



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

FACULTAD DE INFORMÁTICA

**METODOLOGÍA DE APRENDIZAJE Y GENERACIÓN DE
CONOCIMIENTO MEDIANTE COLABORACIÓN VÍA
INTERNET: APLICACIÓN AL OBSERVATORIO
ASTRONÓMICO MONTEGANCEDO**

Tesis Doctoral

Autora:

Raquel CEDAZO LEÓN

Ingeniera Informática

Madrid, Julio 2009

Tesis enviada al Departamento de Arquitectura y Tecnología de Sistemas Informáticos para la
obtención del grado

Doctora en Informática

Facultad de Informática
Universidad Politécnica de Madrid
Madrid, Julio de 2009

TESIS DOCTORAL

METODOLOGÍA DE APRENDIZAJE Y GENERACIÓN DE CONOCIMIENTO
MEDIANTE COLABORACIÓN VÍA INTERNET: APLICACIÓN AL
OBSERVATORIO ASTRONÓMICO MONTEGANCEDO.

Autora:
Raquel CEDAZO LEÓN
Ingeniera Informática

Director:
Francisco Manuel SÁNCHEZ MORENO
Doctor Ingeniero Industrial

Madrid, España, 2009

TESIS DOCTORAL: Metodología de aprendizaje y generación de conocimiento mediante colaboración vía Internet: Aplicación al Observatorio Astronómico Montegancedo.

AUTORA: D^a. Raquel CEDAZO LEÓN

DIRECTOR: D. Francisco Manuel SÁNCHEZ MORENO

El comité a evaluar la tesis indicada arriba, formado por los siguientes doctores:

PRESIDENTE: D. Antonio PÉREZ AMBITE
(Universidad Politécnica de Madrid)

VOCALES: D. Sebastián DORMIDO BENCOMO
(Universidad Nacional de Educación a Distancia)

D. Félix GARCÍA CARBALLEIRA
(Universidad Carlos III de Madrid)

D. Fernando TORRES MEDINA
(Universidad de Alicante)

SECRETARIO: D. José María SEBASTIÁN Y ZÚÑIGA
(Universidad Politécnica de Madrid)

SUPLENTE: José SÁNCHEZ MORENO
(Universidad Nacional de Educación a Distancia)

Oscar REINOSO GARCÍA
(Universidad Miguel Hernández de Elche)

ha decidido otorgar la calificación de

Madrid, a de de

El secretario del comité.

(c) 2009 Raquel CEDAZO LEÓN

This work is licensed under a Creative Commons

Attribution-ShareAlike License.

<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/2.0/>

Agradecimientos

Es difícil llegar a este momento y tener que agradecer a tanta gente con la que he compartido estos cuatro años de investigación. Han sido momentos duros en muchos aspectos, pero finalmente me queda la satisfacción de haber realizado un buen trabajo y de llevarme muchas cosas buenas para mi futuro. Este tiempo me ha permitido conocer a personas a las que admiro tanto en lo profesional como en lo personal.

En primer lugar me gustaría hacer una mención especial a mi director de tesis, Paco, porque ha demostrado ser un gran luchador. Siempre me ha transmitido optimismo y su confianza en mí es lo que me ha dado fuerza para continuar. Lo que comenzó siendo un usual Trabajo Final de Carrera ha terminado en cinco años de gratificante trabajo y, lo más importante, una gran amistad.

Junto a Paco, una de las personas que siempre ha estado presente ha sido José María Sebastián. Además de sus sabios consejos que tanto me han guiado durante mi formación como investigadora, le admiro porque es una maravillosa persona, siempre dispuesto a ayudar, y un gran profesional. Me gustaría dar las gracias a mi compañero Diego, un excelente investigador, el que además de compartir estos años de trabajo me ha enseñado mucho. También han sido importantes para mí todos los compañeros que han formado el grupo Ciclope, desde que comencé a desarrollar mi Trabajo Final de Carrera hasta ahora: Álvaro, Javi, Isra, Carlos, los Alejandros, Urko, Joany y muchos más. Además de hacer el trabajo más ameno, he aprendido mucho de todos ellos. Por supuesto, a todos aquellos que promueven y desarrollan software libre, por el buen trabajo que realizan y porque sin ellos esta investigación se hubiera prolongado muchos años más.

Deseo expresar mi agradecimiento a Águeda Mata por su ayuda prestada. Ha tenido la paciencia de escucharme atentamente y de supervisarme en los algoritmos matemáticos que tantos dolores de cabeza me han traído. Quisiera agradecer además a otros muchos profesores de la Facultad de Informática, en especial a los del Departamento de Arquitectura y Tecnología de Sistemas Informáticos en el cual he desarrollado mi tesis. A Antonio Pérez, porque nos ha ayudado con sus conocimientos astronómicos a poner en marcha el observatorio Montegancedo, a José Luis Pedraza porque siempre me ha ayudado con todos los aspectos burocráticos, a Fran por sus buenos consejos y, en general, a todos, porque me llevo un gran recuerdo de mi paso por el departamento y por la Facultad.

Mi más sincero agradecimiento al Profesor Hendrik Speck, quien me dió la oportunidad de trabajar con él durante mi estancia en la universidad de Kaiserslautern. A Steve Stein, por su trato fenomenal. También a otros profesores de allí, Beatrice Meléndez y Markus Groß, por lo amables que fueron conmigo. A mi compañera de piso Isabell, a Alexander y a Dominik, quienes me ayudaron a sentirme como en casa y me hicieron mi estancia más llevadera.

Quisiera agradecer a mi familia todo el apoyo prestado. A mis padres Ángel y Vicky, a mi hermano Ángel y a su novia Elena, a mis suegros Vicente y Carmen, a mis cuñados Silvia y

Antonio y, por supuesto, a las dos alegrías de la familia, mis sobrinos Adriana y Dani. A todos, por su cariño y su ánimo.

Gracias a mis grandes amigas de toda la vida, Alejandra, Laura, Patri y Vane, con las que he crecido y he compartido momentos inolvidables. También a los amigos del barrio, Chino, Hernández, Jose, Borja y María, con quienes he pasado tan buenos ratos.

Finalmente, mi eterno agradecimiento a Alberto, por su amor, apoyo y comprensión por el tiempo que esta tesis nos ha quitado para estar juntos.

Resumen

La Web 2.0 es un fenómeno de Internet caracterizado por webs más dinámicas y participativas. Actualmente, existen nuevas tendencias sociales que están provocando formas innovadoras de colaboración voluntaria y de aprendizaje en línea. La tesis doctoral se enmarca dentro del contexto de la Web 2.0 y del aprendizaje colaborativo a través de Internet, en concreto de los laboratorios remotos basados en experimentación real.

Este trabajo se inicia con el objetivo de diseñar una metodología novedosa de creación de proyectos de colaboración y participación ciudadana orientados a la educación y basados en la experimentación real. Se trata de un nuevo enfoque para crear aplicaciones web abiertas a la sociedad que promuevan el aprendizaje informal, el constructivismo y la generación de conocimiento a través de sistemas colaborativos, auto-organizados y meritocráticos.

El trabajo realizado en esta tesis se centra en el diseño y desarrollo de laboratorios remotos con experimentación real accesibles mediante webs 2.0. En el desarrollo de la tesis se ha llevado a cabo la implementación del observatorio astronómico Montegancedo. Se trata del primero abierto a la sociedad a través de Internet, de uso interactivo y totalmente gratuito. Principalmente se basa en un funcionamiento meritocrático de los usuarios para conseguir tiempo de observación para la realización de experimentos astronómicos. Este observatorio y la red social subyacente ha sido la bancada empírica sobre la que se demuestran las hipótesis planteadas.

En esta tesis se ha formulado un algoritmo de ordenación de los elementos pertenecientes a un sistema colaborativo. Se detalla el procedimiento completo para extrapolar el algoritmo a cualquier otro sistema de colaboración. Se describe desde la etapa inicial sobre cómo establecer los criterios de ordenación hasta cómo interpretar los resultados. En el contexto del observatorio Montegancedo, el algoritmo se emplea para determinar cuáles son los usuarios más importantes en la red social midiendo su colaboración y participación. Análogamente, se puede calcular la importancia de las fotografías, vídeos, noticias, comentarios y otros elementos consecuencia de la participación social.

En la misma línea de la meritocracia social, se formula un algoritmo de planificación de recursos en línea basado en los resultados del algoritmo de ordenación anterior. Se diseña una solución novedosa al problema que supone compartir recursos que requieren experimentación real a través de Internet. Aplicado al observatorio Montegancedo, se explica cómo asignar tiempo de observación a los usuarios según su importancia demostrada dentro de la comunidad.

El trabajo también expone el proceso de análisis y caracterización de los individuos y comunidades en línea a partir de los datos registrados, que abarca tanto información personal de los usuarios como cada una de sus interacciones intercambiadas.

Palabras clave: **Aprendizaje informal en línea, astronomía, ciencia ciudadana, colaboración en línea, laboratorios remotos, meritocracia, redes sociales, Web 2.0.**

Abstract

Web 2.0 is an Internet social phenomenon characterized by more dynamic and participatory websites. Nowadays, there are new social trends which are causing innovative ways of voluntary collaboration and online learning. This doctoral thesis is framed within the context of Web 2.0 and collaborative learning through the Internet, specifically remote laboratories based on real experimentation.

The aim of this research is to design a new methodology for creating collaborative projects and citizen participation, focused on education and based on real experimentation. This is a new approach to create web applications open to society to promote learning, constructivism and the generation of knowledge through collaborative, self-organized and meritocratic systems.

The work in this thesis focuses on the design and development of remote laboratories experimenting with real webs accessible through 2.0. The implementation of the astronomical observatory Montegancedo has been carried out during the thesis. This is the first observatory open to the public through the Internet, interactive and completely free. Mainly, it relies on a meritocratic functioning where users have to get observing time for carrying out astronomical experiments. The observatory and the underlying social network has been empirically demonstrated that the initial hypothesis.

In this thesis an algorithm has been formulated to classify and order the elements belonging to a collaborative system. Full details about the procedure for the algorithm to extrapolate to any other system of collaboration. Described at an early stage on how to establish criteria for management to how to interpret the results. In the context of the observatory Montegancedo, the algorithm is used to determine which are the most important users in the social network by measuring their collaboration and participation. Similarly, one can calculate the importance of photographs, videos, news, reviews and other elements of social participation.

In the same line than social meritocracy, it makes a scheduling algorithm of online resources based on the results of previous management algorithm. Designing a novel solution to the problem of sharing resources that require real experiments via Internet. Montegancedo applied to the observatory, discusses how to allocate observing time to the users according to their demonstrated importance in the community.

The thesis also describes the process of analysis and characterization of individuals and communities on-line from the recorded data, which includes personal information such as each of their interactions exchanged.

Keywords: Informal e-learning, astronomy, citizen science, online collaboration, remote laboratories, meritocracy, social networks, Web 2.0.

Índice de contenidos

Índice de contenidos	I
Índice de figuras	V
Índice de tablas	IX
1. Introducción	1
1.1. Marco de la tesis	2
1.2. Motivación	3
1.3. Objetivos de la tesis	4
1.4. Hipótesis	4
1.5. Contribuciones de la tesis	5
1.6. Estructura de la tesis	6
2. Estado del arte	9
2.1. Internet y sus tendencias	9
2.2. Ciencia ciudadana	19
2.2.1. Ornitología	22
2.2.2. Fenología	23
2.2.3. Paleontología	23
2.2.4. Arqueología y Espeleología	23
2.2.5. Microscopía	24
2.2.6. Medicina	24
2.2.7. Astronomía	25
2.2.8. Radioafición	29
2.2.9. Computación voluntaria	32
2.3. Web 2.0	36
2.3.1. Redes sociales	39
2.3.2. Meritocracia	42
2.3.3. Sistemas de colaboración frente a sistemas de recomendación	43
2.3.4. Mecanismos de votación	44
2.3.5. Blog	45
2.3.6. Wiki	47
2.3.7. Folcsonomía	48
2.3.8. Tecnología	48
2.3.8.1. AJAX	49
2.3.8.2. Sindicación de contenidos	50
2.3.9. Aplicaciones	51
2.4. Aprendizaje colaborativo a través de Internet	52

2.4.1.	Tipos de aprendizaje: formal, informal, no formal y permanente	55
2.4.2.	Aprendizaje 2.0	56
2.4.2.1.	Edublogs	57
2.4.2.2.	Wikis educativos	57
2.4.3.	Laboratorios web	58
2.4.3.1.	Observatorios astronómicos remotos	58
3.	Observatorio astronómico Montegancedo	61
3.1.	Preámbulo	61
3.2.	Historia	63
3.3.	Equipamiento de observación	68
3.4.	Ciclope Astro, web 2.0 para teleoperar un observatorio	69
3.4.1.	Visión global	69
3.4.2.	Arquitectura software	71
3.5.	Funcionamiento del sistema	78
3.5.1.	Red social	78
3.5.2.	Meritocracia: Sistema de reputación basado en el karma	81
3.5.3.	Sistema de colaboración: votación	82
3.5.4.	Sistema de discusión	83
3.5.5.	Experimentos astronómicos	84
3.5.6.	Políticas de asignación del tiempo de observación	85
3.6.	Servicios colaborativos	87
3.6.1.	Álbum fotográfico	87
3.6.2.	Elección de propuestas	88
3.6.3.	Wiki	88
3.6.4.	Mensajería instantánea	91
4.	Descripción de la metodología de la investigación	93
4.1.	Definición de la muestra	93
4.2.	Definición de términos y variables del análisis de redes sociales	94
4.2.1.	Conectividad	95
4.2.1.1.	Tamaño de la población	96
4.2.1.2.	Grado	96
4.2.1.3.	Densidad	96
4.2.1.4.	Alcanzabilidad	97
4.2.2.	Distancia	97
4.2.3.	Centralidad	99
4.2.3.1.	Centralidad de grado	99
4.2.3.2.	Centralidad de cercanía	101
4.2.3.3.	Centralidad de intermediación	103
4.2.4.	Visualización	105
4.3.	Método de ordenación	106
4.3.1.	Algoritmo PageRank	106
4.3.2.	Método de las potencias.	112
4.3.3.	Método aditivo de Schwarz.	112
4.3.4.	Ordenación de usuarios y fotografías	113
4.3.5.	Ordenando más elementos	118
4.3.6.	Influencia de votos de usuarios no registrados	120
4.4.	Algoritmo de planificación meritocrática de recursos	122

5. Exposición y análisis de los resultados	131
5.1. Análisis social del observatorio	131
5.1.1. Análisis de la subred del álbum fotográfico	132
5.1.2. Análisis de la red de usuarios del observatorio	136
5.2. Aplicación del algoritmo de ordenación	143
5.2.1. Cálculo del karma de usuarios y fotografías	144
5.2.2. Experimento: Elección del nombre del observatorio	149
5.2.2.1. Sistema electoral democrático	149
5.2.2.2. Sistema electoral meritocrático	156
5.2.3. Planificación del tiempo de observación en función del karma	159
5.3. Perfil de los usuarios del observatorio	162
5.3.1. Número de conexiones	163
5.3.2. Parámetros de colaboración y participación	164
5.3.3. Perfil sociodemográfico: Edad y sexo	167
5.4. Análisis de colaboración y participación	169
5.4.1. Álbum fotográfico	170
5.4.1.1. Número de fotografías	170
5.4.1.2. Folcsonomía	172
5.4.1.3. Votación	174
5.4.1.4. Comentarios	175
5.4.2. Accesos	176
5.4.3. Reservas	177
5.4.4. Lista de contactos	179
6. Conclusiones	181
6.1. Contribuciones de la tesis	181
6.2. Discusión: contraste de hipótesis	185
6.3. Publicaciones derivadas de la tesis	187
6.4. Líneas de trabajo futuro	187
A. Grafos del observatorio Montegancedo	189
A.1. Grafos de la subred del álbum fotográfico	189
A.2. Grafos de la red global del observatorio	194
B. Notas de prensa	201
C. Referencias web	205
Bibliografía	209

Índice de figuras

2.1.	Sistemas operativos de los top 500 supercomputadores (Nov. 2008)	11
2.2.	Prestaciones de los sistemas operativos de los top 500 supercomputadores (Nov. 2008)	11
2.3.	Total de servidores activos	12
2.4.	Número de visitantes de SourceForge (expresado en millones)	13
2.5.	Porcentaje de hogares españoles conectados a Internet	14
2.6.	Servicios utilizados por internautas españoles en octubre/noviembre 2008	16
2.7.	Evolución del uso de TIC de las personas de 16 a 74 años	17
2.8.	Perfil de los internautas españoles en el período octubre-noviembre de 2008	19
2.9.	<i>Sue</i> , el mayor Tyrannousaurus Rex jamás encontrado, hallado por una paleontóloga aficionada	24
2.10.	Cometas Hyakutake (izda.) y Hale-Boop (dcha.)	26
2.11.	Píxeles que seleccionaron los <i>clickworkers</i> para definir los cráteres	29
2.12.	Antena de radioaficionado	30
2.13.	Una tarjeta QSL de radioafición	32
2.14.	Salvapantallas de <i>Climateprediction.net</i> bajo la plataforma BOINC	35
2.15.	Distribución de créditos entre los proyectos que utilizan BOINC	36
2.16.	Mapa de conceptos de la Web 2.0	37
2.17.	Distribución de pareto denominada " <i>larga cola</i> ".	39
2.18.	Visualización de una red social	41
2.19.	Sistema de votación en Menéame.net	45
2.20.	Sistema de votación en Marca.com	45
2.21.	Resumen de los votos de un producto en Amazon	46
2.22.	Nube de etiquetas del álbum fotográfico del Observatorio Montegancedo	49
2.23.	Modelo tradicional (izda.) y modelo AJAX (dcha.)	50
2.24.	Captura de Liferea, un agregador de feeds para GNOME	51
2.25.	Telescopio ultraligero BOOTES-3 situado en el Observatorio de Vintage Lane, Nueva Zelanda	60
3.1.	Observatorio astronómico Montegancedo (Facultad de Informática - U.P.M.)	62
3.2.	Página de inicio del observatorio Montegancedo	62
3.3.	Página inicial del proyecto "Telescopio Abierto Divulgación"	63
3.4.	Titere, laboratorio web para visión por computador.	64
3.5.	Ciclope Robot: laboratorio web para controlar un brazo robot industrial en tiempo real	64
3.6.	Observatorio Montegancedo: montaje de la cúpula	66
3.7.	Observatorio Montegancedo: montaje del pedestal	67
3.8.	Observatorio Montegancedo: montaje del suelo técnico	67
3.9.	Actividad divulgativa en CosmoCaixa (15 de Febrero de 2008)	67

