



Disertación de Master en
Ingeniería Informática– Computación Móvil

***Plugin para Inspección de Participación de Foros en
Moodle Utilizando Técnicas de Análisis de Redes
Sociales***

Andrés Esteban Muñoz Onofa

Leiria, septiembre 2017

Esta página fue dejada en blanco intencionalmente



Disertación de Master en
Ingeniería Informática – Computación Móvil

***Plugin para Inspección de Participación de Foros en
Moodle Utilizando Técnicas de Análisis de Redes
Sociales***

Andrés Esteban Muñoz Onofa

Disertación realizada bajo la supervisión de profesores, Carlos Fernando de Almeida Grilo, Escuela de Tecnología y Gestión, Instituto Politécnico de Leiria, Vítor Manuel Basto Fernandes, Instituto Universitario de Lisboa, e Ramiro Nanac Delgado Rodríguez, Departamento de Ciencias de la Computación, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.

Leiria, *septiembre 2017*

Esta página fue dejada en blanco intencionalmente

Agradecimientos

Agradezco a todas las personas que contribuyeron para la realización de esta disertación. En especial a mis tres tutores: Ramiro Delgado, Carlos Grilo y Vítor Basto-Fernandes, quienes con su retroalimentación constante, alumbraron el camino del conocimiento e hicieron posible que este trabajo se realice con éxito.

Esta página fue dejada en blanco intencionalmente

Resumen

En la actualidad, se ha creado una gran cantidad de software para analizar redes sociales, tales como bibliotecas para acceder a aplicaciones de análisis de redes sociales en línea, software para dibujar gráficos y herramientas para usar y analizar redes. De hecho, y debido al uso de Moodle como *Sistema de Gestión de Aprendizaje* en la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, en 2009 nació la idea de crear un *plugin* para Moodle capaz de analizar foros en los que participan los estudiantes e identificar los principales actores dentro de la red de estudiantes.

Para desarrollar este software, se utilizó técnicas de Análisis de Redes Sociales dentro de un *Entorno de Aprendizaje Virtual* (foros) ya que este estudio nos permite entender y mejorar el comportamiento de una red virtual. Además, para identificar quién ha estado interactuando con quién en dichos foros, y descubrir los grupos de colaboración que se pueden crear dentro de la red.

Comprender quiénes son las personas importantes y colaborativas en estos entornos y los intereses de estas personas, debería ayudar a mejorar significativamente la interacción social dentro de las plataformas de aprendizaje virtual como Moodle.

Este trabajo trata sobre el estado actual de este *plugin*, el cual provee información útil a los maestros para que, a través del análisis de redes sociales, les permita tomar decisiones para mejorar y promover la educación participativa. Aquí se muestra la aplicación del *plugin* a cuatro estudios de caso en dos universidades diferentes, lo que permitió evaluar su utilidad y comparar la información de acuerdo a las variables que influyeron en cada caso de estudio.

Palabras-Clave: Sistemas de Gestión del Aprendizaje, Entornos de Aprendizaje Virtual, Análisis de Redes Sociales, Moodle, Foros, Plugin.

Abstract

At present, a large amount of software has been created to analyze social networks, such as libraries to access online social network analysis applications, software to draw graphs and tools to use and analyze networks. In fact, due to the use of Moodle as a *Learning Management System* at the University of Las Palmas de Gran Canaria, in 2009 was born the idea of creating a Moodle *plugin* capable of analyzing forums in which students participate and identify the key players within the student network.

To develop this software, we used Social Network Analysis techniques within a *Virtual Learning Environment* (forums) as this study allows us to understand and improve the behavior of a virtual network. Also, to identify who has been interacting with whom in such forums, and discover the collaboration groups that can be created within the network.

Understanding who are the relevant and collaborative people in these environments and their interests should help significantly improve social interaction within virtual learning platforms such as Moodle.

This work is about the current state of this *plugin*, which provides useful information to teachers so that, through the analysis of social networks, allows them to make decisions to improve and promote participatory education. Here we show the application of the *plugin* to four case studies, in two different universities, which allowed to evaluate its utility and compare the information according to the variables that influenced each case study.

Keywords: Learning Management Systems, Learning Virtual Environments, Social Networks Analysis, Moodle, Forums, Plugin.

Esta página fue dejada en blanco intencionalmente

Lista de Figuras

Figura 1. UDL aplicado a un LMS como Moodle.	6
Figura 2. Diagrama de componentes internos de LMS.	8
Figura 3. Arquitectura de alto nivel de Moodle.	9
Figura 4. Ejemplo de grado de nodo [25].	12
Figura 5. SNA plugin, gráfico de barras [36].	14
Figura 6. SNA plugin, gráfico de centralidad de nodo [36].	15
Figura 7. Línea de temporal del proyecto.	18
Figura 8. Arquitectura de Moodle [42].	24
Figura 9. Flujo de información del plugin.	25
Figura 10. Arquitectura del plugin dentro de Moodle.	26
Figura 11. Representación gráfica de una matriz de colaboración.	28
Figura 12. Diagrama de componentes.	29
Figura 13. Casos de uso del plugin.	30
Figura 14. Tabla de colaboración.	33
Figura 15. Gráfico de barras de contribuciones y respuesta.	34
Figura 16. Gráfico de centralidad.	35
Figura 17. Gráfico de grado de nodo.	35

Figura 18. Matriz de Pajek.	36
Figura 19. Pantalla de instalación de plugin de Moodle 2.9+.	37
Figura 20. Estructura de carpetas, plugin para Moodle 2.9+.	38
Figura 21. Archivo install.xml.	39
Figura 22. Archivo mod_form.php.	40
Figura 23. Resultado de tabla de colaboración, caso de estudio 1.	43
Figura 24. Gráfico de barras, caso de estudio 1.	44
Figura 25. Resultado de nodo de centralidad, caso de estudio 1.	45
Figura 26. Gráfico de densidad de nodos, caso de estudio 1	46
Figura 27. Tabla de colaboración, caso de estudio 1.	47
Figura 28. Gráfico de barras, caso de estudio 2.	47
Figura 29. Gráfico de centralidad de nodo, caso de estudio 2.	48
Figura 30. Gráfico de densidad de nodo, caso de estudio 2.	49
Figura 31. Tabla de colaboración, caso de estudio 3.	50
Figura 32. Gráfico de barras, caso de estudio 3.	50
Figura 33. Gráfico de centralidad de nodo, caso de estudio 3.	52
Figura 34. Resultado de densidad de nodo, caso de estudio 3.	53
Figura 35. Tabla de colaboración, caso de estudio 4.	54
Figura 36. Resultado de nodo de centralidad, caso de estudio 3.	54

Lista de Tablas

Tabla 1. Historias de usuario y criterios de aceptación.	19
Tabla 2. Análisis de resultados de caso de estudio.	42
Tabla 3. Resultados de relevancia de participación, caso de estudio 3	51

Acrónimos y Siglas

SIGLA SIGNIFICADO

SNA	Social Network Analysis
API	Application Program Interface
LMS	Learning Management Systems
VLE	Virtual Learning Environment
LCMS	Learning Content Management System
DUA	Diseño Universal del Aprendizaje
UDL	Universal Design for Learning
CMS	Content Management System
HTML	Hyper Text Markup Language
JSON	JavaScript Object Notation

Contenido

Agradecimientos	v
Resumen	vii
Abstract	ix
Lista de Figuras.....	xi
Lista de Tablas.....	xiv
Acrónimos y Siglas.....	xv
Contenido	xvi
Capítulo 1.....	1
Introducción.....	1
1.1 Motivación	2
1.2 Objetivos	3
1.3 Estructura del documento.....	4
Capítulo 2.....	6
Materia Relacionada	6
2.1 Diseño Universal del Aprendizaje.....	6
2.2 Learning Management Systems vs Virtual Learning Environments	7
2.3 Moodle.....	9
2.4 Social Network Analysis.....	10
2.5 Social Network Analysis Software.....	11
2.5.1 Centralidad de nodo	12
2.5.2 Centralidad de cercanía	12
2.5.3 Centralidad de intermediación	13
2.5.4 Programas para realizar Software Network Análisis	13
2.6 Resumen	15
Capítulo 3.....	16
Plugin de Análisis de Foros	16
3.1 Descripción general	16

3.2 Metodología	16
3.2.1 División de roles en el equipo.....	17
3.2.2 Cronograma y línea temporal del proyecto.....	18
3.2.2 Historias de usuario	19
3.3 Arquitectura	22
3.3.1 Características del <i>plugin</i>	22
3.3.2 Arquitectura de alto nivel.....	24
3.4 Componentes	27
3.4.1 Matriz de adyacencia y colaboración	27
3.5 Casos de uso	30
3.6 Algoritmos	30
3.6.1 Archivo SNALIB	30
3.6.2 Script de Matriz de adyacencia.....	31
.....	32
3.6.3 Script de Matriz de colaboración.....	32
3.7 Funcionalidades	33
3.7.1 Tabla de colaboración.....	33
3.7.2 Gráfico de barras	34
3.7.3 Gráfico de centralidad de nodos	34
3.7.4 Gráfico de densidad de nodo.....	35
3.7.5 Ficheros de Pajek.....	36
3.8 Migración de versión de 1.9 a 2.9+	36
3.8.1 Creación de un plugin instalable.....	37
3.8.2 Archivos modificados.....	38
3.8.3 Archivos nuevos.....	39
3.8.4 Archivos nuevos de idioma.....	40
3.9 Resumen	40
Capítulo 4	42
Casos de estudio en los que se aplico el plugin	42
4.1 Caso de estudio 1	43
4.1.1 Tabla de colaboración.....	43
4.1.2 Gráfico de barras y métrica de relevancia	43
4.1.3 Gráfico de centralidad de nodos	44

4.1.4 Gráfico de densidad de nodo.....	45
4.1.5 Relación de la participación en los foros con el éxito académico.....	46
4.2 Casos de estudio 2	46
4.2.1 Tabla de colaboración.....	46
4.2.2 Gráfico de barras y métrica de relevancia	47
4.2.3 Gráfico de centralidad de nodo	48
4.2.4 Gráfico de densidad de nodo.....	48
4.3 Caso de estudio 3	49
4.3.1 Tabla de colaboración.....	49
4.3.2 Gráfico de barras y métrica de relevancia	50
4.3.3 Gráfico de centralidad de nodo	51
4.3.3 Gráfico de densidad de nodo.....	52
4.3.5 Relación de la participación en los foros con el rendimiento académico.....	53
4.4 Caso de estudio 4	53
4.4.1 Tabla de colaboración.....	53
4.4.2 Gráfico de centralidad de nodo	54
4.4.3 Gráfico de barras y métrica de relevancia	55
4.3 Resumen	56
Capítulo 5.....	58
Conclusiones y trabajo futuro.....	58
5.1 Trabajo Futuro.....	59
Referencias	60
Apéndice	64
Manual de instalación del Plugin de Análisis de Foros	64

Capítulo 1

Introducción

La evolución constante de los sistemas de información, está llevando el proceso de educación y aprendizaje a otro nivel. La creación de espacios virtuales, el deseo humano de superarse intelectualmente y la innovación en modelos universales de aprendizaje, han desencadenado el desarrollo de nuevos espacios virtuales de aprendizaje llamados “*Virtual Learning Environments*” (VLE). Estos espacios de aprendizaje pueden evolucionar a tal punto que manejan todo el proceso de aprendizaje de una institución educativa o empresa. A los sistemas que manejan y administran todo el proceso del aprendizaje se los llama “*Learning Management Systems*”(LMS).

Bajo este nuevo paradigma de aprendizaje, nacen algunos sistemas LMS tales como: Blackboard [1], Moodle [2] y Canvas [3] . Para el presente trabajo, se utilizó Moodle como plataforma de aprendizaje, ya que los casos de estudio se llevaron a cabo en universidades que utilizan esta plataforma como estándar para su aprendizaje virtual, también llamado “*e-learning*”.

Moodle es una plataforma de aprendizaje libre, desarrollada para manejar y administrar todo el proceso educacional de un usuario. Además, está soportada por una gran comunidad, la cual hace que la plataforma esté en constante evolución y mejora. Esta es una gran ventaja, ya que al ser una plataforma totalmente modular, permite a desarrolladores independientes, subir módulos independientes llamados “*plugins*” que mejoran la experiencia del usuario y permiten crear nuevos espacios de aprendizaje (VLE).

Los foros dentro de Moodle, son un aspecto importante de la plataforma, ya que permite al estudiante proponer temas de discusión, responder o realizar preguntas, lo cual mejora la distribución del conocimiento. Los foros pueden ser creados tanto por los estudiantes como por los profesores, lo cual hace que la participación sea más activa. Una alta participación dentro de los foros, es un indicador del grado de interés que tiene el estudiante hacia la materia. Por

otra parte, los profesores pueden tomar como un indicador este nivel de participación de los estudiantes y de esta manera mejorar los temas propuestos a debatir.

Para desarrollar un *plugin* capaz de medir la participación de los estudiantes en los foros, se ha tomado en cuenta la interacción de los participantes del foro entre ellos y con el profesor. Los datos obtenidos se representan en las llamadas matrices de adyacencia, las cuales sirven como base matemática para la generación de gráficos que permiten un análisis visual de las interacciones entre los participantes. Todos estos resultados, así como el funcionamiento propio del *plugin*, se explicará en capítulos posteriores.

La participación de los estudiantes en los foros puede ser abordada del punto de vista del estudio de las redes sociales, también llamado *Social Network Analysis* (SNA), que es una técnica de examinación y muestreo. Esta, investiga la estructura social que surge de la mezcla de conexiones entre los individuos de un grupo dado. Fundamentalmente, el SNA examina numéricamente los atributos de los vínculos entre las personas de una comunidad virtual.

SNA se utiliza para comprender la conducta de los miembros en una organización interpersonal, y, si es concebible, para mejorarlo. Al reconocer quién ha estado conectando con quién, también podemos saber, por ejemplo, qué grupos existen dentro del sistema. Además, esto nos permite dividir la información mediante la conducta de los usuarios y comprender las reuniones informales que se han enmarcado de la misma manera.

1.1 Motivación

En la actualidad, se ha creado una gran cantidad de software para analizar redes sociales. Entre algunos tipos de software se destacan; bibliotecas gráficas para analizar resultados matemáticos, software para dibujar gráficos de comportamiento de usuarios y herramientas matemáticas que aplican métricas propias del SNA. De hecho, y gracias al uso de Moodle como LMS en la “Universidad de Las Palmas de Gran Canaria”, en 2009 nació la idea de crear un *plugin* que permitiese al profesor analizar la participación en los foros de la plataforma. Este *plugin*, identifica los principales *actores* dentro de la red de estudiantes.

Gracias a la aplicación de métricas de SNA, este *plugin* puede mostrar información muy valiosa al utilizador (profesor). Esta información se usa para mejorar la calidad del curso y hacer que haya una participación más activa dentro de los entornos de aprendizaje. A pesar de esto, con

forme Moodle fue evolucionando en versiones, este *plugin* dejó de funcionar en las versiones más actuales de la plataforma, ya que la arquitectura interna de Moodle cambió totalmente.

Este trabajo trata la actualización y mejora de este *plugin*. Se realizó una reingeniería del mismo, haciéndolo escalable y adaptable a versiones superiores de la plataforma Moodle 2.9+. Esta nueva versión del *plugin* es una herramienta importante para los profesores, ya que se puede utilizar para gestionar correctamente las discusiones de temas dentro de un curso, utilizando los foros como el instrumento más importante por el cual los estudiantes interactúen entre sí.

1.2 Objetivos

Para realizar la actualización de este *plugin*, fue necesario considerar varios aspectos de la programación y la arquitectura actual de Moodle, ya que el mismo ha evolucionado continuamente tanto en forma como en funcionamiento interno. Una vez que conozcamos el funcionamiento de la plataforma, debemos saber cómo aplicar los principios de programación establecidos por ella, para desarrollar un complemento portátil, instalable y escalable. Tomando en cuenta este antecedente, los principales objetivos de este trabajo son:

- Actualizar y mejorar la versión del *plugin* de participación de foro, para instalarlo en las versiones actuales de Moodle, como las versiones 2.9 y 3.1.
- Instalar el *plugin* dentro de un ambiente de producción, para lo cual se utilizó el Moodle de la Universidad De Las Fuerzas Armadas ESPE, y realizar pruebas del mismo.
- Analizar si los datos obtenidos por el *plugin*, tienen una relación con el éxito académico de sus participantes. Para esto, se utilizó cuatro casos de estudio de dos universidades, la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria y Universidad De Las Fuerzas Armadas ESPE.
- Proponer una nueva métrica para el análisis de foros, utilizando los datos obtenidos por el *plugin*. Esta métrica tiene como objetivo la medición de la reacción ante una respuesta o contribución de un integrante de la red. De esta manera podemos reconocer los actores de la red que tienen más relevancia con sus contribuciones.

1.3 Estructura del documento

Cerramos este primer capítulo con una breve descripción de los restantes capítulos de la disertación.

El Capítulo 2, trata de los antecedentes y el trabajo relacionado ya existente antes de realizar este proyecto. En el contexto, se abarca temas tales como *e-learning*, SNA y software creado para SNA. Se da más relevancia a las obras que se centran en análisis de redes sociales y aplicaciones o programas que realizan SNA.

El Capítulo 3 explica cómo se desarrolló el *plugin*, describiendo su arquitectura, funcionamiento, características y componentes en detalle.

El Capítulo 4 muestra la discusión de los resultados obtenidos al aplicar este *plugin* en diferentes universidades y con diferentes universos, aplicando el mismo a tres niveles educacionales diferentes (ingeniería, maestría y doctorado) y permite analizar las métricas para crear una relación entre el rendimiento académico de los estudiantes. Por último, se propone el estudio de una nueva métrica, basada en el número de respuestas que obtienen los integrantes de las redes en relación al número de contribuciones realizadas en los foros.

El Capítulo 5 son las conclusiones del presente trabajo, estableciendo los logros y lo que se podría estudiar para el futuro, que mejore la investigación actual.

