

09-019

### **USING MACHINE LEARNING TECHNIQUES TO IMPROVE PROJECT-BASED COLLABORATIVE WORK**

Villanueva Balsera, Joaquín <sup>(1)</sup>; Díaz Piloñeta, Marina <sup>(1)</sup>; Morán Palacios, Henar <sup>(1)</sup>; Martínez Huerta, Gemma <sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> Universidad de Oviedo

The introduction of digital technologies is completely changing the world of learning and opening up new lines of data-driven research. The opportunities offered by machine learning and predictive modelling are unprecedented in the field of education to analyse aspects of learning that are difficult to understand at first sight. On the other hand, collaborative work and PBL is a practice that is increasingly used at different educational levels. Group learning and, more specifically, well-organised and managed project-based group learning can be an excellent way to increase students' motivation and foster the development of transversal competences (communication, organisation, leadership) and individual responsibility. However, this type of dynamic offers both advantages and challenges, especially when it comes to providing a real assessment of team performance and behaviour. The overall objective of the study is the application of machine learning techniques to support learning in project-based group work, providing a reliable assessment method of teamwork applicable to any area of knowledge.

*Keywords:* teaching innovation; machine learning; collaborative work; project-based learning

### **UTILIZACIÓN DE TÉCNICAS DE MACHINE LEARNING PARA MEJORAR EL APRENDIZAJE COLABORATIVO BASADO EN PROYECTOS**

La introducción de las tecnologías digitales está cambiando completamente el mundo del aprendizaje y abriendo nuevas líneas de investigación basadas en datos. Las oportunidades que ofrecen el machine learning y la modelización predictiva no tienen precedentes aplicadas en el ámbito de la educación, puesto que permite analizar aspectos del aprendizaje que a simple vista son difíciles de comprender. Por otro lado, el trabajo colaborativo y el PBL es una práctica cada vez más utilizada en diferentes niveles de enseñanza. El aprendizaje en grupo, y más concretamente, el aprendizaje en grupo basado en proyectos bien organizado y dirigido puede ser una forma excelente de aumentar la motivación del estudiantado, fomentar el desarrollo de habilidades transversales (comunicación, organización, liderazgo) y desarrollar la responsabilidad individual. Sin embargo, este tipo de dinámicas ofrece tanto ventajas como desafíos, sobre todo a la hora de ofrecer una evaluación real del rendimiento y comportamiento del equipo. El objetivo general del estudio es la aplicación de técnicas de machine learning para apoyar el aprendizaje en los trabajos grupales basados en proyectos, proporcionando un método de evaluación fiable del trabajo en equipo aplicable a cualquier área del conocimiento.

*Palabras clave:* innovación docente; machine learning; trabajo colaborativo; aprendizaje por proyectos



© 2023 by the authors. Licensee AEIPRO, Spain. This article is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

## 1 Introducción

El desarrollo de habilidades transversales como la comunicación oral, la toma de decisiones y las relaciones interpersonales son algunas de las ventajas que ofrece el trabajo en grupo en los niveles de educación superior (Gaudet et al. 2010; Johnson and Johnson 2009). Sin embargo, los problemas relacionados con la evaluación de los miembros del equipo es un reto importante a tener en cuenta (King and Behnke 2005). En concreto, el desafío de brindar equidad y las evaluaciones individuales, puesto que el deseo de los estudiantes de recibir las mejores calificaciones individuales está reñido con un aprendizaje cooperativo (Lavy 2017).

Existen diferentes puntos de vista sobre la forma más eficaz de calificar y evaluar el trabajo en grupo. En la mayoría de las ocasiones, el método de evaluación consiste en asignar a todos los estudiantes la misma nota (Pitt 2000). Sin embargo, no es una práctica muy exitosa puesto que implica fijar una media para describir una población, sin tener en cuenta la dispersión. En un estudio desarrollado por Smith y Rogers (2014), el 74% de los estudiantes estuvieron de acuerdo en que evaluar las contribuciones de los miembros individuales a la evaluación grupal era más justo que asignar una nota grupal. Sin embargo, las contribuciones individuales al grupo son variables y difíciles de definir y evaluar externamente.

Otro método que está cobrando importante relevancia, es lo que se conoce como evaluación auto-reflexiva, en el que cada uno de los miembros del grupo se pone su propia nota al realizar una reflexión individual sobre su participación y aportación en el trabajo. En un trabajo llevado a cabo por Hagen-Hall, Verhaart, and Giles (2005), se evaluó la efectividad de la evaluación auto-reflexiva en la mejora de la participación individual y la cohesión del equipo en estudiantes universitarios. Sin embargo, es necesario confiar en la bondad de las reflexiones de los alumnos, y no da información contrastada del desempeño del estudiante que posibilite la toma de decisiones.

