

Análisis del nivel de presencia de aprendizaje colaborativo en la red social Sociedad y Tecnología

Manuel Medina Molina, Borja Rubio Reyes, José Carlos Nelson Santana, Manuel Galán Moreno
mmedina@dsc.ulpgc.es, brubio@gmail.com, jnelson@dic.ulpgc.es, mgalan@dmate.ulpgc.es

Universidad de Las Palmas de Gran Canaria
CICEI – Centro de Innovación para la Sociedad de la Información
Las Palmas de Gran Canaria - España

Abstrac - Se presenta el estudio sobre una red social, denominada Sociedad y Tecnología (SyT), construida sobre la plataforma Elgg, cuyo objetivo es promover el uso de entornos personales de trabajo y aprendizaje (PLWE) para el desarrollo de aprendizaje colaborativo. Los parámetros que analizamos permitirán determinar la presencia, en la estructura relacional de los sujetos y los grupos, de procesos de aprendizaje autogestionado y social.

Palabras clave: redes sociales, analisis de redes sociales, e-learning, Elgg, aprendndizaje colaborativo, innovación.

INTRODUCCIÓN

En los últimos 15 años la evolución de las redes de telecomunicación y el abaratamiento de la tecnología ha permitido el mundo interconectado que conocemos. Este sistema complejo, configurado por numerosas redes unidas formando una red global llamada Internet, ha generado una revolución social sin parangón en la historia de la humanidad. Junto con el crecimiento de Internet, también se ha despertado el interés por el estudio y la caracterización de los sistemas complejos desde el enfoque del Análisis de Redes Sociales [1], [2], [3] y [4].

Entre los distintos tipos de redes que configuran Internet destacan las redes sociales centralizadas, redes tipo Facebook, caracterizadas por la libre adhesión y en las que las relaciones entre los sujetos pueden ser triviales, y las redes temáticas distribuidas en las que las relaciones que se establecen responden a un interés individual o colectivo, conocidas como Comunidades de Prácticas.

La red Sociedad y Tecnología (SyT) es una combinación de ambos tipos de redes: libre adhesión y comunidad de prácticas. A pesar de que la adhesión es libre, esta red está formada por diferentes comunidades de eAprendices y eProfesionales que deciden el carácter público o privado de los grupos en los que interactúan y sus contenidos. El objetivo de esta red es proporcionar entornos para que sus usuarios puedan interactuar y “aprender a ser y estar” en comunidades de prácticas, mediante un aprendizaje colaborativo formal o informal, autogestionado, orientado a competencias y bajo el enfoque de un desarrollo personal/profesional para toda la vida. La red SyT está constituida, en su mayor parte, por personas que siguen procesos de autoaprendizaje y trabajo colaborativo para alcanzar innovación centrada en las personas

bajo el enfoque de una tripolaridad K-A-I (Konocimiento – Aprendizaje – Innovación) [5].

CONTEXTO

EL APRENDIZAJE COLABORATIVO EN RED

La colaboración online es una de principales conductas durante el desarrollo de tareas de aprendizaje y/o trabajo hoy en día. De ahí que el aprendizaje colaborativo (Collaborative Learning) haya adquirido gran relevancia en publicaciones recientes en las que se le define, desde diferentes perspectivas y disciplinas científicas, mediante un denominador común: la participación en procesos de aprendizaje de los sujetos de un grupo para obtener unos fines individuales o grupales, fines personales o comunes [5], [6], [7], [8].

Las teorías del aprendizaje social y colaborativo son bastante antiguas (podemos remontarnos a los clásicos como Bandura [9] y Vigotsky [10]), pero la posibilidad de “andamiaje” en el proceso de enseñanza-aprendizaje que proporciona la relación y la colaboración online, entendida como una estructura que facilita la interacción entre los miembros de un grupo, permite buscar nuevas metas para los investigadores de los entornos de trabajo y aprendizaje.