(Inicia en número de página impar)

Capítulo 2

Materia Relacionada

El objetivo principal de este capítulo es abordar todos los conceptos relacionados con el desarrollo de este trabajo y ponerlos en un contexto familiar, para crear un marco teórico de referencia útil al lector y así sacar conclusiones que permitan analizar todas las obras relacionadas con los programas de *Social Network Analysis* o extensiones creadas para *Social Network Analysis* en plataformas como *Learning Management Systems* y *Virtual Learning Environments*.

2.1 Diseño Universal del Aprendizaje

Según el marco de referencia UDL (del inglés, *Universal Design for Learning*) [4], existen tres redes dirigidas de aprendizaje: El reconocimiento (el qué); La estrategia (el cómo) y El afectivo (el por qué). La Figura 1 representa estas redes orientadas en entornos virtuales de aprendizaje. Como podemos ver, los estudiantes que comienzan el proceso educativo a través del modelo UDL, usan cualquier LMS, como Moodle, y, haciendo actividades sociales en la plataforma, tales como: escribiendo foros, resolviendo problemas didácticos e interactuando con otros usuarios, se convierten en aprendices expertos.

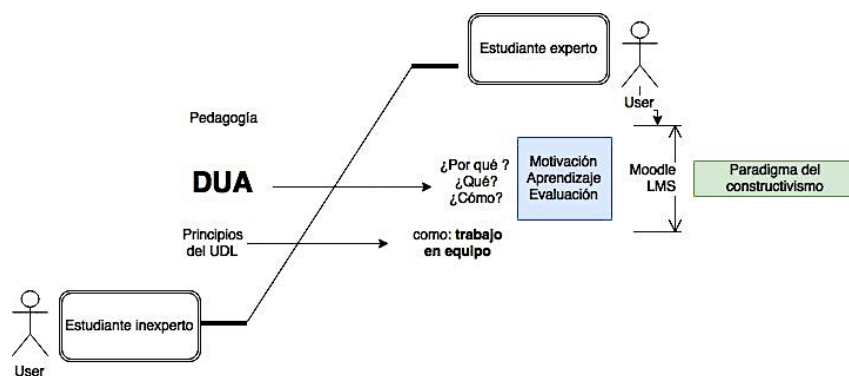


Figura 1. UDL aplicado a un LMS como Moodle.

Como se puede ver en la Figura 1, la forma como se emplean las directrices del UDL dentro del LMS, pueden variar dependiendo de la metodología aplicada. Para nuestro caso de estudio, se utiliza como herramienta un VLE de foros de estudiantes dentro de LMS Moodle. Siguiendo los lineamientos del UDL, esto se aplica de manera colaborativa entre los estudiantes que

forman la misma red virtual. El objetivo final de la aplicación de estos principios es que un estudiante inexperto poco participativo, llegue a un nivel experto, con alto nivel de participación y contribución dentro de la red de aprendizaje.

2.2 Learning Management Systems vs Virtual Learning Environments

El fácil acceso a la información a través de Internet y los avances tecnológicos fueron los factores decisivos en la creación del *e-learning*. En la actualidad, las organizaciones se enfrentan a procedimientos informativos que requieren cambios y adaptación, especialmente en lo que respecta a la formación institucional, que avanza en una ruta más o menos larga, adoptando Internet como medio, lo que exige el término *e-learning*.

Learning Management Systems (LMS) es un tipo de software implementado en plataformas que gestionan el proceso de aprendizaje de una organización utilizando cualquier modelo de aprendizaje tal como UDL descrito anteriormente. Las principales partes del LMS son: Sistemas de Gestión de Cursos (CMS, del inglés *Content Management System*) y *Learning Content Management Systems* (LCMS). Los LMS son reconocidos como una tecnología necesaria para lograr los nuevos enfoques de la instrucción adecuados para la era de la información que se requiere para romper con las ineficientes estrategias de la era de Internet [5]. Entre los principios usados en la era de la información y orientados a los LMS tenemos: la normalización de datos en un formato común, el uso de modelos ontológicos y de web semántica en sistemas orientados a plataformas web y sistemas colaborativos como wikis, foros, blogs, donde el usuario es la principal fuente de conocimiento. Para finalizar, es necesario nombrar también a los CMS ya que forman una parte importante dentro de los LMS. Los CMS proporcionan una visión de las actividades de los estudiantes, tal como información de interacción en tiempo real que permite la comparación con sus compañeros [6]. Para investigar con más profundidad el funcionamiento de los LMS, así como sus aplicaciones y comparaciones entre sí, se puede referir los siguientes trabajos relacionados: “Social software: E-learning beyond Learning Management Systems” [7], “Blackboard vs. Moodle: Comparing user experience of Learning Management Systems” [8] y “Adaptivity in Learning Management Systems Focussing on Learning Styles” [9].

Virtual Learning Environments (VLE) es un conjunto de instrumentos de educación y aprendizaje basados en la web, donde los estudiantes tienen la oportunidad de mejorar su actividad educativa. El objetivo principal de los VLE es mejorar las capacidades cognitivas y de entendimiento de los estudiantes, mediante el uso de herramientas virtuales pedagógicas como: foros, cuestionarios, test de aprendizaje entre otros [10].

Para concluir, la diferencia entre LMS y VLE es que mientras LMS implica un proceso de aprendizaje completo en todos sus aspectos, los VLE se enfocan en proveer herramientas para mejorar las destrezas pedagógicas del aprendizaje. Se puede entonces decir que los LMS utilizan VLE dentro de sus sistemas, como se muestra a continuación.

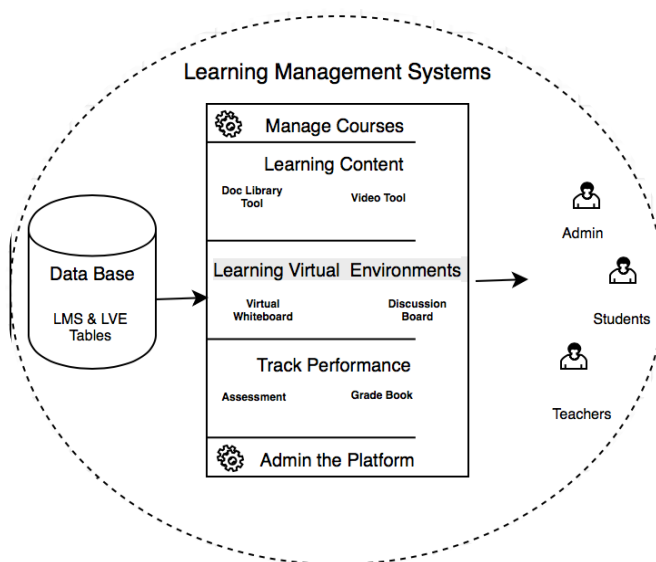


Figura 2. Diagrama de componentes internos de LMS.

Como se aprecia en la Figura 2, los VLE, generalmente están inmersos dentro de los LMS, siendo herramientas de lo mismo o, mas bien, llamados “módulos”. Estos módulos tienen la capacidad de ser potenciados y customizados por desarrolladores independientes. Estas personalizaciones, tienen como objetivo añadir nuevas funcionalidades para mejorar el funcionamiento de los mismos, además de mejorar su funcionamiento. También es común crear nuevos módulos y agregarlos a la plataforma, ya que, como se ha explicado, Moodle tiene un sistema modular, altamente escalable. En la Figura 2, se puede ver como los foros de estudiantes forman parte del grupo de extensiones del VLE dentro de los módulos de los LMS que, a su vez, tienen relación directa con la base de datos y los usuarios. Para las bases de datos, los VLE, en este caso de los foros de los estudiantes, tienen sus propias tablas relacionadas y, a su vez, los estudiantes tienen acceso a estos VLE mediante el uso de roles. En este caso se puede ver

tres roles: Administradores, con acceso al manejo completo de la plataforma; Estudiantes, con acceso sólo al módulo de VLE; Profesores, con acceso a módulos de VLE y también al de Control de Rendimiento. Para conocer con más detalle del funcionamiento de los Virtual Learning Environments, se puede acudir a los siguientes trabajos relacionados: “The use of 'exploratory learning' for supporting immersive learning in virtual environments” [11], “Learning in Virtual Environments” [12] y “Learning within incoherent structures: The space of online discussion forums” [13].

2.3 Moodle

Moodle es un LMS creado para incorporar todo el proceso del aprendizaje mediante la educación virtual. Actualmente, la plataforma se registra instalada en 235 países alrededor del mundo, teniendo 79635 sitios registrados y más de 12 millones de cursos creados [14]. Se compone de código fuente abierto y reforzado por un sólido grupo de ingenieros de todo el mundo. Este grupo está continuamente tomando un tiro en los módulos para mejorar la ejecución de la etapa. En esta disertación presentamos un módulo para Moodle, que analiza la participación en los foros de la plataforma, para permitir a los profesores distinguir a los actores más relevantes en las discusiones de los cursos, ayudándoles a tomar medidas para mejorar la participación de los mismos, dentro de estas redes virtuales.

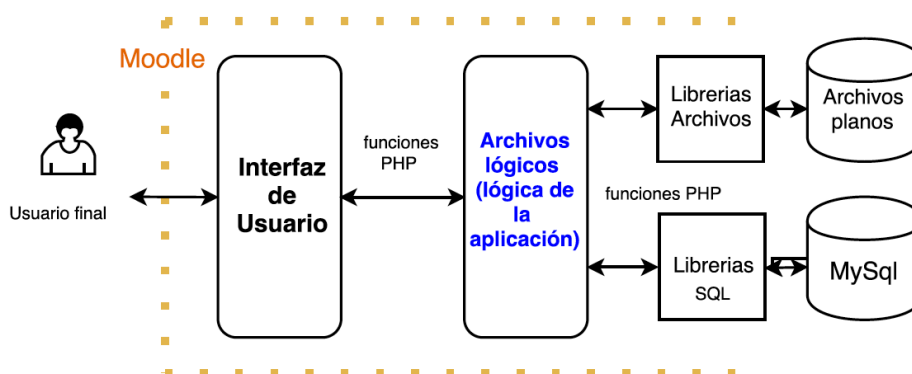


Figura 3. Arquitectura de alto nivel de Moodle.

La arquitectura de Moodle esta compuesta por módulos, los cuales tienen una funcionalidad específica en el funcionamiento de la plataforma. Como se observa en la Figura 3, se muestra la arquitectura estándar de la aplicación. Se puede identificar tres capas principales: La primera es la capa de *datos*, la misma que es una base de datos MySQL relacional. Adicionalmente, también se pueden almacenar archivos planos propios de la plataforma como reportes. La

segunda capa es la capa de *aplicación* donde se encuentra el motor de la aplicación, archivos y librerías escritas en PHP. En esta capa es donde todas las extensiones deben almacenarse. Cada extensión que se agregue a la plataforma debe seguir los estándares de programación y diseño determinados por la plataforma. Estas extensiones pueden ser de varios tipos dependiendo de la funcionalidad que quieran agregar a la plataforma. Entre los principales tipos de extensiones están: Módulos de actividad, bloques, tipos de preguntas, exportación de notas, *plugins* de plagio, temas, *plugins* locales entre otros.

La tercera y última capa de la Figura 3, es su capa de *interfaz* o capa de presentación. Al ser una plataforma web, Moodle utiliza tecnologías estándar de programación web, tales como JavaScript y HTML5. Desde la versión 3.2 la plataforma migro sus librerías de JavaScript a Bootstrap para crear interfaces ubicuas al entorno donde se despliegue, lo que le hizo adaptarse a dispositivos móviles tales como tabletas y smartphones. Si se quiere investigar más acerca del funcionamiento y el uso de la plataforma Moodle, se puede referir a los siguientes trabajos relacionados: “Using Moodle” [15], “Motivational factors that influence the acceptance of Moodle using TAM” [16] y finalmente “Moodle for distance education” [17].

2.4 Social Network Analysis

Un gran número de autores se concuerdan en la definición de una red social como una configuración dentro de una sociedad donde los individuos están relacionados entre sí y cuyas relaciones pueden ser de diferentes tipos, tales como intercambios financieros, amistad, relaciones sexuales, entre otros. Aparte de esto, el entorno globalizado surge como una sociedad en red, lo que significa que los intereses de empresas y personas son proyectados y validados socialmente, pero también con respecto a la conectividad con otros individuos [18]. Además, los fundamentos del software social permiten la formación de comunidades colaborativas interconectadas y relacionadas de ámbito general o específico, con una arquitectura web como modelo para el desarrollo de programas y servicios tales como plataformas de aprendizaje en línea mencionadas previamente [19].

El Análisis de Redes Sociales (SNA, del inglés Social Network Analysis) es una rama de las ciencias sociales que estudia las interacciones humanas o las relaciones sociales en lugar de atributos individuales [20]. Se origina principalmente en la sociología, la antropología y se utiliza en la ciencia política, la economía y la historia, así como es un tema de estudio en matemáticas, física, biología e informática [21], [22].

El SNA puede ser útil para visualizar y recopilar las interacciones, las relaciones y el comportamiento de los grupos de estudiantes en Entornos de Aprendizaje Virtual, utilizando diferentes métricas, a través de la aplicación de *Learning Analytics*. De hecho, esta información dejada por los estudiantes es un rastro digital, ya que están interactuando con la plataforma, y puede ser recogida directamente de la base de datos, archivos planos o cualquier sitio donde el estudiante grabe información. La aplicación de estas técnicas analíticas a los datos educativos, es llamado *Learning Analytics*. Para concluir, el empleo de técnicas analíticas a los datos educativos, incluyendo datos de actividades de estudiantes y maestros, tiene como objetivo identificar patrones de comportamiento y proporcionar información útil para que se puedan adoptar medidas que lleven a mejorar las actividades de aprendizaje [23]. Por ejemplo, los datos extraídos de un sistema de información estudiantil proporcionan datos demográficos, desempeño académico e información de aptitud. Haciendo una analogía, los analistas de negocios usan los datos del consumidor para orientar a posibles clientes. Además, publicidad personalizada y marketing en general. Por lo tanto, los análisis de aprendizaje utilizan los datos de los estudiantes para construir mejores enfoques pedagógicos, enfocarse en las poblaciones estudiantiles en riesgo y evaluar qué tipos de programas han sido más efectivos y que deberían estar dirigidos a mejorar las tasas de retención estudiantil [23].

2.5 Social Network Analysis Software

Las redes se definen como un conjunto de objetos llamados nodos. Estos nodos están conectados por una o más relaciones llamadas conexiones [20]. Los nodos en el contexto social son una gama completa de unidades sociales, tales como individuos, grupos, empresas, organizaciones y sitios web.

El método de sociografía para visualizar redes, consiste en dibujar nodos como puntos y conexiones como líneas. De hecho, a menudo se prefiere representar a las redes como gráficos en lugar de usar estadísticas tradicionales [22], [24].

Los datos de la red se suelen almacenar como “*matrices de adyacencia*”. Una matriz de adyacencia nos dice qué relaciones tiene cada nodo con otros nodos: cada celda $[i, j]$ se establece en el valor 1 si existe una relación directa entre los nodos i y j , y 0, si no existe la dicha relación. Es posible trabajar directamente sobre la matriz de adyacencia sin la representación visual real de los datos [24]. Los teoremas de la teoría de los grafos, utilizan la matriz de adyacencia para construir métricas como la *densidad* general de una red y la *centralidad*, así como también la

relación de redes multipunto. Medidas de los diversos tipos de centralidad se han utilizado para detectar nodos o actores con más poder e influencia.

A continuación se explicará el significado de las métricas más importantes para el análisis de las redes sociales, las cuales fueron usadas en la discusión de los resultados de este trabajo (Capítulo 4).

2.5.1 Centralidad de nodo

La Centralidad de Nodo mide las propiedades de red que tiene dicho nodo, es decir, sus conexiones inmediatas *internas* o *entradas*: Cuántos vértices dirigidos inciden sobre un nodo, y sus conexiones *externas* o *salidas*: Cuántos vértices dirigidos se originan en un nodo. Por último, la suma de estos dos parámetros forman el *grado* de un nodo [25].

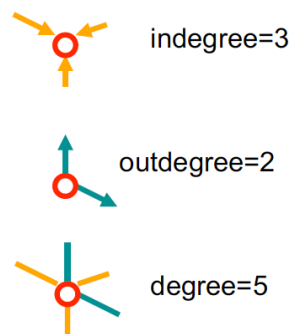


Figura 4. Ejemplo de grado de nodo [25].

2.5.2 Centralidad de cercanía

Esta métrica permite identificar que tan cerca está un nodo dentro de una red en relación a los otros nodos de la red. La centralidad de cercanía se interpreta generalmente como una medida de eficiencia de acceso o de independencia potencial por los intermediarios [26]. En una red, la cercanía de un nodo es una medida de centralidad en una red, calculada como la suma de la longitud de los caminos más cortos entre el nodo y todos los demás nodos del gráfico. Así, cuanto más central es un nodo, más cerca está de todos los otros nodos, tal como lo define la Ecuación 1 [27][28].

$$C(x) = \frac{1}{\sum_y d(y, x)}$$

Ecuación 1. Fórmula de Centralidad de cercanía [27].

En la Ecuación 1, $d(y, x)$ es la distancia entre los nodos x y y .

La formula normalizada de esta métrica representa la longitud media de los caminos más cortos en lugar de su suma y se da por la fórmula anterior multiplicada por $N-1$, donde N es el número de nodos en la red. Para los gráficos grandes, esta diferencia se vuelve inconsecuente, por lo que se elimina -1 y se reemplaza por N , como muestra la Ecuación 2:

$$C(x) = \frac{N}{\sum_y d(y, x)}$$

Ecuación 2. Fórmula normalizada de Centralidad de cercanía [27].

2.5.3 Centralidad de intermediación

La Centralidad de Intermediación es el coeficiente que determina cuan rápido puede comunicar un nodo a dos o mas grupos de nodos, ocupando este nodo, una posición intermediaria en las comunicaciones con el resto de la red. Los actores o nodos que tienen un alto coeficiente de intermediación son poseedores de un gran liderazgo, ya que controlan los flujos de comunicación de la red [29].

A continuación, la Ecuación 2 explica la fórmula que utiliza el programa *Pajek* para calcular esta métrica. Para esto hay que suponer que la comunicación en una red siempre pasa a través de los caminos disponibles más cortos: La centralidad del nodo x es la suma de los caminos a través de todos los posibles pares de nodos, que el camino más corto entre y y z pasarán a través del nodo x .

$$Cb(x) = \sum_{y < z} \frac{\text{\#caminos más cortos entre } \gamma \text{ y } z \text{ mediante la unidad } x}{\text{\#caminos más cortos entre } \gamma \text{ y } z}$$

Ecuación 3. Fórmula de Centralidad de intermediación.