3.10. Izquierda, montura, telescopios y cámaras; derecha, estación meteorológica y cámara IP	69
3.11. Interfaz de control de la cámara astronómica DMK	70
3.12. Arquitectura del escenario del observatorio Montegancedo. Se compone de un ordenador servidor conectado a Internet, el cual se comunica y controla todos y cada uno de los dispositivos.	71
3.13. Arquitectura software de Ciclope Astro	72
3.14. Relación de los componentes de la arquitectura de Google Web Toolkit.	73
3.15. Arquitectura de Google Web Toolkit	74
3.16. Comunicación a través del puerto serie entre el servidor y el telescopio.	75
3.17. Comunicación entre los sensores y la consola de la estación meteorológica y el servidor	76
3.18. Publicación de los datos meteorológicos del observatorio en formato RSS.	77
3.19. Comunidad de usuarios junto a sus estadísticas más relevantes	78
3.20. Perfil público del usuario <i>fsanchez</i>	79
3.21. Interfaz de modificación del perfil del usuario <i>rcedazo</i>	80
3.22. Lista de contactos del usuario <i>rcedazo</i>	81
3.23. Sistema de votación de Ciclope Astro	83
3.24. Resumen de votos de Ciclope Astro	83
3.25. Lista de comentarios enviados	84
3.26. Diferentes interfaces que simulan los mandos de control del telescopio Meade LX200GPS	85
3.27. Interfaz del observatorio Montegancedo para la realización del experimento solar	86
3.28. Fotografía del Sol " <i>Tierra vs Protuberancia</i> " (autor <i>Celso Frade</i>)	86
3.29. Interfaz para realizar reservas del observatorio	87
3.30. Página principal del álbum fotográfico del observatorio Montegancedo	89
3.31. Detalle de una fotografía del álbum del observatorio Montegancedo	90
3.32. Sistema de sugerencias: votación del nombre del observatorio	90
3.33. Wiki del observatorio astronómico Montegancedo http://om.fi.upm.es/wiki/	91
3.34. Interfaz del chat del usuario <i>rcedazo</i>	91
4.1. Grafo de conexiones utilizado de ejemplo para calcular las métricas	95
4.2. Visualizaciones del grafo G según diferentes parámetros.	107
4.3. Grafo de transiciones o probabilidades entre páginas web	108
4.4. Grafo de las conexiones entre usuarios (azul) y fotografías (verde). Las aristas de color rojo indican la relación "usuario _n envía la foto _p " y las aristas de color amarillo indican la relación "usuario _n vota la foto _p " con el voto indicado en el peso de la arista.	114
4.5. Grafo de las conexiones entre usuarios registrados (azul), fotografías (verde), comentarios sobre las fotografías (rosa) y noticias (naranja). Las aristas de color rojo indican la relación "usuario _n envía la foto _p ", las aristas de color amarillo indican la relación "usuario _n vota la foto _p " con el voto indicado en el peso de la arista, las aristas de color rosa indican que "usuario _n escribe el comentario _k sobre una fotografía _p " y las de color verde indican que "usuario _n envía una noticia _j ".	119
4.6. Grafo de las conexiones entre usuarios registrados (azul), usuarios anónimos o no registrados (violeta) y fotografías (verde). Las aristas de color rojo indican la relación "usuario _n envía la foto _p ", las aristas de color amarillo indican la relación "usuario _n vota la foto _p " con el voto indicado en el peso de la arista	121
5.1. Visualización de la subred del álbum fotográfico del observatorio.	133

5.2.	Distribución del karma, grados de entrada y salida, cercanías de entrada y salida e intermediación de todos los usuarios. Todos los valores están normalizados. . . .	138
5.3.	Visualización de la red del observatorio. Este modo de visualización distribuye los nodos aislados alrededor del gráfico, ya que no tienen conexiones.	139
5.4.	Distribución del karma, grados de entrada y salida, cercanías de entrada y salida e intermediación de los 30 primeros usuarios de mayor karma del observatorio. Todos los valores están normalizados.	144
5.5.	Distribucion del karma de las fotografías enviadas al observatorio.	150
5.6.	Distribución porcentual de votos no válidos y válidos enviados a los nombres del observatorio	153
5.7.	Distribuciones porcentuales de la participación anónima en cada una de las tres primeras propuestas.	153
5.8.	Distribuciones porcentuales de las puntuaciones obtenidas en cada una de las tres propuestas finalistas. La escala utilizada es de 1 a 5 y se representa por medio de estrellas.	155
5.9.	Grafo de conexiones entre usuarios que han votado alguna de las propuestas para elegir el nombre del observatorio. El total de usuarios de la red son 69, pero en esta imagen sólo se muestran aquellos que votan entre sí, el resto son nodos aislados. El tamaño de los nodos es proporcional al karma de los usuarios. Está calculado para el caso en que los votos anónimos valen el 10 % de su puntuación real. . . .	160
5.10.	Distribución porcentual de usuarios activos e inactivos de un total de 383 registros en el observatorio	164
5.11.	Resumen de número de registros por mes	165
5.12.	Porcentajes de las diferentes modificaciones de los perfiles personales	166
5.13.	Tipos de usuarios según su colaboración y su participación registrada en el sistema	167
5.14.	Histograma del número de usuarios por edad. Las barras se dividen en dos zonas, la inferior representa la frecuencia de usuarios activos frente a la superior de los inactivos.	169
5.15.	Histograma del número de usuarios según sexo. Los desconocidos son aquellos usuarios registrados que no han establecido el sexo en su perfil. Las barras se dividen en dos zonas, la inferior representa la frecuencia de usuarios activos y la superior la de inactivos.	170
5.16.	Distribución del número de fotografías por autor, ordenadas de menor a mayor. Sólo hay 21 usuarios que han subido fotografías. La media está representada por la línea horizontal ($y = 4,95$).	171
5.17.	Histograma del número de fotos que se han clasificado por n etiquetas. Por ejemplo, la primera barra significa que hay 25 fotos que se han clasificado con una sola etiqueta.	173
5.18.	Distribución de número de etiquetas por foto	174
5.19.	Número de fotografías según la nota media obtenida	175
5.20.	Histograma de frecuencias del número de accesos a la aplicación del observatorio. Se ve que la mayor proporción de usuarios ha accedido al sistema una sola vez. . .	176
5.21.	Distribución de accesos diarios. El mayor pico es el máximo número de accesos diarios registrados, corresponde al día 23 de marzo de 2009.	177
5.22.	Histograma de frecuencias del número de reservas. La media de reservas está representada por la recta horizontal de color rojo ($y = 4,63$).	178
5.23.	Distribución de reservas diarias desde el 19 de febrero de 2008 al 24 de abril de 2009. La media de reservas diarias está representada con la recta horizontal de color rojo ($y = 3,99$).	179

5.24. Visualización de los contactos de la red del observatorio. La relación es la siguiente: el usuario del que sale el enlace tiene en su lista de contactos al usuario del otro extremo.	180
6.1. Red de observatorios por todo el mundo	188
A.1. Visualización de los avatares de los usuarios de la subred.	190
A.2. Visualización del sexo de los usuarios de la subred. El color azul representa sexo masculino, el rosa femenino y el blanco corresponde a usuarios que no lo han identificado.	191
A.3. Visualización del grado de entrada	191
A.4. Visualización del grado de salida	192
A.5. Visualización de la cercanía de entrada	192
A.6. Visualización de la cercanía de salida	193
A.7. Visualización de la intermediación	193
A.8. Visualización del PageRank	194
A.9. Visualización del sexo de los usuarios del observatorio	196
A.10. Visualización de los usuarios españoles de los usuarios del observatorio	196
A.11. Visualización de los avatares de los usuarios del observatorio	197
A.12. Visualización de la red del observatorio en función del grado de entrada de los usuarios	197
A.13. Visualización de la red del observatorio en función del grado de entrada de los usuarios	198
A.14. Visualización de la cercanía de entrada de los usuarios del observatorio	198
A.15. Visualización de la cercanía de salida de los usuarios del observatorio	199
A.16. Visualización de la red del observatorio en función de la intermediación de los usuarios	199
A.17. Visualización del karma de los usuarios del observatorio	200

Índice de tablas

2.1.	Estadísticas de la población y uso de Internet en el mundo	15
2.2.	Las diez actividades en línea más populares de los españoles	16
2.3.	Las siete fuentes principales de consulta en línea	17
2.4.	Resumen de estadísticas de hábitos de consumo	18
2.5.	Redes sociales más populares en España, ordenadas por total de visitantes (expresado en miles)	20
2.6.	Alcance de redes sociales europeas por país	21
2.7.	Estadísticas del proyecto BOINC(http://boincstats.com)	34
2.8.	Comparativa de Web 1.0 y Web 2.0	38
2.9.	Diferentes significados de las estrellas	45
2.10.	Estadísticas globales según número de visitas	48
2.11.	Diferencias entre los tradicionales y los nuevos ambientes de aprendizaje.	53
2.12.	Clasificación de los entornos de experimentación	58
4.1.	Medidas de centralidad de grado de los nodos del grafo G	100
4.2.	Métricas descriptivas del grafo G respecto al grado	100
4.3.	Medidas de centralidad de cercanía de los nodos del grafo G	103
4.4.	Métricas descriptivas del grafo G respecto a la cercanía	103
4.5.	Medidas de centralidad de intermediación del grafo G	104
4.6.	Métricas descriptivas del grafo G respecto a la intermediación	104
4.7.	Calendario de reservas diario para el experimento solar. Corresponde al horario de verano desde las 7:00 a las 16:00 UTC. Los intervalos en color rojo son los que han reservado, mientras que el resto están libres.	124
4.8.	Proceso de asignación de tiempo de observación a los cinco usuarios según el vector de importancias de la ecuación 4.52	126
4.9.	Proceso de asignación de tiempo de observación a los usuarios #2 y #5 según el vector de importancias de la ecuación 4.52	126
4.10.	Proceso de asignación de tiempo de observación a los usuarios #4 y #5 según el vector de importancias de la ecuación 4.52	127
4.11.	Proceso de asignación de tiempo de observación a los cuatro usuarios según el vector de importancias de la ecuación 4.54	127
5.1.	Medidas de conectividad de la subred de fotografías.	134
5.2.	Medidas descriptivas de la distancia de la subred de fotografías	134
5.3.	Medidas descriptivas de los grados de entrada y salida de la red del álbum fotográfico	135
5.4.	Medidas descriptivas de la intermediación de la subred del álbum fotográfico	135
5.5.	Medidas descriptivas de la cercanía de la subred del álbum fotográfico	136
5.6.	Tabla resumen de los parámetros de los usuarios, ordenados por orden descendente del karma de los usuarios.	137

5.7. Medidas de conectividad de la comunidad del observatorio	140
5.8. Medidas descriptivas de la distancia de la red del observatorio.	140
5.9. Medidas descriptivas de los grados de entrada y salida de la red del observatorio .	140
5.10. Medidas descriptivas de la intermediación de la red del observatorio	141
5.11. Medidas descriptivas de la cercanía de la red del observatorio	142
5.12. Resumen de las medidas de las diez primeras posiciones, por orden descendente, de cada una de las medidas analizadas: karma, grados de entrada y salida, cercanía de entrada y salida e intermediación. Para cada medida se indica el alias del usuario y su valor asociado. La tabla completa estaría formada por 225 registros correspondientes a todos los usuarios de la red. La última fila es la asociada a un usuario con los mínimos valores.	143
5.13. Medidas descriptivas del karma de la red del observatorio	148
5.14. Clasificación de las fotografías ordenadas por orden descendente de su karma. La primera columna indica la posición de esa imagen en el sistema según su importancia. Por ejemplo, la última imagen está en el 83 ^o puesto de un total de 104 fotografías. Como se aprecia hay varios usuarios que comparten posición ya que tienen el mismo karma.	149
5.15. Medidas descriptivas del karma de las fotografías de la red del observatorio	150
5.16. Lista de propuestas enviadas para la elección del nombre del observatorio. Están ordenadas por orden cronológico de la más antigua a la más reciente. La propuesta marcada con el símbolo \otimes fue descartada por la comunidad.	151
5.17. Resumen del número de votos válidos y no válidos enviados a los nombres del observatorio	152
5.18. Resumen de número de votos de usuarios registrados frente a los anónimos para cada una de las propuestas finalistas	153
5.19. Resumen del número de votos según la puntuación obtenida en cada una de las propuestas finalistas	154
5.20. Resumen de número de comentarios en las propuestas enviados por usuarios registrados y anónimos	154
5.21. Ordenación de las propuestas en el caso en que los votos anónimos valen lo mismo que los votos de usuarios registrados.	157
5.22. Ordenación de las propuestas en el caso en que los votos anónimos valen el 50 % de su puntuación real	158
5.23. Ordenación de las propuestas en el caso en que los votos anónimos valen el 10 % de su puntuación real	158
5.24. Clasificaciones de los usuarios en función del karma calculado de tres formas diferentes. En la primera tabla, el peso de los votos de los anónimos es el mismo que el de los usuarios registrados. En la segunda y tercera tablas, el peso de los anónimos es del 50 % y 10 %, respectivamente, de su puntuación dada. Las posiciones son relativas a un total de 69 usuarios activos, es decir, el último usuario ocupa la posición 11 ^o /69.	159
5.25. Primer ejemplo de asignación de tiempos a los usuarios que han realizado una petición de observación. Todos los usuarios reciben tiempo de observación según el algoritmo.	161
5.26. Segundo ejemplo de asignación de tiempos a los usuarios que han realizado una petición de observación. En este caso el usuario <i>kortatu</i> no recibe tiempo de observación.	162
5.27. Número de modificaciones de los perfiles	166

5.28. Número de usuarios y porcentajes por intervalos de edad. Se estudian tanto el total de usuarios como los que realmente son activos.	168
5.29. Número de usuarios y porcentajes por sexo. Las primeras columnas resumen los datos de todos los usuarios, mientras que luego se analizan únicamente los usuarios activos.	169
5.30. Medidas descriptivas del número de etiquetas por fotografía. El máximo indica que hay 8 etiquetas para clasificar una foto.	171
5.31. Medidas descriptivas del número de etiquetas por fotografía.	172
5.32. Medidas descriptivas del número de fotos clasificadas con la misma etiqueta . . .	173
5.33. Resumen de las puntuaciones de los votos de las fotografías	175
5.34. Número de comentarios por usuarios registrados y anónimos.	176
5.35. Medidas descriptivas relativas al número de accesos diarios. El máximo registrado es de 40 conexiones en un día.	177
5.36. Medidas descriptivas del número de reservas diarias. El cálculo se ha realizado contando únicamente con los días en los que ha habido alguna reserva, es decir, descartando los días en los que el observatorio ha estado cerrado por vacaciones o malas condiciones meteorológicas.	179

Capítulo 1

Introducción

El fenómeno denominado *Web 2.0* ha dado un nuevo enfoque a Internet [O'Reilly, 2004], creando webs más participativas y dinámicas. Han surgido nuevos términos como eParticipación, eCiencia, eDemocracia y eGobierno [de Kool et al., 2008]. Blogs, wikis y redes sociales son algunas de las herramientas colaborativas más populares de este fenómeno. Sitios como *Wikipedia*, *YouTube*, *Facebook*, *Flickr* o *MySpace* están en boca de todos, aparecen en los informativos, han tomado lugar en las vidas cotidianas [Dwyer, 2007, Olleros, 2008, van Zwol, 2007, Xu Cheng et al., 2008]. Cada vez son más los que acceden a sitios sociales donde compartir contenido, clasificarlo o agruparse en comunidades.

Desde hace años están surgiendo nuevas formas de colaboración que utilizan Internet como medio de divulgación y compartición de la información. Internet ofrece la oportunidad de acceder a información que en otro caso sería de muy difícil alcance. Cada vez son más las administraciones públicas, organizaciones y empresas que ofrecen sus servicios en línea. Se detectan nuevas tendencias sociales y educativas en la utilización de Internet. Las plataformas de aprendizaje en línea, la banca electrónica, el comercio electrónico, la búsqueda de empleo, el correo electrónico, los periódicos digitales, son sólo algunos de los muchos servicios. Sin duda se está inmerso en una gran revolución en torno a Internet y que cada vez tiene más importancia para la sociedad en todos los ámbitos, tanto tecnológicos como educativos, políticos, empresariales y científicos, entre muchos [Leitner y Grechenig, 2009, Poh-Hean et al., 2008].

Los medios de comunicación digitales atraen la participación de voluntarios para crear contenido. Escribir artículos o comentarios, enviar noticias o vídeos, e intercambiar experiencias y opiniones, son algunas de las formas de generar conocimiento. Periódicos colaborativos que escribe el público y servicios de noticias enviadas y clasificadas por la comunidad son algunos frutos de la colaboración de aficionados.

La ciencia también ha abierto sus puertas a los ciudadanos bajo el nombre de *ciencia ciudadana*. Incluso cada vez hay más investigaciones científicas que aprovechan la infraestructura de Internet y solicitan la ayuda de los internautas para lograr sus hitos científicos. Es el caso de proyectos como *Galaxy Zoo*, *Genoma Humano* o *BOINC* [Anderson, 2004, Land et al., 2008].

Otros sistemas instaurados en torno a Internet son los meritocráticos, que funcionan según los méritos y habilidades de los individuos. Un ejemplo de meritocracia comunmente adoptada por científicos e investigadores es la evaluación del impacto de los artículos, como el que propone el *Journal Citation Reports (JCR)*. Proyectos de software libre, como Linux o Apache [Fielding y Kaiser, 1997], se organizan según una jerarquía de privilegios entre sus desarrolladores.

res. Incluso en el contexto de la Web 2.0 se pueden encontrar varios ejemplos. Uno es *eBay*, que basa la reputación de los usuarios en función de la valoración recibida, y otro es *Wikipedia*, cuya estructura se basa en el mérito y reconocimiento de sus usuarios [Beyene et al., 2008].

1.1. Marco de la tesis

La presente tesis se ha desarrollado en el seno del Departamento de Arquitectura y Tecnología de Sistemas Informáticos (DATSI) y dentro del grupo de investigación de teleeducación *Ciclope*¹. Se encuadra dentro del ámbito científico del aprendizaje colaborativo en línea y de los laboratorios web. La inmersión de la autora en este área comenzó con la realización del Trabajo Final de Carrera, *Ciclope Robot*, un laboratorio web para la realización de las prácticas de la asignatura optativa de 4º curso de Ingeniería Informática "Diseño de Sistemas de Control Discreto"².

Posteriormente, la construcción y puesta en marcha del observatorio astronómico Montegancedo³ y el desarrollo de un software de control de observatorios remotos, denominado *Ciclope Astro*, ha significado el principal entorno de la investigación. El observatorio es el primero puesto libremente a toda la sociedad a través de Internet y se encuentra ubicado en la Facultad de Informática de la Universidad Politécnica de Madrid.

La tesis se ha realizado en el marco de los siguientes proyectos, por orden cronológico del más reciente al más antiguo:

- *"Realización de Prácticas Remotas Colaborativas con el Observatorio Astronómico Robotizado de Montegancedo. Aplicación a las Asignaturas Astronomía Geodésica, Visión por Computador y Diseño de Aplicaciones Web"*. Proyecto de Innovación Educativa de la Universidad Politécnica de Madrid durante el año académico 2008-2009.
- *"Aprendizaje e investigación colaborativa mediante laboratorios accesibles vía web"* financiada por el Ministerio de Ciencia e Innovación (TIN2008-04310/TSI) durante el año 2008.
- *"TAD: Telescopio Abierto Divulgación"* financiado por el Instituto Astrofísico de Canarias, año 2008.
- *"ASTROCAM: Red de Astrofísica en la Comunidad de Madrid"* financiado por la Comunidad de Madrid (S-0505/ESP/000237). El grupo de investigación está cooperando con una red de astrónomos con el fin de difundir los logros de la astronomía a la sociedad. El proyecto comenzó en 2006 y finaliza a finales de 2009.
- *"LEARN-WEB: Laboratorios Educativos Accesibles de Forma Remota y Colaborativa Navegando vía Web"* financiado por el Ministerio de Educación y Ciencia (TSI-2004-04032), de 2004 a 2007.
- *"COLDEX: Collaborative Learning and Distributed Experimentation"* (2002-2005), financiado por la Comisión Europea dentro del Programa Information Society Technology (IST-2001-32327) y la acción especial del Ministerio de Ciencia y Tecnología (TIC2002-12886-E) con duración de junio de 2004 hasta abril de 2005.