Según Slavin [11] y Johnson [12] el aprendizaje colaborativo está más allá de la perspectiva puramente cognitiva, y consideran también las dimensiones motivacional y social como parte fundamental del proceso de aprendizaje. Es decir, no sólo los contenidos de las materias del aprendizaje garantizan una buena adquisición de los conocimientos por parte de los estudiantes, sino que las vertientes emocional y social generan en el sujeto los impulsos internos necesarios para que la adquisición de conocimientos y habilidades se produzca de forma eficaz.

Dentro de los distintos tipos de interacción en los procesos de enseñanza y aprendizaje, donde los más evidentes son las interacciones estudiante-profesor, estudiante-contenido, estudiante-estudiante, consideramos que el tercer grupo de interacción es el menos explorado. Es por ello que, asumiendo que no todo es cognición en este proceso [6] y que los aspectos de cohesión social aparecen como efectos positivos en la motivación intrínseca de los individuos (interés, diversión, estímulo), hemos considerado favorablemente estudiar las conductas participativas como indicadores para inferir la presencia de procesos de autoaprendizaje,

aprendizaje colaborativo y aprendizaje social en entornos de colaboración.

Si se desea potenciar el aprendizaje online es necesario que se realice la participación de los sujetos implicados en los procesos de aprendizaje [7], de forma que el aprendizaje sea entendido como participación en tareas, individuales o grupales, más que como pura adquisición de conocimientos. Dentro de los entornos de aprendizaje y colaboración online, Hrastiinski en [7] propone como herramientas para medir los resultados del aprendizaje de cada sujeto: 1) el número de posts vistos; 2) el número de páginas con contenido vistas; 3) *las discusiones sobre el material visto*. Desde esta perspectiva aparece una propuesta en la que se valora positivamente la participación online y que implica una parte activa en las discusiones de los materiales publicados por los miembros del grupo y compartir y debatir entre pares el aprendizaje que se va adquiriendo.

LA RED SOCIAL SOCIEDAD Y TECNOLOGÍA

La red social Sociedad y Tecnología (SyT) es una red social de aprendizaje (SLN, Social Learning Network) [5] que permite desarrollar entornos de trabajo colaborativos entre sujetos con muy diferente rol: estudiantes, profesores, profesionales, etc. Todos ellos pueden optar por seguir un modelo de aprendizaje social participativo online, transformándose así en eAprendices. El proceso de aprendizaje de los eAprendices se caracteriza por ser adaptativo (según la implicación que adquiera o desee desempeñar el sujeto) y de gran plasticidad (según los campos de trabajo en los que participe).

También dentro de la red SyT se puede definir un nuevo rol en el que el eProfesional se ve involucrado en el aprendizaje y el trabajo online [7]. Uniendo ambos ámbitos, aprendizaje y trabajo, esta red permite así definir una serie de entornos personales de trabajo y aprendizaje (PLWE) constituidos por sistemas de gestión del aprendizaje personal (PLM), sistemas de gestión del conocimiento personal (PKM) y sistemas de gestión de los procesos personales (PPM), configurando así el PLWE como una de las herramienta más importantes que utiliza el eProfesional [7]. Esta herramienta puede ser “customizada” dentro de la red SyT y permitirá un aprendizaje a detalle según las necesidades y expectativas del sujeto.

En estos momentos la red está constituida por 1635 sujetos de muy diversa procedencia (estudiantes, profesores, etc.) que se agrupan en 86 comunidades de prácticas (abiertas o cerradas), de mayor o menor tamaño, más o menos activas, donde se establecen relaciones inter sujeto e intra/inter grupos.

Para proceder al análisis de las conductas participativas dentro de la red SyT hemos utilizado técnicas englobadas dentro del paradigma del Análisis de Redes Sociales (ARS). Estas técnicas de ARS [1] surgen de la confluencia interdisciplinar entre las ciencias sociales (psicología social, sociología, antropología, etc), la matemática (estadística, teoría de grafos, etc.) y las ciencias de la computación. Uno de los primeros indicadores que mediremos será la visibilidad del

sujeto, parametrizada mediante el número de relaciones con los pares que presenta dentro de la red [2], [4] y [13]. Además de los parámetros fundamentales de una red social (número de nodos, enlaces, densidad, etc) haremos especial hincapié en los índices de las centralidades de grado e intermediación [13], [14] y [15] como parámetros fundamentales para la identificación de los “sujetos más relevantes”, en cuanto a las relaciones se refiere. De esta manera pretendemos determinar los núcleos o sujetos singulares de la red en cuyo entorno se aglutina la interacción participativa que consideramos el indicador del aprendizaje colaborativo [6] y [7].