La metodología más comúnmente empleada es la que se conoce como “evaluación por pares”, donde son los propios compañeros los que valoran las contribuciones individuales al trabajo en grupo (Fellenz 2006). Consiste en una evaluación cuantitativa que cada miembro del grupo presenta sobre la contribución relativa de los demás miembros. En un estudio llevado a cabo por O'Donnell, Dansereau y Hall (2002), se evaluó la efectividad de la evaluación por pares en la mejora del rendimiento académico y la cohesión del equipo en estudiantes universitarios. Los resultados mostraron que la evaluación por pares mejoró significativamente el rendimiento académico y la cohesión del equipo, en comparación con los grupos que no utilizaron este método de evaluación.

No obstante, esta práctica también tiene limitaciones, y es que es fuertemente dependiente de las percepciones de los estudiantes sobre el rendimiento de los demás. Es posible que no sean capaces de juzgar el valor de las diferentes contribuciones al trabajo en grupo y que su juicio se vea empañado por otros factores, como los conflictos interpersonales. Para calibrar plenamente la magnitud de la contribución de cada uno al trabajo en grupo algunos investigadores han sugerido utilizar tanto estrategias de autoevaluación como de evaluación por pares para promover la participación de los estudiantes y mejorar la equidad en el trabajo (Elliott and Higgins 2005).

Esta práctica mixta es la mayoritariamente seguida para la evaluación de los trabajos grupales. Sin embargo, el presente proyecto va un paso más allá. Mediante el aprovechamiento de las nuevas técnicas de tratamiento de datos pretende proporcionar una automatización del sistema de evaluación y obtener información sobre el rendimiento y comportamiento de cada uno de los miembros del grupo.

El uso de técnicas de minería de datos en el ámbito de la educación es uno de los campos de investigación más prometedores. Se ha intentado aplicar, por ejemplo, para predecir el

rendimiento de los estudiantes y definir así metodologías de trabajo personalizadas (Rastrollo-Guerrero, Gómez-Pulido, and Durán-Domínguez 2020) o para detectar deficiencias en el aprendizaje (Hussain et al. 2019).

Siguiendo esta misma línea, este trabajo pretende aplicar estas técnicas para la evaluación por pares y autoevaluación del alumnado cuando realizan prácticas de trabajo colaborativo, de forma que se obtenga un sistema de evaluación justa y equitativa, e información sobre el comportamiento y rendimiento de cada alumno dentro del equipo. El estudio se diseña específicamente no solo para permitir una evaluación precisa y justa, sino también como oportunidad de aprendizaje experimental y conocimiento del rendimiento de cada alumno.





La metodología aplicada hasta el momento se basaba en una evaluación por pares y autoevaluación que realizaban los miembros del grupo al finalizar el trabajo. Con este proyecto se pretende adaptar esta estrategia a las nuevas tendencias digitales y aprovechar las técnicas de tratamiento de datos para identificar fortalezas, debilidades y diferencias de comportamiento entre cada uno de los miembros, así como ofrecer la posibilidad de adaptar el plan de estudios a las necesidades de cada alumno.

## 2 Metodología

Partiendo del objetivo principal del trabajo, que es la evaluación del trabajo colaborativo, la primera etapa es la definición de la evaluación y adquisición de las diferentes fuentes de información. En este punto se contará con dos fuentes principales de captación. Por un lado, los datos procedentes de la evaluación por pares del alumnado y por otro de las evaluaciones realizadas por los profesores.

Para ello, los datos se recopilaron directamente de diferentes grupos de trabajo de asignaturas, prestando especial atención a la selección de las mismas con la finalidad de obtener una muestra multidisciplinar, de tal forma que los resultados no estén condicionados por el perfil del alumnado, sino que sean extrapolables a cualquier área del conocimiento. Se plantearon las asignaturas impartidas en el Área de Proyectos de Ingeniería puesto que tiene docencia asignada en diferentes grados de diversas disciplinas y áreas. En la Tabla 1 se recoge el proceso seguido para la definición y evaluación de los trabajos grupales.

**Tabla 1. Proceso seguido para la definición, ejecución y evaluación de los trabajos grupales.**

Fase	Cuando	Qué
Planificación 	Antes de que comience el curso	Definición del trabajo grupal de la asignatura Organización de los estudiantes en grupos de entre 5-8 personas
Información 	Inicio de la asignatura	Informar a los estudiantes del procedimiento a seguir para la evaluación
Ejecución 	Transcurso de la asignatura	Desarrollo del trabajo colaborativo Elaboración de actas para el seguimiento del trabajo
Evaluación 	Final del trabajo	Evaluación de los miembros del grupo bajo los criterios definidos Evaluación del profesor Entrega del trabajo desarrollado

Las preguntas seleccionadas para la evaluación por pares y la auto-evaluación del alumnado están enfocadas, no solo a definir el rendimiento de cada uno de los alumnos durante la

elaboración del trabajo, sino también para definir su rol dentro del equipo de trabajo. Cada una de ellas se enumera a continuación:

- P1. ¿Cómo de agradable y enriquecedor es trabajar con él/ella?
- P2. ¿Dispone de habilidades para resolver problemas mejorando la calidad del trabajo entregado?
- P3. ¿Cuál es su aportación o contribución en el entregable?
- P4. ¿Cuál es su eficiencia para ajustarse a las fechas de entrega acordadas?
- P5. ¿Termina los trabajos que empieza en vez de abrir nuevos frentes que no cierra?
- P6. ¿Cuál es el grado de compromiso con el proyecto?