¹Web del proyecto Ciclope: www.ciclope.info

²Web de la asignatura Diseño de Sistemas de Control Discreto de Ingeniería Informática: <http://laurel.datsi.fi.upm.es/~ssoo/DSCD/>

³Web del Observatorio Astronómico Montegancedo: <http://om.fi.upm.es>

1.2. Motivación

Las nuevas tendencias sociales demuestran que la gente pasa cada vez más tiempo en Internet y accede con mayor frecuencia. Han surgido nuevas formas de entretenimiento, aprendizaje, comunicación, servicios en general que están cambiando los hábitos de las personas. La Web 2.0 y sus componentes han significado una gran revolución dirigida a los usuarios. Los blogs, wikis y redes sociales son cada vez más populares entre los internautas.

Internet ofrece múltiples servicios que permiten la colaboración entre grandes masas. Existen proyectos que deben su éxito a la colaboración de aficionados, voluntarios de todo el mundo que colaboran en sistemas sociales auto-organizados a través de Internet. Estos sistemas permiten a un número grande de individuos auto-organizarse de un modo totalmente descentralizado para resolver problemas y conseguir objetivos comunes [Jai y Rajiv, 2007, Robles, 2006]. La construcción de GNU/Linux aplicando una metodología de desarrollo de software libre es un muestra representativa de esta colaboración. En el entorno científico también se han apuntado a la iniciativa al darse cuenta de que cada vez hay más información disponible y no existe suficiente personal capacitado para procesarla y analizarla. Es el caso de la astronomía, por eso se está abriendo la investigación al público y los datos se están poniendo accesibles para que los ciudadanos participen en tareas científicas. Importantes organizaciones como la NASA [NASA, 2009] son conscientes del potencial de los aficionados para generar conocimiento, de modo que muchos de los datos recogidos diariamente por sus telescopios son accesibles en Internet, proponiendo además interesantes proyectos de ciencia ciudadana [Kafensky, 2005].

Internet incluye diversos tipos de aprendizaje, desde formal a permanente, métodos teóricos y prácticos. El uso de la web permite crear entornos de aprendizaje prácticos, desde sistemas virtuales o simulados a otros con experimentación real, los denominados *laboratorios web* [Dormido et al., 2005, Jara et al., 2009]. Este tipo de infraestructuras en las que es posible acceder a un recurso físico a través de un navegador despiertan gran interés entre la sociedad y pueden ser explotadas eficazmente con fines divulgativos y educativos. No obstante, es habitual que el acceso a estos recursos se destine exclusivamente a una determinada audiencia, un grupo de investigación, un instituto, una determinada asignatura, etc. Los observatorios astronómicos robotizados son un ejemplo. La opción de comprar tiempo de observación no está al alcance de todos y otras veces ni es posible ya que suele estar adjudicado de antemano.

Hay mucha gente dispuesta a colaborar, aunque no siempre tienen los medios y recursos adecuados. La idea de abrir todo el conocimiento a la sociedad y dotarles de recursos profesionales a través de Internet puede ser un medio de aprendizaje eficaz para la sociedad e incluso una forma de generar más conocimiento. ¿Qué ocurriría si el telescopio espacial Hubble se pusiera a disposición del público? ¿Y si la investigación del cáncer se abriera a toda la comunidad?

La finalidad de la presente tesis es diseñar una metodología de creación de aplicaciones web abiertas a la sociedad que promuevan el aprendizaje y la generación de conocimiento a través de sistemas colaborativos, auto-organizados y meritocráticos. Pretende ser un punto de partida para desarrollar sistemas de aprendizaje colaborativos en línea que estimulen la participación de todos los internautas y permita su interacción de un modo eficiente, generando conocimiento de calidad. La metodología es replicable para cualquier infraestructura que pretenda ser un espacio abierto de experimentación y colaboración ciudadana. Finalmente, esto facilitaría el acceso al aprendizaje y maximizaría la optimización de los recursos públicos.

1.3. Objetivos de la tesis

Una vez se ha expuesto en términos generales la finalidad de la presente investigación, se plantean una serie de objetivos según los cuales desarrollar la tesis.

Con el fin de aumentar los efectos positivos y disminuir aquellos negativos de la interacción social en Internet, se requiere el diseño y aplicación de una metodología que estimule la colaboración y el aprendizaje.

Un objetivo es diseñar una metodología innovadora de creación de proyectos de colaboración y participación ciudadana orientados a la educación y basados en la experimentación real. Estos proyectos pretenden ser medios de aprendizaje y puntos de compartición y generación de conocimiento. Uno de los requisitos imprescindibles es la auto-organización de sus usuarios con adaptación dinámica, propia de sistemas autónomos. Se integrarán servicios colaborativos característicos de la Web 2.0, siendo la meritocracia uno de sus principales pilares del funcionamiento. Éste será un innovador enfoque para el diseño y la utilización de los laboratorios web, con la consiguiente solución al problema de la planificación de recursos en línea.

Otro de los objetivos es construir un sistema real sobre el que poner en práctica la metodología propuesta en esta tesis. Dado el marco de la investigación, se pensó en un observatorio astronómico debido al gran número de aficionados en este campo. Será el primer observatorio al que cualquier persona puede acceder libremente a través de un navegador web. El observatorio funcionará como un sistema meritocrático que medirá la participación y la colaboración registrada por los usuarios del sistema. Estas métricas servirán para definir diferentes políticas de utilización y asignación del tiempo de observación.

Con la debida interacción y aprovechamiento óptimo de estos elementos la comunidad puede lograr el éxito. Detectar cambios en el comportamiento y poder adaptarse automáticamente es fundamental para estos sistemas dinámicos. Resultará necesario desarrollar herramientas que ayuden a comprender mejor la conducta de las personas de las redes sociales de estos sistemas. Se quiere investigar el impacto que tienen los individuos y los grupos sobre el comportamiento dentro de estas comunidades y sistemas, con el propósito de aplicar tal conocimiento a mejorar la eficiencia global. Conocer ciertas características de los usuarios del sistema y averiguar cómo se comportan son útiles para determinar su aceptación.

1.4. Hipótesis

En función de los objetivos previos, se formulan las siguientes hipótesis sobre las que sustentar la presente investigación:

- *Hipótesis 1. Los entornos de experimentación real basados en el aprendizaje informal se pueden desarrollar bajo Webs 2.0.*

Se pretende demostrar que pueden coexistir webs 2.0 con experimentación real dentro de laboratorios remotos. Los elementos de la Web 2.0 crean entornos de colaboración muy dinámicos y participativos. De este modo, dotar a un sistema de herramientas que faciliten a los usuarios la comunicación, la colaboración entre sí y la participación en algún contexto de aprendizaje informal, se cree que será un gran estímulo para utilizar estos entornos. La Web 2.0 ofrece servicios destinados a la colaboración de los usuarios que se han extendido

ampliamente y se han adoptado por los internautas en su uso diario, fenómeno que se quiere dirigir a comunidades de aprendizaje en línea.

- *Hipótesis 2. La meritocracia social aplicada a la experimentación real permite la planificación de recursos en línea.*

Se intentará demostrar que la meritocracia social puede ser eficaz para planificar recursos accesibles vía Internet, dentro de entornos de experimentación real basados en webs 2.0 con un gran número de usuarios. Se piensa que puede ser un modo de motivar a los usuarios para competir por los recursos a cambio de que realicen acciones beneficiosas para la comunidad, como escribir artículos y enviar comentarios, entre otros. Generar conocimiento y ayudar en el proceso de aprendizaje informal y el constructivismo social se consideran las consecuencias principales de estas acciones.

- *Hipótesis 3. El hecho de ofrecer acceso libre a un recurso vía web que permita la experimentación real motiva y entusiasma a la sociedad.*

El acceso libre a una Web 2.0 con experimentación real se cree que atraerá la curiosidad de muchos y tendrá una gran aceptación entre los internautas. No sólo darán opción a controlar interactivamente recursos de muy difícil acceso para multitud de personas. Sino además, el hecho de integrar servicios colaborativos de la Web 2.0, darán la posibilidad de encontrar personas con las que compartir experiencias y conocimiento. Ambos factores provocarán un gran entusiasmo social y, como consecuencia, el marketing viral de usuarios y visitantes a través de los medios electrónicos será principalmente lo que promueva estos sitios en Internet.

1.5. Contribuciones de la tesis

Las contribuciones de este trabajo de investigación son el desarrollo de los objetivos específicos presentados anteriormente. Fundamentalmente, la contribución principal será el *diseño de una metodología novedosa de aprendizaje informal colaborativo en línea basada en la meritocracia social*. La novedad fundamental frente a otros sistemas es que está destinado a la experimentación real a través de recursos en línea. Un objetivo será conseguir mayor motivación y participación de la sociedad orientada a maximizar el aprendizaje informal, el constructivismo social y la generación de conocimiento. Las contribuciones particulares, tanto metodológicas como prácticas, serán las siguientes:

- *Diseño y desarrollo de laboratorios remotos con experimentación real accesibles mediante webs 2.0.*

La aparición de la Web 2.0 y la expansión del uso de Internet entre la sociedad han producido que surjan sistemas sociales auto-organizados en línea, masivos en cuanto a número de usuarios. El nuevo enfoque que ofrece la Web 2.0, orientado a la compartición y participación ciudadana será aprovechado para diseñar y desarrollar entornos colaborativos con experimentación real.

- *Desarrollo y puesta en marcha del primer observatorio astronómico abierto a la sociedad a través de Internet, el observatorio astronómico Montegancedo.*

Entre las principales contribuciones de esta tesis será construir el primer observatorio astronómico de libre acceso a todos los internautas. Será un laboratorio remoto basado en

experimentación real. Los usuarios podrán controlar dispositivos astronómicos a través de un navegador web. Se diseñará y desarrollará una aplicación Web 2.0 para controlar el observatorio astronómico Montegancedo. Deberá integrar gran parte de los servicios de la web 2.0 que promuevan la generación de contenido de forma colaborativa. Se basará en un funcionamiento meritocrático de los usuarios para conseguir tiempo de observación y otros privilegios.

- *Algoritmo de ordenación de los elementos de un sistema colaborativo.*

Este algoritmo determinará la posición y el valor de cada uno de los elementos del sistema, usuarios, fotografías, noticias y comentarios, entre otros. La ordenación requerirá fijar los criterios que determinarán la importancia de los elementos, como puede ser el número de fotografías enviadas, las valoraciones recibidas, etc. Se dará solución a cuestiones propias de sistemas colaborativos, como determinar qué usuarios son los más importantes, los más centrales en la red social o qué ordenación deben seguir las fotografías y las propuestas enviadas por los usuarios.

- *Algoritmo de planificación meritocrática de los recursos en línea.*

A partir del valor de los usuarios en el sistema, se planteará una planificación de los recursos que requieran repartir su tiempo de utilización de un modo justo. Es decir, será una planificación meritocrática, la cual premiará a aquellos usuarios más importantes en el sistema, según un sistema de reputación basado en karma. No obstante, se tendrán que tener en cuenta factores negativos que pudieran surgir, como la inanición o un gran desequilibrio. Por tanto, se dará la posibilidad a todos los usuarios de competir por conseguir tiempo en la medida de lo posible. El algoritmo planteado se utilizará para planificar de un modo meritocrático el tiempo de observación del observatorio Montegancedo para la realización de experimentos astronómicos.

- *Análisis y caracterización de individuos y comunidades en línea a partir de los datos personales e interacciones intercambiadas.*

Mediante técnicas de análisis basadas en redes sociales se detectará la estructura, las relaciones y el rol que juegan los diferentes miembros de la comunidad. Se realizará un análisis estructural e individual a partir de la teoría de redes sociales. Adicionalmente, se realizará un proceso de extracción de la información y métodos estadísticos para la extracción de conocimiento acerca de la red. Este análisis supondrá una importante ayuda para la toma de decisiones y un requisito indispensable para predecir comportamientos sociales. Se podrán determinar factores como la frecuencia de acceso, el perfil de los usuarios, las actividades más realizadas y otra información relevante para entender el comportamiento de la comunidad.

1.6. Estructura de la tesis

Esta tesis doctoral se organiza de la siguiente forma. En el **capítulo 2 "Estado del arte"** se introducen las principales áreas de investigación relacionadas con esta tesis. Se divide a su vez en cuatro partes. Se comienza el capítulo exponiendo los movimientos colaborativos más destacados en Internet y las tendencias sociales actuales. En segundo lugar se expone el término de ciencia ciudadana y se presentan algunos de los proyectos más populares de colaboración voluntaria. En tercer lugar, se describe el fenómeno Web 2.0 y sus principales elementos. Y, por último, se

presenta el término de aprendizaje colaborativo en línea, con especial atención al ámbito de los laboratorios remotos y, concretamente, de los observatorios astronómicos.

A continuación, el **capítulo 3 "Observatorio Astronómico Montegancedo"** describe el observatorio astronómico Montegancedo desarrollado en la presente tesis. Se trata del sistema colaborativo de experimentación en línea para controlar un observatorio remoto sobre el que se aplica la metodología propuesta. Se detallará tanto el funcionamiento del sistema como los servicios colaborativos incorporados.

En el **capítulo 4 "Descripción de la metodología de la investigación"** se expone el método científico sobre el que se fundamenta la investigación. Se indica el proceso de selección de la muestra utilizada, se detallan las variables estudiadas así como las técnicas empleadas. Entre ellas se presentan los métodos de análisis de redes sociales utilizados y el método de ordenación meritocrático propuesto.

En el **capítulo 5 "Exposición y análisis de la investigación"** se exponen y analizan los resultados obtenidos en relación a la teoría científica precedente. Se exponen cuestiones relevantes descubiertas en el estudio y otras aún sin resolver.

La discusión de las hipótesis sobre las que se sustenta la tesis, los resultados generales y las conclusiones se presentan en el **capítulo 6 "Conclusiones"**. Finalmente, se plantean una serie de líneas futuras abiertas a investigación.

Adicionalmente, se han incluido tres apéndices. El **apéndice A "Grafos del observatorio Montegancedo"** incluye los grafos que complementan el análisis del capítulo 5. El **apéndice B "Notas de prensa"** recoge un conjunto de medios electrónicos que han hecho eco de algunas de las actividades realizadas en el contexto de la presente investigación. En tercer y último lugar, en el **apéndice C "Referencias web"** se encuentra la lista de páginas web referenciadas a lo largo de los capítulos.

Al final del documento se encuentra la **bibliografía** referenciada a lo largo de la tesis.

Capítulo 2

Estado del arte

A continuación se introducen las principales áreas de investigación relacionadas con la presente tesis. Este capítulo se ha dividido en cuatro subsecciones. El punto 2.1 expone algunos de los movimientos colaborativos más importantes en Internet y las actuales tendencias e impacto de las nuevas tecnologías en la sociedad. En el punto 2.2 se presenta el concepto de ciencia ciudadana y la gran aportación que supone la colaboración de aficionados en muy diversas disciplinas. Se muestran ejemplos previos a la aparición de Internet pero se da una especial atención a los realizados en la red. El punto 2.3 se centra en el fenómeno Web 2.0, presentando los servicios y herramientas más habituales en Internet. Finalmente, el cuarto punto 2.4 introduce el término de aprendizaje colaborativo en línea, las nuevas tendencias y se hace un breve repaso por los diferentes laboratorios remotos, con interés especial en los observatorios astronómicos.

2.1. Internet y sus tendencias

En Marzo de 1989, Tim Berners-Lee, un brillante físico de 34 años del Centro Europeo de Investigaciones Nucleares (CERN), elaboró el primer borrador de lo que hoy conocemos como World Wide Web (WWW). La propuesta la redactó bajo un modesto título "*Gestión de la información: una propuesta*" [Berners-Lee, 1989], a la que Mike Sendall, uno de los directivos de la Organización Europea de Investigación Nuclear (CERN), la resumió como: "*Vaga, pero excitante*".

A pesar de la calificación de Sendall, el 7 de agosto de 1991 Berners-Lee publicó las primeras páginas web de la historia, junto al primer servidor web y al primer navegador, surgiendo una de las innovaciones tecnológicas que más ha transformado la comunicación entre los seres humanos en el siglo XXI. Hoy, tras sólo 20 años, esta revolución cultural sigue en marcha, ha cambiado la forma de hacer negocios, de trabajar, el ocio, la información, la creación de comunidades y el intercambio de ideas.

El objetivo de Berners-Lee era desarrollar un software para la comunidad internacional de físicos de partículas, distribuidos por todo el planeta, para que compartieran sus conocimientos científicos de forma rápida y sencilla a través de Internet. Desde el principio, Berners-Lee se atrevió a escribir en su propuesta que el "*CERN sería un modelo en miniatura para el resto del mundo dentro de unos pocos años*". Ya vislumbraba el potencial de su idea para facilitar el intercambio y la transmisión de información en todos los ámbitos de la sociedad.

Berners-Lee no se equivocó y desde entonces sigue apostando por desarrollar estándares Web como líder del Consorcio World Wide Web (W3C), con el fin de evitar que la Web se fragmente. Actualmente existen varias tentativas por estandarizar la información disponible en Internet y ofrecer un acceso inmediato y gratuito. Un ejemplo de ello es la Iniciativa de Archivos Abiertos, movimiento que apuesta por crear un sistema universal para el auto-archivo de material científico. En el ámbito de la tele-enseñanza, la aparición de diferentes entornos tecnológicos para desarrollar la formación a distancia está planteando un problema de incompatibilidad en la distribución de contenidos formativos. Las diferencias en los formatos, configuraciones y sistemas de almacenamiento y publicación están contribuyendo a desestimar contenidos por no ser estándares. Existen organizaciones institucionales que pretenden reglamentar una normativa que defina las especificaciones estándares a las cuales deberán ceñirse los entornos de formación. El Consorcio IMS (Instructional Management System), el grupo Ariadne, AICC, SCORM o la organización LTSC (Learning Technology Standards Committee) son algunos ejemplos. LOM (Learning Object Metadata) es uno de los estándares en tecnologías educativas que han surgido como resultado de estas instituciones [Uskov, 2003].

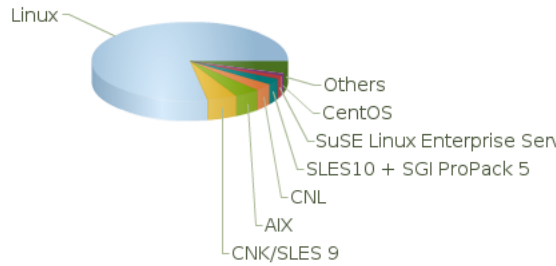
En los comienzos, eran muy pocos expertos los que podían publicar información y los servidores web eran escasos. Hasta el año 2004 se vivió lo que hoy se conoce como *Web 1.0*. Hoy en día no sólo cualquiera puede crear sus propias páginas, instalar su propio servidor web, sino que existe una llamada común a la participación de los usuarios de a pie en torno a la WWW, fenómeno conocido como Web 2.0, una revolución tecnológica y social. Es importante resaltar que la compartición y la colaboración son el principal enfoque de la Web. La ciencia se basa en la cooperación, en compartir materiales, datos y resultados.