De entre los indicadores de las relaciones entre sujetos que proporciona la base de datos de la plataforma Elgg, sobre la que está construida la red SyT, se han utilizado las matrices de adyacencia de “amistad”, cuyo valor relacional es declarado por el sujeto al agregar amigos a su red personal, y la matriz de adyacencia de “colaboración”, que adquiere valor relacional cuando un sujeto realiza comentarios sobre los contenidos de los pares (blog, artículos, páginas, fotos, etc) o de un grupo. De esta manera tenemos dos fuentes de información completamente diferentes: la primera es información declarada por el sujeto; la segunda es información que surge como resultado de la interacción o participación en tareas de aprendizaje colaborativo entre pares. Somos conscientes de que no toda interacción actual entre sujetos está sujeta a tareas de aprendizaje, ya que la red SyT es también una red de libre adhesión, pero consideramos que los indicadores son igualmente válidos si consideramos que las comunidades de prácticas que conocemos, y que nos permitirán cotejar los resultados, son suficientemente activas.

METODOLOGÍA

Con el fin proceder al análisis de los datos de la red SyT se ha extraído la información de la base de datos de la plataforma Elgg. Para ello se han desarrollado unos scripts que permiten determinar el número de relaciones que ha establecido un sujeto (relación de amistad) y el número de comentarios que ha realizado un individuo sobre los contenidos publicados por otro o por un grupo (relación de colaboración). Ello se ha realizado mediante un muestreo sobre el total de la población de la base de datos, lo que proporciona matrices de adyacencia de 1635x1635 elementos.

Para llevar a cabo nuestro estudio se ha procedido a extraer la información directamente de la base de datos de la plataforma Elgg, que usa un sistema de gestión de bases de datos MySQL, mediante dos scripts escritos en lenguaje PHP que han realizado el muestreo del total de la población de la red.

El primer script permite conocer el número de relaciones declaradas que ha establecido cada sujeto de la red a través de una matriz de adyacencia que llamamos de amistad. Dicha matriz de amistad contiene un número de filas y de columnas iguales al número de usuarios de la red, puesto que filas y columnas representan a dichos usuarios, ambas en el mismo orden, y cada posición [i,j] de la matriz contiene un 1 si el usuario i tiene en su lista de contactos al usuario j y contiene

un 0 en caso contrario. El funcionamiento del script para extraer la matriz de amistad es el descrito con el siguiente pseudocódigo:

```

Conectar con la base de datos
usuarios1 = lista de usuarios de la red // Acceso a BD
usuarios2 = usuarios1 // Copiamos usuarios1 en usuarios2
i = 1
para cada elemento usuario1 en usuarios1
  nos situamos al principio de la lista usuarios2
  j = 1
  para cada elemento usuario2 en usuarios2
    si usuario1 tiene en su lista de contactos a usuario2 //
Acceso a BD
    matriz[i][j] = 1
  si no
    matriz[i][j] = 0
  fin si
  j = j + 1
fin para
i = i + 1
fin para
Volcado de matriz en archivo de texto

