

Estimación del rendimiento individual a partir del rendimiento de trabajo en grupo

J. R. Quevedo, E. Montañés

Departamento de Informática

Universidad de Oviedo

Gijón, Asturias

{quevedo, montaneselena}@uniovi.es

Resumen

La habilidad de trabajo en equipo es una de las competencias más demandadas por las empresas y debería ser una práctica muy habitual en la docencia universitaria. El problema surge en la etapa de la evaluación. Generalmente, la naturaleza de los miembros que forman un grupo hace que el rendimiento de ciertos grupos se vea afectado y estimar el rendimiento individual de sus miembros mediante el rendimiento del grupo no resulta efectivo. Este trabajo propone una técnica basada en regresión que permite estimar la influencia individual de un alumno en actividades elaboradas en grupo. La experiencia se está realizando en la asignatura Diseño de Sistemas de Información correspondiente a la titulación de Ingeniería Informática de la Universidad de Oviedo y hasta el momento muestra su utilidad para destacar alumnos que influyen notablemente en el éxito del trabajo de los grupos a los que pertenecen.

1. Motivación

Generalmente, los ingenieros informáticos son contratados para desarrollar proyectos. Esto significa que trabajarán con personas a su cargo, serán responsables de dirigir reuniones, repartir tareas, etc... Para cubrir estos puestos las empresas demandan titulados con habilidades y competencias concretas [3], tales como iniciativa, dinamismo, comunicación, capacidad crítica, interacción entre clientes, compañeros, jefes, subordinados, y en general, profesionales que tengan una buena capacidad de trabajo en equipo [6].

Sin embargo, aunque las universidades son conscientes de la importancia de adquirir estas competencias, se tiende a fomentar que el alumno trabaje individualmente [7]. Una de las principales

razones de esta actitud en el ámbito universitario es la exigencia de obtener una evaluación individual a cada alumno, exigencia que para las empresas se convierte meramente en el éxito del proyecto independientemente de los miembros que formen el equipo. Ni siquiera el alumnado a veces percibe esta práctica de trabajo en grupo con entusiasmo, en su caso principalmente por temor a que su rendimiento individual ya no dependería únicamente de sí mismo sino que se puede ver afectado por la actitud del resto de integrantes. A pesar de ello, si deseamos que el día de mañana las empresas acojan de buen grado a los alumnos que formamos, es nuestra la labor de fomentar un cambio de comportamiento en este aspecto.

En primer lugar, los profesores debemos tener especial cuidado en el diseño de grupos y actividades grupales para que su funcionamiento sea lo más eficiente y enriquecedor desde el punto de vista de la enseñanza-aprendizaje [2]. A pesar de ello, surgen dificultades causadas por la heterogeneidad en la naturaleza de sus miembros. Así, existen grupos en los que determinados miembros son trabajadores, eficientes, dispuestos y se esfuerzan, otros, aunque trabajan y cumplen sus obligaciones, tienen poco interés y el esfuerzo que realizan es mínimo o ineficiente y finalmente están aquellos que ni siquiera acuden a las reuniones o no elaboran su parte de trabajo. Esta situación hace que el rendimiento de ciertos grupos, en efecto, se vea afectado por el tipo de miembros que lo formen y a priori estimar el rendimiento individual de sus miembros mediante el rendimiento del grupo conduce a soluciones promediadas que nos impide discernir de manera objetiva entre alumnos que destacan y alumnos que no alcanzan el nivel requerido [8]. Una alternativa que habitualmente se utiliza es dedicar parte de la evaluación a una entrevista o tutoría en la que el profesor pueda validar mediante ciertas

preguntas estratégicas el grado de participación del alumno en la elaboración de la actividad. Esta solución puede ayudar a resolver la situación, sin embargo, en ocasiones produce rendimientos sesgados porque no refleja realmente si el alumno ha adquirido la competencia perseguida con la elaboración de la tarea sino que más bien evalúa sus habilidades comunicativas.

En este marco, surge el desarrollo de este trabajo cuyo objetivo es diseñar una técnica que permita estimar la influencia individual de un alumno en actividades elaboradas en grupo basándose meramente en la calidad y corrección del producto elaborado por el grupo. Una de las pretensiones de esta propuesta es involucrar más, tanto a los alumnos como a los profesores, en la utilización de este tipo de actividades tan enriquecedoras para su futura vida laboral.