Son muchos los que se han beneficiado de Internet para difundir sus ideas, la gente escribe, ya sea por ocio o algún interés particular. También son muchas las ideas y fenómenos que han nacido en torno a Internet. Algunas de las revoluciones que han sido posible gracias a Internet ha sido el movimiento del Software Libre. Su líder, Richard Stallman [Stallman, 2009], parte de la idea de que el modelo de software propietario es antisocial, no ético y va en contra del desarrollo del software. El movimiento del Software Libre tuvo su origen en 1983, en el momento que Stallman anunció el proyecto de construcción del sistema operativo GNU (GNU is not Unix), totalmente libre. En 1985 creó la Free Software Foundation (FSF) para dar soporte logístico, legal y financiero al proyecto GNU. La FSF sostiene la idea de que el software debe permanecer libre para que todos los usuarios puedan "ejecutarlo, copiarlo, modificarlo y distribuirlo".

Nunca nadie hubiera imaginado hace años que un sistema operativo de talla mundial hubiera surgido gracias a la actividad desplegada en su tiempo libre por varios miles de programadores dispersos por todo el mundo, conectados únicamente a través de Internet. Sin embargo, GNU/Linux surgió de este modo, y hoy en día es uno de los sistemas operativos más estables y que está instalado en la mayoría de supercomputadores, como reflejan las estadísticas de los mejores 500 supercomputadores del mundo de las figuras 2.1 y 2.2.

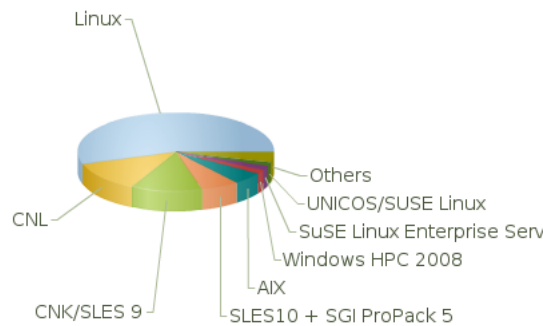
"La catedral y el bazar" [Raymond, 1997] es quizá el ensayo más importante para entender el movimiento del Software Libre. Su escritor, Eric Raymond, hace una metáfora entre dos modelos de desarrollo contrapuestos: el modelo *catedral*, aplicable a la mayor parte de los desarrollos realizados en el mundo del software comercial, frente al modelo *bazar*, más propio del mundo Linux.

Raymond creía que el modelo de desarrollo de un proyecto informático debía parecerse a la construcción de una catedral, "cuidadosamente elaborada por sabios individuales y pequeños grupos de magos trabajando en un espléndido aislamiento, y sin publicar ninguna versión beta



Fuente: Top 500 www.top500.org

Figura 2.1: Sistemas operativos de los top 500 supercomputadores (Nov. 2008)



Fuente: Top 500 www.top500.org

Figura 2.2: Prestaciones de los sistemas operativos de los top 500 supercomputadores (Nov. 2008)

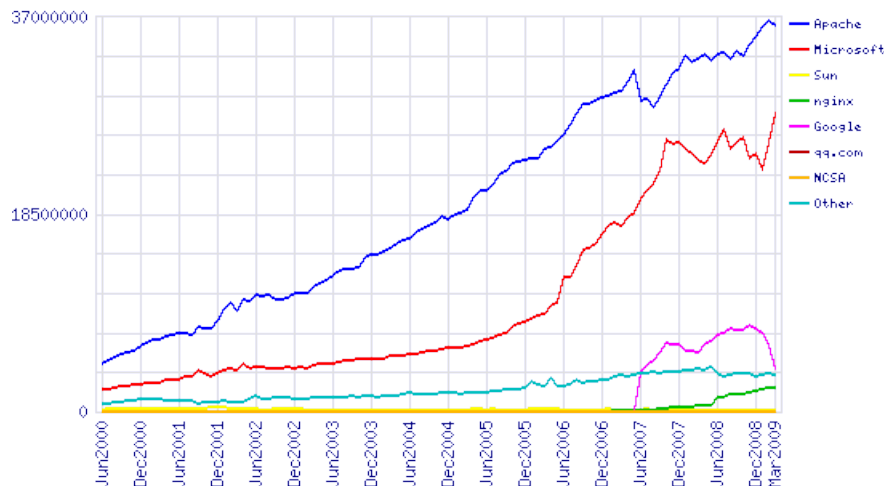
antes de tiempo". No obstante, el éxito del kernel GNU/Linux siguiendo el estilo de desarrollo de Linus Torvalds, "*libere rápido y a menudo*", le llevó a considerar la superioridad del bazar, "*abierto hasta la promiscuidad*". La distribución Debian ha seguido siempre este estilo. Torvalds afirmó que puede ser más eficaz desarrollar software con una comunidad abierta que un sistema cerrado: la colaboración y la revisión crítica constante del código aseguran una calidad incomparable. Raymond finaliza argumentando que "dado el número suficiente de observadores, cualquier error es superficial".

El sistema operativo GNU/Linux es, sin duda, el caso más evidente de éxito de una metodología de trabajo colaborativo. A partir de la colaboración espontánea de millones de voluntarios, GNU/Linux se ha convertido en rival directo de otros sistemas en los que grandes empresas invierten sumas impensables de dinero y contratan a auténticos genios para su desarrollo.

La plataforma BOINC¹ es otro proyecto exitoso que ha sabido aplicar esta metodología colaborativa. Este software está siendo utilizado por proyectos científicos que utilizan los ordenadores de millones de personas, prestados desinteresadamente, para procesar información que requiere grandes cantidades de cómputo. La participación llega a tal punto que la capacidad de proceso es superior a la del mayor supercomputador que existe hoy en día. Más detalles se especificarán en el punto 2.2.9.

El caso del servidor web más popular, Apache, merece también una mención. En un principio fue fruto de la colaboración de unos pocos desarrolladores pero más tarde su código se abrió a la Comunidad siguiendo el modelo del bazar. En 1995 lanzó la versión 1.0 y pronto consiguió sobrepasar al resto de servidores, convirtiéndose en el servidor web más popular en Internet,

¹Proyecto BOINC <http://boinc.berkeley.edu>



Fuente: Netcraft

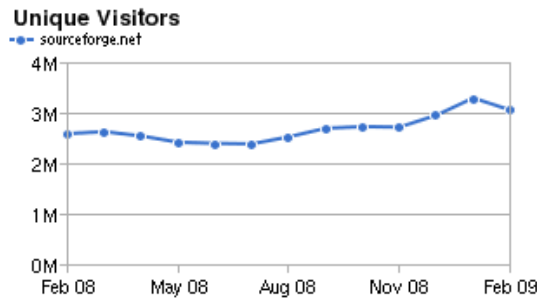
Figura 2.3: Total de servidores activos

posición que mantiene hasta Marzo 2009 como se ve en la figura 2.3, extraída del estudio de Netcraft [Netcraft, 2009] sobre servidores web.

Otro claro ejemplo de bazar es la Wikipedia, denominada así misma enciclopedia libre y escrita a partir de miles de personas alrededor del mundo [Okoli, 2009]. Surgió en 2001 y ya se ha convertido en la enciclopedia más famosa de la Historia, a pesar de las críticas de rigor que recibe. Actualmente ha desbancado al resto de enciclopedias en línea, como la Enciclopedia Británica y Encarta, que siguen el modelo catedral y realizaban actualizaciones periódicas. *"La categoría de las enciclopedias tradicionales y el material de referencia han cambiado. La gente ahora busca y consume información de un modo considerablemente distinto a hace pocos años"*, esta es la razón que Microsoft dió al cerrar Encarta [Encarta, 2009].

La metodología de desarrollo de software libre tiene cada vez más adeptos y más espacio en la Red [Jensen y Scacchi, 2005]. Han aparecido incluso “albergues” o “forjas” donde se agrupan estos proyectos. SourceForge es el sitio web de desarrollo de software libre más importante de Internet. Ofrece una metodología de desarrollo unificada y estándar basada en herramientas modernas tales como informe de fallos, repositorios, servidor web, soporte, foros, encuestas, noticias, estadísticas, etc. De este modo cualquiera puede bajar el código fuente y adaptarlo a sus necesidades. Es un modo también de conseguir colaboración para desarrollar el sistema y mejorarlo. En febrero de 2009 el número de proyectos registrados superaba los 230.000 y más de dos millones de usuarios, convirtiéndola en la mayor colección de herramientas y aplicaciones open source de Internet. Recibe al año más de tres millones de visitas y de sus forjas han salido proyectos tan conocidos como eMule, Subversion, Azureus y PhpMyAdmin, entre otros.

El Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT), considerada como una de las mejores universidades de ciencia e ingeniería del mundo, es ahora además un claro ejemplo de movimiento abriendo toda su publicación científica. Los tres pilares sobre los que se apoya el MIT son la meritocracia radical, el conocimiento abierto y la innovación, según una entrevista reciente a Hal Abelson. Hal Abelson es uno de los científicos clave del MIT y profesor del Laboratorio de Ciencias de la Computación e Inteligencia Artificial, que junto con Lawrence Lessig, catedrático de Derecho de la Universidad de Stanford crearon la iniciativa Creative Commons en 2001 y



Fuente: compete.com

Figura 2.4: Número de visitantes de SourceForge (expresado en millones)

Science Commons² en 2005. El principal objetivo de Creative Commons es ofrecer licencias modelo que faciliten la distribución y uso de contenidos. Esta iniciativa pretendía aplicar la filosofía de conocimiento libre que promulgaba Richard Stallman bajo las cuatro libertades para el software libre [Stallman, 1996] y las ideas de John Perry Barlow donde promulgaba que "una idea tiene más valor cuanto más se comparte".

El proyecto Science Commons aplica la filosofía y metodología de Creative Commons al mundo científico. Diseña estrategias y herramientas para difundir más rápida y eficientemente la investigación científica promoviendo la reutilización del conocimiento y la producción continua. Según la página web del proyecto, existen petabytes de información científica, pero difícilmente accesible para los investigadores, ya que estos datos a veces se encuentran en bases de datos recónditas o incluso existen contratos que impiden su uso. La mayoría de científicos trabajan en un relativo aislamiento y en muchas ocasiones se ven obligados a duplicar investigación. El mensaje es directo: *"El tiempo que se tarda en identificar un gen para desarrollar un fármaco actualmente son 17 años, período en el que mucha gente muere de esa enfermedad"*. Ya se ha aplicado su método en el ámbito de la Neurociencia, bajo el proyecto Neurocommons.

Hal Abelson fue además el que lanzó el Open Course Ware en 2001, una iniciativa que hacía accesibles de forma libre y universal materiales docentes utilizados por el MIT y que materializaba su movimiento de conocimiento libre como uno de los pilares del funcionamiento del MIT. Este movimiento se está extendiendo a las universidades de todo el mundo.

Internet alberga cantidades enormes de información que cada año se incrementa debido a que se utiliza más Internet y se publican más datos. Tan sólo el proyecto *Google Books* ha digitalizado más de un millón de libros desde sus comienzos en diciembre de 2003. En el mundo concreto de la Astronomía, la cantidad de información que se ha registrado sobre el Cosmos a lo largo de la Historia es incalculable, especialmente en las últimas décadas con el envío de cada vez más sondas espaciales y la construcción de sensores terrestres. El número de astrónomos profesionales resulta insuficiente para analizar tal cantidad de datos. Es también sorprendente que todos los años, astrónomos aficionados de todo el mundo contribuyan al avance de la Astronomía con importantes descubrimientos, como se expondrá en el punto 2.2.7. Son gente que, de forma autodidacta y con equipos de observación modestos, realizan un registro de sus observaciones y comparten con otros sus conocimientos y habilidades.

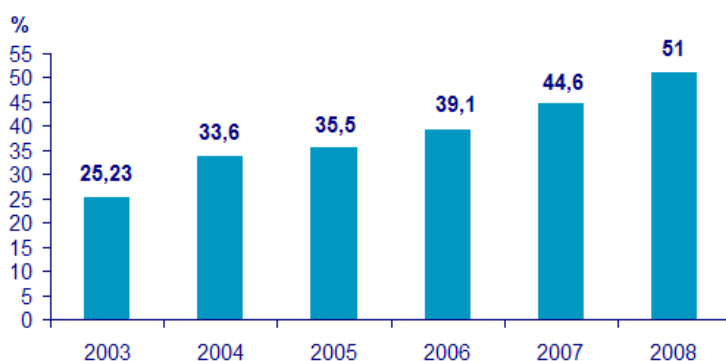
Es evidente que cada vez son más los usuarios de Internet, su frecuencia de acceso, e incluso su mayor participación en la construcción de contenidos y sitios web. El espectacular crecimiento del número de usuarios por países en el año 2008 respecto al año 2000 queda reflejado en la tabla

²Proyecto Scientific Commons www.scientificcommons.org

2.1. Los internautas están aumentando el uso de Internet como una herramienta que mejora su estilo de vida.

Existen muchas entidades interesadas en entender en qué la gente invierte su tiempo libre en Internet, con el enorme potencial que supone para motivar e interactuar con una audiencia en línea que crece a un ritmo vertiginoso. Numerosos estudios se centran en cuantificar y hacer un seguimiento de los cambios en los patrones de consumo. A continuación se exponen algunos resultados interesantes.

Según las cifras del Instituto Nacional de Estadística [INE, 2008] de 2008 respecto a la participación cultural y demanda de servicios de ocio, el 63,6 % de los hogares con al menos un miembro de 16 a 74 años dispone de algún tipo de ordenador, y el 51 % tienen acceso a Internet. Como se observa en la figura 2.5, este dato ha ido creciendo todos los años, mostrando un crecimiento de 6,4 puntos porcentuales respecto a 2007. El número de hogares fue de 7.690.073 en 2008, de los cuales 3.683.909, el 57,2 % de este tipo de viviendas, se encuentran en poblaciones de más de 100.000 habitantes y capitales de provincia.



Fuente: INE

Figura 2.5: Porcentaje de hogares españoles conectados a Internet

Las nuevas tecnologías han propiciado la aparición de nuevas fórmulas para el entretenimiento. La tabla 2.2 indica las diez actividades más populares que realizan los internautas de España en comparación con los de Europa, según el estudio anual europeo "Mediascope" de la Asociación Europea de Publicidad Interactiva (EIAA), Internet desbanca a la televisión como medio más consumido en España. Desciende el tiempo dedicado por los españoles a la TV, la radio, la prensa y las revistas; pero crece el dedicado a Internet: 12,1 horas a la semana, un 20 % más que en 2004, frente a las 11,7 horas del televidente, un 11 % menos que en 2004.

Según el estudio de la EIAA, el 35 % de los españoles y el 41 % de los europeos cambian su intención de compra después de haber consultado en línea. Además, un 91 % ha realizado para alguna de sus compras offline una búsqueda previa en la Red. Y prácticamente todos, el 98 %, manifiestan haber utilizado la web para buscar información relacionada con sus compras. En los últimos seis meses, el 79 % de los encuestados españoles realizaron alguna compra en línea y gastaron 521 € de media, sobre todo en billetes de tren o avión, vacaciones, música o entradas de cine y teatro. El 63 % hicieron una media de 4,9 compras en la web. La tabla 2.3 resume las siete principales fuentes de consulta en línea.

El número de individuos que han utilizado Internet en los últimos tres meses alcanzó en el primer trimestre de 2008 casi los 20 millones de usuarios, lo que supone el 56,7 % de la población entre 16 y 74 años, suponiendo un crecimiento de 11,3 % respecto al año 2007 como se ve en la gráfica de la figura 2.7.

Región	Población (2008)	Internautas 31 dic. 2000	Internautas Últimos Datos	Penetración (% población)	Crecimiento Usuarios 2000-2008	% Usuarios
África	975.330.899	4.514.400	54.171.500	5,6 %	1.100,0 %	3,4 %
Asia	3.780.819.792	114.304.000	657.170.816	17,4 %	474,9 %	41,2 %
Europa	803.903.540	105.096.093	393.373.398	48,9 %	274,3 %	24,6 %
Medio Este	196.767.614	3.284.800	45.861.346	23,3 %	1.296,2 %	2,9 %
Norte América	337.572.949	108.096.800	251.290.489	74,4 %	132,5 %	15,7 %
Latino América / Caribe	581.249.892	18.068.919	173.619.140	29,9 %	860,9 %	10,9 %
Oceanía / Australia	34.384.384	7.620.480	20.783.419	60,4 %	172,7 %	1,3 %
Total Mundo	6.710.029.070	360.985.492	1.596.270.108	23,8 %	342,2 %	100,0 %

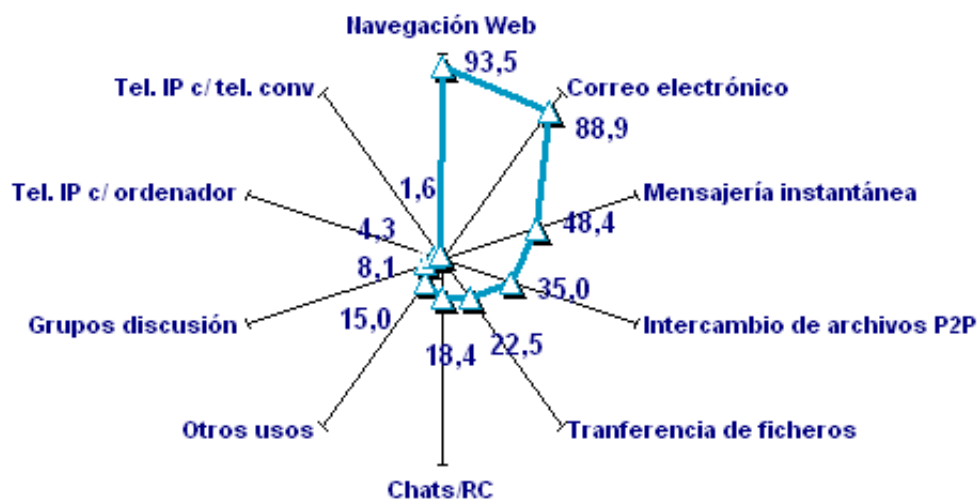
Fuente: www.internetworldstats.com

Tabla 2.1: Estadísticas de la población y uso de Internet en el mundo

Actividad en línea	Europa	España
Búsquedas en línea	84 %	63 %
Correo electrónico	79 %	71 %
Redes sociales	41 %	47 %
Mensajería instantánea	36 %	41 %
Radio	30 %	27 %
TV, películas, vídeos	27 %	32 %
Descarga de música	26 %	37 %
Críticas profesionales	25 %	15 %
Participación en foros	24 %	22 %
Creación de perfiles personales	20 %	18 %

Fuente: Estudio anual europeo "Mediascope" de la EIAA

Tabla 2.2: Las diez actividades en línea más populares de los españoles



Fuente: EGM (AIMC)

Figura 2.6: Servicios utilizados por internautas españoles en octubre/noviembre 2008

Principales fuentes de consulta en línea	Europa	España
Búsquedas	66 %	49 %
Webs de precios	50 %	39 %
Websites de marcas reconocidas	49 %	44 %
Críticas / Opiniones en línea	46 %	41 %
Websites de centros comerciales	45 %	40 %
Webs de profesionales y expertos	45 %	39 %
Acceso a Internet a través del móvil	16 %	17 %

Tabla 2.3: Las siete fuentes principales de consulta en línea

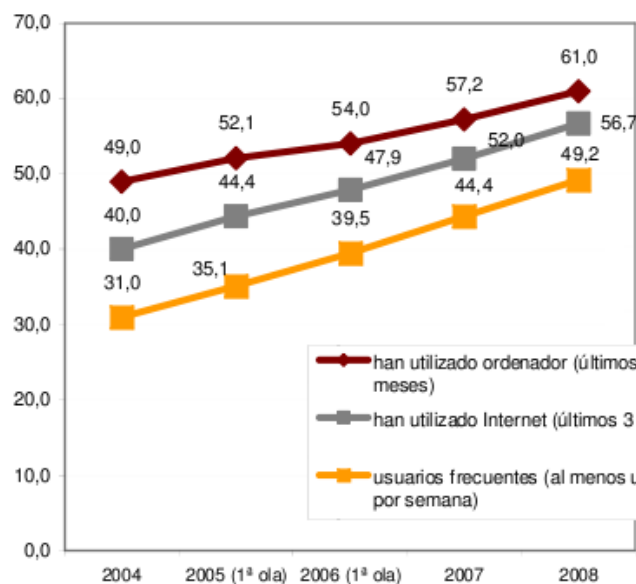


Figura 2.7: Evolución del uso de TIC de las personas de 16 a 74 años

Nombre	Fuente	Período	Valor
Porcentaje de hogares conectados a Internet	INE	2008	51 %
Usuarios de Internet (utilizaron en los últimos 3 meses)	INE	2008	56,7 %
Porcentaje de individuos que han utilizado Internet en el último mes	AIMC (EGM)	Oct/Nov 2008	46,8 %
Perfil de los usuarios de Internet en el último día	AIMC (EGM)	Oct/Nov 2008	menor de 35 años: 51,8 %
Porcentaje de hogares con acceso a Internet desglosado por tipo de terminal o equipo acceso	INE	2008	PC: 78,6 %
Lugar/es de acceso de los usuarios de Internet	AIMC (EGM)	Oct/Nov 2008	desde casa: 80,8 %
Servicios utilizados por los usuarios de Internet	AIMC (EGM)	Oct/Nov 2008	navegación: 93,5 %
Frecuencia de uso de Internet (último acceso)	AIMC (EGM)	Oct/Nov 2008	ayer: 67,3 %
Porcentaje de individuos que ha realizado compra a través de Internet	ONTSI	2007	39,8 % internautas
Razones del consumidor final para comprar por Internet la primera vez	ONTSI	2007	59,7 % Comodidad
Razones del consumidor final para no comprar por Internet vs Grado de satisfacción con las compras a través de Internet	ONTSI	2007	38,3 % Le gusta ver lo que compra

AIMC: Asociación para la Investigación de los Medios de Comunicación.

