oficial. Recuperado enero 27, 2020, de: https://www.blackboard.com/es-es

Borrego, M., Foster, M. J. y Froyd, J. E. (2014). Systematic literature reviews in engineering education and other developing interdisciplinary fields. Journal of Engineering Education, 103(1), 45-76.

Brooke, J. (1996). SUS-A quick and dirty usability scale. Usability evaluation in industry, 189(194), 4-7.

Call for papers of the 1st International Conference on Learning Analytics and Knowledge (LAK 11), 2011. Recuperado febrero 27, 2020, de: https://tekri.athabascau.ca/analytics/call-papers

Chatti, M. A., Dyckhoff, A. L., Schroeder, U. y Thüs, H. (2013). A reference model for learning analytics. International Journal of Technology Enhanced Learning, 4(5-6), 318-331.

Chetlur, M., Tamhane, A., Reddy, V. K., Sengupta, B., Jain, M., Sukjunnimit, P. y Wagh, R. (2014). Edupal: Enabling blended learning in resource constrained environments. In Proceedings of the Fifth ACM Symposium on Computing for Development (pp. 73-82). ACM.

Christodoulopoulos, C. E. y Papanikolaou, K. (2007a). Investigation of group formation using low complexity algorithms. In Proc. of PING Workshop (pp. 57-60).

Christodoulopoulos, C. E. y Papanikolaou, K. A. (2007b). A group formation tool in an e-learning context. In 19th IEEE international conference on tools with artificial intelligence (ICTAI 2007) (Vol. 2, pp. 117-123). IEEE.

Comerford, L., Mannis, A., DeAngelis, M., Kougioumtzoglou, I. A. y Beer, M. (2018). Utilising database-driven interactive software to enhance independent home-study in a flipped classroom setting: going beyond visualising engineering concepts to ensuring formative assessment. European Journal of Engineering Education, 43(4), 522-537.

Corrias, A. y Hong, J. G. C. (2015). Design and implementation of a flipped classroom learning environment in the biomedical engineering context. In 2015 37th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC) (pp. 3985-3988). IEEE.

Cruz-Argudo, F. (2017). Flip-App o cómo incorporar gamificación a asignaturas “Flipped Classroom” basado en la plataforma Open edX. In Proceedings of the Spanish Track of the 5th European MOOCs Stakeholders Summit (EMOOCs), pp. 25-34

Deibel, K. (2005). Team formation methods for increasing interaction during in-class group work. In ACM SIGCSE Bulletin (Vol. 37, No. 3, pp. 291-295). ACM.

Demazière, C. y Adawi, T. (2015). The effect of introducing on-line quizzes in a virtual learning environment and implications for the flipped classroom. In Paper accepted for the 43rd Annual SEFI Conference.

De Oliveira, J. M. N. (2011). Nine years of project-based learning in engineering. REDU: Revista de Docencia Universitaria, 9(1), 45.

DeRuisseau, L. R. (2016). The flipped classroom allows for more class time devoted to critical thinking. Advances in physiology education, 40(4), 522-528.

Diseño universal. Wikipedia, La enciclopedia libre. Recuperado abril 8, 2020, de: https://es.wikipedia.org/wiki/Diseño_universal

Distancia euclídea. Wikipedia. Recuperado diciembre 2, 2019, de: https://es.wikipedia.org/wiki/Distancia_euclidiana

Dix, A., Malizia, A. y Gabrielli, S. (2016). HCI and the Educational Technology Revolution. In Proceedings of the International Working Conference on Advanced Visual Interfaces (pp. 368-371). ACM.

Doko, E. y Bexheti, L. A. (2018). A systematic mapping study of educational technologies based on educational data mining and learning analytics. In 2018 7th Mediterranean Conference on Embedded Computing (MECO) (pp. 1-4). IEEE.

Drachsler, H. y Greller, W. (2016). Privacy and analytics: it's a DELICATE issue a checklist for trusted learning analytics. In Proceedings of the sixth international conference on learning analytics & knowledge (pp. 89-98).

Dyckhoff, A. L., Lukarov, V., Muslim, A., Chatti, M. A. y Schroeder, U. (2013). Supporting action research with learning analytics. In Proceedings of the Third International Conference on Learning Analytics and Knowledge (pp. 220-229). ACM.

Dyckhoff, A. L., Zielke, D., Bültmann, M., Chatti, M. A. y Schroeder, U. (2012). Design and implementation of a learning analytics toolkit for teachers. Journal of Educational Technology & Society, 15(3), 58-76.