2. Contexto de desarrollo

Este trabajo se desarrolla en el contexto de la asignatura Diseño de Sistemas de Información de la titulación de Ingeniería Informática en la Universidad de Oviedo. Se trata de una asignatura anual y optativa de 4º curso, cuyos contenidos se agrupan en dos módulos. El primer módulo profundiza en el diseño e implementación de una base de datos relacional utilizando un gestor de bases de datos potente. El segundo módulo ahonda en los planes de ejecución de consultas y modificaciones necesarias en la implementación de una base de datos relacional con el fin de optimizar la recuperación de información.

La evaluación se basa principalmente en la elaboración de proyectos de temática libre enfocados a la resolución de casos subdivididos en apartados evaluables y retroalimentados. Se ha propuesto el desarrollo de dos proyectos, uno por cada módulo, diseñados de manera que permitan garantizar que los objetivos de la asignatura queden cubiertos.

La metodología docente adoptada combina la metodología expositiva con la propuesta de actividades no evaluables individuales y en grupo que conduzcan al posterior éxito de los apartados que conforman los proyectos evaluables.

3. El método de estimación

Un método tradicional de evaluación en grupo consiste en asignar a cada alumno la calificación media de las calificaciones que obtuvo cada grupo al que pertenezca.

El método propuesto se basa en la suposición de que la influencia de un alumno en un grupo determina el rendimiento de dicho grupo. Consiste en realizar rotaciones de cada alumno sometiéndole a participar en un grupo de trabajo diferente por cada actividad a evaluar y estimar la aportación individual de cada alumno en función del rendimiento de los grupos en los que haya participado. Adicionalmente, si se supone que la influencia de un alumno en un grupo es lineal sería posible mediante regresión obtener una función que estime el rendimiento de un grupo a partir del rendimiento individual de cada alumno que integre el grupo. El método de mínimos cuadrados [1] sólo es aplicable cuando el número de alumnos es menor o igual que el número de actividades evaluables multiplicado por el número de grupos, situación que en la práctica no ocurre. Una alternativa podría ser utilizar regresión paso a paso [4] pero esta técnica proporciona a lo sumo tantas calificaciones individuales distintas de cero como actividades evaluables multiplicadas por el número de grupos. Es claro que ninguno de los métodos sería útil para nuestro problema. Por un lado, teniendo en cuenta que el número de alumnos es fijo y que el número de grupos viene condicionado por el número de alumnos y el número de alumnos por grupo, el método de mínimos cuadrados nos condicionaría a bien a fijar el número de actividades evaluables o bien a fijar el número de alumnos por grupo. Esta condición desde el punto de vista de la enseñanza-aprendizaje no resulta efectiva puesto que lo interesante es adecuar el número de alumnos por grupo en función de la dificultad, extensión, etc... de la tarea evaluable. Por otro lado, aplicar el método de regresión paso a paso conduciría a que determinados alumnos obtuvieran un rendimiento nulo. La propuesta en este trabajo consiste en utilizar una técnica de regresión denominada máquinas de vectores soporte [5] que son consideradas más potentes y carecen de dichas limitaciones.

Se parte de un conjunto de n_a alumnos que realizarán n_t tareas. Por cada tarea se organizan

distintos grupos de alumnos. Cada grupo será evaluado y obtendrá una calificación.

El proceso de creación de grupos debe cumplir la siguiente condición de distinción:

No puede haber dos alumnos que estén asignados a los mismos grupos.

Si esta condición no se cumple no se tendría ninguna información discriminadora de ambos alumnos por separado, y por tanto no sería posible obtener sus calificaciones individuales.

La ecuación (1) define el número mínimo de grupos por actividad evaluable (g_{min}) para conseguir que se cumpla la condición.

$$g_{min}(n_t, n_a) = \text{superior}\left(\sqrt[n_t]{n_a}\right) \quad (1)$$

Sin embargo, como se ha comentado anteriormente, desde el punto de vista de la enseñanza-aprendizaje sería más interesante fijar el número de alumnos por grupo en base a la dificultad de resolución de la tarea evaluable frente a fijar el número de grupos que condicionaría el número de tareas corregibles. La ecuación (2) nos proporciona el número de grupos fijando el número máximo (n_{ag}) de alumnos por grupo

$$g(n_a, n_{ag}) = \text{superior}\left(\frac{n_a}{n_{ag}}\right) \quad (2)$$

Una vez conocido el número de grupos por cada tarea evaluable (n_g) obtenido bien a partir de la ecuación (1) o bien mediante la ecuación (2), el número total de grupos (n_{gt}) que se formarían para todas las tareas evaluables será $n_{gt} \cdot n_t$.