Informe EMG: Estudio General de Medios.

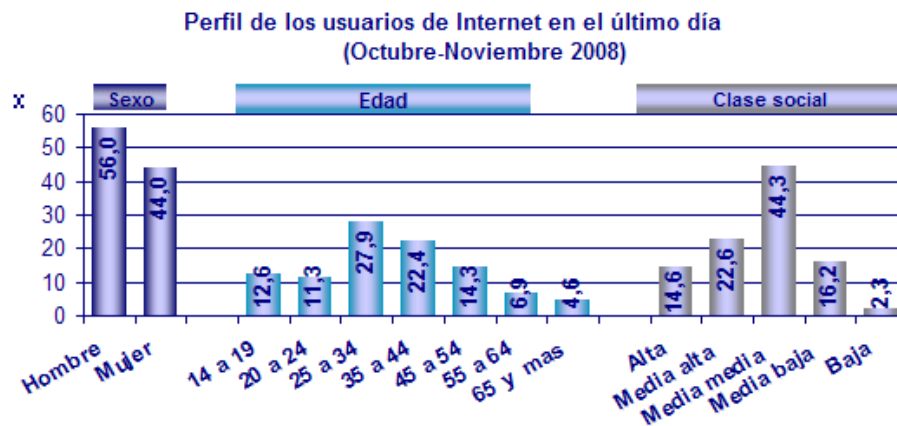
INE: Instituto Nacional de Estadística.

ONTSI: Observatorio Nacional de las Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información.

Tabla 2.4: Resumen de estadísticas de hábitos de consumo

Los usuarios frecuentes, es decir, los que se conectan a la red a diario o al menos una vez por semana, suponen el 86,7 % del total de internautas. Estos usuarios frecuentes son, aproximadamente, 17 millones de personas y representan el 49,2 % de la población, lo que significa un crecimiento interanual del 13,2 %. Los usuarios de 25 a 34 años son los que han dirigido el crecimiento digital en 2008, con un mayor número de hombres que de mujeres según los datos del INE de la figura 2.8.

Otro estudio [ComScore, 2009] sobre el uso de las redes sociales en España y en Europa realizado por comScore, empresa líder en medición web, reveló que 13,2 millones de internautas españoles visitaron al menos una red social en Diciembre de 2008, un 41 % más respecto al año anterior según la tabla 2.5. Esta cifra representa un 73,7 % del total de los internautas españoles, lo que sitúa a España en el segundo país de Europa con más usuarios de redes sociales, por detrás de Reino Unido como se ve en la tabla 2.6. Según el estudio, del total de 282,7 millones de internautas europeos mayores de 15 años que se han conectado desde alguna casa o el trabajo en diciembre de 2008, 211 millones visitaron una red social, es decir, las redes sociales atraen a tres cuartos de internautas europeos. En cuanto a las preferencias de los internautas españoles véase



Fuente: EGM (AIMC)

Figura 2.8: Perfil de los internautas españoles en el período octubre-noviembre de 2008

de nuevo la tabla 2.5. Tuenti ocupa la primera posición con más de 5,6 millones de usuarios a finales de 2008, a pesar de que Facebook creció un 1.147% respecto al 2007 tras la traducción de la interfaz al español en febrero de 2008.

Estos datos no hacen más que corroborar que Internet ofrece un amplio abanico de posibilidades y que las tendencias sociales en Internet están cambiando.

2.2. Ciencia ciudadana

Este término se refiere a proyectos de trabajo científico en los cuales voluntarios individuales o agrupados en redes realizan o gestionan tareas de investigación, tales que impliquen observación, medición o computación. Los proyectos de ciencia ciudadana involucran al público general en investigaciones científicas y recopilación de datos. En general, ciudadanos alrededor de todo el mundo observan fenómenos del área donde viven y envían los datos vía Internet, y entonces pueden ver los datos combinados de miles de "ciudadanos científicos" llevando a cabo observaciones similares.

El uso de redes de ciencia ciudadana a menudo permite a los científicos lograr ciertos objetivos científicos que de otro modo resultaría casi imposible. Además, entre los objetivos de estos proyectos está fomentar la concienciación ciudadana en relación a la investigación, así como la ciencia en general. No sólo es importante la contribución que tienen los ciudadanos, sino también la oportunidad de participar en proyectos científicos y esfuerzos de colaboración.

El proyecto más antiguo de ciencia ciudadana todavía en activo es el *Christmas Bird Count*³ que comenzó en 1900 con el objetivo de hacer un censo de aves gracias a los observadores de pájaros aficionados. Otros ejemplos consolidados son *Galaxy Zoo*⁴ que pide la colaboración ciudadana para clasificar galaxias; *Monarch Larva Monitoring*⁵ pretende entender cómo y por qué las poblaciones de mariposas monarcas varían en tiempo y espacio; *World Water Monitoring Day*⁶ permite educar e involucrar a los ciudadanos en la protección de los ríos y ecosistemas

³Proyecto Christmas Bird Count www.audubon.org/Bird/cbc/

⁴Proyecto Galaxy Zoo www.galaxyzoo.org

⁵Proyecto Monarch Larva Monitoring www.mlmp.org

⁶Proyecto World Water Monitoring Day www.worldwatermonitoringday.org

	Dic. 2007	Dic. 2008	% Diferencia
<i>Total internautas españoles</i>	14.906	17.893	20 %
<i>Redes sociales</i>	9.367	13.185	41 %
Tuenti.com	649	5.644	770 %
Facebook.com	346	4.316	1.147 %
Fotolog.com	3.141	3.351	7 %
Hi5.com	738	1.997	170 %
Metroflog.com	1.572	1.937	23 %
Sonico.com	N/A	1.629	N/A
MySpace Sites	N/A	1.462	N/A
Badoo.com	883	1.249	41 %
Netlog.com	299	339	13 %
Skyrock	236	289	22 %

Fuente: comScore. Los datos se refieren a internautas mayores de 15 años que acceden desde sus casas o trabajos. Se excluye el tráfico desde ordenadores públicos tales como cibercafés o desde teléfonos móviles o PDAs.

Tabla 2.5: Redes sociales más populares en España, ordenadas por total de visitantes (expresado en miles)

fluviales; así como un gran número de proyectos del Laboratorio de Ornitología Cornell⁷: *Ebird*, *NestWatch* y *Feeder Watch*. Otro ejemplo es el proyecto *Community Collaborative Rain, Hail and Snow* (CoCoRaHS)⁸, una red de voluntarios que observan el tiempo desde 1997, miden diariamente los valores de precipitación, y las reportan online o por teléfono.

En ocasiones resulta increíble como hay gente aficionada que aportan conocimiento a numerosas disciplinas con sus propios hallazgos, comentarios, ideas, métodos, e instrumentos, entre otros. La participación de estos aficionados y sus diferentes formas de colaboración merecen un caso de estudio de cara a la presente tesis. Es el interés, el entretenimiento y la curiosidad lo que les hace indagar y aprender, y no sólo de forma individual, sino también colectivamente con otras personas afines a un tema particular, incluso en algunos casos formando importantes redes o comunidades. Su objetivo común es aprender y partipan sin esperar ningún tipo de remuneración. Con la aparición de Internet surgieron las denominadas *comunidades virtuales*, es decir, personas distribuidas geográficamente por todo el mundo, incluso algunas no se han visto o hablado directamente, que comparten y producen conocimiento. En la actualidad Internet ya se ha consolidado como un medio de difusión y compartición de conocimiento rápido y eficaz.

Si se echa un simple vistazo al catálogo de una biblioteca o a Internet, cada vez son más los libros destinados principalmente a aficionados de un determinado campo, revistas escritas por ellos mismos, artículos en revistas de impacto, sitios web administrados y elaborados para compartir sus experiencias, asociaciones, manuales, y todo ello con un fin divulgativo y educativo.

Hoy en día se tiene un amplio registro sobre la contribución de los aficionados a la Astronomía, Ornitología, Botánica, Geología, Microscopía, Arqueología, Espeleología, y otras ramas, que en

⁷Laboratorio de Ornitología Cornell <http://www.birds.cornell.edu/>

⁸Proyecto Community Collaborative Rain, Hail and Snow Network www.cocorahs.org

País	Dic. 2007	Dic. 2008	Diferencia Puntos
<i>Europa</i>	<i>61,0</i>	<i>74,6</i>	<i>13,7</i>
Reino Unido	78,4	79,8	1,4
España	62,8	73,7	10,8
Portugal	65,7	72,9	7,2
Dinamarca	54,4	69,7	15,3
Italia	56,5	69,3	12,9
Bélgica	59,0	68,2	9,2
Alemania	48,4	67,3	19,0
Irlanda	59,9	66,9	7,0
Finlandia	61,2	66,2	5,0
Suecia	61,3	65,4	4,1
Suiza	53,7	64,7	11,0
Francia	52,2	63,9	11,8
Rusia	46,1	63,5	17,4
Países Bajos	57,2	63,0	5,8
Noruega	54,2	58,9	4,8
Austria	38,8	49,7	11,0

Tabla 2.6: Alcance de redes sociales europeas por país

muchos casos han pasado a formar parte de la Historia. A continuación, y a modo de ejemplo, se ha seleccionado una pequeña muestra. Hay dos campos que merecen una mención especial por su relación con los objetivos de la tesis: la Astronomía y la Radioafición. La Astronomía es sin duda la ciencia con mayor número de aportaciones científicas por parte de aficionados. La Radioafición no sólo destaca por el número de descubrimientos de aficionados, sino también por el concepto subyacente de herramienta social y educativa.

2.2.1. Ornitología

Es una disciplina que cuenta con un gran número de aficionados, quienes promueven la protección de las aves y de sus ambientes naturales. Mirar pájaros es un gran negocio basado en el amor a la naturaleza y al conocimiento. Y, sobre este mundo de la ornitología aficionada, el Laboratorio de Ornitología Cornell (CLO) ejerce un liderazgo intelectual y moral [Dezhen et al., 2008]. Fue allí donde se acuñó el término ciencia ciudadana y la institución que supo interpretar los deseos de tantos ciudadanos inventando proyectos de colaboración entre aficionados y profesionales para garantizar el flujo de ciencia hacia la ciudadanía y el de ciudadanos hacia la ciencia.

Es tal el movimiento mundial de los aficionados a la observación de los pájaros, que sólo en Estados Unidos, según datos de Birders United basados en estimaciones del National Geographic, podría movilizar a 15 millones de votantes. También en Europa las cifras son espectaculares.

Uno de los proyectos más interesantes es el *NestWatch*⁹ que estudia las aves que anidan en cavidades en la primavera y el verano. El trabajo de los aficionados consiste en recoger datos (nidos, huevos, alimentos, fechas, etc.) desde sus observatorios y después reportarlos a través de Internet. Desde 2006 tienen en marcha un experimento para estudiar la personalidad de las aves en respuesta a las alteraciones del entorno. Piden la colaboración de la comunidad para someter a prueba la timidez de las aves en respuesta a objetos originales ubicados cerca de la entrada a sus nidos. En su sitio web hay abundante documentación que permite a los usuarios familiarizarse con aves que anidan en una cavidad; aprender más sobre el hábitat y los requisitos de las cajas nido; cómo construir o comprar una caja nido para un pájaro específico; cómo, dónde y cuándo ubicar la caja nido; aprender a monitorizar el nido; cómo registrar los datos de las observaciones y enviar los formularios. El proyecto invita a los participantes a probar el experimento con sus propios nidos. El experimento requiere simplemente un lazo de cuadros blancos y negros que se puede descargar en la página web, una chincheta, un formulario para registrar los datos, un reloj y, como ellos dicen, paciencia. NestWatch contaba en 2006 con más de 60.000 registros de voluntarios y sus datos han permitido la publicación de notas de prensa y de varios artículos en revistas importantes [Phillips et al., 2006].

*FeederWatch*¹⁰ es otro proyecto del CLO que emplea la ayuda de observadores voluntarios de comederos de pájaros en todo Norteamérica para recoger información sobre sus movimientos.

Finalmente, el proyecto *eBird*¹¹, o *aVerAves* en la versión mexicana, ofrece herramientas para que los aficionados hagan un seguimiento de las aves que observen en América del Norte y México y pone accesible una base de datos históricos para saber qué es lo que otros observadores de aves están enviando desde diferentes lugares.

⁹Proyecto NestWatch www.nestwatch.org

¹⁰Proyecto FeederWatch www.birds.cornell.edu/pfw/

¹¹Proyecto eBird <http://ebird.org>

2.2.2. Fenología

En este contexto destaca el proyecto *Monarch Watch*¹², creado en 1992 por la Universidad de Kansas. Es un programa educativo de extensión a la comunidad que trabaja con escolares y profesionales no científicos, y cuyo objetivo es recoger datos sobre la migración de la mariposa monarca y la conservación de su hábitat. Ya son más de 2000 escuelas, centros naturales, y otras organizaciones en los Estados Unidos y Canadá. Se estima que hay más de 100.000 estudiantes y adultos participando en las actividades de clasificación cada otoño. El sitio web contiene gran cantidad de datos sobre la mariposa monarca que pueden usarse en diversos proyectos. Los estudiantes pueden comparar los tiempos de migración de la mariposa en su zona con los de otras regiones.

El proyecto Monarch Larva Monitoring comenzó en 1997 en la universidad de Minnesota y su objetivo es involucrar a la ciudadanía en recolectar datos que ayuden a explicar la distribución de las mariposas monarcas en América del Norte.

*Nature Watch*¹³ engloba una serie de proyectos de monitoreo ecológico. El primero de ellos, *Frogwatch* es una organización de voluntarios para la observación de ranas, *PlantWatch* para el estudio de las plantas, *WormWatch* para concienciar sobre la ecología del suelo y, por último, *Ice Watch* para ayudar a entender el cambio climático.

2.2.3. Paleontología

En este área, las colecciones de fósiles aportadas por aficionados han supuesto importantes contribuciones para encontrar nuevas especies. En 1983, el inglés William Walker, buscador de fósiles aficionado, descubrió los fósiles de una especie de dinosaurios hasta ese momento desconocida. Más tarde, esta especie se denominó *Baryonyx walkeri*, en honor a su descubridor.

En 1990, una paleontóloga aficionada, Susan Hendrickson, descubrió el mayor y más completo *Tyrannosaurus Rex* hasta ahora encontrado (véase figura 2.9). Se le llamó Sue en su honor. Otro caso similar lo protagonizó Stan Sacrison, paleontólogo aficionado, que descubrió en 1987 el segundo *T. Rex* más completo, conocido como Stan.

Alan Dawn, geólogo aficionado y voluntario en un museo, mientras guiaba un viaje por Peterborough, Inglaterra, encontró huesos de 150 millones de años que resultaron formar un esqueleto casi completo de un reptil marino carnívoro de 9 pies de longitud. Al reptil le pusieron *Pachycostasaurus dawnii* en su honor [Dawn, 1997].

No son casos aislados, si no que a lo largo de la Historia son muchos los aficionados que han contribuido con el descubrimiento de otras especies.

2.2.4. Arqueología y Espeleología

Si se repasa la historia, los aficionados también han realizado importantes descubrimientos en el área de la Arqueología y la Espeleología. Tradicionalmente los arqueólogos aficionados han tenido un papel dominante en la Arqueología y cuentan con numerosas ventajas sobre los profesionales. La mayor ventaja es el tiempo que disponen para planificar, trabajar, pensar,

¹²Proyecto Monarch Watch www.monarchwatch.org

¹³Proyecto NatureWatch www.naturewatch.ca



Figura 2.9: *Sue*, el mayor Tyrannosaurus Rex jamás encontrado, hallado por una paleontóloga aficionada

analizar y sintetizar. Y además siempre trabajan en una localidad específica, por lo que adquiere un conocimiento local de los problemas y de las tierras.

Durante 25 años, un arqueólogo aficionado llamado Cor Schipper estuvo buscando bajo el agua las ruinas del castillo Hulckesteijn (1427-1538), en Holanda. En el año 1983 utilizó un equipo Sonar pero no tuvo éxito. Ha sido recientemente cuando lo ha encontrado escaneando imágenes de satélite de la aplicación Google Earth¹⁴, en las coordenadas 52°14'57 N, 5°25'23 E.

2.2.5. Microscopía

En este campo destacan las aportaciones de Anton van Leeuwenhoek. Este aficionado apenas obtuvo formación científica, pero fue su curiosidad la que le llevó a formarse por sí mismo. A lo largo de su vida construyó alrededor de 550 microscopios y fue conocido por las mejoras que introdujo en su fabricación. Se le atribuyen descubrimientos pioneros sobre los protozoos, los glóbulos rojos, el sistema de capilares y los ciclos vitales de los insectos. Sus observaciones y experimentos le hicieron una autoridad internacional y en 1680 fue nombrado miembro de la Royal Society de Londres.

2.2.6. Medicina

El papel de los voluntarios para pruebas clínicas es esencial para la obtención de conocimientos acerca de los diferentes tratamientos, y muchas personas lo hacen simplemente para ayudar a que la medicina moderna progrese. En Internet también han surgido proyectos que requieren la participación de los ciudadanos para realizar estudios, y muchos otros donde los profesionales colaboran y comparten conocimiento sobre temas afines. A continuación se exponen algunos proyectos de medicina colaborativa.

El *Proyecto Genoma Humano*¹⁵ (1990-2003) consiguió determinar la secuencia correcta de tres mil millones de bases de ADN que forman la totalidad del genoma humano a partir de los datos de unos pocos voluntarios. Más adelante, el *Proyecto Internacional HapMap*¹⁶ (2002-2006) fue producido usando ADN de muestras de sangre procedentes de 269 voluntarios geográficamente distribuidos, y como resultado se publicó un catálogo de las variaciones más comunes del genoma humano.