Cada uno de los miembros del grupo contesta las preguntas enunciadas sobre cada uno de sus compañeros y, al mismo tiempo, sobre sí mismo, realizando una autoevaluación. A cada pregunta se le pueden asignar valores en una escala de 1 a 5 con la posibilidad de repetir una única vez cada nota. De esta forma, se trata de reforzar la confianza en los datos y la autorreflexión del alumnado, ya que en ningún caso se pueden asignar puntuaciones totalmente positivas o negativas. Es importante que, durante el proceso de evaluación, estén todos los alumnos reunidos y el profesor se encuentre presente, para asegurar un correcto desempeño de las valoraciones y evitar que puedan surgir acuerdos para la puntuación.

Una vez finalizado el proceso de evaluación, se procedió con la fase de tratamiento y análisis de los datos obtenidos a partir de técnicas de minería de datos:

#### *Matriz de covarianza*

Es una técnica utilizada en estadística multivariante que permite estudiar las relaciones entre dos o más variables midiendo el grado en que varían conjuntamente. En particular, la matriz de covarianzas se utilizó para analizar el grado de relación lineal entre variables, es decir, cómo se relacionan las variables entre sí en términos de su variación conjunta. La matriz de covarianzas proporciona información sobre la fuerza y dirección de la relación entre variables.

#### *Distancia Euclídea*

La distancia euclídea es una medida de distancia entre dos puntos en un espacio euclidiano, que es un espacio matemático compuesto por una serie de coordenadas o dimensiones. Se utilizó para medir la similitud o la disimilitud entre los conjuntos de datos. De esta forma se puede comprobar cómo de relacionadas o dispersas están las puntuaciones establecidas por cada alumno y el resultado final.

#### *K-means*

Es un algoritmo iterativo utilizado en aprendizaje automático para agrupar datos en diferentes categorías o clusters. Es una técnica no supervisada, lo que significa que no requiere de etiquetas o categorías predefinidas. Parte del conjunto de datos inicial y los divide en un número predefinido de clusters ( $k$ ), donde cada cluster representa un grupo de datos similares entre sí y diferentes a los datos en otros clusters. Para determinar los clusters, el algoritmo calcula la distancia entre cada punto de datos y los centroides (centros). Los puntos de datos se asignan al cluster cuyo centroide esté más cerca. El proceso de asignación de puntos de datos a clusters y actualización de los centroides se repite hasta que se alcanza un criterio de convergencia (por ejemplo, cuando la distancia entre los centroides y los puntos de datos no cambia significativamente).

#### *Estudio de componentes principales*

PCA por sus siglas en inglés. Se trata de una técnica estadística de reducción de la dimensionalidad utilizada en análisis de datos y aprendizaje automático para identificar patrones en los datos. El objetivo es reducir la complejidad de un conjunto de datos que consta de múltiples variables correlacionadas, transformándolo en un conjunto de datos de menor

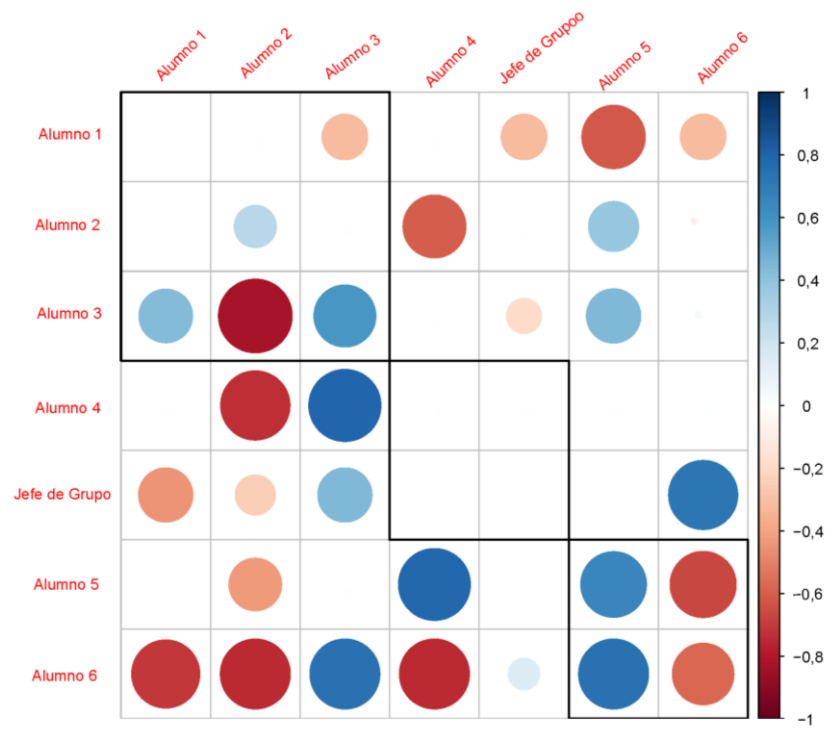
dimensión y menos correlacionado. La técnica funciona encontrando una nueva base de coordenadas que represente el conjunto de datos original, de tal manera que las nuevas coordenadas sean no correlacionadas entre sí y ordenadas por su nivel de varianza explicada. Esto se logra mediante la identificación de los componentes principales del conjunto de datos, que son combinaciones lineales de las variables originales que capturan la mayor cantidad posible de la varianza total en los datos. Una vez que se han identificado los componentes principales, se pueden proyectar los datos originales en el nuevo espacio de coordenadas, y los datos resultantes tendrán una dimensión reducida y menos correlacionada. De esta forma, se pueden representar los resultados obtenidos en las 6 preguntas de evaluación en un espacio de dos dimensiones para analizar la dispersión y relación entre cada uno de los alumnos.