Por otro lado, para conseguir la máxima distinción entre los alumnos se necesita que el número de alumnos en cada grupo esté equilibrado. En este caso si n_g es divisor de n_a , entonces todos los grupos tendrán los mismos alumnos (n_a/n_g), si no, unos grupos tendrán $\text{superior}(n_a/n_g)$ y otros $\text{inferior}(n_a/n_g)$.

Construyamos el vector columna AG de tantas filas como grupos totales (n_{gt}) donde el elemento i es el número de alumnos en el grupo i .

Ahora debemos asignar a cada alumno a n_t grupos, uno para cada tarea, de manera que cada grupo tenga el número de alumnos indicado en el vector AG y que además se cumpla la condición

de distinción. Notar que si $n_g \geq g_{min}(n_t, n_a)$, siempre existe una asignación factible.

Veamos ahora como construir la matriz de pertenencia P de alumnos a grupos. Esta matriz tiene tantas columnas como alumnos y tantas filas como grupos totales. Cada elemento (i, j) de dicha matriz vale 1 si el alumno j pertenece al grupo i y 0 en caso contrario. Notar que siempre se cumple que la suma de todas sus columnas es n_t y que la suma de todas sus filas es n_{ag} . En primer lugar se calcula el número de alumnos que tiene cada grupo que elaborará una tarea. Es necesario tener en cuenta que ningún grupo tenga más de n_{ag} alumnos por grupo y que, como antes se comentó, el número de alumnos esté equilibrado. El Algoritmo 1 crea una distribución equilibrada de alumnos por grupo:

```
NAlumnosGrupo=NAG (Alumnos, MaxAGrupo)
```

```
SI Alumnos≤MaxAGrupo
```

```
ENTONCES NAlumnosGrupo=Alumnos;
```

```
SI NO
```

```
NGrupos=superior (Alumnos/
MaxAGrupo);
```

```
NAG1=inferior (Alumnos/
NGrupos);
```

```
NAlumnosGrupo=[NG1
```

```
NAG (Alumnos-NAG1, MaxAGrupo)];
```

```
FIN SI
```

Algoritmo 1. Algoritmo de creación de una distribución equilibrada de alumnos en cada grupo.

Este algoritmo realiza una asignación de los alumnos a los grupos secuencialmente tarea a tarea. En la primera tarea se asignan alumnos a grupos con la única restricción del número de alumnos por grupo calculado con la función NAG. Para el resto de tareas se van asignando alumnos a los grupos que vayan cumpliendo la condición de distinción.

Una vez obtenidos los grupos, se elaboran todas las tareas evaluables, se corrigen y se obtiene una calificación por cada grupo y tarea.

Veamos ahora cómo obtener el rendimiento individual a partir del rendimiento del grupo planteado como un problema de regresión lineal. La función lineal de regresión más interesante es aquella que a partir de la pertenencia de los alumnos a determinados grupos obtenga la calificación asignada al grupo multiplicada por el número de integrantes del grupo. Formalmente, si

P es la matriz de pertenencia anteriormente obtenida, N el vector columna de n_a elementos donde el elemento i es la calificación individual del alumno i en las tareas evaluables, NG el vector columna de n_{gt} elementos donde el elemento i representa la calificación del grupo i multiplicada por el número de integrantes de dicho grupo y E el vector columna del margen de error, entonces el problema de regresión se reduce a obtener el vector N que en la expresión (3) minimice el valor absoluto de E .

$$P \cdot N = NG + E \quad (3)$$

Por ejemplo, supongamos que tenemos 7 alumnos a los que se les ha propuesto resolver 2 tareas en grupos de tamaño máximo igual a 3. En la Tabla 1 se muestra una posible pertenencia de los alumnos a los grupos y las calificaciones de cada grupo en cada tarea para este ejemplo.