Elias, T. (2011). Learning analytics. Learning, 1-22.

Enfield, J. (2013). Looking at the impact of the flipped classroom model of instruction on undergraduate multimedia students at CSUN. TechTrends, 57(6), 14-27.

Esnaashari, S., Gardner, L. y Rehm, M. (2018). Characterizing Students Based on Their Participation in the Class. In International Conference on Artificial Intelligence in Education (pp. 84-88). Springer, Cham.

Estévez-Ayres, I. M., Arias-Fisteus, J., Uguina-Gadella, L., Alario-Hoyos, C. y Delgado Kloos, C. (2018). Uncovering Flipped-Classroom Problems at an Engineering Course on Systems Architecture Through Data-Driven Learning Design. The International journal of engineering education, 34(3), 865-878.

Fidalgo-Blanco, A., Martinez-Nuñez, M., Borrás-Gene, O. y Sánchez-Medina, J. J. (2017). Micro flip teaching–An innovative model to promote the active involvement of students. Computers in Human Behavior, 72, 713-723.

Fleagle, T. R., Borcherding, N. C., Harris, J. y Hoffmann, D. S. (2018). Application of flipped classroom pedagogy to the human gross anatomy laboratory: Student preferences and learning outcomes. Anatomical sciences education, 11(4), 385-396.

Foot, H. y Howe, C. (1998). The psychoeducational basis of peer-assisted learning. Peer-assisted learning. 27, 45-67

Francescato, D., Porcelli, R., Mebane, M., Cuddetta, M., Klobas, J. y Renzi, P. (2006). Evaluation of the efficacy of collaborative learning in face-to-face and computer-supported university contexts. Computers in Human Behavior, 22(2), 163-176.

Fredricks, J. A., Blumenfeld, P. C. y Paris, A. H. (2004). School engagement: Potential of the concept, state of the evidence. Review of educational research, 74(1), 59-109.

Galway, L. P., Corbett, K. K., Takaro, T. K., Tairyan, K. y Frank, E. (2014). A novel integration of online and flipped classroom instructional models in public health higher education. BMC medical education, 14(1), 181.

Gamificación. Wikipedia. Recuperado diciembre 2, 2019, de: https://es.wikipedia.org/wiki/Ludificaci%C3%B3n

Garrick, R. (2018). Flipped classroom video analytics, In 2018 ASEE Annual Conference.

Gašević, D., Dawson, S. y Siemens, G. (2015). Let's not forget: Learning analytics are about learning. TechTrends, 59(1), 64-71.

Gauch, B. y Biswas, G. (2016). Behavior Changes Across Time and Between Populations in Open-Ended Learning Environments. In International Conference on Intelligent Tutoring Systems (pp. 187-196). Springer, Cham.

Giannakos, M. N. y Chrisochoides, N. (2014). Challenges and perspectives in an undergraduate flipped classroom experience: Looking through the lens of learning analytics. In 2014 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE) Proceedings (pp. 1-5). IEEE.

Giannakos, M. N., Krogstie, J. y Aalberg, T. (2016). Toward a learning ecosystem to support flipped classroom: A conceptual framework and early results. In State-of-the-Art and future directions of smart learning (pp. 105-114). Springer, Singapore.

Gilboy, M. B., Heinerichs, S. y Pazzaglia, G. (2015). Enhancing student engagement using the flipped classroom. Journal of nutrition education and behavior, 47(1), 109-114.

Gilliland, K. O. (2017). The flipped classroom and learning analytics in histology. Medical Science Educator, 27(1), 9-13.

Gogoulou, A., Gouli, E., Boas, G., Liakou, E. y Grigoriadou, M. (2007). Forming homogeneous, heterogeneous and mixed groups of learners. In Proceedings of workshop on personalisation in e-Learning environments at individual and group level, 11th international conference on user modeling (pp. 33-40).

González-Loureiro, M., Dabic, M. y Kiessling, T. (2015). Supply chain management as the key to a firm's strategy in the global marketplace: Trends and research agenda. International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, 45(1/2), 159-181.

Graf, S. y Bekele, R. (2006). Forming heterogeneous groups for intelligent collaborative learning systems with ant colony optimization. In International conference on intelligent tutoring systems (pp. 217-226). Springer, Berlin, Heidelberg.