```

El segundo de los scripts permite conocer el número de comentarios que ha realizado cada individuo sobre los contenidos publicados por el resto de individuos mediante una matriz de adyacencia que llamamos de colaboración. Los tipos de contenidos posibles de cada usuario son artículos de blog, marcadores (bookmarks), archivos, álbumes de fotos y fotos individuales, videos, páginas (de wiki), y encuestas, pudiendo publicarse cada contenido de forma personal o en un grupo concreto de entre aquellos a los que pertenece el individuo. Dicha matriz de colaboración también contiene un número de filas y de columnas iguales al número de usuarios de la red, puesto que nuevamente filas y columnas representan a los usuarios, ambas en el mismo orden, y cada posición [i,j] de la matriz contiene el número total de comentarios que el usuario i ha hecho en los contenidos del usuario j. El pseudocódigo con el funcionamiento de este script es el siguiente:

```

Conectar con la base de datos
usuarios1 = lista de usuarios de la red // Acceso a BD
usuarios2 = usuarios1 // Copiamos usuarios1 en usuarios2
numusuarios = número de elementos en usuarios1
j = 1
para cada elemento usuario1 en usuarios1
  contenidos = contenidos de usuario1 // Acceso a BD
  si contenidos no está vacío
    nos situamos al principio de la lista usuarios2
    i = 1
    para cada elemento usuario2 en usuarios2
      si usuario1 == usuario2 // Son el mismo usuario
        matriz[i][j] = 0
      si no
        numcomentarios = 0
        para cada elemento contenido en contenidos
          numcomentarios = numcomentarios + número de
comentarios de usuario2 en contenido // Acceso a BD
        fin para
        matriz[i][j] = numcomentarios
      fin si
      i = i + 1
    fin para
  fin para

```

```

fin para
si no
  para i desde 1 hasta numusuarios
    matriz[i][j] = 0
  fin para
fin si
j = j + 1
fin para
Volcado de matriz en archivo de texto

```

Una vez se han obtenido las matrices de adyacencia de amistad y colaboración, a partir del muestreo sobre toda la población de la red social, hemos procedido a su análisis con el programa de análisis estructural de redes sociales Pajek [16] y [17]. Este software contiene una serie de algoritmos que nos permiten determinar los índices más relevantes para nuestro ARS: centralidades de grado de entrada y salida de cada sujeto, centralidad total y centralidad de intermediación. Al mismo tiempo Pajek nos facilita el cartografiado de la red social y la identificación de sujetos relevantes mediante las funciones propias de partición en subredes. También nos permite obtener subestructuras siguiendo una poda selectiva de la estructura de la red SyT mediante la identificación de los sujetos más relevantes, junto a sus entornos proximales, y la localización de estructuras predefinidas, como el clique de tres sujetos.

Una vez identificados los sujetos más relevantes, en cuanto a sus conductas de aprendizaje colaborativo (parametrizadas mediante las interacciones colaborativas en la red), hemos procedido a la identificación de los sujetos y a establecer su posición (ranking) en tablas en función del índice considerado. Los índices que hemos empleado son: InDegree, para determinar la popularidad [13] y [15]; OutDegree para la influencia [13] y [15]; Betweenness para el grado de intermediación [13], [14] y [15]. También hemos procedido a la representación gráfica de los resultados generales de la estructura de la red y la representación gráfica de las subredes que surgen a partir de las podas selectivas mediante el indicador del grado de centralidad del sujeto, por un lado, y la identificación de estructuras de triadas completas [13] (clique de tres elementos) dentro de la red de colaboración, por otro.

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

En la tabla I aparecen resumidos los resultados del análisis general de las dos matrices de adyacencia. Es significativo destacar que el grado medio (el número medio de relaciones absolutas entre los sujetos de la red), así como el número de enlaces, es bien diferente en las relaciones de amistad (declaradas por el sujeto) y las relaciones de colaboración (con comentarios a posts de los pares). Evidencia que la red, al ser de libre adhesión, contiene un alto número de individuos que la utilizan para establecer relaciones sociales de amistad (4885 enlaces de amistad), mientras que el aprendizaje/trabajo colaborativo queda restringido a entornos de la red mucho más específicos como son las comunidades de prácticas (793 enlaces de comentarios a objetos).

	Amistad	Colaboración
Nº de sujetos	1635	1635
Nº de enlaces	4885	793
Grado medio	5.98	0.97

Tabla I. Datos generales en ambas matrices

Atendiendo a los resultados expresados en la tabla II, donde se presenta el grado de popularidad (InDg), de influencia (OutDg) y de intermediación (Btw), el sujeto más popular de la red es el sujeto que hemos denominado con Id. 4-ER; el que más influencia tiene es 3-DD, al mismo tiempo que es el sujeto más central (un “sujeto clave” según [15]) en el flujo de información.