Grupo	Tarea	Alumnos							Calif.
		1	2	3	4	5	6	7	
G1	T1	1	1	0	0	0	0	0	8
G2	T1	0	0	1	1	0	0	0	6
G3	T1	0	0	0	0	1	1	1	7
G4	T2	1	0	0	0	0	1	0	5
G5	T2	0	0	1	0	0	0	1	4
G6	T2	0	1	0	1	1	0	0	8

Tabla 1. Ejemplo de pertenencia y calificación de tareas por grupo

El objetivo sería calcular el vector columna N de tamaño 7, donde P es la matriz formada por las columnas de los alumnos 1 a 7 de la Tabla 1 y el vector columna NG viene dado por la transpuesta del vector en (4), donde la componente i es la calificación obtenida por el grupo i multiplicada por el número de integrantes del grupo i :

$$(8 \cdot 2, 6 \cdot 2, 7 \cdot 3, 5 \cdot 2, 4 \cdot 2, 8 \cdot 3) \quad (4)$$

La Tabla 2 muestra la estimación de las calificaciones individuales obtenidas para cada alumno por el método tradicional consistente en asignar a cada alumno la calificación media de las calificaciones de las tareas realizadas por los grupos a los que pertenece (MCG) y por el método de regresión con las variantes regresión

paso a paso (RPP) y máquinas de vectores soporte (MVS).

	Alumnos						
	1	2	3	4	5	6	7
MCG	6,5	8,0	5,0	7,0	7,5	6,0	5,5
RPP	11,2	3,7	9,2	1,7	19,9	0,0	0,0
MVS	5,1	8,1	4,0	7,9	8,1	5,1	4,1

Tabla 2. Calificaciones individuales obtenidas por MCG; RPP y MVS

La Figura 1 muestra el esquema general del proceso.

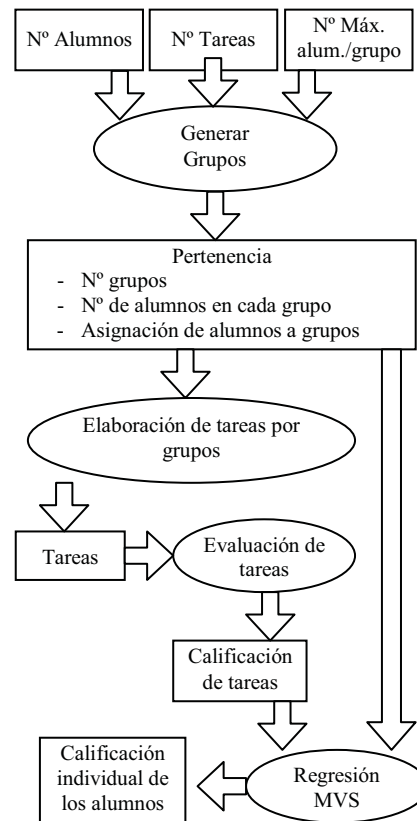


Figura 1. Esquema general del proceso

4. Análisis de Resultados

En este punto se pretende estudiar la bondad del método. Con este fin se plantea en primer lugar

una batería de experimentos ficticios. Posteriormente se utilizan calificaciones reales de alumnos de la asignatura que nos ocupa para analizar su comportamiento.

4.1. Experimentos con datos ficticios

En la generación de datos ficticios se han variado diferentes parámetros:

- N° de alumnos: 20, 40, 60, 80 y 100.
- N° de tareas con valores 2, 3, 4 y 5.
- N° máximo de alumnos por grupo con valores 3, 6, 10 y *m*, donde *m* es el número máximo que permite garantizar el cumplimiento de la condición de distinción.

En todas estas situaciones se han generado aleatoriamente calificaciones individuales para cada alumno y tarea utilizando una distribución normal de media 7,5 y desviación típica 2. Así mismo, se han generado aleatoriamente grupos para elaborar cada tarea teniendo en cuenta el cumplimiento de la condición de distinción. La calificación del grupo se ha calculado como la media de las calificaciones obtenidas por los alumnos que conforman cada grupo. Esta situación sería la más óptima pues al utilizar a media se garantiza una relación lineal entre las calificaciones individuales y las de cada grupo.