Green, B. N., Johnson, C. D. y Adams, A. (2006). Writing narrative literature reviews for peer-reviewed journals: secrets of the trade. Journal of chiropractic medicine, 5(3), 101-117.

Gutiérrez-Rojas, I. y Crespo-García, R. M. (2012). Towards efficient provision of feedback supported by learning analytics. In 2012 IEEE 12th International Conference on Advanced Learning Technologies (pp. 599-603). IEEE.

Han, W., Wang, Y. y Yang, Y. (2015). Data mining and analysis based on online teaching platform. In 2015 4th International Conference on Mechatronics, Materials, Chemistry and Computer Engineering. Atlantis Press.

Harsley, R., Di Eugenio, B., Green, N., Fossati, D. y Acharya, S. (2016). Integrating Support for Collaboration in a Computer Science Intelligent Tutoring System. In International Conference on Intelligent Tutoring Systems (pp. 227-233). Springer, Cham.

Hartigan, J. A. (1975). Clustering algorithms (pp. 84-107)

Hassanzadeh, O., Sadoghi, M. y Miller, R. J. (2007). Accuracy of Approximate String Joins Using Grams. In QDB (pp. 11-18).

Hayashi, Y. (2012). On pedagogical effects of learner-support agents in collaborative interaction. In International Conference on Intelligent Tutoring Systems (pp. 22-32). Springer, Berlin, Heidelberg.

Hayashi, Y. (2018). Gaze feedback and pedagogical suggestions in collaborative learning. In International Conference on Intelligent Tutoring Systems (pp. 78-87). Springer, Cham.

Hernández Leo, D. y Pardo, A. (2016). Towards integrated learning design with across-spaces learning analytics: a flipped classroom example. CEUR Workshop Proceedings.

Highcharts. Página web oficial. Recuperado diciembre 2, 2019, de: www.highcharts.com

Hmelo-Silver, C. E. (2004). Problem-based learning: What and how do students learn? Educational psychology review, 16(3), 235-266.

Hórreo, V. S. y Carro, R. M. (2007). Studying the impact of personality and group formation on learner performance. In International Conference on Collaboration and Technology (pp. 287-294). Springer, Berlin, Heidelberg.

Hu, X., Liu, S., Xu, Z. y Xiao, G. (2016). Learning Behavior Analytics and Learning Effect Evaluation for Learners Based on MOOCs. In 2016 International Conference on Educational Innovation through Technology (EITT) (pp. 1-5). IEEE.

HubSpot y Visage. "Data Visualization 101: How to Design Charts & Graphs,". Recuperado marzo 3, 2020, de: https://cdn2.hubspot.net/hub/53/file-863940581-pdf/Data_Visualization_101_How_to_Design_Charts_and_Graphs.pdf

JavaScript. Página web oficial. Recuperado febrero 23, 2020, de: www.php.net

Johnson, D. W. y Johnson, R. T. Cooperative Learning. Recuperado diciembre 2, 2019, de: https://2017.congresoinnovacion.educa.aragon.es/documents/48/David_Johnson.pdf

Jovanović, J., Gašević, D., Dawson, S., Pardo, A. y Mirriahi, N. (2017). Learning analytics to unveil learning strategies in a flipped classroom. The Internet and Higher Education, 33(4), 74-85.

Kahoot. Página web oficial. Recuperado diciembre 2, 2019, de: https://kahoot.com/

Khan Academy. Página web oficial. Recuperado enero 27, 2019, de: https://es.khanacademy.org/

Khoo, E., Scott, J., Peter, M. y Round, H. (2015). Evaluating flipped classrooms with respect to threshold concepts learning in undergraduate engineering. In 2015 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE) (pp. 1-4). IEEE.

Kirk, A. (2012). Data Visualization: a successful design process. Packt Publishing Ltd.

Koohang, A., Riley, L., Smith, T. y Schreurs, J. (2009). E-learning and constructivism: From theory to application. Interdisciplinary Journal of E-Learning and Learning Objects, 5(1), 91-109.

Krajcik, J. S. y Blumenfeld, P. C. (2006). Project-based learning (pp. 317-333).

Kravchenko, M. y Cass, A. K. (2017). Attention retention: Ensuring your educational content is engaging your students. In International Conference on Smart Education and Smart E-Learning (pp. 358-370). Springer, Cham.