InDg			OutDg			Btw		
Rank	Vertex	Id	Rank	Vertex	Id	Rank	Vertex	Id
1	4	E.R.	1	3	D.D.	1	3	D.D.
2	54	E.J.C.	2	54	E.J.C.	2	54	E.J.C.
3	3	D.D.	3	4	E.R.	3	4	E.R.
4	26	A.F.	4	109	J.C.N.	4	109	J.C.N.
5	6	J.T.	5	6	J.T.	5	2	B.R.
6	22	G.D.	6	2	B.R.	6	26	A.F.
7	109	J.C.N.	7	43	P.V.	7	6	J.T.
8	2	B.R.	8	811	J.C.	8	164	L.P.
9	39	S.M.	9	169	L.R.	9	1553	P.S.
10	1263	B.D.	10	192	Y.	10	367	B.E.

Tabla II. Datos popularidad, influencia e intermediación de la matriz amistad

En la matriz de colaboración, cuyos resultados se expresan en la tabla III, han aparecido 793 diálogos entre pares, 162 de ellos con más de una interacción y 631 con una sola interacción. El mayor número de interacciones (más de 166) se deben al sujeto 109-JCN.

Si atendemos al resultado expresado en la tabla III con los índices en la matriz de colaboración, se identifica sobre el resto de los usuarios de la red a cuatro de ellos que destacan en las cuatro primeras posiciones de cualquier indicador, que son los sujetos centrales de cuatro comunidades de prácticas bien conocidas en la red SyT. Todas las comunidades pertenecen al ámbito universitario, donde tres de los sujetos relevantes son profesores de universidad (54-EJC, 4-ER y 109-JCN) y el cuarto (3-DD) es un miembro muy activo de un grupo de investigación universitario.

InDg			OutDg			Btw		
Rank	Vertex	Id	Rank	Vertex	Id	Rank	Vertex	Id
1	54	E.J.C.	1	3	D.D.	1	54	E.J.C.
2	109	J.C.N.	2	54	E.J.C.	2	3	D.D.
3	4	E.R.	3	4	E.R.	3	4	E.R.
4	3	D.D.	4	109	J.C.N.	4	109	J.C.N.
5	314	H.M.	5	483	D.A.	5	43	P.V.
6	188	T.A.	6	205	P.L.	6	61	M.
7	2	B.R.	7	180	R.G.	7	306	A.A.
8	192	Y.	8	721	A.L.	8	396	Ma.
9	39	S.M.	9	26	A.F.	9	314	H.M.
10	493	C.V.	10	169	L.R.	10	164	L.P.

Tabla III. Datos popularidad, influencia e intermediación de la matriz colaboración

La representación gráfica de la red de colaboración completa, empleando el algoritmo de representación Fruchterman Reingold implementado en Pajek, se muestra en la figura 1.

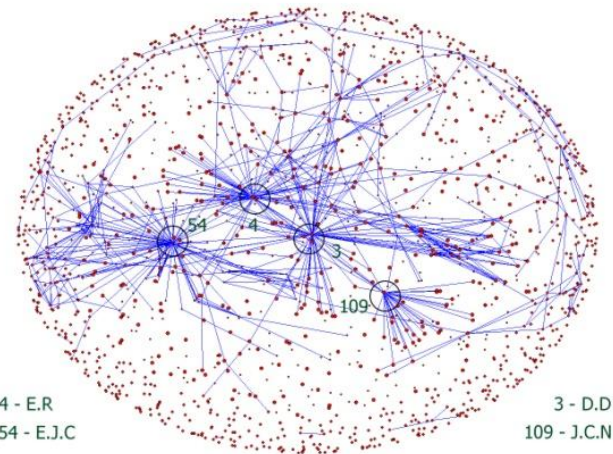


Figura 1. Red de colaboración y sujetos relevantes.

Una vez hemos identificado a los sujetos más relevantes de la red, hemos procedido a segmentar ésta utilizando los procesos de poda siguientes: 1) eliminando los sujetos de la red que no tienen ningún tipo de relación con los pares, a partir del índice degree total; 2) identificando estructuras de triadas completas, mediante la extracción de esta estructura del total de las relaciones triádicas de la red. Mediante el primer proceso de poda se obtiene la representación de la estructura de la red que aparece en la figura 2.