Cada uno de los métodos se seleccionó con la finalidad de obtener la máxima información posible en dos vías principales. Por una parte, las matrices de covarianza y la distancia euclídea permiten analizar la calidad y discrepancias entre los datos. Las matrices de correlación miden la similitud entre valoraciones mientras que la distancia euclídea visualiza o destaca los elementos que son muy distintos. Por otra parte, k-meas y el estudio de componentes principales se utilizaron como herramientas para agrupar los datos con comportamientos análogos. K-means realiza una clusterización agrupando las valoraciones similares. El estudio de componentes principales realiza también una agrupación, pero en lugar de realizarlo sobre todo el banco de datos, clusteriza sobre las dos proyecciones.

### 3 Resultados y discusión

A continuación, se muestran los resultados para un grupo de trabajo tipo. En la Figura 1 **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se muestra la correlación entre las valoraciones realizadas por cada uno de los alumnos y el resultado final.

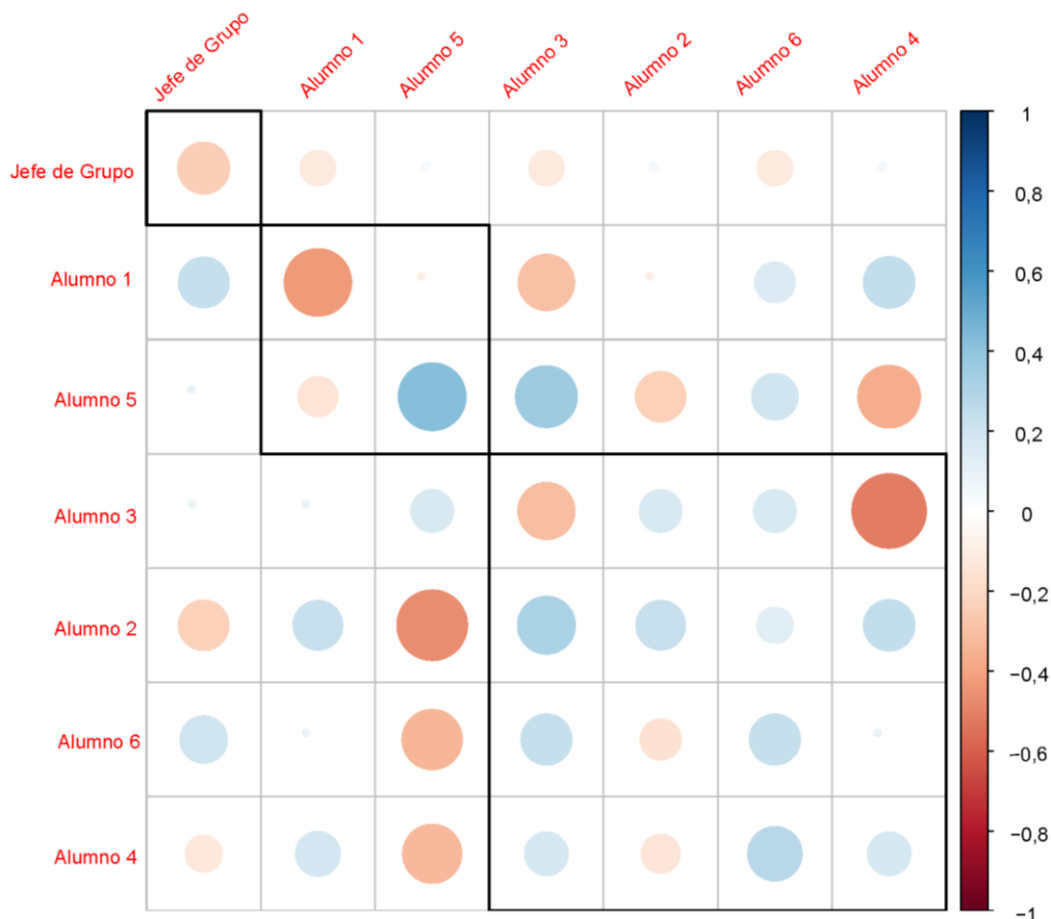
Figura 1. Correlaciones entre valoración realizada por el alumno y el resultado final