Kyprianidou, M., Demetriadis, S., Tsiatsos, T. y Pombortsis, A. (2012). Group formation based on learning styles: can it improve students' teamwork? Educational Technology Research and Development, 60(1), 83-110.

Lage, M. J., Platt, G. J. y Treglia, M. (2000). Inverting the classroom: A gateway to creating an inclusive learning environment. The Journal of Economic Education, 31(1), 30-43

Lehman, B., D'Mello, S. y Graesser, A. (2013). Who benefits from confusion induction during learning? An individual differences cluster analysis. In International Conference on Artificial Intelligence in Education (pp. 51-60). Springer, Berlin, Heidelberg.

Lei, C. U., Yau, C. W., Lui, K. S., Yum, P., Tam, V., Yuen, A. H. K. y Lam, E. Y. (2017). Teaching Internet of Things: Enhancing learning efficiency via full-semester flipped classroom. In 2017 IEEE 6th International Conference on Teaching, Assessment, and Learning for Engineering (TALE) (pp. 56-60). IEEE.

Lesot, M. J., Rifqi, M. y Benhadda, H. (2009). Similarity measures for binary and numerical data: a survey. International Journal of Knowledge Engineering and Soft Data Paradigms, 1(1), 63.

LOPD. Ley Orgánica de Protección de Datos Personales y garantía de los derechos digitales. Recuperado febrero 27, 2020, de: https://www.boe.es/buscar/pdf/2018/BOE-A-2018-16673-consolidado.pdf

Lin, C. J. y Hwang, G. J. (2018). A learning analytics approach to investigating factors affecting EFL students' oral performance in a flipped classroom. Journal of Educational Technology & Society, 21(2), 205-219.

Liu, C. C. y Tsai, C. C. (2008). An analysis of peer interaction patterns as discoursed by on-line small group problem-solving activity. Computers & Education, 50(3), 627-639.

Love, B., Hodge, A., Grandgenett, N. y Swift, A. W. (2014). Student learning and perceptions in a flipped linear algebra course. International Journal of Mathematical Education in Science and Technology, 45(3), 317-324.

Lucero, J. A. (2016). Del libro de texto a YouTube; una aproximación a las nuevas tecnologías ya las nuevas formas de aprendizaje, RESED, 4, 185-187.

Luján-Mora, S. (2013). De la clase magistral tradicional al MOOC: doce años de evolución de una asignatura sobre programación de aplicaciones web.

Lust, G., Elen, J. y Clarebout, G. (2013). Students' tool-use within a web enhanced course: Explanatory mechanisms of students' tool-use pattern. Computers in Human Behavior, 29(5).

Marasco, M. E. A., Moshirpour, M., Moussavi, M., Behjat, L. y Amannejad, Y. (2018). Evidence-based Best Practices for First-year Blended Learning Implementation. In Proceedings of 2018 ASEE Annual Conference & Exposition, Salt Lake City, Utah, (Vol. 27).

Martin, W. B. (1987). Students' perceptions of causes and consequences of embarrassment in the school. Canadian Journal of Education/Revue canadienne de l'éducation, 277-293.

Martínez-Muñoz, G. y Pulido, E. (2015). Using a SPOC to flip the classroom. In 2015 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON) (pp. 431-436). IEEE

Massive Open Online Course. Wikipedia. Recuperado marzo 5, 2020, de: https://en.wikipedia.org/wiki/Massive_open_online_course

Mazza, R. y Dimitrova, V. (2004). Visualising student tracking data to support instructors in web-based distance education. In Proceedings of the 13th international World Wide Web conference on Alternate track papers & posters (pp. 154-161). ACM.

McGowan, B. S., Balmer, J. T. y Chappell, K. (2014). Flipping the classroom: A data-driven model for nursing education. The Journal of Continuing Education in Nursing, 45(11), 477-478.

Mellefont, L. y Fei, J. (2014). Using Echo360 Personal Capture software to create a 'flipped'classroom for Microbiology laboratory classes. In ASCILITE 2014 (pp. 534-538).

Milman, N. B. (2012). The flipped classroom strategy: What is it and how can it best be used? Distance learning, 9(3), 85.

Min, W., Frankosky, M. H., Mott, B. W., Rowe, J. P., Wiebe, E., Boyer, K. E. y Lester, J. C. (2015). DeepStealth: leveraging deep learning models for stealth assessment in game-based learning environments. In International Conference on Artificial Intelligence in Education (pp. 277-286). Springer, Cham.