¹⁴Proyecto Google Earth <http://earth.google.es>

¹⁵Proyecto Genoma Humano www.ornl.gov/sci/techresources/Human_Genome/home.shtml

¹⁶Proyecto HapMap www.hapmap.org

En 2008 se lanzó el *Proyecto de los 1000 Genomas*¹⁷, una iniciativa sin precedentes liderada por científicos para analizar el material genético de mil donantes anónimos de todo el mundo y de varias razas. Su objetivo es hacer disponible públicamente esta inmensa base de datos de forma gratuita a través de Internet para lograr el mayor detalle de la variación genética del ser humano. Si se consiguen las estimaciones del proyecto, se logrará 60 veces más información que la que se han depositado en las bases públicas de ADN en los últimos 25 años.

El *Proyecto Genoma Personal*¹⁸ (2005-) es una iniciativa lanzada por George Church, profesor de la Universidad de Harvard y del Instituto Tecnológico de Massachusetts en Estados Unidos. Él decidió poner accesibles en Internet la información de sus propias características junto con los resultados de la decodificación personal de su ADN. Los datos se analizaron y ahora se conocen públicamente una serie de enfermedades que padece. Church consiguió que otros nueve voluntarios, todos ellos relevantes personalidades del mundo de la genética, se sumaran a la idea con la ansiosa meta de construir una base de datos de 100.000 personas. Siguiendo la filosofía del resto de proyectos, todos los datos están disponibles públicamente para que los científicos puedan testear hipótesis y averiguar más sobre las relaciones entre la constitución genética de cada individuo, sus características visibles y el ambiente. El objetivo del proyecto es conseguir mejores herramientas para prevenir, diagnosticar y tratar enfermedades.

Un ejemplo de colaboración entre profesionales de la Medicina es *ArtroImagen*¹⁹, una nueva utilidad de la web 2.0, una base de imágenes sobre distintos problemas osteoarticulares subidas exclusivamente por los propios médicos y comentadas entre ellos. ArtroImagen pretende enseñar y fomentar el diálogo entre los médicos de cabecera y especialistas con el fin de mejorar el diagnóstico de las enfermedades del aparato locomotor. Además de su potencial docente, otro beneficio a destacar es evitar pruebas de imagen innecesarias, reduciendo la consecuente radiación.

*Neurocommons*²⁰ es un proyecto de la iniciativa Science Commons presentada al principio de la tesis, y pretende construir una plataforma de gestión del conocimiento de código abierto para la investigación biológica. Su objetivo final es que todo el conocimiento médico esté accesible de un modo sencillo y universal para que el que lo desee lo utilice como muestra para su investigación.

Hay opiniones a favor y en contra de este tipo de iniciativas debido a la confidencialidad de los datos y los problemas que podrían ocasionar a tales personas, pero a pesar de ello no cabe duda que estas iniciativas sumarán más conocimiento sobre las enfermedades humanas.

2.2.7. Astronomía

La Astronomía aficionada es una disciplina que ha supuesto una gran importancia en el desarrollo general de la Astronomía. Gran parte de los descubrimientos del espacio no sólo son realizados por astrónomos profesionales que trabajan en grandes observatorios. Supernovas y cometas, entre otras cosas, han sido captados por aficionados que, con un instrumental modesto, buenas técnicas y mucha paciencia, han logrado importantes avances astronómicos. La Astronomía es una ciencia al alcance de toda persona inquieta por saber más sobre el Universo, simplemente porque el material de trabajo, el cielo, está siempre disponible. Se pueden hacer seguimientos de planetas, observar las manchas solares, los cráteres lunares, cometas, estrellas que cambian su brillo, un amplio abanico de actividades para los aficionados. Hay numerosas ra-

¹⁷Proyecto de los 1000 Genomas www.1000genomes.org

¹⁸Proyecto Genoma Personal www.personalgenomes.org

¹⁹Proyecto ArtroImagen www.artroimagen.com

²⁰Proyecto Neurocommons <http://neurocommons.org>



Figura 2.10: Cometas Hyakutake (izda.) y Hale-Boop (dcha.)

zones por las que la gente se convierte en astrónomos aficionados. Muchos disfrutan de la belleza del cielo nocturno, algunos de la astronomía técnica y otros del compañerismo, pero su objetivo común es la atracción por el cielo y el deseo de entender el Universo.

Una gran ventaja es que los aficionados no tienen que cumplimentar propuestas de observación, ni contar con un alto nivel académico y ni siquiera poseer un telescopio o instrumentación caros. Su actividad fundamental es aprender a observar el cielo, saber qué está observando, registrarlos adecuadamente y de forma precisa, llevar un seguimiento de sus observaciones y, a ser posible, un registro gráfico ya sea con dibujos o fotografías.

Cincuenta o setenta años atrás, los aficionados pudieron contribuir mucho a la Astronomía, pero en la década de los 70 y 80, la tecnología de los telescopios aventajó tanto a los profesionales que la contribución de los aficionados fue escasa. Sin embargo, a partir de mediados de los 90, con la llegada de los chips CCD y los telescopios computarizados, volvieron a representar un importantísimo papel en este campo. Muchos de los descubrimientos y aportaciones a la Astronomía en el siglo XX han sido por parte de aficionados, de los que destacan: el descubrimiento de Plutón, los datos base de la Ley de Hubble, los pulsares, la supernova 1987A, cometas como el Hale-Boop, Hyakutake (véase figura 2.10), Shoemaker-Levy 9 y varios asteroides. Además, hasta el momento, poseen los récords de mayor número de cometas y supernovas descubiertos, en este último caso con telescopios de construcción casera.

Con el envío de sondas, satélites y telescopios al espacio, la cantidad de información astronómica crece a un ritmo vertiginoso. Los astrónomos profesionales no son suficientes para analizar la gran cantidad de información archivada y además suelen estar demasiado absorbidos por la enseñanza e investigaciones especializadas. Los astrónomos son conscientes y esta es una de las principales razones por las que cada vez hay más datos astronómicos a libre disposición en Internet. Los astrónomos necesitan la colaboración de los ciudadanos y llevan a cabo proyectos en Internet para involucrarles, puesto que haay numerosas puertas abiertas en las que los aficionados pueden contribuir como se verá a continuación.

Cientos de aficionados contribuyen al progreso de la ciencia con sus observaciones. Estos aficionados suelen vivir lejos, pero se conocen bien porque se comunican con frecuencia a través de listas de correo electrónico y participan en eventos astronómicos. Internet se ha convertido en el gran medio de comunicación entre los aficionados, la tecnología está avanzando tan rápido que un

aficionado puede observar objetos que hace diez años sólo estaban al alcance de los observatorios profesionales. Incluso, como se verá en el punto 2.4.3.1, existen observatorios astronómicos robotizados que se pueden utilizar a través de Internet. Astrónomos domésticos españoles formaron parte de la red de seguimiento del asteroide 2008 TC3 desde sus casas, con la particularidad de que era la primera vez que se conseguía determinar la hora y lugar del impacto antes de que se produjera [Astrónomos, 2009].

Hace unos años hubiera sido impensable, pero hoy en día ya es de lo más habitual, que la mayoría de los astrónomos aficionados posean sus propios espacios en Internet para hacer pública sus actividades astronómicas. Aunque dispersos geográficamente, publican sus galerías de fotografías, describen todo su entorno de trabajo, telescopio utilizado, lentes, algoritmos de procesamiento, tiempo de exposición, cámaras, procedimientos para la modificación de sus webcams, filtros, máscaras, etc. Esta información es consultada diariamente por otros muchos, intercambian opiniones y en muchos casos terminan formando comunidades virtuales. El aprendizaje continuo, ya sea individual o en comunidades, y la producción de conocimiento libre son importantes consecuencias de tan importante colaboración humana. Demuestra las crecientes iniciativas y capacidades de los aficionados en cuanto a adquisición y análisis de datos de alta calidad, auto-organización, formación de redes, e incluso en su participación activa en investigación.

La búsqueda de cometas es el campo que normalmente viene a la mente cuando se piensa en descubrimientos de aficionados. La humanidad tiene especial interés en los cometas desde tiempos remotos, y la devoción al descubrimiento de cometas tiene su origen hace muchos siglos. Desde la invención del telescopio, muchos individuos han dedicado sus vidas a ser los primeros en observar un nuevo cometa. Es el único descubrimiento que lleva eternamente el nombre del descubridor. Sin embargo, la búsqueda de cometas requiere una enorme dedicación, estos aficionados están dispuestos a estar todas las noches despejadas del año, desde el atardecer hasta pocas horas antes de amanecer, observando el cielo. Algunos han buscado durante años con poco éxito mientras que otros han encontrado varios y todos están de acuerdo en que la recompensa merece la pena.

Sin embargo, aún sin acceso a un equipo óptico, es posible descubrir un cometa con un ordenador y una conexión a Internet. Muchos de los cometas descubiertos han sido gracias a aficionados que usaron imágenes del Observatorio Solar y Heliosférico (SOHO) disponibles en la red. El SOHO es una sonda espacial lanzada en 1995 para estudiar el Sol. En Agosto de 2005 descubrió el cometa número mil, más de la mitad de cometas descubiertos a lo largo de la Historia. El Observatorio Rasante Virtual de Dave Evans (DVSO)²¹ le ha permitido a muchos astrónomos aficionados de todo el mundo descubrir nuevos cometas en línea, y a veces en tiempo real, utilizando las últimas imágenes del SOHO.

La búsqueda de supernovas también requiere dedicación. Al contrario que los cometas, las supernovas nuevas no llevan el nombre de su descubridor, pero como recompensa siempre son muy promocionados. La mayoría de los buscadores de supernovas trabajan con un plan organizado, observando numerosas galaxias y comparando lo que ven con fotografías y descripciones. Conseguir ser el primero en encontrar una supernova hace esta actividad muy competitiva y gratificante.

La observación de estrellas variables atrae a un gran número de aficionados. Estos disfrutan aportando sus medidas de períodos y magnitud aparente a la siempre creciente base de datos de conocimiento astronómico. Estas medidas después suelen ser utilizadas por astrónomos profesionales de todo el mundo. La mayor red global de estos observadores es la Asociación Americana

²¹Observatorio Rasante Virtual de Dave Evans www.coleshillastronomy.co.uk/comets/dvso.htm

de Observadores de Estrellas Variables (AAVSO)²², la cual coordina las observaciones de los tránsitos de planetas extra-solares. Gracias a sus más de 20 años de observaciones continuadas, el equipo del satélite Hipparcos contactó con AAVSO y echó mano de su base de datos. No sólo utilizó las curvas de luz que la asociación había obtenido, sino que hizo un programa para que participaran aficionados de todo el mundo contrastando observaciones.

Otra tarea donde los aficionados participan es la observación de estrellas dobles. Se estima que aproximadamente más de la mitad de estrellas están realmente en sistemas de estrellas múltiples. El modo que tienen los aficionados de contribuir es obtener datos de los periodos orbitales y la posición de estos sistemas. Para ello compran o se construyen micrómetros filares para medir la separación y el ángulo.

Los aficionados también observan las ocultaciones y recopilan información que se utiliza para determinar distancias, posiciones, órbitas, y otros datos. Otros se decantan por las observaciones lunares y planetarias, y a la mayoría de aficionados les gusta dibujar, fotografiar y registrar sus observaciones de la Luna y de los planetas. Como curiosidad, en la colisión del cometa Shoemaker-Levy con Júpiter los aficionados jugaron un papel importante recopilando observaciones visuales y fotográficas.

Hoy en día ya existen en Internet suficientes catálogos y observaciones científicas como para mantener ocupadas a cientos de personas. El archivo de imágenes del Telescopio Espacial Hubble es de acceso público y ya son muchos aficionados los que están analizándolos. El Observatorio Virtual (VO)²³ es un proyecto internacional que persigue el interconectar los archivos de los datos obtenidos por los equipos astronómicos, tanto terrestres como espaciales, junto con las herramientas de análisis y los servicios de computación necesarios para que formen un sistema integrado. La idea viene de los propios astrónomos profesionales, conscientes del enorme volumen de datos recopilado al cual se hace prácticamente imposible acceder. De esta forma alguien que quiera investigar sobre un determinado tema, tendrá al alcance de su mano todo el material disponible.

La primera versión del proyecto *Galaxy Zoo* se lanzó en Julio de 2007. Un grupo de astrónomos profesionales pusieron casi un millón de imágenes de galaxias a disposición público, tomadas con un telescopio robótico del *Sloan Digital Sky Survey*²⁴. Los astrónomos solicitaban ayuda para clasificar estas galaxias según su forma, una tarea en la que, según explican en su portal web, el cerebro humano es mejor reconociendo patrones que un ordenador, además los astrónomos profesionales no tienen suficiente tiempo para realizar estas tareas en un corto espacio de tiempo. Resumidamente, los astrónomos realmente quieren entender qué clases de galaxias hay, cómo se forman y los procesos que las han cambiado, es decir, hacer ciencia. El proyecto ofrece una interfaz muy sencilla e intuitiva a través de la cual los usuarios siguen las instrucciones requeridas para hacer el proceso. La iniciativa tuvo un gran aforo, con casi 150.000 personas y más de 50 millones de clasificaciones recibidas en el primer año, y 70.000 clasificaciones por hora en las primeras 24 horas del lanzamiento, lo cual superaba con creces la estimación de dos años prevista por el equipo científico para hacer el mismo trabajo. Muchos proyectos están utilizando esos datos obtenidos y ha sido útil para publicar artículos y para conseguir tiempo de observación en telescopios profesionales para seguir muchos de los descubrimientos obtenidos en *Galaxy Zoo* [Land et al., 2008]. La versión *Zoo 2* ya ha sido lanzada con nuevos hitos en manos de la ciudadanía.

²²Asociación Americana de Observadores de Estrellas Variables www.aavso.org

²³Alianza Internacional del Observatorio Virtual www.ivoa.net

²⁴Proyecto The Sloan Digital Sky Survey www.sdss.org

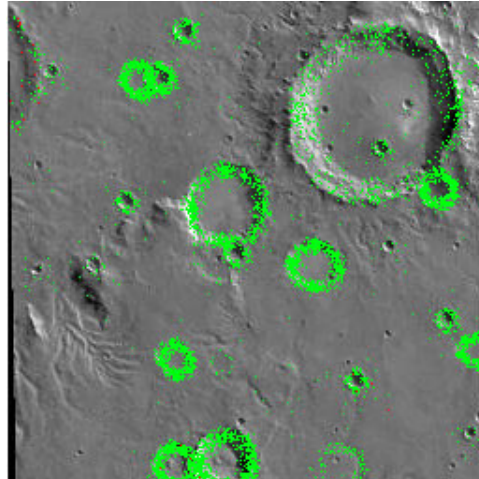


Figura 2.11: Píxeles que seleccionaron los *clickworkers* para definir los cráteres

La NASA²⁵ dedica numerosos proyectos a la participación y a la educación de los ciudadanos en el campo de la astronomía. Uno de sus proyectos fue *Clickworkers*²⁶ (2000-2001), en el cual los voluntarios tenían que clasificar los cráteres de Marte. Esta tarea requería la percepción humana y el sentido común, no un gran conocimiento científico. La figura 2.11 muestra los resultados de una de sus tareas. Otro proyecto similar es *Stardust@Home*, que invita a los internautas a ayudar en la búsqueda de granos de polvo interestelar capturados por su nave espacial Stardust. Previamente los participantes tienen que realizar un test de prueba para ver si es apto. En caso de serlo, se registra en el sistema y a través de un microscopio virtual realizan las tareas de detección de polvo interestelar. La decisión de si una imagen ha de pasar a analizarse depende de un proceso de verificación en base a las opiniones de los voluntarios.

2.2.8. Radioafición

Los primeros pasos de la electrónica y de la radio los realizaron los radioaficionados, siendo Hertz y Marconi los pioneros. Fueron los protagonistas de descubrir los comportamientos de propagación de distintos segmentos del espectro radial. Y también contribuyeron al desarrollo de la tecnología de la electrónica con sus investigaciones y experimentación.

Los radioaficionados son personas autorizadas por el gobierno de su país para transmitir en determinadas bandas y modalidades, con fines de comunicación personal y de investigación técnica, sin ánimo de lucro y sin interés por competir con otros servicios de telecomunicaciones [Skoric, 2004]. El interés por la radioafición no tiene restricciones en cuanto a edad, sexo, raza, religión, política, ocupación o nivel social. Según un informe²⁷ del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio (MITYC), España contaba con 33.298 licencias de radioaficionados a fecha de 31 de Diciembre de 2008, mientras que a nivel mundial destaca Estados Unidos con 667.353 en Marzo de 2009, o Japón con 498.890 en Septiembre de 2008²⁸. Desde sus inicios, los radioaficionados han colaborado en muchos campos y sobre todo en los casos de desastres nacionales como huracanes, tormentas, inundaciones, terremotos, atentados terroristas, accidentes aéreos, ferroviarios y des-

²⁵Página de colaboración de la NASA www.nasa.gov/collaborate/

²⁶Proyecto Clickworkers: <http://clickworkers.arc.nasa.gov>

²⁷Informe extraído de <http://www.mityc.es/telecomunicaciones/Espectro/radioaficionados>

²⁸Estadísticas extraídas de www.ah0a.org



Figura 2.12: Antena de radioaficionado

gracias de todo tipo en donde las comunicaciones regulares se ven interrumpidas [Rollema, 2004]. Estos aficionados prestan sus equipos desinteresadamente y siempre están dispuestos a ayudar con su tecnología y habilidad personal. Son conscientes de su deber y responsabilidad de aportar las comunicaciones de emergencia ante cualquier catástrofe y suelen entrenarse para estar bien preparados. Muchas personas en el mundo le deben su vida a la radioafición gracias a una rápida comunicación entre radioaficionados. Así, por ejemplo, han conseguido llegar medicinas y ayudas médicas a lugares remotos. También colaboran en sitios o circunstancias donde las comunicaciones comerciales no llegan: zonas rurales, parques naturales, desiertos, etc.

En 1960 en California, EE.UU., un grupo de radioaficionados formaron el proyecto OSCAR (Orbital Satellite Carrying Amateur Radio). Fueron los responsables de diseñar y construir el primer satélite no gubernamental, conocido como OSCAR-1, el cual fue lanzado al espacio por la NASA en 1961. De ahí en adelante construyeron cinco satélites más, aunque de corta duración, experimentales y de órbita baja.

En 1969 se fundó en Washington, EE.UU., la entidad AMSAT (The Radio Amateur Satellite Corporation)²⁹. Esta corporación unió formalmente a los radioaficionados del mundo interesados en las comunicaciones espaciales para construir y operar más satélites. Con el paso de los años muchos países han formado sus propias asociaciones afiliadas a AMSAT para la actividad satelital amateur.

Ha sido tanto el avance que, tanto en la estación espacial MIR como en los transbordadores espaciales, se han implementado estaciones de radioaficionados de lo más variopinto: audio, vídeo, televisión de barrido lento, etc. De ese modo se ha logrado que los astronautas puedan contactar tanto con diferentes radioaficionados de todo el mundo, como con sus familias y amigos.