2.5.4 Programas para realizar Software Network Análisis

El SNA ha utilizado tradicionalmente métodos cuantitativos tales como encuestas y medidas de las propiedades estructurales de las redes sociales, utilizando técnicas cuantitativas refinadas.

En este trabajo, para el estudio de los programas que realizan SNA, se eligió solo los que utilizan como base de su análisis las características estructurales propias de la red. En los trabajos académicos, las aplicaciones se dividen en dos grupos: las que tienen una interfaz gráfica de usuario, basada en software independiente y aquellas basadas en bibliotecas de lenguajes de programación. En el primer grupo tenemos, por ejemplo, Gephi [30], Cytoscape [31], Ucinet [32] y Pajek [33]. En el segundo grupo, las aplicaciones más utilizadas son NetworkX [34] e Igraph [35]. El primero es un proyecto de código abierto y está escrito en Python. Por otro lado, Igraph está escrito en C con interfaces para C y Python Units [33]. En este trabajo utilizamos Pajek como un software suplementario para realizar matrices de adyacencia, ya que es una aplicación libre, implementada en Pascal y posee poderosas características de visualización. Pajek también posee algoritmos eficientes para el análisis de redes de gran tamaño, entre otras características.

Para concluir, tanto cuanto sabemos, existe solo otro *plugin* que se realiza un SNA para la Moodle 1.5 [36]. Este *plugin* muestra los gráficos de participación basados en diferentes métricas de SNA como densidad, grado, grado y punto central del foro. Aunque se publica como un complemento para la versión 2.5 de Moodle, el autor destaca que se encuentra en una fase temprana de desarrollo y que aún no es estable para entornos de producción. Además, el funcionamiento interno del complemento es desconocido debido a la falta de documentación existente. A continuación, la Figura 5 y 6 muestra los resultados que se obtiene al utilizar este *plugin* mencionado. Como se puede observar, los gráficos obtenidos muestran las conexiones entre los nodos de la red y, debido a la falta de documentación, se desconoce si estos gráficos siguen alguna métrica de análisis, pero se puede observar que la distribución de los nodos en los gráficos se asemeja mucho a una distribución de centralidad de nodos.

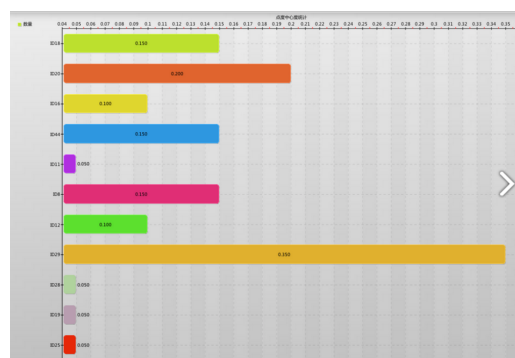


Figura 5. SNA plugin, gráfico de barras [36].

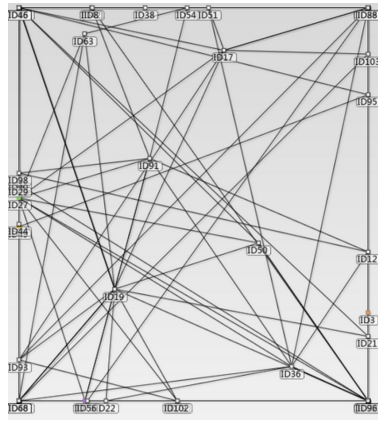


Figura 6. SNA plugin, gráfico de centralidad de nodo [36].

2.6 Resumen

En este capítulo se estudió el material relacionado al Plugin de Análisis de Foros para Moodle. Estos trabajos, sirven como un marco de referencia teórico, lo cual es necesario para saber en que ámbito educacional se desenvuelve este *plugin*.

Los conceptos más importantes definidos en este capítulo son: Learning Management Systems, Virtual Learning Environments y Social Network Analysis, los cuales están relacionados en el análisis de la participación en los foros, dentro de la plataforma Moodle.

Se señala, las diferencias entre VLE y LMS, determinando que los LMS tienen un ámbito de aplicación más extenso que los VLE. Se concluye de esta manera que los LMS utilizan como herramientas de pedagógicas aprendizaje a los VLE y utilizan modelos de aprendizaje como el DUA.

También se estudio el funcionamiento y los principales componentes de la plataforma Moodle, ya que esto determina la arquitectura del *plugin*, la misma que se explicará más a detalle en el siguiente capítulo. Además se explicaron algunas métricas de SNA utilizadas por el *plugin* y los programas que realizan una actividad similar a la del Plugin de Análisis de Foros para Moodle.

Finalmente, se concluye que cuando se desarrolla un módulo para la plataforma Moodle, se toma en cuenta todos los conceptos estudiados, ya que el *plugin* está instalado dentro de una plataforma LMS y utiliza un VLE como son los foros. Además, el análisis se lleva a cabo aplicado métricas ya establecidas de SNA.

Capítulo 3

Plugin de Análisis de Foros

Este capítulo aborda todo el proceso de desarrollo que se llevó a cabo para lograr el Plugin de Análisis de Foros para Moodle. También describe de manera detallada sus funcionalidades y características. Además, profundiza la arquitectura y los algoritmos implementados dentro del *plugin*. En resumen, este capítulo documenta la dimensión técnica del trabajo, describiendo la construcción del software que permite analizar la participación de estudiantes en los foros de Moodle.

3.1 Descripción general

Este *plugin* está construido para la plataforma Moodle 2.9+, es instalable y escalable, ya que está desarrollado bajo las directrices arquitectónicas modulares de la plataforma, lo cual le permite ser desinstalado e instalado en cualquier momento. Su objetivo es mostrar información, de manera gráfica e intuitiva, de la participación de los estudiantes en los foros de Moodle.

Sobre esta información, los profesores pueden tomar decisiones para alentar a los estudiantes a participar en foros, haciendo que la educación sea más colaborativa y participativa. El análisis de los datos del *plugin*, se realizó generando matrices de adyacencia, que representan el gráfico de interacciones entre usuarios en la plataforma. Es posible seleccionar el tipo de foro, el grupo, la discusión dentro de un foro, y, a continuación, mostrar el resultado del análisis con un gráfico.

3.2 Metodología

Para el desarrollo de este *plugin*, se utilizó la metodología ágil de SCRUM [37], ya que por el número de desarrolladores, en este caso solo una persona, y por el tiempo en el cual se necesitaba tener entregables, fue la mejor opción si la comparamos con metodologías tradicionales como a Cascada o RUP (en inglés *Rational Unified Process*) [38][39].

Al ser esta metodología orientada a equipos pequeños, en promedio de siete personas, se acopló los roles y los principios de esta metodología a tres personas, entre las cuales una persona ejerció los roles orientados al desarrollo y las demás personas los orientados al manejo y control del proyecto. También es necesario mencionar, que se eligió SCRUM para manejar este

proyecto, ya que adopta las mejores prácticas de metodologías ágiles [40], lo cual era necesario, en cuanto el *plugin* debía ser entregado y puesto en un ambiente de desarrollo lo antes posible, para obtener los resultados y la discusión expuesta en los Capítulos 4 y 5 de este trabajo.

3.2.1 División de roles en el equipo

Utilizando esta metodología, se dividió al equipo asignando los siguiente roles:

- **Analista de negocio:** Para este trabajo, este rol se encargó de describir la necesidad de los *skateholders* o usuarios finales [37], que serán los utilizadores de la aplicación. Este rol se encargó de detallar de manera escrita todas las funcionalidades que debe tener el *plugin*, las mejoras que se le deben realizar con respecto a la versión 1.9 del mismo, y el ambiente de producción donde se debe desplegar. Este rol fue desempeñado por el PhD. Ramiro Delgado, co-director de este trabajo y profesor de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.
- **Desarrollador líder:** Este rol se encargó de realizar toda la arquitectura y análisis del *plugin*. Así como también la factibilidad de la migración de versión, bosquejar las soluciones y las mejoras para dar al desarrollador las herramientas necesarias para que realice su trabajo. Este rol fue desempeñado por Ing. Andrés Muñoz, autor principal de este trabajo.
- **Desarrollador:** Es el principal actor en el proceso, ya que llevó a cabo toda la codificación y despliegue en producción del *plugin*. Al igual que el anterior, este rol fue desempeñado por el Ing. Andrés Muñoz.
- **Scrum Master:** Se encargó de realizar el seguimiento de las tareas a ejecutar, asegurando que se cumplan los objetivos propuestos para el presente trabajo. Es el puente de comunicación entre el *Project Owner* y el desarrollador [37]. Este rol lo desempeñaron los profesores: PhD. Carlos Grilo y PhD. Vitor Basto-Fernandes, co-directores de este trabajo y profesores del Instituto Politécnico de Leiria y del Instituto Universitario de Lisboa, respectivamente.
- **Project Owner:** Se encarga de priorizar las tareas o *backlog* [37], pone fechas límites para los *Sprint*, y se encarga de transmitir al equipo todo el *know-how* técnico y de negocio del proyecto. Este rol lo desempeño también el PhD. Ramiro Delgado.

3.2.2 Cronograma y línea temporal del proyecto

A continuación se muestra la Figura 7, que explica la línea temporal y los *Sprint* en los cuales se dividió el proyecto [40]. Un *Sprint* en la metodología SCRUM es una iteración donde se tiene un entregable listo y funcionando [37]. En este caso, se dividió al proyecto en *sprints* de un mes, en los cuales se tuvo reuniones de avance conjuntamente con el Project Owner, Scrum Master y el desarrollador del proyecto.

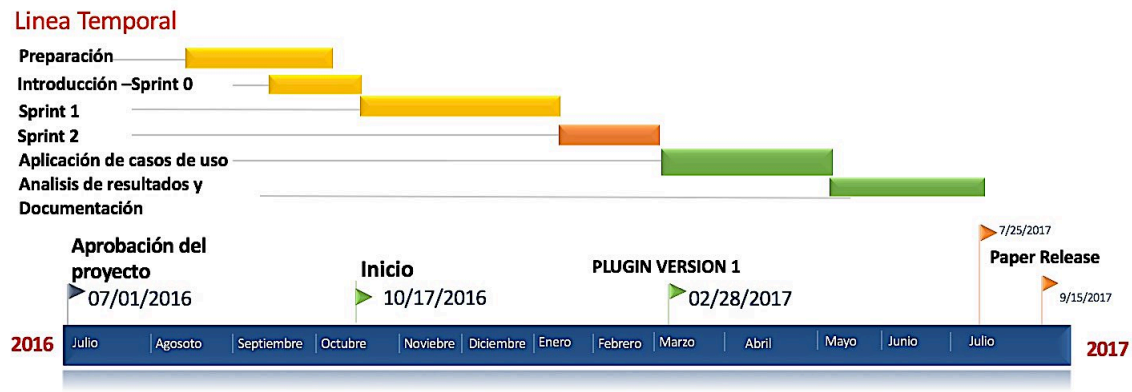


Figura 7. Línea de temporal del proyecto.

Para concluir, la metodología utilizada en el desarrollo de este proyecto, es una adaptación a la metodología ágil SCRUM, ya que no se siguió todas las prácticas por que la naturaleza del proyecto no lo ameritaba. Se realizaron varias adaptaciones a los lineamientos de esta metodología, entre los más importantes tenemos los siguientes:

- Las reuniones diarias conocidas como “*Scrum Meetings*”, en donde el *Scrum Master* realiza tres preguntas; Qué se hizo ayer? Que se tiene planeado para hoy? Existe algún bloqueante? Estas reuniones se las realizo semanalmente, y no fueron de 15 minutos sino de aproximadamente una hora semanal.
- Los *Sprint* o ciclos de desarrollo, en donde se debe entregar un demo totalmente funcional, no duraron dos semanas como recomienda la metodología, sino aproximadamente un mes, esto debido al número de desarrolladores, que en este caso fue solo uno.
- Algunos integrantes del equipo desarrollaron varios roles, como es el caso de Andrés Muñoz quien desempeño el rol de: Desarrollador líder y Desarrollador. También, Ramiro Delgado quien desarrollo el rol de Project Owner y Analista de negocio.

3.2.2 Historias de usuario

Las historias de usuario, describen los requisitos funcionales del *plugin*. Cada historia de usuario debe tener sus *Criterios de Aceptación* en ingles llamados *Acceptance Criteria*. Estos son los requerimientos básicos que debe cumplir el *plugin* para que se considere terminado [41]. A continuación, La Tabla 1 describe todas las historias de usuario que se tuvieron para la realización de este *plugin*.

Tabla 1. Historias de usuario y criterios de aceptación.

#	Historia de usuario	Criterios de aceptación
1	Como utilizador, quisiera elegir los foros, grupos y discusiones que voy a analizar dentro del <i>plugin</i> , para cada curso que elija.	<ul style="list-style-type: none">• Cuando el utilizador del ingrese al curso que quiere analizar, podrá elegir cualquier foro, grupo y discusión, para filtrar la información que desea analizar.
2	Como utilizador, quisiera visualizar el análisis de los foros en una tabla de colaboración, donde se muestre todas las interacciones que tuvieron los integrantes de la red, y el número de interacciones que tuvo cada integrante con otro.	<ul style="list-style-type: none">• Dado que el utilizador eligió el resultado de Tabla de colaboración, se debe mostrar una tabla que indique de manera vertical y horizontal las fotografías de cada integrante de la red y dentro de la tabla el número de interacciones cada uno entre si.• Se deben identificar con colores, las interacciones más densas, para que se facilite la visualización de los actores con más interacciones. <p>Tabla 1 continua en la siguiente página.</p>

#	Historia de usuario	Criterios de aceptación
3	<p>Como utilizador, quisiera visualizar el análisis de los foros en un gráfico de centralidad de nodos, de tal manera que se muestren en el centro del gráfico los nodos más centrales de la red.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Dado que el utilizador eligió el resultado de <i>Grafica de centralidad de nodo</i>, se debe mostrar un gráfico que aplique la métrica de centralidad de nodo, para que la distribución de los nodos indiquen quienes son los actores más centrales de la red. • Cuando el utilizador haga clic sobre cualquier participante, se debe distinguir cuales son las relaciones que el participante tuvo dentro de la red. • En la parte inferior del gráfico, se deben distinguir las entradas y salidas del nodo. Se considera una entrada a todas las respuestas que tuvo dentro de la red, y salidas a todas las contribuciones que realizó dicho nodo. Cada nodo, debe tener como etiqueta, el nombre del integrante de la red. • Cuando el utilizador seleccione a cualquier nodo de la red, este nodo debe dirigirse al centro del gráfico de centralidad y las relaciones que tuvo con los demás participantes distinguiendo las entradas y salidas. <p>Tabla 1 continua en la siguiente página.</p>

#	Historia de usuario	Criterios de aceptación
4	Como utilizador, quisiera visualizar los resultados del análisis en un gráfico de barras, mismo que me muestre el número de respuestas y contribuciones de cada integrante.	<ul style="list-style-type: none"> • Dado que el utilizador eligió el resultado de <i>Grafico de barras</i>, se deberá mostrar dos secciones, una con la barra de respuestas y contribuciones de cada nodo y otra con el contenido de cada contribución y respuesta. • Cada participante que se seleccione debe actualizar la sección de contribuciones y respuestas. • Se debe mostrar el total de contribuciones y respuestas, la foto de cada participante de la red y el rol que desempeña, el mismo que puede ser de estudiante o profesor.
5	Como utilizador, quisiera visualizar el análisis de los foros en un gráfico donde se muestre la densidad que ha obtenido cada nodo.	<ul style="list-style-type: none"> • Dado que el utilizador seleccionó el resultado de <i>Gráfico de densidad de nodo</i>, se debe realizar un gráfico que aplique la métrica de densidad de nodo para cada actor de la red. • Cada nodo mostrado debe identificarse claramente con un color por cada rol que tenga dentro de la red, es decir los nodos con rol de estudiante deben tener un color, los nodos con rol de profesor deben tener otro color. <p data-bbox="858 1977 1374 2011">Tabla 1 continua en la siguiente página.</p>

		<ul style="list-style-type: none"> • Cuando el utilizador seleccione un nodo con el <i>mouse</i>, el <i>plugin</i> deberá mostrar la información detallada del nodo, es decir el nombre del estudiante o profesor, la foto, el número de respuestas y el número de contribuciones.
6	Como utilizador, quisiera obtener una matriz de colaboración en formato de texto plano, para importarla al software Pajek.	<ul style="list-style-type: none"> • Dado que el utilizador seleccionó el resultado de <i>Ficheros de Pajek</i>, se deberá mostrar dos matrices, una con los nombres de los nodos de la red y otra matriz de colaboración entre los nodos.
7	Como utilizador, quisiera tener una ayuda que me muestre información adicional sobre las métricas más importantes para el Análisis de las Redes Sociales.	<ul style="list-style-type: none"> • Dado que el utilizador puede elegir cualquier tipo de resultado, se deberá tener siempre disponible en forma de ventana modal, imágenes que muestren las métricas más importantes del Análisis de las Redes Sociales.

3.3 Arquitectura

En esta sección, se discuten los principales aspectos de la arquitectura del Plugin de Análisis de Foros. También se destacan las principales características y funcionalidades del mismo, se describe sus componentes internos, y se explica cómo se logra obtener cada resultado del *plugin*.

3.3.1 Características del *plugin*

El Plugin de Análisis de Foros, es un módulo para la plataforma de aprendizaje Moodle, y soportado desde la versión 2.9+. Se instala directamente dentro de la plataforma, y no tiene dependencias de otros módulos.