Mirriahi, N., Liaqat, D., Dawson, S. y Gašević, D. (2016). Uncovering student learning profiles with a video annotation tool: reflective learning with and without instructional norms. Educational technology research and development, 64(6), 1083-1106

Moodle. Página web oficial. Recuperado diciembre 2, 2019, de: https://moodle.org/

Moreno, J., Ovalle, D. A. y Vicari, R. M. (2012). A genetic algorithm approach for group formation in collaborative learning considering multiple student characteristics. Computers & Education, 58(1), 560-569.

Moreno-Marcos, P. M., Alario-Hoyos, C., Muñoz-Merino, P. J. y Delgado Kloos, C. (2018). Prediction in MOOCs: A review and future research directions. IEEE Transactions on Learning Technologies.

Muñoz-Merino, P. J., Ruipérez-Valiente, J. A., Alario-Hoyos, C., Pérez-Sanagustín, M. y Delgado Kloos, C. (2015). Precise Effectiveness Strategy for analyzing the effectiveness of students with educational resources and activities in MOOCs. Computers in Human Behavior, 47, 108-118.

Muñoz-Merino, P. J., Ruipérez-Valiente, J. A., y Delgado Kloos, C. (2013). Inferring higher level learning information from low level data for the Khan Academy platform. In Proceedings of the third international conference on learning analytics and knowledge (pp. 112-116).

Muñoz-Merino, P. J., Ruipérez-Valiente, J. A., Delgado Kloos, C., Auger, M. A., Briz, S., de Castro, V. y Santalla, S. N. (2017). Flipping the classroom to improve learning with MOOCs technology. Computer Applications in Engineering Education, 25(1), 15-25.

MySQL. Página web oficial. Recuperado diciembre 2, 2019, de: www.mysql.com

Newton, C., Cameron, R. y De Albornoz, A. R. C. (2015). Flipped teaching: finding room for interdisciplinary content and peer learning.

Ng, V. y Xie, S. (2017). Student Engagement With Video-Watching and Flipped Class Behaviors. In ICEL 2017-Proceedings of the 12th International Conference on e-Learning (p. 163). Academic Conferences and publishing limited.

Niwattanakul, S., Singthongchai, J., Naenudorn, E. y Wanapu, S. (2013). Using of Jaccard coefficient for keywords similarity. In Proceedings of the international multiconference of engineers and computer scientists (Vol. 1, No. 6, pp. 380-384).

NVivo. Página web oficial. Recuperado diciembre 2, 2019, de: http://www.qsrinternational.com/nvivo-spanish

Okumoto, H., Yoshida, M., Umemura, K. y Ichikawa, Y. (2018). Response Collector: A Video Learning System for Flipped Classrooms. In 2018 5th International Conference on Advanced Informatics: Concept Theory and Applications (ICAICTA) (pp. 176-181). IEEE.

Ono, Y. y Nakajima, A. (2015). Automatic quiz generator and use of open educational web videos for English as general academic purpose. In Proceedings of the 23rd International Conference on Computers in Education (pp. 559-568).

Open edX. Página web oficial. Recuperado diciembre 2, 2019, de: https://open.edx.org/

Owston, R., Lupshenyuk, D. y Wideman, H. (2011). Lecture Capture in Large Undergraduate Classes: What Is the Impact on the Teaching and Learning Environment? Online Submission.

Pan, M. L. (2016). Preparing literature reviews: Qualitative and quantitative approaches. Routledge.

Pardo, A., Gašević, D., Jovanovic, J. M., Dawson, S. y Mirriahi, N. (2018). Exploring Student Interactions with Preparation Activities in a Flipped Classroom Experience. IEEE Transactions on Learning Technologies.

Pardos, Z. A., Trivedi, S., Heffernan, N. T. y Sárközy, G. N. (2012). Clustered knowledge tracing. In International Conference on Intelligent Tutoring Systems (pp. 405-410). Springer, Berlin, Heidelberg.

Pérez-Sanagustín, M., Nussbaum, M., Hilliger, I., Alario-Hoyos, C., Heller, R. S., Twining, P. y Tsai, C. C. (2017). Research on ICT in K-12 schools e A review of experimental and survey-based studies in computers & education 2011 to 2015. Computers and Education, 104, A1-A15.

Perkins, D. (1999). The many faces of constructivism. Educational leadership, 57(3), 6-11.