²⁹The Radio Amateur Satellite Corporation (AMSAT) www.amsat.org

En todos los países los radioaficionados se dividen por categorías. La categoría determina las limitaciones para el uso de las bandas, potencias y modos de transmisión. Todo radioaficionado obtiene la licencia para la categoría inicial y tiene la posibilidad de ir escalando posiciones hacia las otras categorías. Para escalar dentro de las categorías inferiores es necesario aprobar un examen teórico-práctico. Para subir a las más altas se requiere, además de antigüedad en las categorías inferiores, demostrar una participación destacada como radioaficionado, ya sea por medio de publicaciones, la participación en concursos de los radioclubes, etc. La más preciada de las categorías es sin duda la denominada especial, que se utiliza como distinción honorífica.

Los radioaficionados se envían unos a otros tarjetas QSL. Una tarjeta QSL es una tarjeta postal que las emisoras de radio envían a los oyentes que han remitido un informe de recepción correcto. El anverso suele llevar un distintivo de la emisora, imágenes del país donde se encuentra y otros detalles. El reverso contiene un texto con el acuse de recibo del informe de recepción, sus datos fundamentales (hora, día, frecuencia, etc.), así como agradecimientos por el interés del oyente en mejorar la sintonización de la emisora. Algunas emisoras, junto con la tarjeta QSL, envían regalos tales como banderines, guías del país o población donde se encuentra ubicada, material publicitario, etc.

Además de ser objetos de colección, los radioaficionados las utilizan como prueba material de la existencia de un contacto. Uno de los retos del radioaficionado es conseguir el mayor número de tarjetas QSL y disponer las de las emisoras más difíciles de sintonizar debido a su distancia o a la escasa potencia en su emisión. Estas tarjetas les sirven para obtener diplomas y puntos en concursos.

Los diplomas es uno de los aspectos competitivos de la radioafición. Los radioclubes de todo el mundo premian los diferentes logros de los aficionados y expiden un gran número de diplomas y listas de honor. Los diplomas tienen diferente prestigio según la dificultad que presenten. El más conocido de todos es el DXCC, cuyo requisito para obtenerlo es que el candidato haya contactado al menos con cien países. Esto ya no resulta muy difícil, pero sí lo es aparecer en la Lista de Honor del DXCC, donde la clasificación la lideran radioaficionados con más de 350 países contactados.

También hay asociaciones que organizan concursos donde se puede participar individualmente o por equipos. Estos concursos pueden consistir, por ejemplo, en lograr la mayor cantidad de contactos con un determinado país o continente o con el mayor número de países diferentes. En este contexto surgen además expediciones a lugares donde apenas hay actividad radioeléctrica. De ese modo se aseguran que el resto de los concursantes tengan mucho interés en comunicar con ellos ya que les proporciona una cantidad importante de puntos y una clasificación de privilegio.

Los radioaficionados trabajan gratis y sus descubrimientos los publican abiertamente. Esta devoción no pasa desapercibida por la comunidad científica internacional y desde siempre les ha prestado su colaboración. Por ejemplo, la NASA proporciona a los radioaficionados el acceso a los datos orbitales de los satélites. Cada semana, toda persona que lo desee puede recibir información relativa a uno o a varios satélites. Para ello únicamente hay que conectar con sus servidores especializados, accesibles a todos vía radio o Internet.

Existe un programa educativo, denominado ARISS (Amateur Radio aboard the International Space Station)³⁰, encargado de programar contactos por radio entre estudiantes de todo el mundo y los astronautas de la NASA, mientras estos orbitan la Tierra. El objetivo de ARISS es divulgar las diferentes técnicas espaciales a la sociedad, y a la juventud en particular. Los colegios deben

³⁰Amateur Radio aboard the International Space Station www.ariss-eu.org

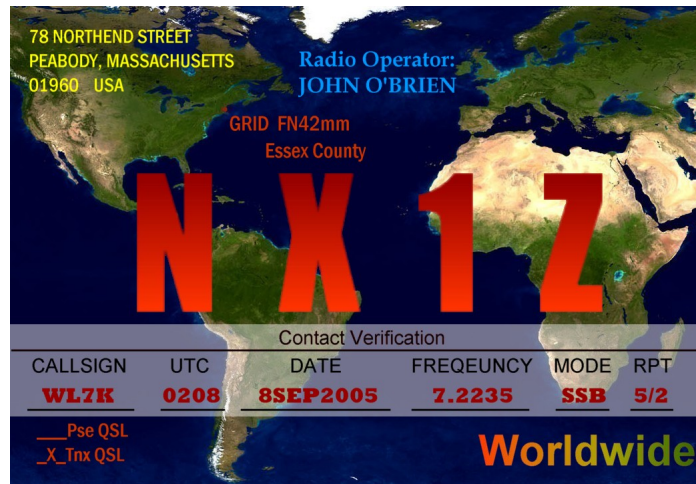


Figura 2.13: Una tarjeta QSL de radioafición

acreditar un cierto grado de tecnología para instalar la antena y demostrar un gran dominio del inglés. Esta metodología de trabajo en colaboración demuestra cuáles pueden ser los resultados del esfuerzo colectivo cuando se opta por agruparse en radioclubes o instituciones afines.

2.2.9. Computación voluntaria

Hay técnicas de investigación que requieren una enorme potencia de cálculo, mucho mayor que los recursos disponibles en los últimos supercomputadores, que además resultan ser extremadamente caros y sólo están disponibles para aplicaciones que pueden permitirse el lujo de pagarlos. A esto se le une que la capacidad y el rendimiento de la mayoría de los ordenadores personales no se aprovechen al 100 %. Esta capacidad libre es la que los científicos han pensado aprovechar, recurriendo a la computación distribuida como la única solución práctica en muchas ocasiones. La computación distribuida consiste en combinar la potencia de miles de ordenadores personales para resolver complejos problemas. Esto implica paralelizar los problemas en otros más sencillos y distribuirlos entre varios procesadores, aunque no siempre es una solución conveniente y dependerá en gran medida de la naturaleza de los problemas que se quieran tratar.

La computación voluntaria es un acuerdo por el cual voluntarios proporcionan sus recursos de computación a proyectos dirigidos por científicos que investigan, los cuales utilizan estos recursos para almacenamiento y/o computación distribuida [Taufer et al., 2006, Taufer et al., 2007]. Los voluntarios son habitualmente miembros del público general quienes prestan sus ordenadores conectados a Internet. Organizaciones, tales como escuelas y negocios, pueden además ofrecer el uso de sus computadoras. Los proyectos son típicamente académicos y hacen investigaciones científicas, pero hay excepciones, como el caso de dos de los mayores proyectos que no son académicos, *GIMPS*³¹ (Great Internet Mersenne Prime Search) funcionando desde 1996 y *distributed.net* fundado en 1997.

La computación voluntaria es importante por varias razones:

- Dado el enorme número de ordenadores en el mundo, la computación voluntaria proporciona más poder de cómputo a la ciencia que otro tipo de computación. Esto hace posible

³¹Proyecto GIMPS www.mersenne.org

investigación científica que no podría ser hecha de otro modo.

- El poder de la computación voluntaria no se puede comprar, debe ganarse. Un proyecto de investigación que tiene financiación limitada pero gran expectación pública puede obtener enorme capacidad de cómputo.
- Motiva el interés público por la ciencia, y proporciona al público voz en determinar las direcciones de la investigación científica.

Hay varios aspectos de la relación proyecto/voluntario que merecen la pena mencionar. Los voluntarios son anónimos; aunque se requiera que se registren y den su email u otra información no hay modo de que el proyecto les vincule con su identidad real. Debido a su anonimato, los voluntarios no tienen ninguna responsabilidad. Si algún voluntario actúa mal en algún sentido, por ejemplo, devolviendo intencionadamente resultados de computación incorrectos, el proyecto no puede procesar ni castigar al voluntario. Por su parte, los voluntarios deben confiar en los proyectos en varios sentidos: 1) el voluntario confía en que el proyecto proporcione aplicaciones que no dañen su ordenador o invadan su privacidad; 2) el voluntario confía en que el proyecto sea sincero con el trabajo que está haciendo con sus aplicaciones, y cómo se usará la propiedad intelectual resultante; 3) el voluntario confía en que el proyecto siga las prácticas adecuadas de seguridad, de modo que nadie use el proyecto como un vehículo de malintencionadas actividades.

Proyecto BOINC

BOINC³² es uno de los proyectos más populares de computación voluntaria [Anderson, 2004, Anderson y Reed, 2009]. BOINC es una plataforma que permite donar el tiempo libre de un ordenador para que proyectos científicos lo utilicen. Cualquiera con un ordenador puede participar instalando un programa gratuito y conectarse a tantos de esos proyectos como desee.

Hasta hace poco había muchos programas de computación distribuida. Estos programas aprovechan los momentos en que el ordenador no hace nada para realizar cálculos. El problema es que al haber sido desarrollados independientemente, el usuario no puede ejecutar dos a la vez porque compiten entre ellos por aprovechar los momentos libres del procesador y, en consecuencia, baja el rendimiento considerablemente. La Universidad de Berkeley de California pensó que sería buena idea desarrollar un sistema en el que dos o más proyectos pudieran compartir un ordenador y repartirse el tiempo de proceso disponible. Además esto permitiría que si, en un momento dado, un proyecto no enviara datos suficientes a los usuarios, otros proyectos podrían seguir procesando automáticamente, es decir, sin necesidad de intervención del usuario. Con esta idea nació el proyecto BOINC (Berkeley Open Infrastructure for Network Computing) en 1999 y sus estadísticas son fascinantes, alcanzando los 1.513,465 TeraFLOPS, como se puede ver en la tabla 2.7 a fecha de abril de 2009.

BOINC puede dar soporte a aplicaciones que requieren computación y/o almacenamiento elevados. El principal requisito de la aplicación es que sea divisible en un gran número de trabajos independientes. Otro aspecto no menos importante para captar un mayor número de voluntarios es que parezca interesante y merezca la pena su contribución. Algunas características de BOINC se resumen a continuación:

- Se distribuye bajo la licencia GNU LGPL (Lesser General Public License) aunque, sin embargo, las aplicaciones BOINC no tienen por qué ser de código libre.

³²Proyecto BOINC <http://boinc.berkeley.edu>

	Total	Activos
Equipos	3.974.896	518.438
Usuarios	1.657.323	287.524
Grupos	81.312	26.766
Países	249	235
Crédito total	100.022.909.769	
Crédito medio reciente	151.346.533	
Media operaciones coma flotante por segundo	1.513,465 TeraFLOPS	

Tabla 2.7: Estadísticas del proyecto BOINC(<http://boincstats.com>)

- Los voluntarios pueden participar en múltiples proyectos; controlan a cuáles contribuir y cómo dividir sus recursos entre tales proyectos.
- Los usuarios pueden especificar límites del uso de disco y ancho de banda.
- Proporciona herramientas basadas en web, tales como perfiles de usuario y mensajería privada, que motivan a los voluntarios a formar comunidades en línea.
- Está disponible para la mayoría de sistemas operativos.
- Publica interfaces de programación para que otros desarrolladores creen software y sitios web que extiendan el uso de BOINC.

Gracias a la participación de miles de voluntarios, BOINC es el supercomputador virtual más potente del mundo, superando en rendimiento al mayor supercomputador tradicional del mundo en la actualidad, el *Roadrunner* de IBM, el cual alcanza un rendimiento de 1.105 TeraFLOPS y un pico de 1.456,704 TeraFLOPS según las estadísticas de Abril de 2009 publicadas en la web de los mejores 500 supercomputadores³³.

*SETI@Home*³⁴ es un experimento científico que utiliza ordenadores conectados a Internet para la búsqueda de inteligencia extraterrestre analizando ondas de radio captadas con radio-telescopios en busca de un patrón. *Einstein@Home*³⁵ es un proyecto desarrollado para explotar los datos del Laser Interferometer Gravitational wave Observatory (LIGO) en busca de señales procedentes de las estrellas de neutrones en rápida rotación. *ABC@Home*, *BBC Climate Change*, y así se pueden encontrar hasta más de 50 proyectos activos que utilizan BOINC y que requieren grandes cantidades de cómputo para el descifrado del genoma, la lucha contra el cáncer, estudiar el calentamiento global, etc.

Créditos. El servidor de cada proyecto BOINC mantiene el total de trabajo realizado por cada usuario, es lo que se llama *crédito*, y se calcula en función del tiempo de proceso que ha requerido su ordenador. El servidor envía cada unidad de trabajo al menos a un par de clientes, los cuales

³³Web de los 500 mejores supercomputadores www.top500.org

³⁴Proyecto SETI@Home <http://setiathome.ssl.berkeley.edu>

³⁵Proyecto Einstein@Home <http://einstein.phys.uwm.edu>

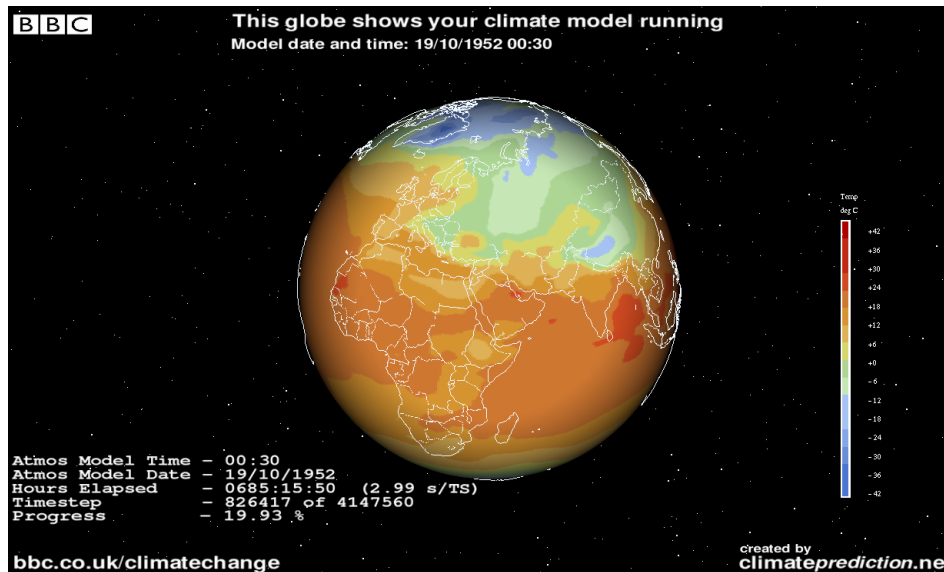


Figura 2.14: Salvapantallas de *Climateprediction.net* bajo la plataforma BOINC

realizan los cálculos y devuelven un resultado al servidor, solicitando además una cantidad de crédito basada en el tiempo de procesador utilizado. Cuando al menos dos resultados han sido devueltos al servidor, éste los compara y, si son válidos, los usuarios reciben el crédito. Puede darse el caso de que existan retrasos entre que un ordenador envía el resultado y el servidor le da el crédito, pero toda la información relativa al número de crédito concedido o pendiente se puede consultar en la cuenta del usuario. La figura 2.15 muestra la distribución de créditos de los diferentes proyectos de BOINC, destacando considerablemente el proyecto SETI@Home.

Comunidad. En BOINC existe la posibilidad de formar equipos. Un equipo no es más que un conjunto de personas procesando datos para un mismo proyecto y se agrupan por diversas razones: son un grupo de amigos, personas de un mismo país, gente con intereses parecidos sobre un tema, equipos que buscan ser los que más datos procesan, etc. Pertenecer a un grupo no implica perder la identidad ni estar obligados a pertenecer a un mismo proyecto para siempre. Los créditos se suman a los del resto de miembros del equipo, pero en el momento en que uno lo abandone, sus créditos van con ellos y se restan del crédito acumulado del equipo. Un usuario sólo puede pertenecer a un equipo y cualquiera puede fundar un equipo. El fundador del equipo tiene los siguientes privilegios: acceder al email de los miembros del equipo, editar el nombre y descripción del equipo, quitar a miembros del equipo y disolver un equipo siempre que no tenga miembros. Las estadísticas de los equipos son públicas, por lo que se puede consultar su descripción, un enlace al sitio web, los miembros, el crédito total acumulado por todos sus miembros, el crédito reciente medio, el nombre del fundador y otros datos de interés.

El usuario puede definir su perfil indicando, entre otras cosas: asuntos personales (escribir sobre uno mismo, intereses, procedencia, edad); pensamientos y reflexiones sobre el proyecto (por qué usa el proyecto, sugerencias); y un avatar. Existe una sección de preferencias que permite al usuario modificar el comportamiento de BOINC y de los proyectos a los que pertenezca. En las preferencias generales se especifica cómo y cuándo BOINC puede usar el ordenador. Esta configuración está dividida en utilización del procesador, del disco y memoria y de la red. Por otra parte se pueden establecer las preferencias de cada uno de los proyectos, indicando qué recursos utilizará cuando haya más proyectos funcionando y ofrece gráficas del análisis de las

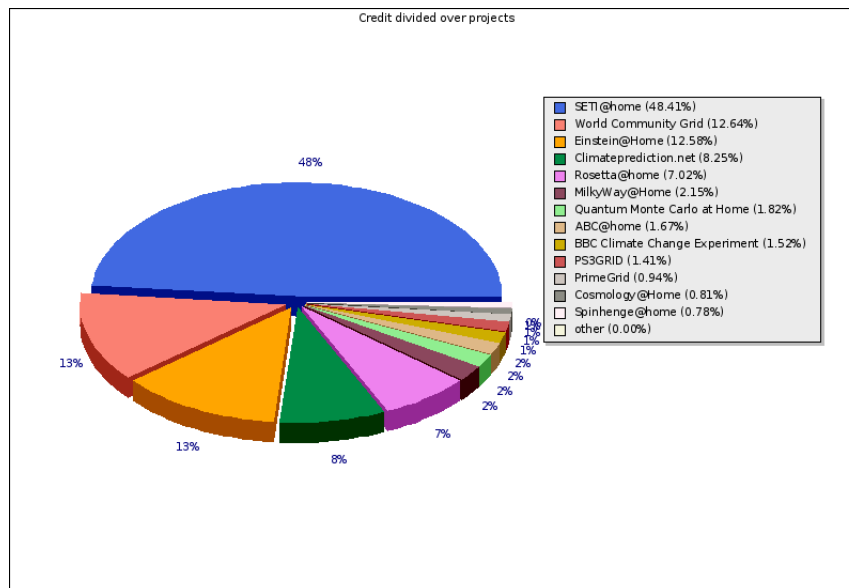


Figura 2.15: Distribución de créditos entre los proyectos que utilizan BOINC

unidades. Finalmente se puede acceder a las preferencias de los foros. Hay una sección que resume el trabajo realizado, es decir, las estadísticas del usuario: la fecha desde la que es usuario, el crédito total, las unidades que ha procesado bajo los diferentes proyectos, las horas de CPU utilizadas y algunos datos más.

A modo de curiosidad decir que todos los días en la página principal de cualquiera de los proyectos aparece una sección dedicada al "*usuario del día*", donde cada día se selecciona al azar uno de los miembros del proyecto. El usuario aparece junto con su avatar y una breve descripción. Se pueden consultar las estadísticas de su participación en los diferentes proyectos, los mensajes enviados al foro, e incluso se le puede enviar un email privado.

2.3. Web 2.0

Este capítulo trata de explicar qué es el movimiento denominado Web 2.0, los conceptos fundamentales y los diferentes servicios de esta revolución.