Debido al carácter aleatorio de esta generación de datos, cada experimento se ha repetido 30 veces para garantizar que la media muestral es un buen estimador de la media poblacional [9]. Por cada repetición se han realizado los siguientes cálculos:

- El error medio entre las notas individuales originales de los alumnos y las obtenidas según el método MCG.
- El error medio entre las notas individuales originales de los alumnos y las obtenidas mediante regresión utilizando MVS.

Finalmente se proporciona como error la media de las 30 repeticiones.

Las Tablas 3, 4 y 5 muestran los errores de ambos métodos cuando varía el número de alumnos, el número de tareas y el número de alumnos por grupo respectivamente.

Alum./mét	20	40	60	80	100
MVS	0,87	0,94	0,96	0,94	0,95
MCG	1,22	1,26	1,29	1,27	1,21

Tabla 3. Error medio al variar el n° de alumnos.

Tare./mét.	2	3	4	5
MVS	1,12	1,11	1,04	0,99
MCG	1,24	1,27	1,26	1,23

Tabla 4. Error medio al variar el n° de tareas.

Apg/mét.	3	6	10	M
MVS	0,30	0,94	1,19	1,29
MCG	1,05	1,27	1,35	1,38

Tabla 5. Error medio al variar el número máximo de alumnos por grupo.

A la vista de estas tablas se puede observar que el error medio obtenido utilizando MVS es menor que el proporcionado por MCG en todas las situaciones. Esto se traduce en que MVS es capaz de estimar la influencia individual de un alumno en la elaboración de una tarea mejor que MCG. También se puede observar que el parámetro más influyente es el número de alumnos por grupo de manera que cuanto menor sea dicho número mejor estimación se obtiene. Este resultado coincide con nuestra intuición como profesores de la adecuación de formar grupos de menor tamaño.

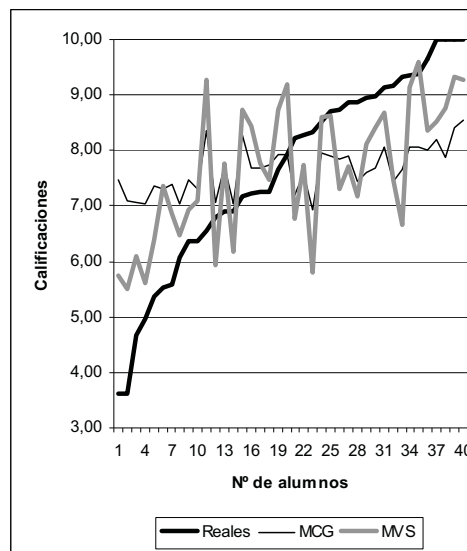


Figura 2. Calificaciones estimadas por MCG y MVS comparadas con las calificaciones reales.

Veamos ahora cómo califican ambos métodos. La Figura 2 muestra las calificaciones de cada

alumno originales y las obtenidas por ambos métodos para una de las situaciones (el resto de situaciones proporcionan resultados similares pero no se incluyen por falta de espacio). Se trata de 40 alumnos, 3 tareas y 6 alumnos por grupo como máximo. En esta figura se observa como el método MCG tiende a promediar más las calificaciones, mientras que MVS es capaz de detectar los alumnos influyentes en el rendimiento de los grupos en los que participa, tanto positivamente como negativamente

4.2. Experimentos con datos reales

La experimentación con datos reales se ha realizado con calificaciones individuales de 41 alumnos en la elaboración de cuatro tareas. La calificación final que han obtenido ha sido la media de las cuatro tareas. Antes de continuar comentar que debido a que la técnica propuesta en este trabajo se encuentra en fase de prueba, no se ha realizado la experimentación con grupos reales para no comprometer la calificación final de los alumnos. En su lugar, se pretenden estimar las calificaciones que se hubieran asignado a los grupos que hipotéticamente se hubieran formado, utilizar tanto MCG y MVS para estimar las calificaciones individuales y compararlas con las originales. A partir del contexto de la asignatura y de la naturaleza y propiedades de las tareas que se les ha encomendado realizar a los alumnos, los profesores de la asignatura hemos considerado adecuado simular las situaciones cuyo número máximo de alumnos por grupo fuese 3 o 5. Así mismo, para obtener las calificaciones que cada grupo hubiese obtenido a partir de las calificaciones individuales se han utilizado los operadores de agregación media y máximo. Elegir la media implica simular que la calificación de un grupo depende de todos los alumnos por igual, mientras que utilizar el máximo significa que la actividad evaluable se ha realizado tan bien como el mejor de los alumnos que integre el grupo.