Las principales características del *plugin* son:

- Permite la instalación en cualquier plataforma Moodle a partir de la versión 2.9+ en adelante.
- Permite elegir cualquier foro, grupo y discusión, para filtrar la información que desea analizar.
- Muestra una *Tabla de colaboración*, la misma que indica de manera vertical y horizontal las fotografías de cada integrante del foro y dentro de la tabla el número de interacciones que tuvo con cada integrante entre sí.
 - Se identifican con colores, las interacciones más densas, mostrando un color café claro para las interacciones bajas y un color café oscuro para las interacciones elevadas.
- Muestra un *Gráfico de centralidad de nodo*, que aplique la métrica de centralidad de nodo, donde la distribución de los nodos indican quienes son los actores más centrales de la red.
 - Muestra cuales son las relaciones que el nodo tuvo dentro de la red.
 - En la parte inferior del gráfico, muestra las entradas y salidas del nodo.
 - Cada nodo, tiene como etiqueta, el nombre del integrante de la red.
- Muestra un *Gráfico de barras*, donde se identifican las respuestas y contribuciones de cada nodo y el contenido de cada contribución y respuesta.
 - Cuando selecciona cada nodo, muestra el total de contribuciones y respuestas, la foto de cada nodo y el rol de que desempeña dentro de la red, el mismo que puede ser de estudiante o profesor.
- Muestra un *Gráfico de densidad de nodo*, que aplica la métrica de densidad de nodo para cada actor de la red.

- Cada nodo se identifica con un color por cada rol que tenga dentro de la red, es decir los nodos con rol de estudiante tienen un color, los nodos con rol de profesor tienen otro color.
- Cuando selecciona cualquier nodo, se detalla la siguiente información del nodo: nombre del estudiante o profesor, la foto, el número de respuestas y número de contribuciones.
- Se despliega *Ficheros de Pajek*, se mostrando dos matrices, una con los nombres de los nodos de la red y otra matriz de colaboración entre los nodos.
- Tiene una sección de información, accesible en todos los resultados del *plugin* donde se muestra imágenes que describen las métricas más importantes del Análisis de las Redes Sociales.

3.3.2 Arquitectura de alto nivel

Antes de iniciar con la explicación de la arquitectura del Plugin de Análisis de Foros es necesario realizar un breve estudio de la arquitectura de Moodle, y cuáles son sus componentes más importantes. Para ello utilizaremos la Figura 8, la cual muestra cómo están distribuidos los módulos dentro de la plataforma.

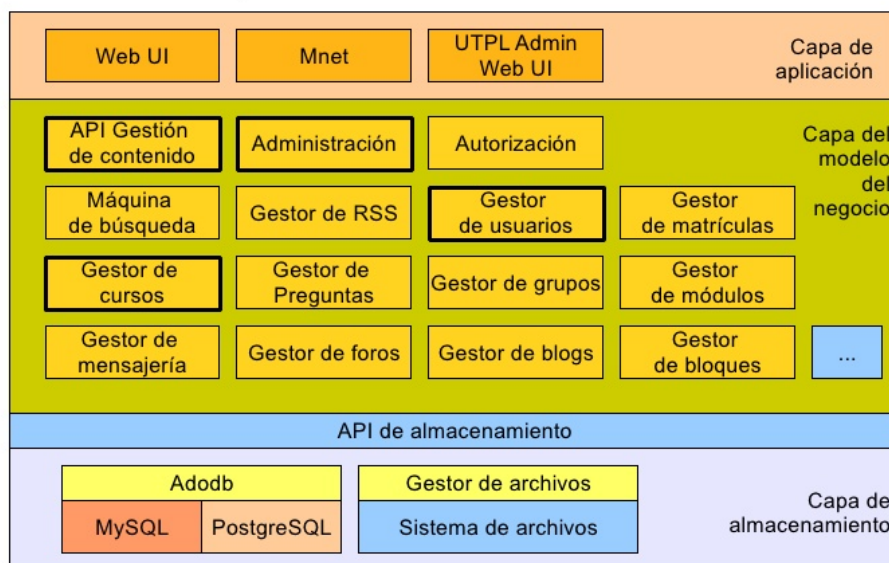


Figura 8. Arquitectura de Moodle [42].

Como se puede apreciar en la gráfica anterior, la arquitectura de Moodle, se basa en tres capas principales: capa de almacenamiento o datos, capa de modelo de negocio y capa de aplicación o también llamada Interfaz de Usuario. Cada capa controla una parte específica de la plataforma. El *Plugin de Análisis de Foros* se instala en la carpeta *local* de la plataforma, la misma que corresponde a la capa de modelo de negocio en la arquitectura de Moodle.

La Figura 9 muestra el flujo de información del *plugin*. Se puede observar en la imagen, que el flujo de información inicia en la capa de datos, en donde el *plugin* utiliza funciones para recolectar información grabada en la base de datos. Posteriormente, una vez hecha la consulta, se procesan los datos en los ficheros de construcción de matrices, para finalmente ser enviados en formato json a las bibliotecas gráficas de la capa de aplicación o interfaz de usuario.

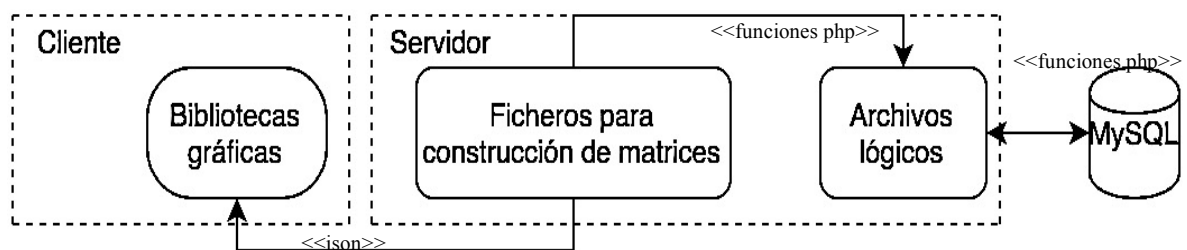


Figura 9. Flujo de información del plugin.

La arquitectura del *plugin* también tiene una distribución de tres capas, similar a la arquitectura de Moodle. La primera está representada por todos los archivos lógicos (funciones de conexión a la base de datos) que consultan los datos guardados en tablas de la plataforma. La segunda está formada por todos los ficheros que trabajan para construir las matrices a partir de los datos extraídos. Finalmente, la tercera y última parte está formada por todas las bibliotecas visuales que se utilizan para presentar los datos visuales al usuario.

A continuación la Figura 10 describe un diagrama UML de la arquitectura del *plugin*.

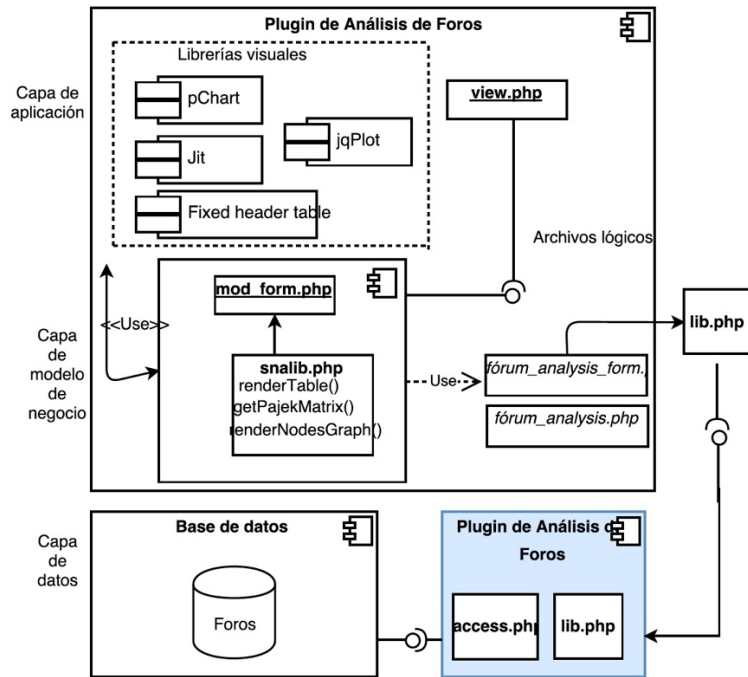


Figura 10. Arquitectura del plugin dentro de Moodle.

Los archivos lógicos como `access.php` permiten declarar variables con un ámbito global que hacen referencia a las tablas que se van a acceder. Posteriormente se usarán para realizar consultas a la base de datos. El archivo `install.php` reemplaza la sección `STATEMENTS` de las versiones anteriores de Moodle donde se usaba el archivo `install.xml`. Este archivo define el nombre del *plugin*.

En la capa de aplicación destacamos los ficheros que se utilizan para la construcción de matrices y realizar las consultas a las bases de datos, tales como `fórum_analysis_form.php` y `lib.php` que guarda una instancia del *plugin* en las librerías propias de la estructura de la plataforma. El archivo `snalib.php` contiene toda la lógica de la aplicación, iterando las matrices descritas posteriormente (3.4 Componentes), y enviando la información a la capa de presentación de acuerdo al gráfico elegido por el usuario.

En la capa de aplicación o capa de cliente, se destacan todas las bibliotecas gráficas JavaScript y jQuery utilizadas para dibujar los resultados del *plugin*. Todos los archivos que dibujan los resultados se encuentran en la carpeta `views`. Los archivos creados para dibujar los resultados del *plugin* son los siguientes:

- *d3js_graph.php*: se utiliza para dibujar el gráfico de *Densidad de nodo*, utiliza la librería JavaScript D3.js (acrónimo de Data-Driven Documents), rica en funciones para implementar diagramas de nodos interactivos personalizados y visualizaciones complejas en navegadores y plataformas web modernos [43]. D3.js facilita la construcción de diagramas de JavaScript de nodos, enlaces y grupos complejos con plantillas y diseños personalizables.
- *heat_table.php*: este fichero se utiliza para dibujar la *Tabla de colaboración* interactuando con la librería jQuery fixedHeaderTable, envía parámetros tales como ancho, alto y columnas para dibujar la tabla. jQuery fixedHeaderTable es una librería jQuery para dibujar tablas dinámicas, con distintas funcionalidades como tener un encabezado fijo para cualquier resultado, pie de página dinámico entre otras funcionalidades [44].
- *jit_graph.php*: se utiliza para el gráfico *Centralidad de nodos*. Se definen varias variables donde se almacenan características de los nodos y las redes tales como el color, las líneas, las etiquetas entre otras. Estas características y los arreglos de datos se envían en un objeto *json* a la librería JavaScript llamada JIT (JavaScript InfoVis Toolkit) [45]. *JIT* es un librería JavaScript que provee útiles herramientas para dibujar gráficos interactivos en la web.
- *jqplot_graph.php*: es usado para realizar los *Gráficos de barras* y se comunican con la librería JavaScript *jqPlot* [46]. *jqPlot* es una librería *jQuery*, que permite dibujar tablas, gráficos de barras, gráficos de nodos y numerosos componentes gráficos de estadística y análisis de datos.

3.4 Componentes

3.4.1 Matriz de adyacencia y colaboración

Para obtener los resultados de participación de foros, es necesario primero extraer datos de la base de datos de Moodle. Hemos extraído la información utilizando dos scripts. El primero determina la matriz de adyacencia de red y el segundo lo que llamamos la *matriz de colaboración*. Ambas matrices son necesarias para construir los nodos de las redes, sus relaciones y los tipos gráficos que se detallarán más adelante.

La matriz de colaboración es un tipo de matriz de adyacencia, utilizada para guardar el número de comentarios que un usuario del foro ha realizado sobre el contenido publicado por cada uno de los otros usuarios. Como se observa en la siguiente figura, esta matriz también contiene un número de filas y columnas iguales al número de usuarios en la red, ya que las filas y las columnas representan de nuevo a los usuarios, ambos en el mismo orden. Cada celda $[i, j]$ de la matriz contiene el número total de comentarios que el usuario i ha realizado sobre el contenido del usuario j .

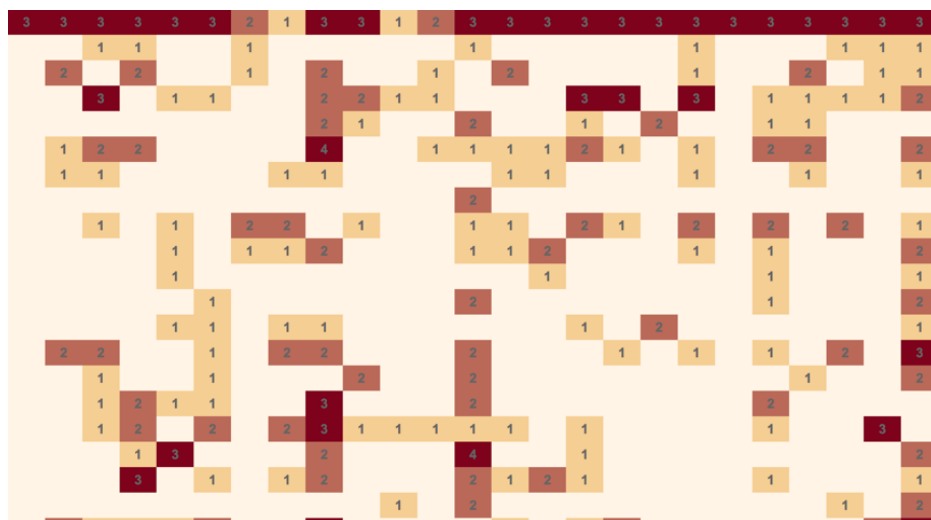


Figura 11. Representación gráfica de una matriz de colaboración.

Observamos que, en la práctica, la adyacencia y las matrices de colaboración emulan, redes bidireccionales y unidireccionales, respectivamente. Ambas relaciones se pueden visualizar gráfica e intuitivamente en los gráficos del *plugin*. Esto es posible porque los foros de Moodle tienen una estructura anidada, en la que cada usuario puede responder individualmente al mensaje de otro usuario. Como se trata de interacciones en foros y teniendo en cuenta que las actividades docentes están dentro de cada curso, tenemos un banco de pruebas muy interesante en el que podemos ver las interacciones entre los usuarios, incluyendo las interacciones del profesor con los estudiantes.

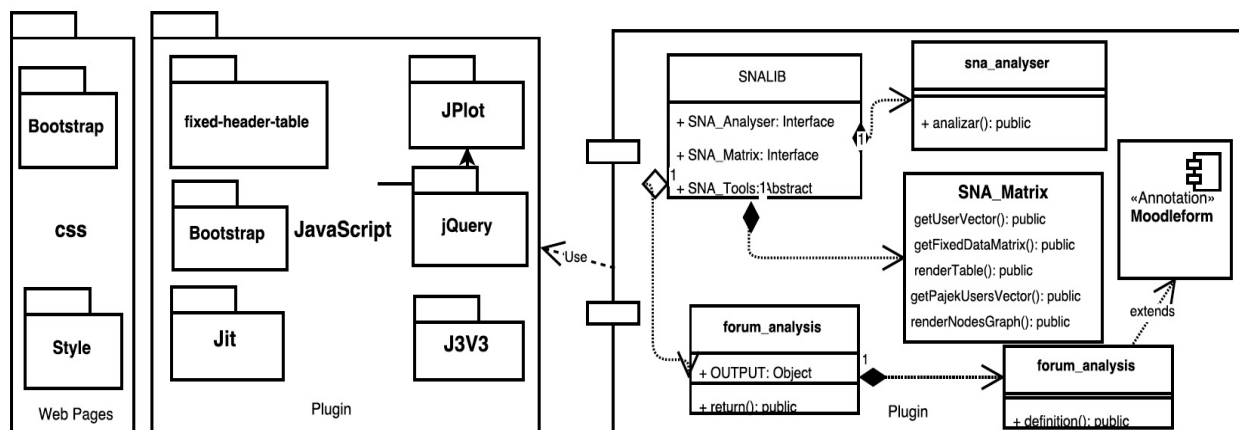


Figura 12. Diagrama de componentes.

La Figura 12, muestra los componentes que integran cada capa del *plugin*. La primera capa muestra todas las bibliotecas gráficas como *Bootstrap*, *Fixed-Header-Table*, *jqPlot*, *Jit*, *JQuery* y *J3V3*, descritas previamente en la Sección 3.3 (Arquitectura). Todas estas bibliotecas se utilizan para mostrar los resultados gráficos del *plugin*.

La segunda capa a continuación, es donde tiene lugar la lógica de negocio del *plugin*. En esta capa, hay el archivo principal llamado *SNALIB*. Este archivo tiene toda la lógica para realizar la recuperación de datos y para construir las matrices de adyacencia y colaboración. Para visualizar todos los resultados, se han implementado funciones específicas que ejecutan la lógica para construir cada resultado del gráfico. A continuación, se crea un objeto *JSON* que representa la matriz y se pasa como parámetro a una página de entrada de PHP de cada biblioteca mencionada anteriormente.

Por ejemplo, para crear el gráfico de *Grado de nodo* se utiliza la función *renderNodesGraphAlt()* para llenar la matriz de nodos iterando las matrices de adyacencia antes mencionadas. Los datos adjuntos a cada nodo dependen del tipo de gráfico. Para el Gráfico de *Grado de nodo*, por ejemplo, cada nodo se describe por el rol del usuario (profesor o alumno), grado del nodo (número de interacciones del nodo), las contribuciones y las respuestas del usuario correspondiente, y, finalmente, el grupo al que pertenece el nodo. Una vez definidos todos los nodos, creamos vínculos entre los nodos relacionados. Finalmente, se crea un objeto *json_encode* que representa la matriz de nodos que se envía como parámetro de la página de entrada de la biblioteca de gráficos. En este caso, utilizamos una página de entrada *J3V3* llamada "*d3js_graph.php*".

3.5 Casos de uso

Los casos de uso del *plugin* están asignados para los roles que tengan privilegios de administrador del curso, por políticas de la plataforma y de las instituciones en las cuales se encuentra desplegado el *plugin*. Esta herramienta no está disponible bajo el perfil de estudiante.

Como se puede observar en la Figura 13, el *plugin* define varios casos de uso dentro de su página principal. El primer caso de uso es elegir los filtros del análisis. Para los filtros, el usuario, en este caso un profesor, puede elegir entre, por ejemplo: foros, grupos y discusiones.