Los valores cercanos a 1 y -1 indican una correlación fuerte, tanto positiva como negativa, mientras que los valores cercanos a 0 indican una relación débil. Por otro lado, en la Figura 2

se refleja la dispersión entre la valoración recibida por el alumno y el resultado final. Como se puede apreciar, no hay grandes diferencias entre las puntuaciones recibidas y la nota final del grupo, lo que quiere decir que mayoritariamente todos los miembros del equipo estuvieron de acuerdo en la aportación al trabajo de cada uno de sus compañeros.

**Figura 2. Distancia entre la valoración recibida por el alumno y el resultado final.**



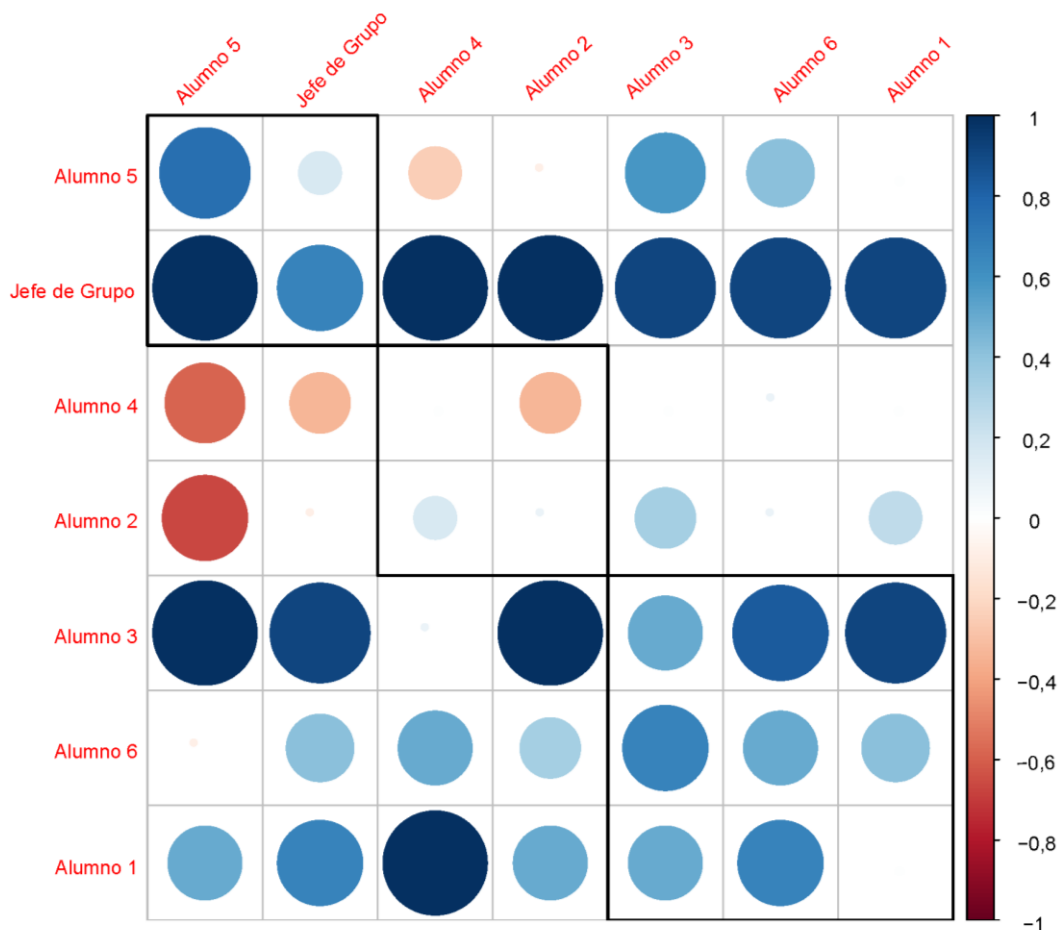
Sin embargo, de esta forma también se puede analizar el desglose de nota de cada alumno. Por ejemplo, se ve que el *Alumno 1* puntuó mejor al *Jefe de Grupo* de lo que éste lo hizo, al mismo tiempo que tuvo una percepción de su propio trabajo (autoevaluación) mucho más negativa de lo que tuvieron el resto sus compañeros. Destaca también la distancia entre la valoración recibida por el *Alumno 3* del *Alumno 4* y el resultado final. Esto implica que el *Alumno 4* ponderó bastante más por debajo al *Alumno 3*, lo que podría representar algún tipo de problema concreto o personal. Lo mismo sucede con los *alumnos 2 y 5*.