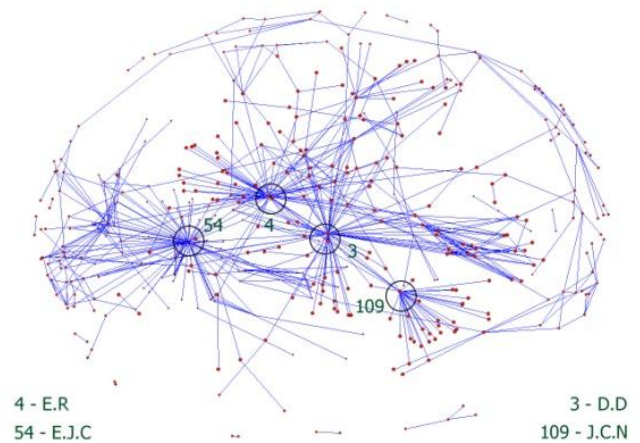


Figura 2. Red de colaboración podada mediante el índice degree total.

Para poner a prueba nuestro modelo de identificación de aprendizaje colaborativo procedimos a la poda de la red mediante la identificación de triadas, estructura que garantiza un cierto índice de cohesión grupal según Nooy en [13]. Los resultados que se obtienen son los siguientes: el sujeto 3-DD pertenece a 106 triadas; 4-ER pertenece a 75 triadas; 54-EJC pertenece a 65 triadas. La poda con triadas permite identificar las comunidades de prácticas más cohesionadas y participativas. La representación de la red según esta segmentación aparece en la figura 3.

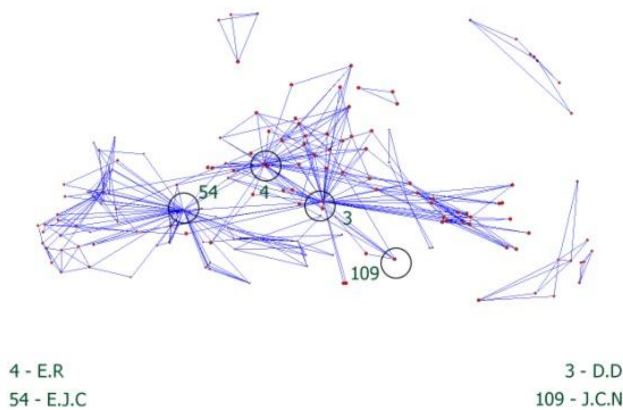


Figura 3. Red de colaboración podada mediante la búsqueda de triadas.

Se observa también en la figura 3 como se hacen visibles otras comunidades de menos significación, en cuanto al número de sujetos, pero que, a pesar de estar aisladas del núcleo central que caracteriza también la interacción y colaboración entre los sujetos singulares de la red, presentan cohesión interna suficiente como para ser identificadas. Por otro lado, algunas comunidades que se hacen presentes mediante la poda con degree (v.g. en torno a Id. 109-JCN) no aparecen en la poda con triadas debido a que, en este caso concreto, la colaboración suele ser bidireccional (profesor-estudiante) y no entre pares (estudiante-estudiante). En la relación sólo profesor-alumno no aparece el trabajo colaborativo, ya que el alumno actúa como un mero receptor de la información o las críticas sobre sus posts por parte del profesor. No aparece así la estructura de relaciones del trabajo colaborativo. Esto hace que la poda mediante la identificación de triadas no haga visible a muchos sujetos inmersos en algunas comunidades de prácticas de este tipo, precisamente debido a su pasividad (Pareto's law), aunque el método sí es capaz de seguir identificando a los sujetos más relevantes y a las comunidades de prácticas más cohesionadas, por pequeñas que sean. Esto se muestra en las posiciones periféricas de la figura 3.

LÍNEAS DE FUTURO

Las líneas futuras de nuestro trabajo procurarán tener en cuenta la evolución que la red, y en especial las comunidades de práctica, va sufriendo con el paso del tiempo: ingreso de nuevos sujetos, aparición y desaparición de relaciones inter sujeto e intra/inter grupo, modificaciones estructurales, etc.