Las Figuras 3, 4, 5 y 6 muestran las calificaciones individuales reales y las obtenidas mediante MCG y MVS para las situaciones combinadas de 3 y 5 alumnos por grupo y de agregar las calificaciones mediante la media y el máximo.

En la Figura 3 las calificaciones reales y las obtenidas utilizando MVS casi se solapan dado que el error es imperceptible. Esta situación sería

una de las mejores en tanto que el número de alumnos por grupo es bajo y la calificación de los grupos es linealmente dependiente de la influencia de cada alumno (por el uso de la media como operador de agregación).

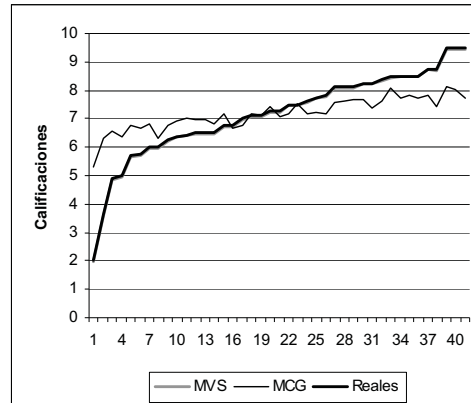


Figura 3. Situación donde el nº máximo de alumnos por grupo es 3 y las calificaciones de los grupos se calculan como la media de las calificaciones originales.

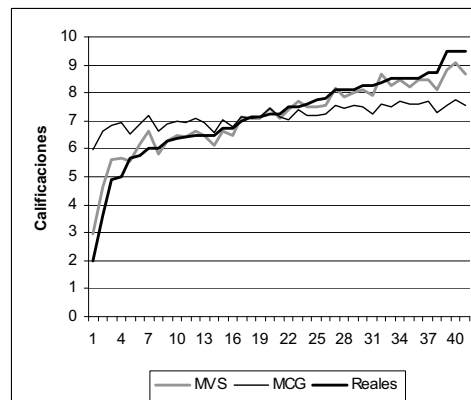


Figura 4. Situación donde el nº máximo de alumnos por grupo es 5 y las calificaciones de los grupos se calculan como la media de las calificaciones originales.

En la Figura 4 se observa que a medida que aumenta el número de alumnos por grupo a 5, aparecen pequeñas diferencias entre las calificaciones reales y las estimadas por MVS.

A la vista de las Figuras 5 y 6 se puede observar que cuando la calificación del grupo no es lineal si no que la tarea es realizada por el alumno más trabajador (por el uso del máximo como operador de agregación), ni MGS, ni MVS son capaces de distinguir entre alumnos cuya calificación real sea baja y alumnos cuya calificación real sea media. Sin embargo, MVS es capaz de destacar alumnos excelentes.

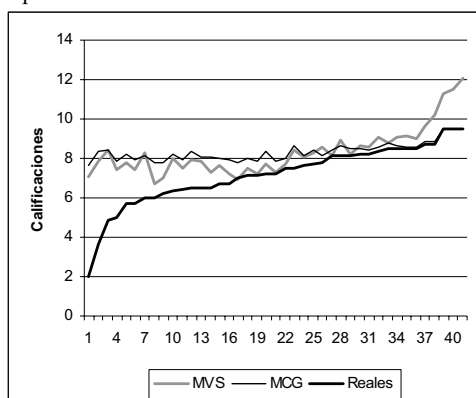


Figura 5. Situación donde el n° máximo de alumnos por grupo es 3 y las calificaciones de los grupos se calculan como el máximo de las calificaciones originales.

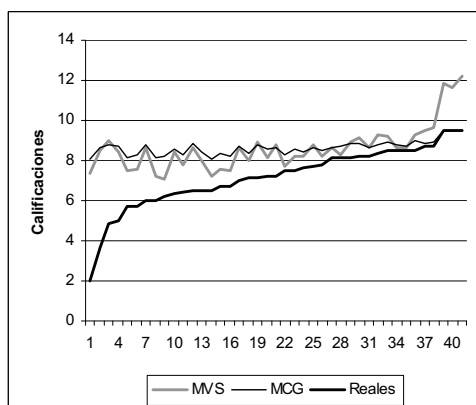


Figura 6. Situación donde el n° máximo de alumnos por grupo es 5 y las calificaciones de los grupos se calculan como el máximo de las calificaciones originales.