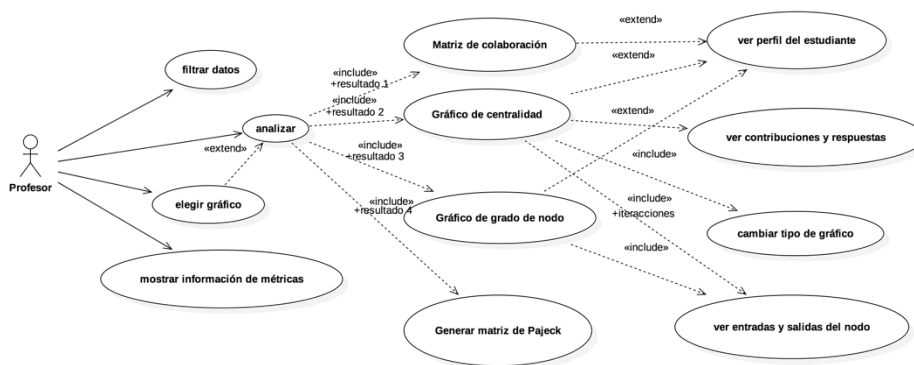


Figura 13. Casos de uso del plugin.

Una vez el usuario ha elegido los filtros, debe elegir el tipo de gráfico que quiere visualizar como resultado. Para ello puede elegir entre los siguientes gráficos: tabla de colaboración, gráfico de barras, gráfico de centralidad de nodos y gráfico de grado de nodo (que serán descritos más adelante).

3.6 Algoritmos

3.6.1 Archivo SNALIB

Este archivo representa el núcleo del *plugin*, en donde se han hecho uso de interfaces PHP para realizar las llamadas, desde los archivos JavaScript, a cada una de las funciones que arrojan los datos, para que la capa de visualización pueda leer y graficar a través de las librerías dedicadas para esto.

3.6.2 Script de Matriz de adyacencia

El primer script permite conocer el número de relaciones declaradas que ha establecido cada nodo de la red a través de una matriz de adyacencia. El Pseudocódigo 1 muestra el algoritmo detallado, explica cómo se van incrementando las relaciones con forma van iterándose las consultas, y en que variables se van almacenando cada valor, el mismo que puede ser 1 o 0.

```
Conectarse a La base de datos
Users1 = Lista de usuarios de La red
Users2 = users1 // copiamos users1 en users2
i = 1
Por cada user1 elemento en users1
  // Estamos en el primer elemento de users2
  j = 1
  Por cada user2 elemento en users2
    Si user1 tiene en su lista de contactos a user2
      Matriz [i] [j] = 1
    Caso contrario
      Matriz [i] [j] = 0
    fin
  j = j + 1
fin
i = i + 1
fin
Devuelve matriz en archivo de texto
```

Pseudocódigo 1. Script para obtención de matriz de adyacencia.

```

Conectarse a La base de datos
users1 = Lista de usuarios de La red
users2 = users1 // copiamos users1 to users2
numUsers = número de elementos en users1
j = 1
Por cada user1 elemento en users1
  contents = usuario contents1
  Si contents no está vacía
    // Estamos en el inicio de List2
    i = 1
    Por cada user2 en La lista users2
      Si user1 == user2
        Matriz [i] [j] = 0
      Caso contrario
        numComent = 0
        Por cada elemento en contents
          numComent = numComent + #user2
        fin
      Matriz [i] [j] = numComent
    fin
  i = i + 1
  fin
  Caso contrario
  Por cada i de La variable numUsers
    Matriz[i] [j] = 0
  fin
fin,
j = j + 1
fin del principal bucle
Devuelve una matriz de colaboración

```

Pseudocódigo 2. Script de matriz de colaboración

3.6.3 Script de Matriz de colaboración

El segundo script 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 *matriz de colaboración*. Los tipos de contenidos 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 (representados por nodos),

3.7.2 Gráfico de barras

La tabla de barras de Contribuciones y Respuestas, Figura 15, enumera verticalmente todos los actores de la red y muestra, usando un gráfico de barras, el número de contribuciones de cada miembro y las respuestas que cada uno recibe de otros miembros de la red.



Figura 15. Gráfico de barras de contribuciones y respuesta.

También permite visualizar en la parte derecha de la pantalla el contenido de cada contribución y respuesta de un usuario. Esta gráfica ayuda al profesor a ver el contenido de cada entrada y a identificar fácilmente a los usuarios con el mayor número de contribuciones y respuestas.

3.7.3 Gráfico de centralidad de nodos

El Gráfico de Centralidad, Figura 16, muestra un gráfico en forma de círculo donde los nodos "vértice" en el centro son los nodos más importantes de acuerdo con la medida de centralidad de grados, que mide simplemente el número de nodos a los que cada nodo está conectado (llamado grado de nodo). El gráfico permite al usuario seleccionar un nodo, en cuyo caso la red se reorganiza para que el nodo seleccionado se muestre en el centro. Además, el grosor de las conexiones varía en función del número de interacciones entre los usuarios a las que corresponden los nodos, permitiendo al profesor tener una idea visual de los alumnos con la que algún alumno interactuaba más.

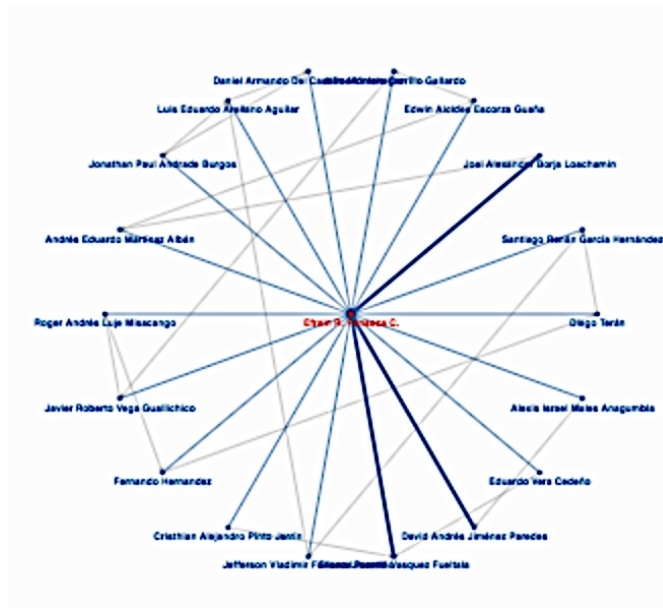


Figura 16. Gráfico de centralidad.

3.7.4 Gráfico de densidad de nodo

El Gráfico de densidad de nodo, Figura 17 permite al usuario tener una idea de la cantidad de contribuciones y respuestas de los participantes del foro. En este gráfico, el diámetro de cada nodo es proporcional a la actividad (contribuciones y respuestas), es decir, el grado compuesto del nodo (relaciones entrantes más salientes).

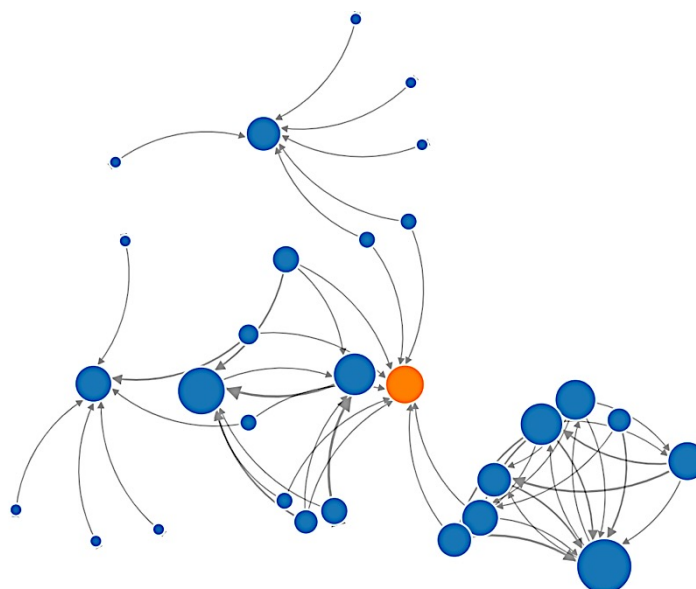


Figura 17. Gráfico de grado de nodo.

El círculo anaranjado corresponde a un profesor y los círculos azules a los estudiantes. Pasar el ratón sobre un nodo muestra una foto del usuario correspondiente y las contribuciones y respuestas recibidas. También, en este gráfico, es posible identificar relaciones unidireccionales, así como bidireccionales entre los nodos. Finalmente, en este gráfico los nodos se organizan espacialmente para evidenciar los conglomerados que pueden existir dentro de la red.

3.7.5 Ficheros de Pajek

El *plugin* también permite obtener las matrices de colaboración en formato Pajek para que puedan ser utilizadas en la aplicación Pajek. Esta característica es útil para obtener varios indicadores, como el grado de nodo (el número de relaciones directas de un nodo), la centralidad de grados, la centralidad de proximidad, la centralidad de intermedios, la centralidad de los vectores propios, la centralización de los grados y la densidad de las redes para identificar a los actores clave en una red de contactos [47].

```
*Vertices 25
*Matrix
3 3 3 3 3 3 2 1 3 3 1 2 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3
0 0 1 1 0 0 1 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 1 0 0 0 1 1 1
0 2 0 2 0 0 1 0 2 0 0 1 0 2 0 0 0 0 1 0 0 2 0 1 1
0 0 3 0 1 1 0 0 2 2 1 1 0 0 0 3 3 0 3 0 1 1 1 1 2
0 0 0 0 0 0 0 0 2 1 0 0 2 0 0 1 0 2 0 0 1 1 0 0 0
0 1 2 2 0 0 0 0 4 0 0 1 1 1 1 2 1 0 1 0 2 2 0 0 2
0 1 1 0 0 0 0 1 1 0 0 0 0 1 1 0 0 0 1 0 0 1 0 0 1
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 2 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 1 0 1 0 2 2 0 1 0 0 1 1 0 2 1 0 2 0 2 0 2 0 1
0 0 0 0 1 0 1 1 2 0 0 0 1 1 2 0 0 0 1 0 1 0 0 0 2
0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 1 0 0 0 1
0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 2 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 2
0 0 0 0 1 1 0 1 1 0 0 0 0 0 0 1 0 2 0 0 0 0 0 0 1
0 2 2 0 0 1 0 2 2 0 0 0 2 0 0 0 1 0 1 0 1 0 2 0 3
0 0 1 0 0 1 0 0 0 2 0 0 2 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 2
0 0 1 2 1 1 0 0 3 0 0 0 2 0 0 0 0 0 0 0 2 0 0 0 0
0 0 1 2 0 2 0 2 3 1 1 1 1 1 0 1 0 0 0 0 1 0 0 3 0
0 0 0 1 3 0 0 0 2 0 0 0 4 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 2
0 0 0 3 0 1 0 1 2 0 0 0 2 1 2 1 0 0 0 0 1 0 0 0 1
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 2 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 2
0 2 1 1 1 2 0 0 3 0 0 0 0 1 0 1 2 0 0 0 0 0 0 2 3
0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 2 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1
0 1 0 0 0 0 1 0 3 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 3 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 1
0 0 0 0 0 0 0 2 1 0 0 0 4 0 2 1 0 0 0 0 1 0 1 0 0
```

Figura 18. Matriz de Pajek.

3.8 Migración de versión de 1.9 a 2.9+

Se realizó una total re ingeniería del *plugin* con respecto a la versión 1.9. Esto se debe a que la arquitectura de Moodle cambio totalmente de cara a sus versiones anteriores. Se debe tomar en cuenta la instalación automática que deben tener los *plugins* para esta versión. Para lo cual se

hizo una re distribución de todas las carpetas del *plugin* cambiando y se agregó y codificó archivos nuevos con el fin de llevar a cabo la instalación automática.

Además se creó varios nuevos archivos necesarios para que este módulo funcione en esta versión. Entre los archivos nuevos más importantes están el archivo `install.php` y `snalib.php`.

3.8.1 Creación de un plugin instalable

Para ejecutar una instalación automática se debe seguir los siguientes pasos:

- Ir al directorio de *plugins* de Moodle, seleccionar la versión actual de Moodle, elegir un complemento con un botón *Descargar* y descargar el archivo ZIP;
- Iniciar sesión en su sitio Moodle como administrador y vaya a *Administración > Administración del sitio > Plugins > Instalar complementos*;
- Nuevo en 2.9: Subir el archivo ZIP. Sólo se le pedirá que añada detalles adicionales (en la sección *Mostrar más*) si su complemento no se detecta automáticamente;
- Si su directorio de destino no se puede escribir, aparecerá un mensaje de advertencia;
- En la siguiente pantalla verá un mensaje de confirmación de que usted es responsable de instalar el complemento.

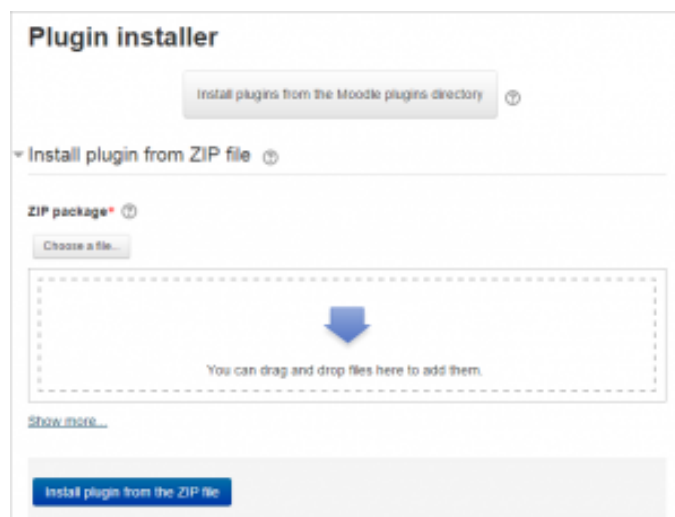


Figura 19. Pantalla de instalación de plugin de Moodle 2.9+.

Para realizar el paso final de la instalación (anteriormente descrito), se debe generar una estructura de carpetas propia de Moodle 2.9+, como lo muestra en la Figura 20 a continuación:

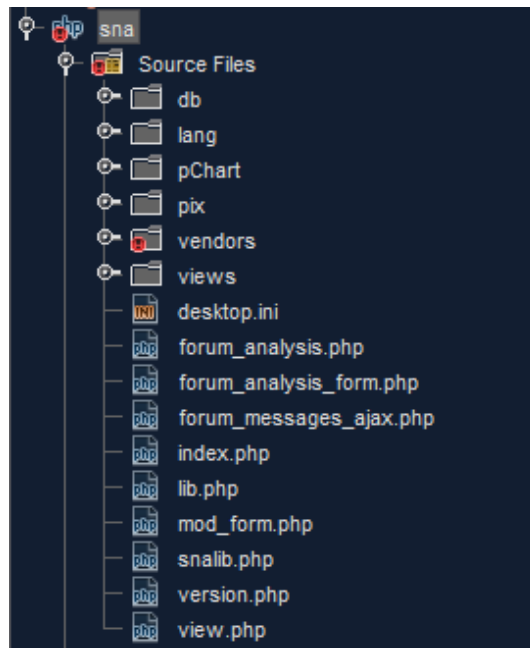


Figura 20. Estructura de carpetas, plugin para Moodle 2.9+.

3.8.2 Archivos modificados

Los archivos modificados para la migración de la versión 1.9 a la versión 2.9 son los siguientes:

SNA/forum_analysis.php: Se modificó la ruta por *mod/nombre_plugin/*; también se modifican líneas de código que agregaban el título del *plugin* en el menú de administración de la página principal de los cursos llamada *view.php*. Esto se elimina ya que en la nueva versión de Moodle, todos los *plugins* se agregan como actividades a demanda del utilizador, por lo cual estas líneas de código dejaron de ser compatibles en esta versión.

SNA/forum_analysis_form.php: Se hicieron cambios para pruebas de instalación; se agregó código para que el *plugin* tenga la arquitectura que es requerida en la versión 2.9+ de Moodle. Esto se debe a que normalmente las variables que se declaran en este archivo se llenan en base a los datos que existen en ese momento en la base de datos. Estas variables almacenan el número de foros, discusiones y grupos. Para proceder a realizar pruebas de desarrollo, este fichero, se configuró con los valores iniciales por defecto o estáticos.

SNA/view.php: Se crearon redirecciones con la instrucción *header* que apunte a la nueva ubicación del *plugin*, ya que en la versión 1.9 se encuentra en la carpeta *local* e en la versión 2.9 se encuentra en la carpeta *mod*. Dado que el archivo *view.php* es la página principal del *plugin* donde el utilizador puede elegir los filtros para realizar el análisis, los mismo que han

sido descritos en secciones previas de esta disertación, este archivo fue modificado con el fin de que el *plugin* cree una instancia al momento que se agregue el mismo a un curso, y no este siempre disponible en el menú de administración de cursos, como en versiones anteriores a la 2.9.

SNA/lib.php: Se modificaron la direcciones de ubicación, para que apunte a la carpeta de instalación del *plugin* en la carpeta general *mod*.

SNA/views/d3js.graph.php, SNA/views/heat_table.php, SNA/views/jit_graph.php: Las mismas modificaciones que el archivo anterior.