También tenemos como objetivo de futuro inmediato someter a alguna de las comunidades de práctica a una investigación de tipo experimental, en la que modifiquemos de forma controlada algunos de los parámetros del proceso de enseñanza/aprendizaje (v.g. mediante campaña de estímulo emocional para promover la motivación de los sujetos de un

grupo) para determinar qué cambios se producen en la estructura de la red (v.g. variaciones en las relaciones de colaboración en el grupo) y poder así analizar la variación en el aprendizaje colaborativo a lo largo del tiempo.

AGRADECIMIENTOS

No hubiese sido posible realizar este trabajo sin la colaboración y guía del profesor Enrique Rubio sin el cual no existiría el "crisol interdisciplinar" del CICEI en la ULPGC.

REFERENCIAS

- [1] Wasserman S., Faust K., "Social network analysis: methods and applications", *Cambridge University Press*, New York, ISBN:0521382696 1994
- [2] Barabási A. L., "Linked: The New Science of Networks", *Perseus, Cambridge, MA*, ISBN: 978-0-7382-0667-7, 2002
- [3] Newman, M. E. J., "The structure and function of complex networks", *Computer Physics Communications* 147, 40-45, 2002, Retrieved January 2011 from <http://www-personal.umich.edu/~mejn/courses/2004/cscs535/review.pdf>
- [4] Newman M., Watts D., Barabási A.-L., "The Structure and Dynamics of Networks", *Princeton University Press*, 2006
- [5] Delgado D., Rubio E., Galán M., Sánchez J., "eProfesional: from PLE to PLWE", *Proceedings of the The PLE Conference 2011*, pp. 1-10, Southampton, UK, July 2011
- [6] Strijbos J.W., "Assessment of (Computer-Supported) Collaborative Learning", *IEEE transactions on learning technologies*, vol. 4, no. 1, January-March 2011
- [7] Hrastinski S., "A theory of online learning as online participation", *Computers & Education*, vol. 52, Issue 1, pp.78-82, Elsevier Science Ltd., January 2009
- [8] Ramos I., "El trabajo en red: de la metáfora a la aplicación del análisis de redes sociales", *Elementos para el trabajo en red - Revista Redes*, Molina J. L. & Maya Jariego I. (Eds.), Vol. especial, pp. 70-78, diciembre 2010
- [9] Bandura, A., "Social Learning Theory of Aggression", *Journal of Communication*, 28: 12-29, 1978
- [10] Vygotsky L. S., "Mind in society: The development of higher psychological processes", *Harvard University Press*, Cambridge, MA, 1978
- [11] Slavin R.E., "Cooperative Learning in Teams: State of the Art", *Educational Psychologist*, vol. 15, no. 2, pp. 93-111, 1980
- [12] Johnson D., Johnson R., "Student Motivation in Cooperative Groups: Social Interdependence Theory", *Co-Operative Learning: The Social and Intellectual Outcomes of Learning in Groups*, Gillies R. & Ashman A. (Eds.), pp. 136-176, 2003
- [13] Nooy W., Mrvar A., Batagelj V., "Exploratory social network analysis with Pajek", *Cambridge University Press*, 7th printing, 2009
- [14] Grippa F., Gloor P. A., "You are who remembers you. Detecting leadership through accuracy of recall", *Social Networks* 31 255-261, Elsevier Science Ltd., 2009
- [15] Boccaletti S., Latora V., Moreno Y., Chavez M., Hwang D.-U., "Complex networks: Structure and dynamics" *Physics Reports*, 424 (4-5), pp. 175-308, 2006
- [16] Batagelj V., Mrvar A., "Pajek - Program for Large Network Analysis". Home page <http://vlado.fmf.uni-lj.si/pub/networks/pajek/>, January 2011
- [17] Batagelj V., Mrvar A., "Pajek - Analysis and Visualization of Large Networks". In Juenger M., Mutzel P. (Eds.), *Graph Drawing Software. Springer (series Mathematics and Visualization*, pp.77-103. ISBN 3-540-00881-0.), Berlin 2003