5. Conclusiones y Trabajo Futuro

Este trabajo propone un camino hacia una posible solución a algunas de las dificultades que acarrea la evaluación en grupo. En efecto, tradicionalmente se suele estimar el rendimiento individual de sus miembros mediante el rendimiento del grupo, lo que conduce a soluciones promediadas que nos impide discernir de manera objetiva entre alumnos que destacan y alumnos que no alcanzan el nivel requerido. Así mismo, dedicar parte de la evaluación a una entrevista tiende a evaluar en mayor grado las habilidades comunicativas que las competencias que se perseguían con la realización de las actividades evaluables. El método propuesto trata de evaluar de manera individual al alumno únicamente mediante el producto generado por la realización de las actividades, de manera que en la medida de lo posible su calificación refleje su aportación real al grupo. Supone un intento de animar tanto a profesores como a alumnos a fomentar el uso de la técnica de trabajo en equipo con mayor frecuencia, práctica tan bien valorada en el mercado laboral.

A la vista de los resultados, tanto sobre datos ficticios como sobre datos reales, se puede concluir que nuestra propuesta de estimación utilizando regresión basada en máquinas de vectores soporte es capaz de estimar mejor la influencia individual de un alumno en la elaboración de una tarea que el método tradicional. También se concluye que el número de alumnos por grupo es crucial para que este método aporte buenas estimaciones. Finalmente, en el caso en que la calificación del grupo sea la proporcionada por el supuestamente mejor de los alumnos que forman cada grupo, el método es capaz de destacar estos alumnos más brillantes, si bien discierne poco a los alumnos cuyo rendimiento es medio y bajo.

En cualquier caso, este método puede servir para confirmar o ajustar las evaluaciones grupales que se lleven a cabo por otras vías o bien para tomar decisiones sobre posibles incrementos en la calificación de un alumno que el método destaque.

Finalmente, comentar que este método se basa en que la influencia de un alumno es la misma en todos los grupos y en la realización de todas las tareas. En la realidad, esto no es cierto, pues aunque por norma general un alumno mantenga

una tendencia, puede tener más habilidades en la realización de una actividad con respecto a otra o puede alcanzar un nivel de comunicación diferente dependiendo del resto de integrantes de los grupos en los que participe. Estudiar la influencia de estos aspectos en esta técnica es una posible vía a seguir como trabajo futuro. También es de interés estudiar qué ocurre cuando el número de alumnos por grupo es diferente en cada grupo y la ponderación de las tareas no es equitativa.

Referencias

- [1] Abdi H. *Least-squares*, M. Lewis-Beck, A. Bryman, T. Futing (Eds): Encyclopedia for research methods for the social sciences. Thousand Oaks (CA): Sage. pp. 792-795, 2003.
- [2] AGELET, J. ET AL. *Estrategias organizativas de aula. Propuestas para atender a la diversidad* Barcelona: Graó, 2000.
- [3] Cacece N. *Nuevas profesiones y empleo en el cambio de siglo. Consejos para los jóvenes que trabajarán en el tercer milenio*. Bilbao: DEUSTO, 1994.
- [4] Draper N. and Smith, H. *Applied Regression Analysis*, 2d Edition, New York: John Wiley & Sons, Inc, 1981.
- [5] Drucker H., Burges C.J.C., Kaufman L., Smola A. and Vapnik V. *Support Vector Regression Machines*. Advances in Neural Information Processing Systems 9, 155-161, MIT Press, NIPS 1996.
- [6] García del Junco J. y García R. *Análisis de las principales capacidades de la gestión empresarial*. Dirección y Organización (13): 32-44, 1995.
- [7] García Montalvo J. *Formación y empleo de los graduados de enseñanza en España y en Europa*. Valencia: IVIE, 2001.
- [8] Machado S. y al. *Recomendaciones para la implantación del PBL en créditos optativos basadas en la experiencia en la EPSC*, JENU12005, Madrid, 13-15 Julio, 2005.
- [9] Spiegel M. R. *Statistics*. McGraw-Hill, New York, 1971.