PHP. Página web oficial. Recuperado diciembre 2, 2019, de: www.php.net

Pijeira-Díaz, H. J., Santofimia-Ruiz, J., Ruipérez-Valiente, J. A., Muñoz-Merino, P. J. y Delgado Kloos, C. (2015). Using Video Visualizations in Open edX to Understand Learning Interactions of Students. In Design for Teaching and Learning in a Networked World (pp. 522-525). Springer, Cham.

Pijeira Díaz, H. J., Santofimia Ruiz, J., Ruipérez-Valiente, J. A., Muñoz-Merino, P. J. y Delgado Kloos, C. (2016). A demonstration of ANALYSE: a learning analytics tool for Open edX. In Proceedings of the Third (2016) ACM Conference on Learning@ Scale (pp. 329-330). ACM.

Prieto-Martín, A., Díaz-Martín, D., Lara-Aguilera, I., Monserrat-Sanz, J., Sanvicen-Torner, P., Santiago-Campión, R., Corell-Almuzara, A. y Álvarez-Mon Soto, M. (2018). Nuevas combinaciones de aula inversa con just in time teaching y análisis de respuestas de alumnos. RIED. Revista Iberoamericana de Educación a Distancia, 21(1), 175-194.

Prince, M. (2004). Does active learning work? A review of the research. Journal of engineering education, 93(3), 223-231.

Proyecto SHEILA. Página web oficial (2019). Recuperado enero 22, 2020, de: https://sheilaproject.eu/

Python. Página web oficial. Recuperado febrero 23, 2020, de: https://www.python.org/

Read, D., Watts, J. K. y Wilson, T. J. (2016). Partial Flipping To Support Learning in Lectures. In The Flipped Classroom Volume 2: Results from Practice (pp. 55-79). American Chemical Society

Redondo-Martínez, D., Muñoz-Merino, P. J., Ruipérez-Valiente, J. A., Delgado Kloos, C., Pijeira-Díaz, H. J. y Santofimia-Ruiz, J. (2015). Combining Learning Analytics and the Flipped Classroom in a MOOC of Maths. In CHANGEE/WAPLA/HybridEd@ EC-TEL (pp. 71-79).

RGPD. Reglamento general de protección de datos. Unión Europea. Recuperado febrero 27, 2020, de: https://ec.europa.eu/info/law/law-topic/data-protection/data-protection-eu_es

Rubio-Fernández, A., Muñoz-Merino, P. J. y Delgado Kloos, C. (2018). Scenarios for the application of learning analytics and the flipped classroom. In 2018 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON) (pp. 1619-1628). IEEE.

Rubio-Fernández, A., Muñoz-Merino, P. J. y Delgado Kloos, C. (2019a). Analyzing the Group Formation Process in Intelligent Tutoring Systems. In International Conference on Intelligent Tutoring Systems (pp. 34-39). Springer, Cham.

Rubio-Fernández, A., Muñoz-Merino, P. J. y Delgado Kloos, C. (2019b). A learning analytics tool for the support of the flipped classroom. Computer Applications in Engineering Education, 27(5), 1168-1185.

Rubio-Fernández, A., Santamaría-González, F., Muñoz-Merino, P. J. y Delgado Kloos, C. (2017). A Data Collection Experience with Canvas LMS as a Learning Platform. In LASI-SPAIN (pp. 109-123).

Ruipérez-Valiente, J. A., Muñoz-Merino, P. J., Gascón-Pinedo, J. A. y Delgado Kloos, C. (2016). Scaling to massiveness with ANALYSE: A learning analytics tool for Open edX. IEEE Transactions on Human-Machine Systems, 47(6), 909-914.

Ruipérez-Valiente, J. A., Muñoz-Merino, P. J., Leony, D. y Delgado Kloos, C. (2015). ALAS-KA: A learning analytics extension for better understanding the learning process in the Khan Academy platform. Computers in Human Behavior, 47, 139-148.

Saint, J., Gašević, D. y Pardo, A. (2018). Detecting Learning Strategies Through Process Mining. In European Conference on Technology Enhanced Learning (pp. 385-398). Springer, Cham.

Santofimia-Ruiz, J., Pijeira-Díaz, H. J., Ruipérez-Valiente, J. A., Muñoz-Merino, P. J. y Delgado Kloos, C. D. (2014). Towards the development of a learning analytics extension in Open edX. In Proceedings of the Second International Conference on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality (pp. 299-306). ACM.