Esto también se puede comprobar analizando específicamente la valoración recibida por el alumno de cada uno de sus compañeros (Figura 3). En primer lugar, se puede apreciar como las notas son mayoritariamente más positivas que negativas, una tendencia general en los grupos no conflictivos en los que se suele partir de una puntuación media y únicamente, de manera puntual, se penaliza realmente el trabajo de los compañeros.

Por otra parte, tanto el jefe del grupo como el *Alumno 3*, destacan claramente en la valoración recibida por el resto de los miembros del equipo, corroborando que tienen una percepción un

poco más negativa de sí mismos que sus compañeros, al reflejar una nota menor en la autoevaluación.

**Figura 3. Valoración recibida por el alumno de cada compañero.**

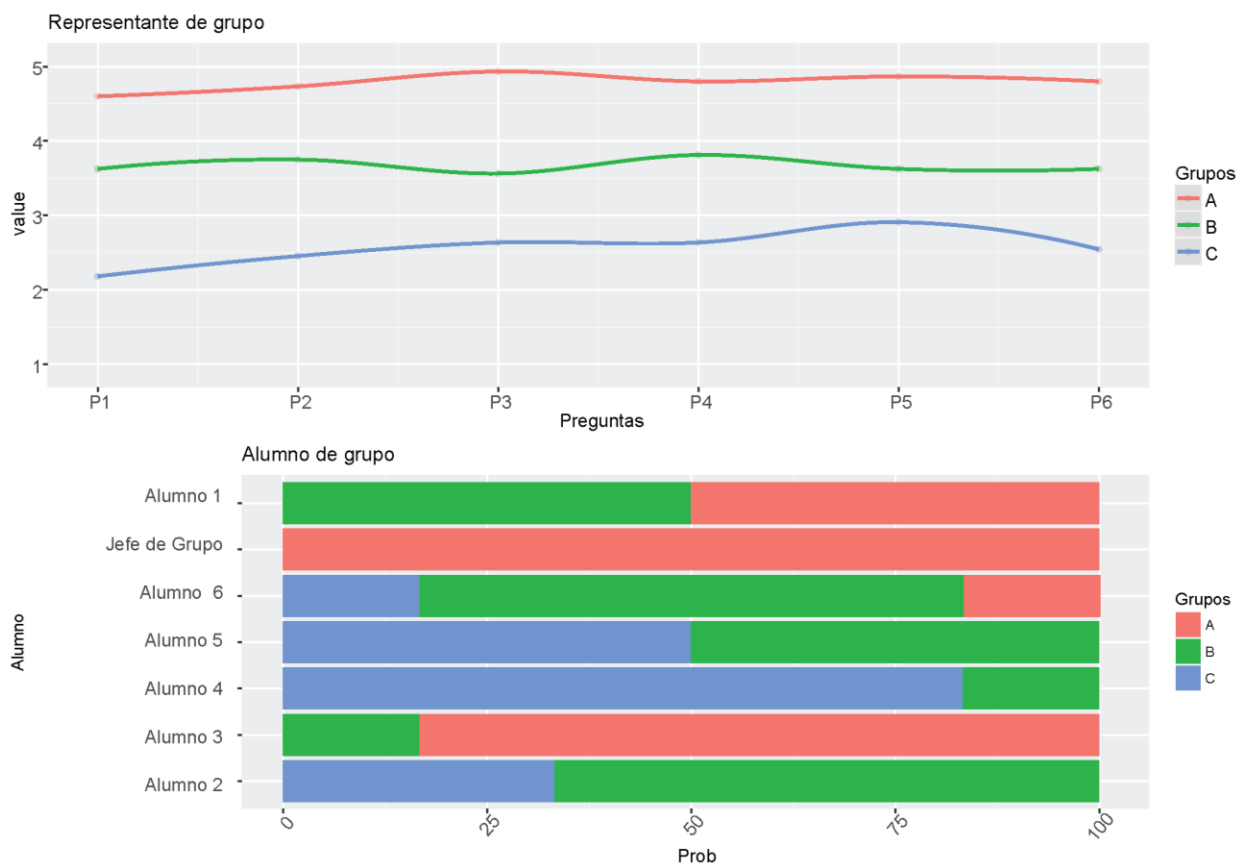


Por otra parte, el *alumno 5* valora que su aportación al grupo fue mucho más significativa que lo que apreciaron el resto de sus compañeros, y penaliza específicamente a los *alumnos 2 y 4*. Todos los miembros del equipo coinciden en que la menor aportación la tuvo el *Alumno 4* seguido del *Alumno 2*.

También es interesante analizar la división dentro del equipo (Figura 4). Se puede observar como el rendimiento y comportamiento de los miembros se puede diferenciar en tres grupos. Por un lado, el *Grupo A*, con la puntuación más elevada, donde se encontraría el *Jefe del Grupo*, así como el *alumno 3*, y que serían los miembros que realizaron más esfuerzos para el desarrollo del trabajo, lo que corrobora los resultados anteriores. Por otro lado, tendríamos el *Grupo C*, con el peor desempeño, donde encontraríamos al *alumno 4* destacando por encima de todos los demás. El resto se podrían encontrar en un punto intermedio entre un

desempeño medio, malo y bueno. El grafico de la parte inferior representa el porcentaje de cada grupo que se puede asociar a cada alumno.