3.8.3 Archivos nuevos

Install.xml: Archivo requerido para hacer el *plugin* instalable en la versión 2.9. El código de dicho archivo se muestra en la Figura 21 a continuación:

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" ?>
<XMLDB PATH="mod/sna/db" VERSION="20170220" COMMENT="XMLDB file for Moodle mod/sna">
  <TABLES>
    <TABLE NAME="sna" COMMENT="Default comment for sna, please edit me">
      <FIELDS>
        <FIELD NAME="id" TYPE="int" LENGTH="10" NOTNULL="true" UNSIGNED="true" SEQUENCE="true" NEXT="course"/>
        <FIELD NAME="course" TYPE="int" LENGTH="10" NOTNULL="true" UNSIGNED="false" DEFAULT="0" SEQUENCE="false" PREVIOUS="id"
          NEXT="name"/>
        <FIELD NAME="name" TYPE="char" LENGTH="255" NOTNULL="true" SEQUENCE="false" PREVIOUS="course" NEXT="intro"/>
        <FIELD NAME="intro" TYPE="text" LENGTH="small" NOTNULL="true" SEQUENCE="false" PREVIOUS="name" NEXT="introformat"/>
        <FIELD NAME="introformat" TYPE="int" LENGTH="4" NOTNULL="true" UNSIGNED="true" DEFAULT="0" SEQUENCE="false"
          PREVIOUS="intro" NEXT="snamode"/>
        <FIELD NAME="timecreated" TYPE="int" LENGTH="10" NOTNULL="true" DEFAULT="0" SEQUENCE="false" PREVIOUS="scale"
          NEXT="timemodified"/>
      </FIELDS>
      <KEYS>
        <KEY NAME="primary" TYPE="primary" FIELDS="id" />
      </KEYS>
    </TABLE>
  </TABLES>
</XMLDB>
```

Figura 21. Archivo *install.xml*.

En el anterior código se evidencia la estructura requerida por Moodle para la instalación de *plugins* en la versión 2.9, en donde se requiere especificar la versión y cuatro campos. El archivo está compuesto los elementos TABLES y FIELDS. En el elemento *Table* se detalla el nombre del *plugin* así como también una descripción. En los elementos *Fields* se describe características del mismo, como un identificador único de diez dígitos, la fecha de creación y una llave primaria.

3.8.4 Archivos nuevos de idioma

Los archivos de idioma para la versión 2.9 fueron cambiados, y se deben llamar igual que el *plugin*. Por eso, en este caso, los archivos se llaman *sna.php*, pero en carpetas de idioma diferentes. De lo contrario el *plugin* no podrá ser traducido a otros idiomas.

- **Ruta: *SNA/lang/es/sna.php***: En este archivo es necesario crear tres nuevas descripciones de idioma para evitar la presencia de cadenas tipo `[[modulename]]` en el *front-end* de Moodle.
- **Ruta: *SNA/lang/en/sna.php***: Lo mismo que el anterior archivo de español, se debe hacer para el archivo en inglés, con la descripción en inglés.
- **mod_form.php**: Este archivo es requerido para la versión 2.9 y está basado en otros *plugins*, como el *plugin* de *chat*, propio de Moodle 2.9. En este archivo se definen los campos que van a ser mostrados cada vez que se desee crear un nuevo foro, tal como muestra la Figura 22 a continuación. Por ejemplo, el campo nombre, carpeta en la que se instalará o tipo del *plugin*, en este caso el tipo de *plugin* es *local*.