Santos, A. P., Castedo, R., Alarcón, C., Dios, K. S., Chiquito, M., España, I. y López, L. M. (2018). Development of Flipped Classroom model to improve the students' performance. In Proceedings of the Sixth International Conference on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality (pp. 703-707). ACM.

Saterbak, A., Wettergreen, M. y Roberts, Z. (2016). Teaching First-Year Engineering Design Using a Flipped Classroom Model. In Proceedings of the 2016 ASEE Annual Conference.

Sauro, J. (2011). Measuring usability with the system usability scale (SUS). Recuperado abril 6, 2020, de: http://www.measuringusability.com/sus/

Scheer, A., Noweski, C. y Meinel, C. (2012). Transforming constructivist learning into action: Design thinking in education. Design and Technology Education: An International Journal, 17(3).

Schunk, D. H. (2012). Constructivism In Learning theories an educational perspective sixth edition (pp. 228-277). Pearson.

Scikit-learn. Página web oficial. Recuperado febrero 23, 2020, de: https://scikit-learn.org/stable/index.html

Scopus. Página web oficial. Recuperado diciembre 2, 2019, de: https://www.scopus.com

Silva, J. C. S., Zambom, E., Rodrigues, R. L., Ramos, J. L. C. y de Souza, F. D. F. (2018). Effects of Learning Analytics on Students' Self-Regulated Learning in Flipped Classroom. International Journal of Information and Communication Technology Education (IJICTE), 14(3), 91-107.

Skau, D., Harrison, L. y Kosara, R. (2015). An evaluation of the impact of visual embellishments in bar charts. In Computer Graphics Forum (Vol. 34, No. 3, pp. 221-230).

Smallhorn, M. (2017). The flipped classroom: A learning model to increase student engagement not academic achievement. Student Success, 8(2), 43-53.

Small Private Online Course. Wikipedia. Recuperado marzo 5, 2020, de: https://en.wikipedia.org/wiki/Small_private_online_course

Steuten, L., van de Wetering, G., Groothuis-Oudshoorn, K. y Retèl, V. (2013). A systematic and critical review of the evolving methods and applications of value of information in academia and practice. Pharmacoeconomics, 31(1), 25-48.

Stone, M. (2006). Choosing colors for data visualization. Business Intelligence Network, 2.

Strayer, J. F. (2012). How learning in an inverted classroom influences cooperation, innovation and task orientation. Learning environments research, 15(2), 171-193.

Street, S. E., Gilliland, K. O., McNeil, C. y Royal, K. (2015). The flipped classroom improved medical student performance and satisfaction in a pre-clinical physiology course. Medical Science Educator, 25(1), 35-43.

Sun, Z., Lu, L. y Xie, K. (2016). The Effects of Self-Regulated Learning on Students' Performance Trajectory in the Flipped Math Classroom. Singapore: International Society of the Learning Sciences.

Swanson, Z. L., Gross, N. J. y Kramer, T. (1998). Alternative modes of study group formation and student examination performance. The Accounting Educators' Journal, 10(2).

System Usability Scale. Cuestionario SUS. Recuperado marzo 3, 2020, de: https://www.usability.gov/how-to-and-tools/methods/system-usability-scale.html

Tempelaar, D. T., Heck, A., Cuypers, H., van der Kooij, H. y van de Vrie, E. (2013). Formative assessment and learning analytics. In Proceedings of the third international conference on learning analytics and knowledge (pp. 205-209).

Thomas, J. S. y Philpot, T. A. (2012). An inverted teaching model for a mechanics of materials course.

Tobar, C. M. y de Freitas, R. L. (2007). A support tool for student group definition. In 2007 37th Annual Frontiers In Education Conference-Global Engineering: Knowledge Without Borders, Opportunities Without Passports (pp. T3J-7). IEEE.

Tsai, Y. S., Gašević, D., Whitelock-Wainwright, A., Muñoz-Merino, P. J., Moreno-Marcos, P. M., Rubio-Fernández, A., Delgado Kloos, C., Scheffel, M., Jivet, I., Drachsler, H., Tammets, K., Ruiz-Calleja, A. y Kollom, K. (2018a). Sheila: Supporting higher education to intergrade learning analytics research report. SHEILA Project, 30.

Tsai, Y. S., Moreno-Marcos, P. M., Jivet, I., Scheffel, M., Tammets, K., Kollom, K. y Gašević, D. (2018b). The SHEILA framework: informing institutional strategies and policy processes of learning analytics. Journal of Learning Analytics, 5(3), 5-20.