**Figura 4. Clústeres identificados dentro del equipo.**



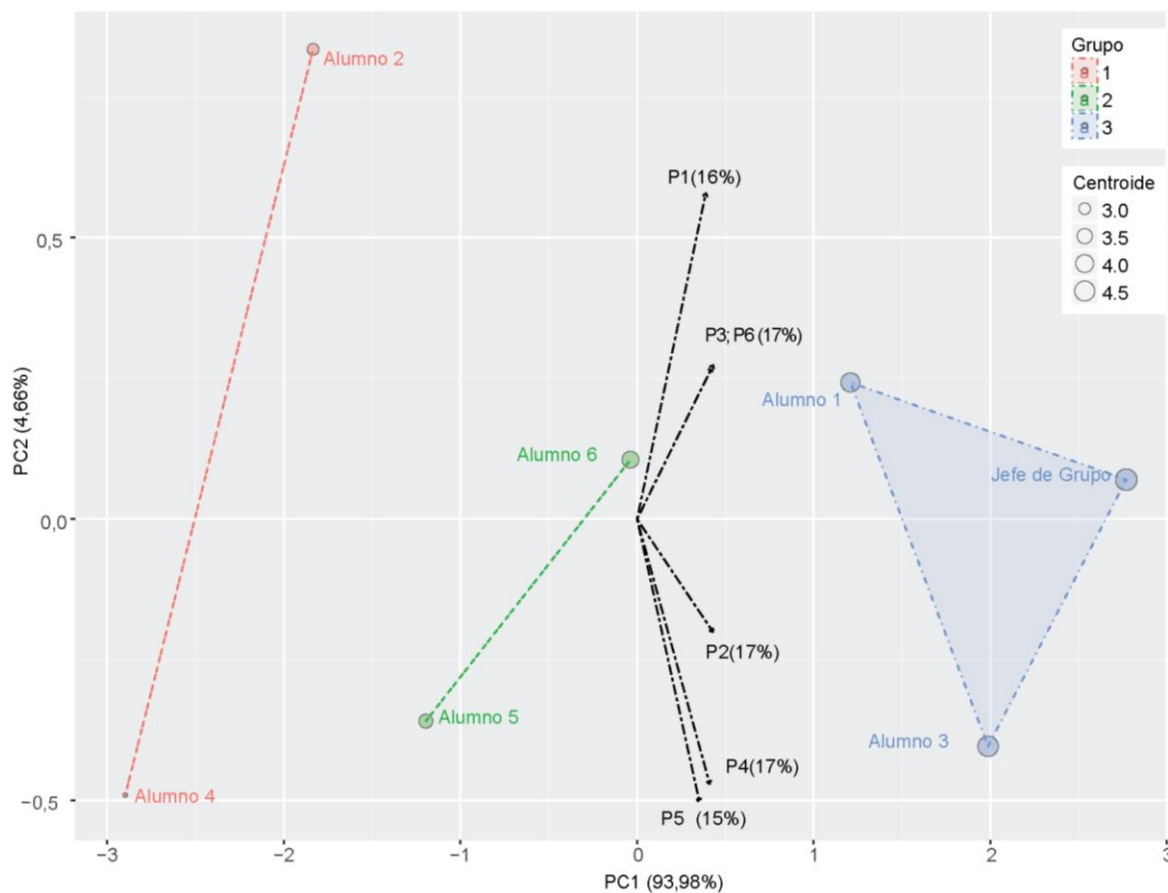
Por último, el estudio de componentes principales aparece reflejado en la Figura 5 que, como se puede apreciar, representa el casi el 95% de los datos analizados, por lo que los resultados reflejan fielmente la realidad. El peso sobre cada una de las preguntas se puede apreciar en el extremo de cada una de las flechas discontinuas. Este análisis permite, además de identificar diferentes grupos dentro del equipo, conocer el desempeño de cada uno de los miembros en función de cada una de las preguntas.

Así, por ejemplo, las impresiones de los compañeros respecto al *Alumno 3* es que consideran que tiene habilidades para resolver problemas y una gran eficiencia a la hora de ajustarse a las fechas de entrega y terminar los trabajos que empieza, pero no les parece que sea una persona con la que es sencillo y agradable trabajar. Un poco a la inversa funcionaría el *Alumno 1*. Tiene buenas puntuaciones de todos sus compañeros, es muy sencillo trabajar con él y contribuye al buen funcionamiento del equipo con un fuerte compromiso con el trabajo, pero en cambio consideran que no es tan bueno resolviendo problemas y ajustándose a las fechas de entrega, por lo que su rol sería más bien de cohesión grupal. Los peores alumnos serían el 2 y el 4, aunque cada uno de ellos destaca en puntos opuestos. Con el *Alumno 2* es más agradable trabajar que con el 4, pero en cambio no es un rol finalizador que termine los



trabajos que empieza. Un término intermedio lo representarían los *Alumnos 6 y 5*. El *Jefe de Grupo*, por su parte, recibió muy buenas puntuaciones para las 6 preguntas realizadas.