```
defined('MOODLE_INTERNAL') || die();
require_once($CFG->dirroot . '/course/moodleform_mod.php');
class mod_sna_mod_form extends moodleform_mod {
    function definition() {
        global $CFG, $COURSE, $DB;
        $mform =& $this->_form;
        $mform->addElement('text', 'name', get_string('name', 'sna'), array('size'=>'64'));
        $mform->setType('name', PARAM_CLEANHTML);
        $mform->addRule('name', null, 'required', null, 'client');
        // Introduction.
        $this->add_intro_editor(false, get_string('introduction', 'sna'));
        $this->standard_coursemodule_elements();
        $this->add_action_buttons();
    }
}
```

Figura 22. Archivo *mod_form.php*.

3.9 Resumen

Para desarrollar este *plugin*, hubo necesidad de estudiar la estructura de los *plugins* instalables para la versión 2.9+ de Moodle. Debido a que, esta versión cuenta con un *wizard* (ayudante de instalación), el cual analiza el *plugin* antes, durante y después de la instalación, la cual debe ser automática, sin copiado de archivos de forma manual, ni manipulación de carpetas a través del servidor. Se tuvo la necesidad de estudiar este comportamiento, con base a la lógica contenida

en el *plugin*, versión 1.9. Se realizó la verificación de las librerías manejadas en la versión 1.9 y la compatibilidad de archivos JavaScript con la versión 2.9 de Moodle y debido a que, el *plugin* maneja para cada gráfico una librería diferente, se tuvo que probar adecuadamente el funcionamiento, tanto en ambiente local, como en ambiente de producción.

Con el fin de analizar los datos de la red se ha extraído la información de la base de datos de la plataforma. 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). Esto se ha realizado mediante un muestreo sobre el total de la población de la base de datos, lo que proporciona matrices de adyacencia de colaboración y amistad. Finalmente, para llevar a cabo nuestro estudio se ha procedido a extraer la información directamente de la base de datos de la plataforma, que usa un sistema de gestión de bases de datos, mediante dos scripts escritos en lenguaje PHP que han realizado el muestreo del total de la población de la red.

Finalmente, las pruebas de la versión final de este *plugin* se realizaron instalando el *plugin* en dos entornos de producción reales, tales como son: Moodle de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, y el Moodle de La Universidad Las Palmas de Gran Canaria.

Capítulo 4

Casos de estudio en los que se aplico el plugin

En este capítulo se analiza la aplicación del *plugin* en cuatro casos de estudio. Estos resultados fueron obtenidos en dos universidades: Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, España, en donde se aplicó en un curso de doctorado en Ciencias de la Computación, y Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Ecuador, en donde se aplicó a dos cursos de maestría en Gestión Informática, y un curso de Ingeniería de la Computación y Ciencias Informática.

Para cada caso de estudio, la Tabla 1 muestra la siguiente información: universidad, país, curso, tipo (alcance de la aplicación), número de estudiantes, número de foros, número de grupos, número de interacciones, densidad de red y nivel de participación. El nivel de participación se evaluó a partir de rangos de densidad de la red: 0 a 0,4 se considera un nivel de participación bajo, 0,4 a 0,75 es un nivel de participación medio y por encima de 0,75 se considera un alto nivel de participación.

Tabla 2. Análisis de resultados de caso de estudio.

Universidad	Escuela Politécnica de las Fuerzas Armadas ESPE			Universidad de las Palmas
País	Ecuador			España
Curso	Ingeniería de Software 2	Tópicos especiales de infocomunicaciones MSG 2017-A	Tópicos especiales de infocomunicaciones MSG 2016-B	Informática para la Traducción e Interpretación 2015/2016
Tipo	Ingeniería	Maestría	Maestría	Doctorado
Estudiantes	25	25	29	132
Foros	2	4	6	70
Interacciones	51	353	100	2695

Densidad	0.08	0.58	0.12	0.31
Participación	Baja	Medio	Baja	Baja

4.1 Caso de estudio 1

4.1.1 Tabla de colaboración

La tabla de colaboración muestra que existió una poca participación entre los estudiantes de pregrado, inclusive se puede ver que existen estudiantes que no interactuaron entre si, ya que no existe un número de conexiones entre ellos (imágenes ofuscadas para proteger la identidad de los estudiantes). Sin embargo, también podemos ver actores importantes, en donde la intensidad del color se hace más fuerte, tal como muestra la Figura 23 a continuación:

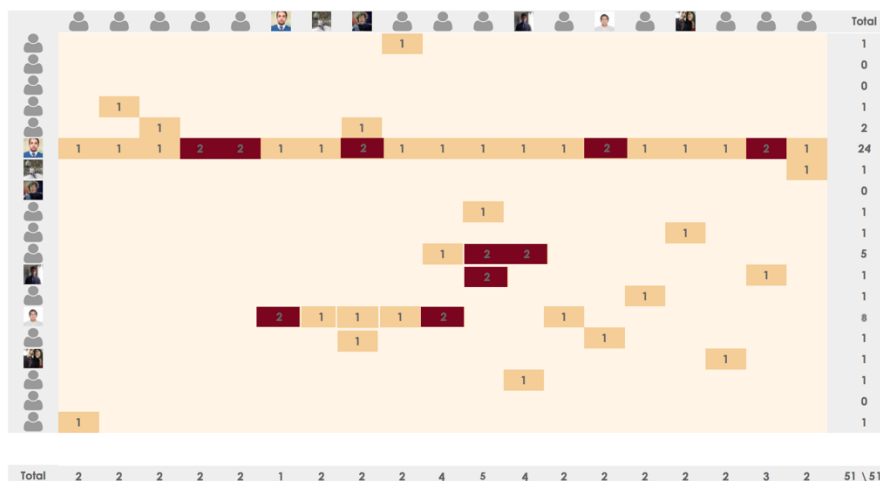


Figura 23. Resultado de tabla de colaboración, caso de estudio 1.

4.1.2 Gráfico de barras y métrica de relevancia

En este resultado, se puede apreciar claramente el número de contribuciones y respuestas obtenidas por los estudiantes. Este gráfico nos permite utilizar los valores de las respuestas y interpretarlos en una nueva métrica que llamamos “*Relevancia de una contribución*”, la cual plantea la relación entre el número de respuestas totales que obtuvo un estudiante, con respecto al número de posibles respuestas que pudo tener por el número de contribuciones que realizó dicho estudiante. Por lo tanto la fórmula propuesta para dicha métrica es la siguiente:

$$Mc(x) = \frac{\sum R(x)}{\sum C(x) * (\#Nodos - 1)}$$

Ecuación 4. Fórmula de métrica propuesta para análisis de participación en foros

En donde Mc es el valor de la métrica propuesta y x es el nodo o actor de la red, R son las respuestas obtenidas por x y C son las contribuciones que este nodo obtuvo. El valor de la métrica es mayor que uno si en promedio cada persona de la red respondió más de una vez a cada contribución, por lo tanto su participación tuvo una mayor relevancia con respecto a los actores que no recibieron mayores respuestas de las contribuciones que hicieron.

A continuación, la Figura 24, muestra el gráfico de barras que se utilizó para reconocer los resultados del número de contribuciones y respuestas para calcular la métrica propuesta. Se encuentra seleccionado el nodo que obtuvo el valor más alto en base a esta métrica de relevancia, la cual se calculó de la siguiente manera: $\frac{24}{1*(25-1)}$ obteniendo el valor de 1 lo que nos indica una alta relevancia de participación.

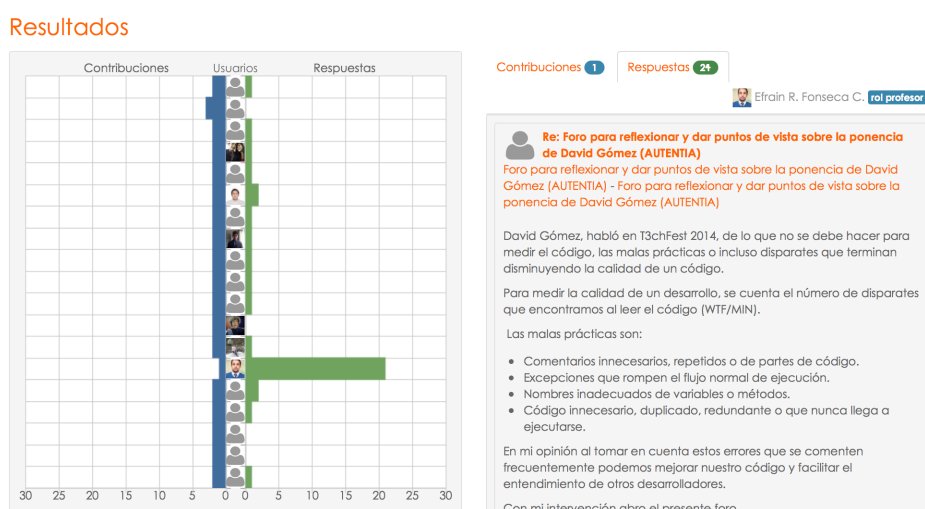


Figura 24. Gráfico de barras, caso de estudio 1.

4.1.3 Gráfico de centralidad de nodos

En la Figura 25, se aprecia una línea roja que rodea a los actores principales de la red. Las interacciones con los estudiantes dentro de la línea roja es más amplias que las interacciones con los estudiantes fuera de la línea, por lo que se los nodos están más al centro de la red. También se puede apreciar que existen estudiantes *satélites* que están en el exterior del círculo

central, esto se debe a que tienen un bajo grado de centralidad, y un bajo grado de intermediación. Finalmente, se señala una elipse negra en la parte inferior derecha del gráfico, ya que ese nodo tuvo un grado de intermediación mayor, al ser el único nodo que conecta con todos los nodos que se encuentran en el borde exterior inferior de la grafica.

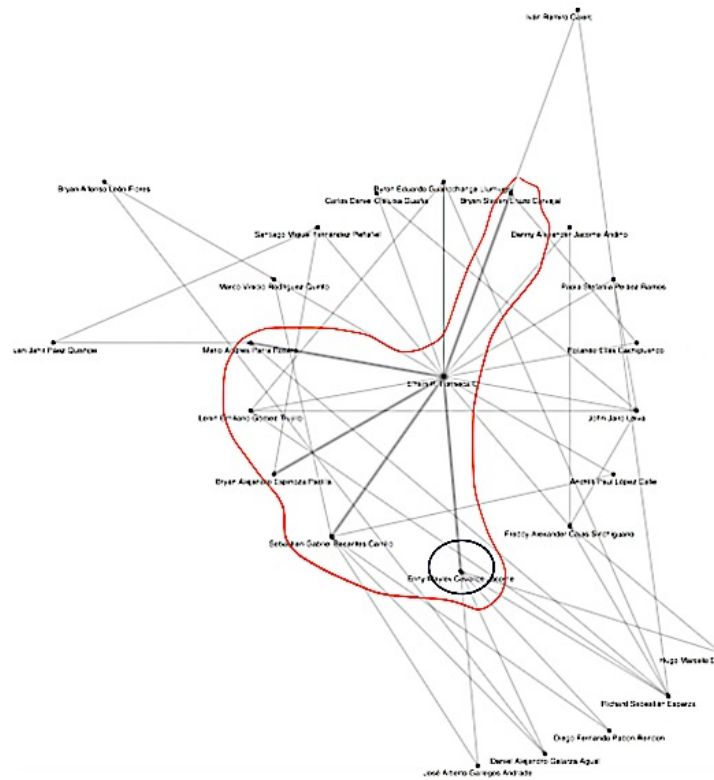


Figura 25. Resultado de nodo de centralidad, caso de estudio 1.

4.1.4 Gráfico de densidad de nodo

El profesor también puede identificar correctamente a los actores más efectivos en esta red usando el gráfico *de Densidad de Nodo*. Como podemos ver en la Figura 26, los nodos más grandes marcados con la letra A y B corresponden a los estudiantes que tuvieron más interacciones (para las cuales la suma de las respuestas recibidas y las contribuciones realizadas son las más altas).

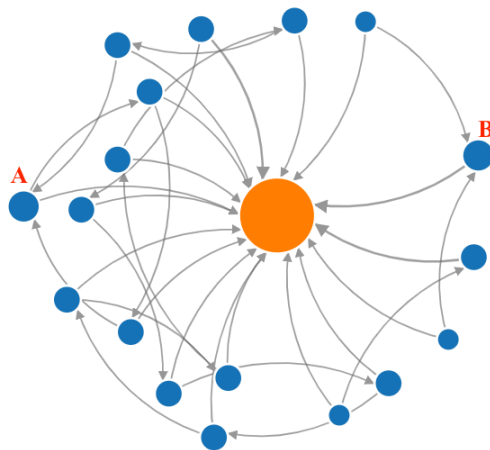


Figura 26. Gráfico de densidad de nodos, caso de estudio 1.

4.1.5 Relación de la participación en los foros con el éxito académico

Finalmente, se realizó una relación entre el promedio final obtenido por los estudiantes y el grado de participación de los mismo. El promedio de las calificaciones de este curso fue de 15.10 sobre 20, y los estudiantes más participativos *A* y *B* obtuvieron una promedio final de 16.5 y 15.9 respectivamente. A pesar de ser uno de los promedios más altos, estos dos actores de la red no son los estudiantes con las mejores calificaciones, por lo que en este caso, la participación de en los foros no fue determinante para el éxito académico.

4.2 Casos de estudio 2

4.2.1 Tabla de colaboración

Este es el primer caso de estudio en un ámbito de maestría, y claramente se nota un incremento significativo en la participación de los estudiantes, tal como se puede observar en la *Tabla de Colaboración* representada en la Figura 27. Se observa también que existieron estudiantes sin conexiones, es decir no interactuaron entre si. Esto es evidente al no tener un número de interacción que relacione a estos nodos.

Resultados

Filas: respuestas recibidas por el usuario de la primera celda de la fila.

Columnas: respuestas enviadas por el usuario de la primera celda de la columna.

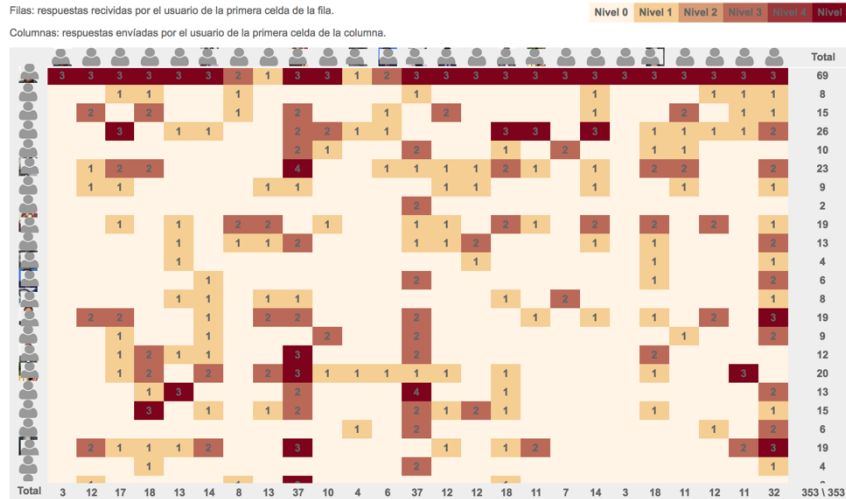


Figura 27. Tabla de colaboración, caso de estudio 2.

4.2.2 Gráfico de barras y métrica de relevancia

Como se observa en la Figura 28, existe una mayor cantidad de respuestas en este caso de estudio. Los estudiantes han tenido un mayor grado de participación entre si, respondiendo a contribuciones de sus compañeros y elevando el grado de interacción de la red. En la Figura 28 se encuentra seleccionado el estudiante que obtuvo la mayor cantidad de respuestas con respecto a sus contribuciones, obteniendo un total de 26 respuestas. El valor de la métrica de relevancia se calculó de la siguiente manera: $\frac{23}{14*(25-1)}$ obteniendo un valor de 0.06 por lo que se le considera en este caso el actor con mayor relevancia de la red.



Figura 28. Gráfico de barras, caso de estudio 2.

cursor del mouse y el *plugin* mostrará la información del número de contribuciones y respuestas para cada nodo.

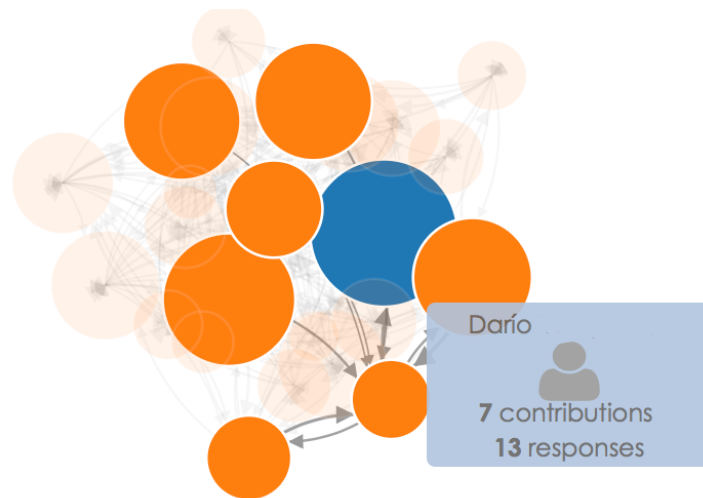


Figura 30. Gráfico de densidad de nodo, caso de estudio 2.

4.2.5 Relación de la participación en los foros con el rendimiento académico

Por último, realizaremos la relación con el rendimiento académico promedio del curso, y de los principales actores de la red. El promedio del curso fue de 8.95 sobre 10. Los dos principales actores de la red (por densidad de nodo) obtuvieron calificaciones de 9,43 y 9,45 (sobre 10) respectivamente. Podemos concluir entonces, que en este curso la participación y el interés en contribuir en los foros es superior que en caso de estudio 1, y los actores principales mantienen promedios elevados, superiores a los que tienen menor participación.

4.3 Caso de estudio 3

4.3.1 Tabla de colaboración

Este caso de estudio se caracteriza por la formación de grupos dentro de la red. La causa por la cual se formaron estos grupos, está fuera del alcance de estudio del presente trabajo, pero se puede intuir que estos grupos se han formado por afinidad o intereses comunes entre sus integrantes. A continuación, la Figura 31 muestra como se distribuyen los colores de intensidad en un sector específico de la tabla (inferior derecho). Claramente se puede ver que existe un mayor grado de participación entre estos estudiantes, también se observa que existe varios de

estos grupos de en la red, por cuestiones de espacio, los demás grupos no se visualizan en la Figura 31 pero si en los resultados posteriores del *plugin*.

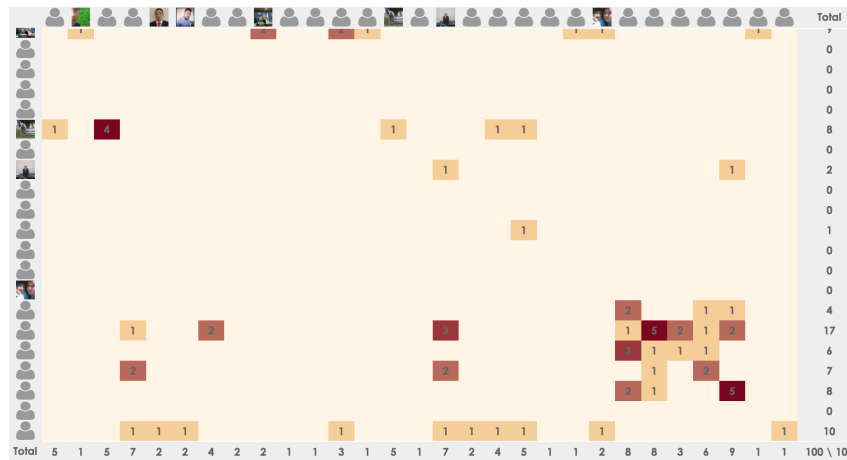


Figura 31. Tabla de colaboración, caso de estudio 3.

4.3.2 Gráfico de barras y métrica de relevancia

La Figura 32 a continuación muestra el resultado de *Gráfico de barras*, y se señala al nodo que tuvo mayor cantidad de respuestas, con respecto a sus contribuciones. Este nodo realizó cinco contribuciones y obtuvo diez respuestas en total.



Figura 32. Gráfico de barras, caso de estudio 3.

En este caso de estudio, se identifican cinco notables nodos con una relevancia mayor a los demás, para ello se realizó una tabla donde resume el número de contribuciones que realizaron,

el número de respuestas obtenidas y el valor de la métrica de relevancia propuesta. A continuación la Tabla 2 muestra los resultados obtenidos:

Tabla 3. Resultados de relevancia de participación, caso de estudio 3

NODO	CONTRIBUCIONES	RESPUESTAS	RELEVANCIA DE PARTICIPACIÓN
A	8	12	$\frac{12}{8 * (29 - 1)} = 0.053$
B	5	7	$\frac{7}{5 * (29 - 1)} = 0.05$
C	2	7	$\frac{7}{2 * (29 - 1)} = 0.125$
D	2	6	$\frac{6}{2 * (29 - 1)} = 0.107$
E	5	10	$\frac{10}{5 * (29 - 1)} = 0.071$

Los nodos que tienen un mayor grado de influencia son los nodos C y D al tener 0.125 y 0.107 respectivamente. Posteriormente se descubrirá en los gráficos de densidad de nodos y en los gráficos de centralidad, que dichos nodos también establecen los nodos centrales para los grupos que se formaron en esta red.

4.3.3 Gráfico de centralidad de nodo

En la Figura 33, se puede observar que existen varios nodos que no están conectados entre sí, de hecho, la mayoría de nodos solo tuvo una interacción con ciertos actores específicos de la red, aquellos que hemos nombrado en la sección anterior. Esto es causa de la creación de los grupos de interacción, que se presentaron en este caso de estudio, lo que provocó que varios nodos se abstengan de participar e interactuar con los demás actores de la red y solo creen relaciones entre los integrantes del mismo grupo. También se encierra con una línea roja los

actores con mayor grado de centralidad. Se puede observar que existen líneas de unión o conexiones de un color azul, esto se debe a que se señaló con el mouse el nodo central de esas líneas, por lo cual el *plugin* reconoce todas sus conexiones y las dibuja con color azul.

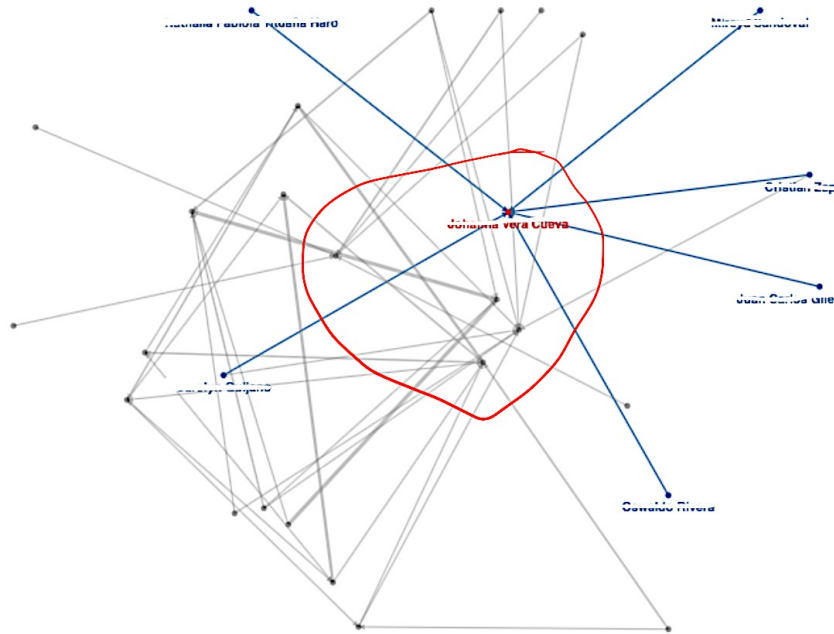


Figura 33. Gráfico de centralidad de nodo, caso de estudio 3.

4.3.3 Gráfico de densidad de nodo

La Figura 34 muestra los grupos que se han formado dentro de la red, conducidos por los actores que tienen los nodos más densos. Siendo un curso de maestría, se puede apreciar que los estudiantes están interesados en interactuar entre sí, y conocer las opiniones expresadas por sus compañeros de clase. Podemos observar una vez más cuáles son los actores más notables de la red. De hecho, el gráfico también muestra claramente que estos actores establecen grupos dentro de la red.

Un punto importante en este caso de estudio es que las respuestas al profesor son mucho menos que las respuestas a los principales actores de la red. De hecho, hay incluso actores que no interactúan con el profesor. El profesor en este estudio de caso debe considerar si sus contribuciones están suscitando suficiente interés para que los estudiantes respondan.

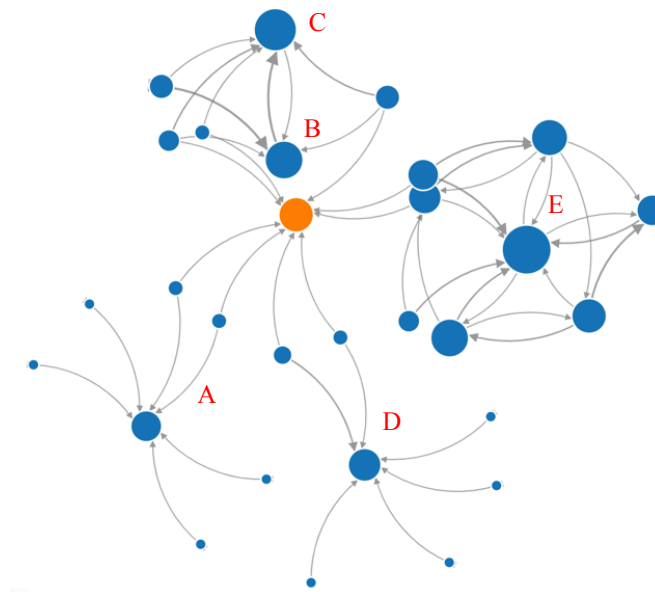


Figura 34. Gráfico de densidad de nodo, caso de estudio 3.

4.3.5 Relación de la participación en los foros con el rendimiento académico

Este curso tuvo un alto rendimiento académico. Su promedio general fue de 8.4 sobre 10 puntos. Los actores que marcaron la diferencia, fueron los nodos que tuvieron mayor relevancia en su participación en los foros. Por ejemplo, el nodo E de la Figura 34, tuvo una calificación de 10 sobre 10. El nodo que tuvo una mayor relevancia de participación fue el nodo C con 0.125 y tuvo un puntaje de 9.5 sobre 10 puntos. Con esto podemos concluir que en este caso de estudio, los nodos más importantes son los nodos que tuvieron un mayor grado de participación, que fueron centrales en los grupos formados y también que tuvieron una calificación más alta con respecto a los nodos con una participación baja.

4.4 Caso de estudio 4

4.4.1 Tabla de colaboración

En este caso de estudio, existió una mayor cantidad de interacciones que los tres anteriores, ya que el número de estudiantes del curso fue mucho mayor (132) comparado con un promedio de 25 estudiantes de los casos de estudio anteriores. Claramente podemos observar que esta red está compuesta de actores importantes, que generan interacciones con sus compañeros y crean inclusive grupos dentro de la red. La Figura 35 a continuación muestra la tabla de colaboración de este caso de estudio. Cabe señalar que existen muchos más estudiantes de los que se ve en la gráfica pero por espacio no se pueden ver a todos.

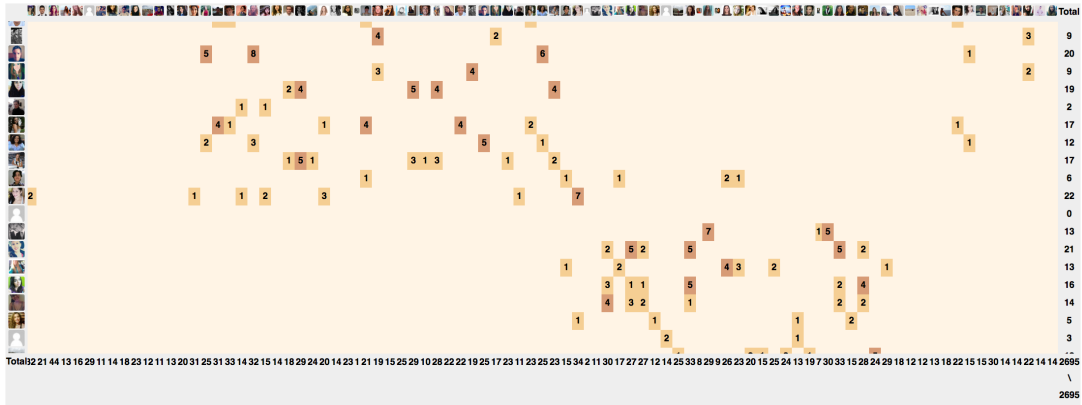


Figura 35. Tabla de colaboración, caso de estudio 4.

4.4.2 Gráfico de centralidad de nodo

Este caso de estudio es el que tiene más interacciones. A pesar de tener 2695 interacciones, tiene una baja densidad de red. Sin embargo, podemos ver muchos datos útiles de esta red. Por ejemplo, se puede ver que hay actores principales en el medio de la Figura 36, y actores secundarios que son el contorno del círculo del diagrama.

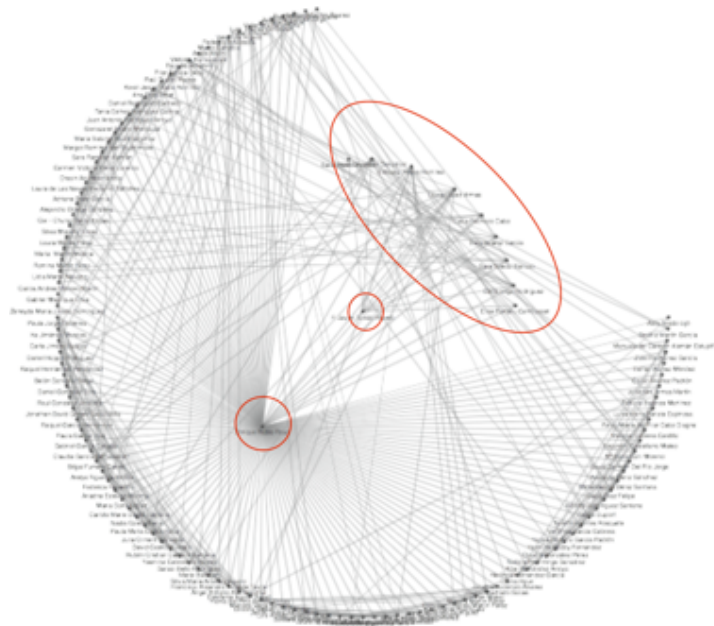


Figura 36. Resultado de nodo de centralidad, caso de estudio 3.

Entre los actores principales, dos de ellos son aún más centrales que los demás. Esto se debe a que se conectan con casi toda la red en su conjunto. En este caso, el nodo más central es el del

profesor, lo que indica que las aportaciones del profesor en los foros provocaron respuestas de los 132 alumnos.

4.4.3 Gráfico de barras y métrica de relevancia