Tsai, Y.-S., Gašević, D., Whitelock-Wainwright, A., Moreno-Marcos, P. M., Rubio-Fernández, A., Muñoz-Merino, P. J., Delgado Kloos, C., Tammets, K., Kollom, K., Scheffel, M. y Drachsler, H. (2018c). Teacher and Student Perspectives on Learning Analytics – Executive Summary

Unno, M., Ohba, H., Suzuki, Y. y Mizuno, S. (2018). Use timestamp and eye tracking to improve the quality of video content. In Proceedings of the 20th International Conference on Information Integration and Web-based Applications & Services (pp. 230-233). ACM.

van der Laan Smith, J. y Spindle, R. M. (2007). The impact of group formation in a cooperative learning environment. Journal of Accounting Education, 25(4), 153-167.

van Leeuwen, A. (2018). Teachers' perceptions of the usability of learning analytics reports in a flipped university course: when and how does information become actionable knowledge? Educational Technology Research and Development, 1-22.

Watanabe, Y. (2014). Flipping a Japanese language classroom: Seeing its impact from a student survey and YouTube analytics. Rhetoric and reality: Critical perspectives on educational technology. Proceedings ascilite Dunedin, 761-765.

Web of Science. Página web oficial. Recuperado diciembre 2, 2019, de: https://webofknowledge.com

Webb, M. y Doman, E. (2016). Does the Flipped Classroom Lead to Increased Gains on Learning Outcomes in ESL/EFL Contexts? CATESOL Journal, 28(1), 39-67.

Webber, C. G. y Lima, M. D. F. W. D. (2012). Evaluating automatic group formation mechanisms to promote collaborative learning-a case study. International Journal of Learning Technology, 7(3), 261-276.

Weston.pace, I. (2007). K Means Example. Steps 1,2,3 and 4. Recuperado enero 26, 2020, de: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:K_Means_Example_Step_1.svg; https://commons.wikimedia.org/wiki/File:K_Means_Example_Step_2.svg; https://commons.wikimedia.org/wiki/File:K_Means_Example_Step_3.svg; https://commons.wikimedia.org/wiki/File:K_Means_Example_Step_4.svg.
Con licencia: CC BY-SA 3.0 (https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/es/)

White, P. J., Naidu, S., Yuriev, E., Short, J. L., McLaughlin, J. E., y Larson, I. C. (2017). Student engagement with a flipped classroom teaching design affects pharmacology examination performance in a manner dependent on question type. American journal of pharmaceutical education, 81(9), 5931.

Wong, G. K. (2016). A new wave of innovation using mobile learning analytics for flipped classroom. In Mobile Learning Design (pp. 189-218). Springer, Singapore.

Wood, H. (2016). Experiences and reflections of flipping the classroom. Flexible Futures, 18-26.

Xiao, X., Pham, P. y Wang, J. (2015). AttentiveLearner: adaptive mobile MOOC learning via implicit cognitive states inference. In Proceedings of the 2015 ACM on International Conference on Multimodal Interaction (pp. 373-374). ACM.

Yamada, Y. y Hirakawa, M. (2015). A case Study of analyzing Logs of LMS in Flipped Classroom. In 2015 IIAI 4th International Congress on Advanced Applied Informatics (pp. 374-378). IEEE.

Yang, Y., Wu, H. y Cao, J. (2016). Smartlearn: Predicting learning performance and discovering smart learning strategies in flipped classroom. In 2016 International Conference on Orange Technologies (ICOT) (pp. 92-95). IEEE.

YouTube. Página web oficial. Recuperado enero 27, 2020, de: https://www.youtube.com/intl/es/about/

Yudintseva, A. (2016). Flipped Model of Instruction in English as a Second Language Classroom: A Kazakhstani Perspective. In International Technology, Education and Development Conference (INTED 2016) (pp. 6913-6917).

Zappe, S., Leicht, R., Messner, J., Litzinger, T. y Lee, H. W. (2009). " Flipping" the classroom to explore active learning in a large undergraduate course. In ASEE Annual Conference and Exposition, Conference Proceedings.

Zhang, M. y Zhu, J. (2017). A data-driven analysis of student efforts and improvements on a SPOC experiment. In Proceedings of the ACM Turing 50th Celebration Conference-China (p. 1). ACM.