Figura 5. Estudio de componentes principales



#### 4 Conclusiones

Las “*soft skills*” o competencias transversales, como es el caso del trabajo en equipo, se convierten en uno de los factores clave en los procesos de selección de candidatos para las empresas, por la flexibilidad que da al candidato para adaptarse a los distintos entornos o perfiles laborales de la organización. En la vida profesional el trabajo en equipo es uno de los grandes hándicaps que se espera de un egresado universitario. Sin embargo, la evaluación por parte del profesor siempre suele ser una labor subjetiva, debido a la falta de información que genera el trabajo no presencial realizado por parte del equipo.

En el presente trabajo se ha planteado la utilización de técnicas de minería de datos, combinado junto con una evaluación por pares y autoreflexión por parte del alumno, como método de evaluación objetivo sobre el que extraer conclusiones acerca del desempeño real del grupo. Se ha podido comprobar como la aplicación de estos métodos posibilita la detección de deficiencias en el aprendizaje y rendimiento de los estudiantes, identificando, por un lado, aquellos miembros del grupo menos participativos y los que tienen una mejor valoración de sus compañeros, y, por otro, los puntos fuertes y débiles de cada uno de ellos. Estos puntos fuertes y débiles pueden ser definidos en función de las preguntas seleccionadas para la

evaluación, por lo que puede ser adaptable a cualquier área del conocimiento y asignatura en función de las necesidades que estipule el docente.

## 5 Referencias

- Elliott, Naomi, and Agnes Higgins. 2005. 'Self and Peer Assessment – Does It Make a Difference to Student Group Work?' *Nurse Education in Practice* 5(1):40–48. doi: 10.1016/j.nepr.2004.03.004.
- Fellenz, Martin R. 2006. 'Toward Fairness in Assessing Student Groupwork: A Protocol for Peer Evaluation of Individual Contributions'. *Journal of Management Education* 30(4):570–91. doi: 10.1177/1052562906286713.
- Gaudet, Andrew D., Leanne M. Ramer, Joanne Nakonechny, Jacquelyn J. Cragg, and Matt S. Ramer. 2010. 'Small-Group Learning in an Upper-Level University Biology Class Enhances Academic Performance and Student Attitudes toward Group Work'. *PLoS One* 5(12):e15821. doi: 10.1371/journal.pone.0015821.
- Hagen-Hall, Kim, Michael Verhaart, and Owen Giles. 2005. *Best Practice Assessment Methods for Evaluating an Individual's Performance in Group Work*.
- Hussain, Mushtaq, Wenhao Zhu, Wu Zhang, Syed Muhammad Raza Abidi, and Sadaqat Ali. 2019. 'Using Machine Learning to Predict Student Difficulties from Learning Session Data'. *Artificial Intelligence Review* 52(1):381–407. doi: 10.1007/s10462-018-9620-8.
- Johnson, David W., and Roger T. Johnson. 2009. 'An Educational Psychology Success Story: Social Interdependence Theory and Cooperative Learning'. *Educational Researcher* 38(5):365–79. doi: 10.3102/0013189X09339057.
- King, Paul E., and Ralph R. Behnke. 2005. 'Problems Associated With Evaluating Student Performance In Groups'. *College Teaching* 53(2):57–61. doi: 10.3200/CTCH.53.2.57-61.
- Lavy, Shiri. 2017. 'Who Benefits from Group Work in Higher Education? An Attachment Theory Perspective'. *Higher Education* 73(2):175–87. doi: 10.1007/s10734-016-0006-z.
- O'Donnell, Angela, Donald Dansereau, and Richard Hall. 2002. 'Knowledge Maps as Scaffolds for Cognitive Processing'. *Educational Psychology Review* 14:71–86. doi: 10.1023/A:1013132527007.
- Pitt, M. J. 2000. 'The Application of Games Theory to Group Project Assessment'. *Teaching in Higher Education* 5(2):233–41. doi: 10.1080/135625100114876.
- Rastrollo-Guerrero, Juan L., Juan A. Gómez-Pulido, and Arturo Durán-Domínguez. 2020. 'Analyzing and Predicting Students' Performance by Means of Machine Learning: A Review'. *Applied Sciences* 10(3):1042. doi: 10.3390/app10031042.
- Smith, Morgan, and John Rogers. 2014. 'Understanding Nursing Students' Perspectives on the Grading of Group Work Assessments'. *Nurse Education in Practice* 14(2):112–16. doi: 10.1016/j.nepr.2013.07.012.