Para determinar la relevancia de participación en este caso de estudio, se utilizó el nodo más central, el mismo que tiene un rol de profesor, con 256 contribuciones y 1159 respuestas en total, tal como lo muestra la Figura 37 a continuación.

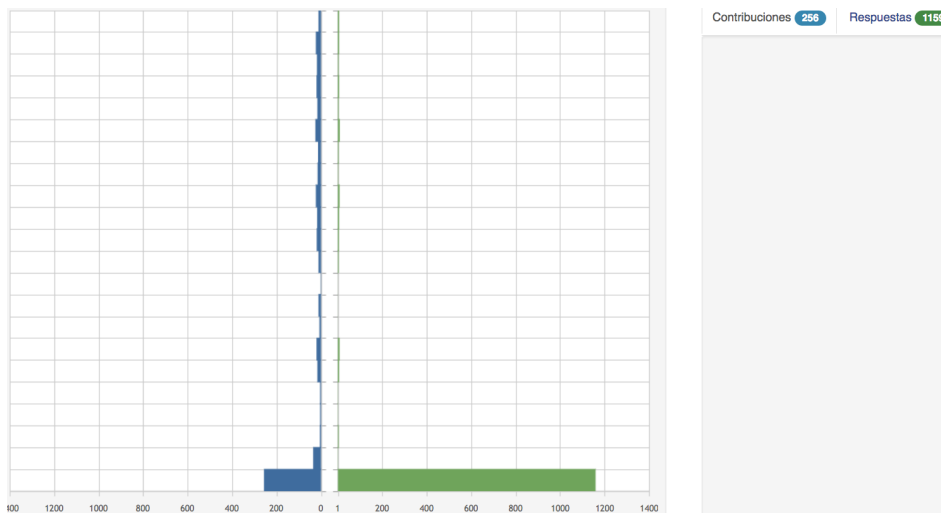


Figura 37. Gráfico de barras, caso de estudio 4

El resultado de este cálculo se obtuvo de la siguiente manera: $\frac{1159}{256 * (135 - 1)}$ dando un resultado de 0.033, que fue el más elevado entre todos los nodos que integraron la red.

Es necesario mencionar que en este caso de estudio, no se incluye el resultado del *Gráfico de densidad de nodo*, ya que al tener un número elevado de nodos y conexiones, la información que este gráfico brinda, es poco útil, para lo cual es recomendable realizar el análisis con otros tipos de gráfico como el de *Centralidad de nodo* o el de *Gráfico de barras*, expuestos anteriormente.

Finalmente para este caso de estudio no se tuvo acceso a la información de rendimiento académico por lo cual no se puede realizar una relación con respecto a la participación de sus estudiantes.

4.3 Resumen

El capítulo cumple con su objetivo principal que fue aplicar el *Plugin de Análisis de Foros* en diferentes casos de estudios. Para ello fue necesario instalar dicho *plugin* en las plataformas Moodle de cada universidad utilizada para el estudio. Los datos que se obtuvieron en la Universidad de Las Palmas, se lograron recolectar con la nueva versión del *plugin*, desarrollado en este trabajo.

Estos casos de estudios presentaron resultados muy diferentes entre sí. En todos los casos, el *plugin* mostró quienes son los actores más importantes dentro de esta red estudiantil, y cuáles son los nodos con los que estos se relacionan.

En el caso 1, existió un bajo nivel de participación, siendo el nodo con rol de profesor el nodo más central de la red, y obteniendo una mayor relevancia de participación (métrica propuesta en este trabajo). El valor de esta métrica fue de 1, este valor no se volvió a repetir en ningún caso estudiado posteriormente.

El caso de estudio 2, mostró un incremento en la participación de los estudiantes con respecto al caso 1, esto se puede atribuir al interés intelectual que los mismo pusieron en participar en los foros, ya que el estudio se realizado a estudiantes de maestría. Se ve que existen nodos que tienen un mayor grado de participación, sin embargo la densidad de esta red no fue elevada.

En el caso de estudio 3, se vio la formación de grupos o *clusters* dentro de la red analizada. Estos grupos hicieron que se segreguen los nodos que interactuaban dentro del grupo con respecto a los demás nodos de la red, lo cual es algo negativo desde el punto de vista social, ya que existe menos probabilidad de que la información se socialice para todos los nodos. También se pueden identificar que los nodos centrales de los grupos, eran los estudiantes con mayor rendimiento académico.

Por último en el caso de estudio 4, la participación en los foros aumentó considerablemente, pero esto se debe a varios factores: El número de estudiantes es mayor, el número de foros es mayor, el tiempo o duración del curso fue mayor. Para este caso de estudio, resultó muy útil utilizar el gráfico de *Centralidad de nodo* antes que el *Gráfico de densidad de nodo*, ya que al ser varios actores dentro de la red, la distribución de los nodos se ve más apropiada en el gráfico de *Centralidad de nodo*.

(Inicia en número de página impar)

Capítulo 5

Conclusiones y trabajo futuro

El Social Network Analysis dentro de los entornos educativos, se puede aplicar a los Virtual Learning Environments como los foros de Moodle. La información visual sobre la participación de los estudiante en los foros de Moodle, permite que los utilizadores puedan tomar decisiones para alentar a los estudiantes a participar en foros, haciendo que la educación sea más colaborativa y participativa.

El análisis de los datos del *plugin* fue posible gracias a la generación de matrices de adyacencia con las interacciones que los usuarios hacen en la plataforma. Con esta información también fue posible permitir al utilizador del *plugin* seleccionar el tipo de foro, el grupo de estudiantes del aula, la discusión dentro de un foro y luego mostrar el resultado del análisis.

Con este trabajo, se ha desarrollado una herramienta útil para la plataforma de Aprendizaje Virtual de Moodle, utilizando una versión anterior del *plugin* y haciendo una re ingeniería y re codificación del mismo.

Esta herramienta permite al profesor analizar el comportamiento de sus alumnos al utilizar los foros de la plataforma y visualizar la participación de los estudiantes en diferentes tipos de gráficos como: Grafico de barras, Centralidad de nodos, entre otros. Estos gráficos permiten reconocer al utilizador de manera muy intuitiva cuales son los principales actores de la red. El *plugin* también permite al usuario exportar las matrices de adyacencia en un formato para ser importado posteriormente por el software Pajek, y de esta manera analizar las redes sociales utilizando las características propias de esta herramienta.

El análisis de los cuatro casos de estudio muestra un comportamiento muy diferente para los cursos de pregrado y posgrado. En los cursos de posgrado, tenemos una red mucho más participativa, es decir, observamos una alta interacción entre los estudiantes. Además, siempre se observa de cuatro a cinco estudiantes como los actores más participativos de la red (este número depende del número de actores que están en la red).

De acuerdo a la relación con el éxito académico de los integrantes de la red, se determinó en el Caso 3, que los estudiantes con mayor calificación fueron los más influyentes de la red, sin

embargo este patrón no se presentó en todos los casos de estudio, por lo que se puede deducir que para este estudio, la participación de los estudiantes en los foros, no fue proporcional a la calificación final obtenida por los alumnos en los diferentes cursos analizados.

El Análisis de Redes Sociales en la plataforma Moodle debe ser entendido como una poderosa herramienta que permite analizar datos valiosos del comportamiento de los estudiantes, con los que tanto profesores como estudiantes pueden aplicar modelos de aprendizaje y análisis del aprendizaje para mejorar la calidad de la educación y la participación estudiantil.

Por último, el presente trabajo, dio origen al artículo científico: “Forum participation plugin for Moodle: Development and Discussion” [48].

5.1 Trabajo Futuro

Una importante evolución de este trabajo será verificar si existe alguna correlación entre la participación de los estudiantes en los foros y su éxito académico utilizando más casos de estudio y realizando un estudio en más universidades.

Otra dirección de trabajo futuro es mejorar la parte visual del complemento, incluyendo información adicional para la visualización de nodos. Además de mostrar la distribución de la red, mostrando el valor para cada nodo de la métrica aplicada también se considera de interés.

Una importante mejora a este trabajo sería la inclusión nativa de la métrica de *Relevancia de participación* propuesta y analizada en el Capítulo 4. Esto quiere decir, que se muestre el resultado de esta métrica automáticamente cuando el utilizador señala un nodo de la red en cualquier tipo de respuesta.

Por último un importante trabajo futuro sería la inclusión de una métrica semántica, que reconozca las respuestas de los estudiantes, las entienda semánticamente y les asigne un valor con respecto a otras, utilizando el reconocimiento de palabras clave para cada foro. De esta manera se estaría midiendo tanto el número de contribuciones como la calidad de las mismas.

Referencias

- [1] B. Inc., “About Blackboard.” [Online]. Available: <http://www.blackboard.com/about-us/index.aspx>.
- [2] Moodle Pty Ltd, “The Moodle Trademark,” 2017. [Online]. Available: <https://moodle.com/trademarks/>.
- [3] I. A. rights Reserved., “Canvas,” 2017, 2017. [Online]. Available: <https://www.canvaslms.com>.
- [4] C. Bernacchio and M. Mullen, “Universal design for learning,” *Psychiatr. Rehabil. J.*, vol. 31, no. 2, pp. 167–169, 2007.
- [5] W. R. Watson and S. L. Watson, “What are learning management systems, what are they not, and what should they become?,” *TechTrends*, vol. 51, no. 2, pp. 28–34, 2007.
- [6] L. Bromham and P. Oprandi, “Evolution online: using a virtual learning environment to develop active learning in undergraduates,” *J. Biol. Educ.*, vol. 41, no. 1, pp. 21–25, 2006.
- [7] C. Dalsgaard, “Social software: E-learning beyond learning management systems,” *Eur. J. Open Distance ELearning*, vol. 2006, no. 2, pp. 1–12, 2006.
- [8] M. Machado and E. Tao, “Blackboard vs. Moodle: Comparing user experience of learning management systems,” in *Proceedings - Frontiers in Education Conference, FIE*, 2007.
- [9] S. Graf, “Adaptivity in Learning Management Systems Focussing on Learning Styles,” *Proc. 2009 IEEE/WIC/ACM Int. ...*, vol. 3, no. December 2007, pp. 235–238, 2009.
- [10] M. Rouse, “virtual learning environment (VLE) or managed learning environment (MLE),” <http://whatis.techtarget.com>, 2017. [Online]. Available: <http://whatis.techtarget.com/definition/virtual-learning-environment-VLE-or-managed-learning-environment-MLE>.
- [11] S. de Freitas and T. Neumann, “The use of ‘exploratory learning’ for supporting immersive learning in virtual environments,” *Comput. Educ.*, vol. 52, no. 2, pp. 343–352, 2009.
- [12] M. A. Liebert *et al.*, “Learning in Virtual Environments,” *Environments*, vol. 8, no. 6, pp. 592–601, 2005.

- [13] M. J. W. Thomas, "Learning within incoherent structures: The space of online discussion forums," *J. Comput. Assist. Learn.*, vol. 18, no. 3, pp. 351–366, 2002.
- [14] Moodle Pty Ltd, "Moodle Statistics," *Moodle Statistics*, 2017. [Online]. Available: <https://moodle.net/stats/?lang=es>.
- [15] J. R. Cole and H. Foster, *Using Moodle*. 2008.
- [16] R. A. Sánchez and A. D. Hueros, "Motivational factors that influence the acceptance of Moodle using TAM," *Comput. Human Behav.*, vol. 26, no. 6, pp. 1632–1640, 2010.
- [17] A. D. Aranda, "Moodle for distance education," *Distance Learn.*, vol. 8, no. 2, pp. 25–28, 2012.
- [18] C. B. Ruiz, "Las redes sociales y la protección de datos hoy," *Anu. la Fac. Derecho (Alcalá Henares)*, no. 2, pp. 301–338, 2009.
- [19] E. Castrillón, "Las redes sociales de Internet : también dentro de los hábitos," *Anagramas*, vol. 9, no. 17, pp. 107–116, 2010.
- [20] G. Edwards, "Methods Review paper Mixed-Method Approaches to Social Network Analysis," *ESRC Natl. Cent. Res. Methods*, vol. NCRM.015, no. January, pp. 1–30, 2010.
- [21] A. K. Chaudhary and L. A. Warner, "Introduction to Social Network Research : Application of Social Network Analysis in Extension 1," *IFAS Ext. Univ. Florida*, pp. 1–4, 2015.
- [22] C. Prell, *Social Network Analysis. Theory and Methodology*, First. London: Sage Publications Ltd., 2011.
- [23] B. M. Van Harmelen and D. Workman, "Analytics Series Analytics for Learning and Teaching," *CETIS Anal. Ser.*, vol. 1, no. 3, pp. 1–41, 2012.
- [24] S. Lazio, "The use of social network analysis for the evaluation of team ball sports performance: a review Gaetano Roscillo 1 , Bruno Federico 1 1," pp. 1–2, 2011.
- [25] L. Adamic, "Introductory social network analysis with Pajek Lada Adamic," 2008.
- [26] U. Brandes, S. P. Borgatti, and L. C. Freeman, "Maintaining the duality of closeness and betweenness centrality," *Soc. Networks*, vol. 44, pp. 153–159, 2016.
- [27] A. Bavelas, "Communication patterns in task-oriented groups," *J. Acoust. Soc. Am.*, vol. 22, no. 6, pp. 725–730, 1950.

- [28] G. Sabidussi, "The centrality of a graph.," *Psychometrika*, vol. 31, no. 4, pp. 581–603, 1966.
- [29] A. Álvarez Ferrando, A. Kuz, and M. Falco, "Gephi : Análisis de Interacciones en un Foro, a través de ARS en el aula," *Rev. Iberoam. Educ. en Tecnol. y Tecnol. en Educ.*, 2013.
- [30] M. Bastian and S. Heymann, "Gephi : An Open Source Software for Exploring and Manipulating Networks," 2009.
- [31] R. Saito *et al.*, "A travel guide to Cytoscape plugins.," *Nat. Methods*, vol. 9, no. 11, pp. 1069–76, 2012.
- [32] S. P. Borgatti, M. G. Everett, and L. C. Freeman, "Ucinet for Windows: Software for Social Network Analysis," *Harvard Anal. Technol.*, vol. 2006, no. January, p. SNA Analysis software, 2002.
- [33] R. Domínguez-rodríguez, J. G. Viera-santana, and E. R. Royo, "Análisis de interacciones en grupos virtuales utilizando técnicas de Learning Analytics," pp. 49–56, 2016.
- [34] N. Akhtar, H. Javed, and G. Sengar, "Analysis of Facebook Social Network," *CICN '13 Proc. 2013 5th Int. Conf. Comput. Intell. Commun. Networks*, 2013.
- [35] G. Csárdi and T. Nepusz, "The igraph software package for complex network research," *InterJournal Complex Syst.*, vol. 1695, p. 1695, 2006.
- [36] Y. Sun, "Incubating: Social Network Analysis (SNA) Tool," 2017. [Online]. Available: https://moodle.org/plugins/mod_sna.
- [37] K. Schwaber, "Scrum Guide," *Arbeit*, pp. 1–13, 2009.
- [38] A. Anwar, "A Review of RUP (Rational Unified Process)," *Int. J. Softw. Eng.*, vol. 5, no. 2, pp. 8–24, 2014.
- [39] J. Villanueva and M. Siachoque, "Scrum y RUP: comparativa y propuesta metodológica," *Tecnol. Investig. y Acad.*, vol. 1, no. 2, pp. 39–48, 2014.
- [40] J. Sutherland, "Scrum handbook," *Scrum Train. Inst.*, no. May, p. 464, 2010.
- [41] A. Scrum, "Scrum Reference Card Scrum Meetings," *New Soc.*, pp. 1–6, 2010.
- [42] J. L. García, "Anatomía de implementación de un LCMS basado en moodle," *Entorno Visual de Aprendizaje Basado en Moodle*, 2008. .

- [43] B. license M. Bostock, “D3 Data-Driven Documents,” *Copyright 2017*, 2017. .
- [44] M. Malek, “FixedHeaderTable,” 2011. .
- [45] N. G. Belmonte, “JavaScript InfoVis Toolkit,” 2013. .
- [46] C. Leonello, “jqPlot,” 2017. [Online]. Available: www.jqplot.com.
- [47] K. Faust and S. Fitzhugh, “Social Network Analysis: Methods and Applications,” no. 2004, 1994.
- [48] A. Muñoz, R. Delgado, E. Rubio, C. Grilo, and V. Basto-, “Forum participation plugin for Moodle : Development and Discussion,” *CENTERIS*, vol. 0, pp. 0–7, 2017.

Apéndice

Manual de instalación del Plugin de Análisis de Foros

El siguiente describe la instalación y configuración del Plugin de Análisis de Foros, en la plataforma Moodle 3.1.4 como muestra la Ilustración A:



Ilustración A. Versión de Moodle.

Para este manual, la instalación se realizó en un servidor de pruebas, el cual dispuso exclusivamente del LMS Moodle versión 3.1.4. En primera instancia debemos asegurar que contamos con permisos de administración para realizar la instalación del plugin SNA y dirigimos a la sección de administración como se muestra en la Ilustración B:



Ilustración B. Administración del sitio.

A continuación, enumeraremos los pasos a seguir para realizar la instalación del *plugin*.

1. Ir a la sección de extensiones como se muestra en la Ilustración C.

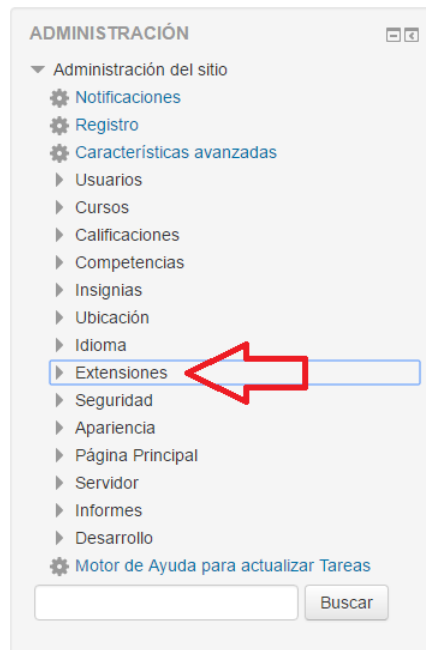


Ilustración C. Extensiones.

2. Dar clic en el apartado (Instalar módulos externos).



Ilustración D. Instalar módulos externos.

3. Seleccionar el archivo (ZIP) que se pretende instalar o arrastrarlo en el área indicada para tal fin.

Instalador de módulos externos

Instalar módulos externos desde el directorio de extensiones de Moodle

Instalar módulo externo desde un archivo ZIP

Paquete ZIP* Seleccione un archivo...

Puede arrastrar y soltar archivos aquí para añadirlos

Ver más...

Instalar módulo externo desde archivo ZIP

En este formulario hay campos obligatorios *

Ilustración E. Seleccionar archivo.

4. Una vez cargado el archivo, presionar en el botón instalar modulo externo desde archivo ZIP.

Instalar módulo externo desde un archivo ZIP

Paquete ZIP* sna.zip

Ver más...

Instalar módulo externo desde archivo ZIP

En este formulario hay campos obligatorios *

Ilustración F. Instalar modulo externo desde archivo ZIP.

5. Moodle realizara la validación correspondiente del módulo para determinar si la estructura del mismo corresponde con lo estipulado para tal fin.

Instalar módulo externo desde un archivo ZIP

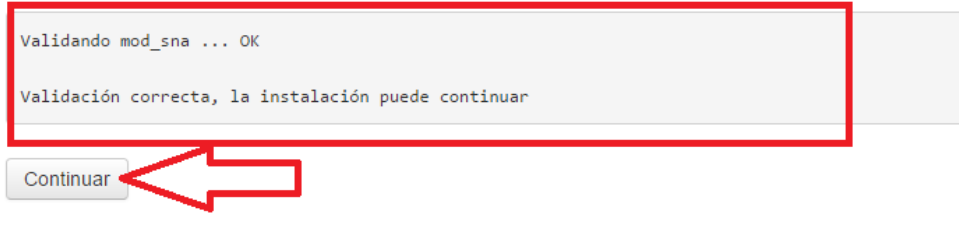


Ilustración G. Validación del módulo.

6. Posterior a la validación, Moodle mostrara los plugins que se instalaran o que requieren alguna atención por parte del administrador, para nuestro caso solo debemos hacer click en el botón actualizar base de datos Moodle ahora.

Comprobación de 'plugins'

Esta página muestra las extensiones (plugins) que pueden requerir su atención durante la actualización, tales como nuevos plugins para ser instalados, plugins para ser actualizados, plugins ausentes, etc. Los plugins adicionales externos o add-ons son mostrados si existe una actualización para ellos. Se recomienda que compruebe si hay disponible versiones más recientes de los módulos externos y actualice su código fuente antes de continuar con esta de Moodle.



Ilustración H. Comprobación de plugins.

7. En caso que todo haya salido bien, el sistema mostrara una señal de éxito del proceso de instalación.

Actualizando la versión

mod_sna

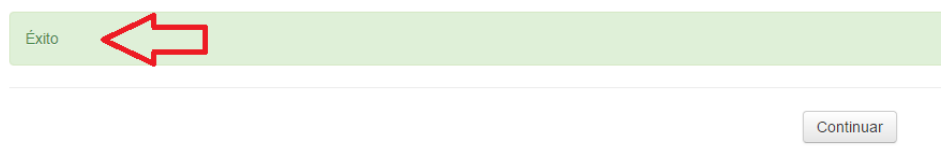


Ilustración I. Actualización o instalación exitosa.