En 2004, Tim O'Reilly, fundador y presidente de la editorial O'Reilly Media e impulsor del software libre, introdujo el concepto de Web 2.0 durante una conferencia [O'Reilly, 2004]. Este término se usa para describir un fenómeno en Internet cuya principal característica es la incesante aparición de nuevas aplicaciones web que están haciendo que los usuarios cambien el modo de entender y de usar Internet. Este nuevo concepto hace que la Web se entienda como un sistema de conocimiento compartido y no sólo como un almacén de datos. Se sustituye pues el concepto de Web de lectura por el de Web de lectura-escritura. La aparición de la Web 2.0 ha hecho que la web tradicional se conozca como Web 1.0. La Tabla 2.8 recoge una breve comparativa entre estos dos conceptos.

La Web 2.0 se enfoca principalmente en el usuario y en las comunidades de usuarios. Engloba un conjunto especial de servicios y conceptos resumidos en la figura 2.16, los cuales aumentan las nuevas posibilidades que ofrecen las últimas herramientas tecnológicas, fomentando la co-



Figura 2.16: Mapa de conceptos de la Web 2.0

laboración y el intercambio ágil de información entre los usuarios de Internet. La Web 2.0 ha aprovechado los estándares para una mejor reutilización del código, ha simplificado la usabilidad del sitio web y ha facilitado la publicación, la investigación y el acceso a contenidos web. Las principales características de la Web 2.0 son las siguientes:

Participación y compartición. La Web 2.0 fomenta la participación. Según dice O'Reilly, la Web 2.0 se basa en una "*arquitectura de participación*" y hay que implicar a los usuarios implícita y explícitamente para añadir valor a la aplicación. Por tanto, las aplicaciones deben estar orientadas a los usuarios, permitiéndoles que actúen y no sean visitantes pasivos. El usuario debe poder añadir su propio contenido, compartirlo y en ocasiones llevarse algún tipo de recompensa por ello, por ejemplo, a modo de dinero en *Google Adsense* o el karma de *Menéame*.

Inteligencia Colectiva. El término *inteligencia colectiva* se ha utilizado desde hace décadas, antes de Internet, para denominar al proceso de recoger datos de diferentes grupos de gente, combinarlos y analizarlos [Segaran, 2007]. Una de las casos más básicos de inteligencia colectiva es una encuesta o censo. Recoger respuestas de un grupo grande de gente permite extraer conclusiones estadísticas sobre el grupo. Construir nuevas conclusiones a partir de contribuciones independientes es la base de la inteligencia colectiva.

La inteligencia colectiva se ha convertido más popular e importante con la llegada de las nuevas tecnologías. La capacidad de recoger información de miles e incluso millones de personas en línea ha abierto nuevas posibilidades. De hecho, uno de los principios de la Web 2.0 es aprovechar el poder de Internet para explotar la inteligencia colectiva [Klein, 2007, Pentland, 2006]. He aquí algunos de los ejemplos más conocidos: Amazon se sirve de la inteligencia colectiva para realizar

	Web 1.0	Web 2.0
Modo	Lectura	Lectura/escritura / Publicación
Unidad mínima de contenido	Página	Mensaje / Artículo
Estado	Estático	Dinámico
Modo de visualización	Navegador	Navegador, Lector RSS
Acceso a la información	Página a página	Sindicación RSS/ATOM
Arquitectura	Cliente/Servidor	Servicios Web
Editores	Webmasters	Todos
Protagonistas	Geeks	Aficionados

Tabla 2.8: Comparativa de Web 1.0 y Web 2.0

un sistema de recomendación de libros en base a las opiniones de los usuarios. Ebay lo hace en base a las opiniones de los compradores. Google utiliza la información de millones de páginas para proporcionar información y conocimiento útil a las búsquedas de los usuarios. Wikipedia ha sabido aprovechar el conocimiento de la gente para realizar la mayor enciclopedia de la historia. Y así se podrían contabilizar cientos de proyectos.

Beta perpetua. La idea del software libre “*libera pronto y frecuentemente*” ha derivado en otra postura, la “beta perpetua”, en la cual se desarrolla continuamente incorporando nuevas funcionalidades mensual, semanal e incluso diariamente. En el caso de Flickr declaró que ellos desplegaban nuevas funcionalidades hasta cada media hora. Evidentemente esto revela un modelo de desarrollo totalmente diferente a cualquiera anterior. El hecho de que una aplicación está en versión beta lleva un mensaje implícito muy colaborativo. Por un lado, el usuario puede utilizar la aplicación antes de que esté acabada totalmente. Y, a cambio, el usuario puede dar su opinión y comprender que puede haber fallos. No es casualidad que Gmail, Google Maps, Flickr y similares sigan siendo “betas” después de años. La supervisión en tiempo real del comportamiento de los usuarios para detectar qué funcionalidades nuevas se utilizan y cómo, es una de las claves para el éxito de estos sitios.

Marketing viral. Muchas de las Webs 2.0 recurren al *marketing viral* para promocionarse, webs como eBay y Facebook [Ermecke y Mayrhofer, 2009, Lam y Wu, 2009]. Esto quiere decir que la promoción la hacen los propios usuarios, es el “boca a boca” a través de medios electrónicos. Un ejemplo de ello es Gmail. Google no necesitó nunca una campaña publicitaria de su servidor de correo, los propios usuarios corrieron la voz de las cualidades del servicio y enviaban invitaciones a sus conocidos, imprescindibles para adquirir una cuenta de correo.

La larga cola. La *larga cola*, en inglés *The Long Tail*, es un término que sirve para representar una de las características de la Web 2.0 [Anderson C., 2006]. Es un nombre informal que se le da a las distribuciones estadísticas de Pareto, como la de la figura 2.17, las cuales se caracterizan por una amplia frecuencia de población (en color verde) seguida de una baja frecuencia (en color amarillo) que va decreciendo progresivamente. Esta idea hace referencia a que los sitios web pequeños constituyen la gran mayoría del contenido del Internet, es decir, *la larga cola*

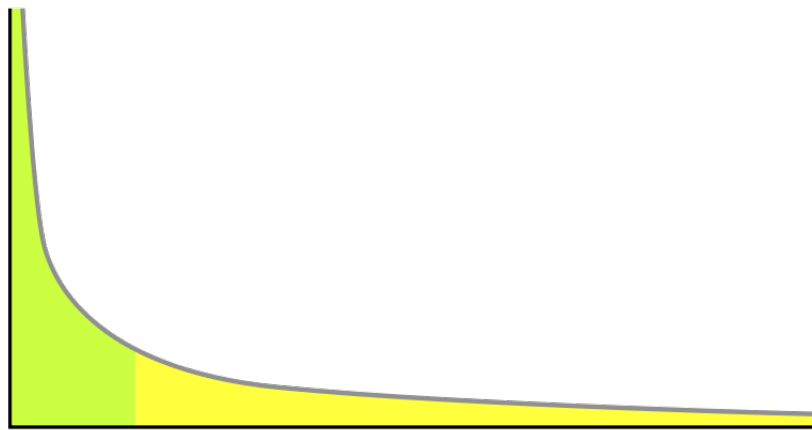


Figura 2.17: Distribución de Pareto denominada "larga cola".

[Hoyer et al., 2008, Ling-Ling et al., 2009]. Mientras que los sitios más exitosos y populares son unos pocos, *la cabeza*. Sin embargo, la Web 2.0 y la extensión de Internet a la sociedad, ha hecho que toda esta larga cola sea visible también.

A continuación se tratan de explicar los máximos exponentes de esta revolución: redes sociales, meritocracia, sistemas de colaboración y recomendación, blogs, wikis, folcsonomías, y sindicación de contenidos.

2.3.1. Redes sociales

Una red social se define como "una estructura social que se puede representar en forma de uno o varios grafos en el cual los nodos representan individuos (a veces denominados actores) y las aristas relaciones entre ellos. Las relaciones pueden ser de distinto tipo, como intercambios financieros, amistad o rutas aéreas, conflictos, entre otras". Son aplicaciones que amplían las posibilidades de comunicación y conexión entre personas. Las redes sociales abarcan tres ámbitos, las denominadas "3Cs": comunicación (ayudan a poner en común conocimientos), comunidad (ayudan a encontrar e integrar comunidades) y cooperación (ayudan a hacer cosas juntos).

Las redes sociales permiten ayudar a encontrar trabajos, amistades o socios, compartir intereses, aficiones, entre otras muchas cosas. El problema de las redes sociales en el mundo virtual es que la mayoría de las conexiones entre las personas no se ven. Sin embargo, han aparecido sitios web que ayudan a considerar las conexiones que permanecen ocultas. De ese modo es muy sencillo que un usuario vea qué es lo que conocen sus amigos y, respectivamente, qué conocen las amistades de estos. Esto soluciona el verdadero problema de oportunidades que han permanecido ocultas.

El primer software social fueron las listas de correo que permitían conectar a muchas personas al mismo tiempo y los juegos de rol en línea, denominados MUDs (Multi User Dungeon), que permitían a muchos internautas participar en el mismo juego. Ahora la diferencia es que el software social está al alcance de cualquiera, aún sin tener conocimientos técnicos. Algunos ejemplos de software social son los sistemas de filtrado, como los basados en la reputación (Menéame.net), los sistemas de contactos profesionales (LinkedIn), sistemas de publicación colectiva (blogs y wikis),

sistemas de contactos personales (Match.com, Tuenti, Facebook) y sistemas de edición colectiva de documentación (Wikipedia).

Las redes sociales se pueden representar como grafos en términos de nodos, actores individuales, y vértices, enlaces o relación entre actores. La figura 2.18 corresponde a la visualización global de las conexiones de una red social. Actualmente el análisis de las redes sociales es un amplio campo de investigación (predecir comportamientos, visualización, análisis dinámico, metodologías, etc) [Ortega et al., 2008, Ortega et al., 2009].

Muchas veces el poder del sitio web está en mano de sus redes sociales. Facebook se ha convertido en un buen ejemplo de democracia digital marcada por sus usuarios [Facebook, 2009]. Facebook, tras cambiar los términos de uso del sistema, donde daba a entender que Facebook sería la propietaria en exclusiva de todos los contenidos subidos y compartidos por los usuarios, la comunidad de usuarios lo denunció y a los pocos días su creador anunció la vuelta a los antiguos términos de uso. Es más, desde el 1 de Marzo de 2009 los futuros cambios de políticas pueden ser votados por los usuarios, siempre que su nivel de interés lo justifique, es decir, depende del número de usuarios que comenten sobre un cambio propuesto durante el período de comentarios.

Identidad real o virtual

El tema de la identidad en Internet es complejo a la par que interesante, especialmente en el contexto de la Web 2.0 ya que se basa en la interacción social y en perfiles de usuario. Algunos sistemas obligan a los usuarios a revelar su *identidad real*, mientras que otros permiten que los usuarios mantengan una *identidad virtual*, y otros ofrecen ambas opciones [Puttaswamy et al., 2008]. Por tanto, son los internautas los que realmente tienen que decidir si aceptar las condiciones del sistema a utilizar. Hay personas quienes prefieren revelar su identidad real y utilizar Internet como una herramienta para hacer contactos reales o ser reconocibles en un determinado contexto; otras prefieren esconderse tras una identidad virtual con el objetivo de simular ser otra persona o simplemente no descubrir quién es. La identidad real se utiliza para presentarse a sí mismo en el mundo virtual, mientras que la identidad virtual es un modo de permitir el anonimato y así desvincularse de cualquier acción, sea por el motivo que sea, diversión, supresión de responsabilidad, vergüenza, etc. La identidad virtual es un fenómeno creciente provocado por el aumento de los procesos de registro en Internet, y es que cada vez son más los foros, blogs, páginas web en general, que obligan a registrarse para realizar cualquier aportación o simplemente conocer el sistema. Es por ello que resulta habitual que un internauta tenga diferentes nombres de usuario para moverse en Internet e incluso varias direcciones de correo [Ho et al., 2009].

Cada sitio define su política de uso según intereses u objetivos, véanse a continuación algunos ejemplos. Facebook no permite el anonimato ni las identidades falsas, independientemente de que los usuarios puedan controlar la información personal que otros miembros pueden ver. Este sitio se basa en la identidad real como punto clave de la interacción virtual, precisamente porque el usuario forma parte de la comunidad virtual por ser quien es en el mundo real. De hecho, Facebook lucha por detectar diariamente perfiles anónimos o falsos y borrarlos. Lo mismo ocurre en LinkedIn, red social para encontrar y contactar con profesionales, con la peculiaridad de que el perfil de usuario es el propio currículum vitae. Este sitio tampoco permite el anonimato debido a su finalidad intrínseca: contactar con alguien del mundo real por algún motivo relacionado con el trabajo. Por el contrario, hay otros sitios como Menéame y Flickr que se basan en los contenidos permitiendo el anonimato de los usuarios o no les importa que manejen identidades virtuales.

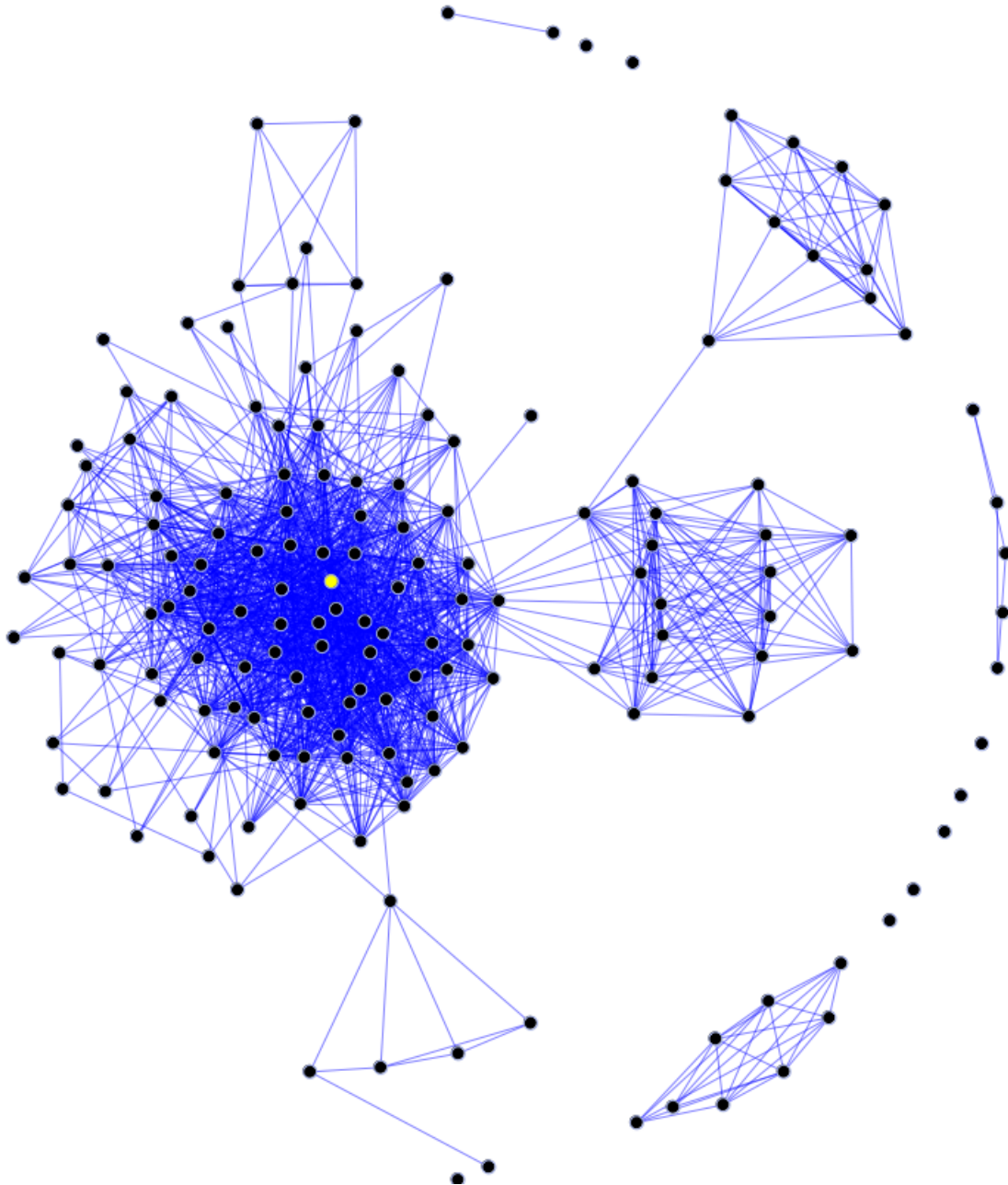


Figura 2.18: Visualización de una red social

2.3.2. Meritocracia

Si se busca el término *meritocracia* en una enciclopedia, las definiciones se refieren a los sistemas políticos donde se accede a los cargos de poder por méritos. La mayoría de los gobiernos se basan en parte en la meritocracia, aunque ésta no está plenamente vigente en un sistema de gobierno, como los de Singapur o Finlandia, quienes mezclan enfoques meritocráticos con otros para las elecciones políticas. El esfuerzo individual o *mérito* es un criterio más justo que otros para la distribución de los premios y ventajas sociales asociadas. La meritocracia implica un reconocimiento justo de los méritos acumulados a partir de una igualdad de oportunidades. No obstante, el problema perpetuo es definir exactamente qué se entiende por mérito, aunque principalmente hace referencia a inteligencia, habilidad y esfuerzo.

Desde hace tiempo se pueden encontrar sistemas meritocráticos en Internet [Longo et al., 2007, Javanmardi y Lopes, 2007]. El desarrollo del software libre es un claro ejemplo. Este tipo de proyectos normalmente son auto-gobernados y dirigidos por la gente que trabaja voluntariamente en ellos, como ocurre en el proyecto Apache [ASF, 2009]. Existe una jerarquía de desarrolladores con unos perfiles y tareas específicas. Es habitual que cuando un nuevo desarrollador se une a un proyecto, lo haga inicialmente con pequeñas aportaciones, ya sea enviando pequeños parches, sugerencias, o respondiendo correos electrónicos en la lista de distribución, entre otras tareas. En el momento en el que el grupo de desarrollo considera que esa persona ha obtenido el mérito para ser parte de la comunidad de desarrolladores, le dan todos los permisos de acceso al código del repositorio y le adjudican una posición en la jerarquía más privilegiada.

En el contexto de las web 2.0, se utiliza un parámetro que mide la colaboración de los usuarios y que en muchos sitios denominan *karma*. Es una medida cuantitativa del valor de un usuario para el sistema, a modo de reconocimiento. El sistema de karma o de *reputación* es un modo de meritocracia en la que el prestigio o mérito se adquiere mediante el trabajo realizado en la comunidad. La reputación motiva a los participantes a contribuir y ampliar su historial personal, lo que puede sugerir patrones específicos de colaboración.

Wikipedia es un ejemplo de wiki colaborativo donde la interacción entre los participantes también es fruto de una meritocracia subyacente. Su estructura se basa claramente en méritos y reconocimientos, coexistiendo con roles dinámicos: supervisores, reversores, burócratas, bibliotecarios, etc., lo que promueve una participación lo más abierta posible. Existen acciones, como las de revertir a versiones anteriores en caso de vandalismo, que únicamente pueden ser realizadas por usuarios que tienen consolidada una cierta experiencia. Hay información muy relevante de un usuario que es lo que le encuadra dentro de una de las categorías de wikipedistas, como es la lista de artículos en la que han participado, proyectos en los que colaboran, conocimientos técnicos e idiomas, entre algunos méritos. Las votaciones se realizan bajo una serie de requisitos para los usuarios: estar registrado, haber realizado al menos cien contribuciones al proyecto y tener al menos un mes de antigüedad desde la primera contribución. Wikipedia trabaja mediante el consenso, pero cuando éste no es posible, hay varios comités que toman las decisiones rigurosamente: el comité de resolución de conflictos y el de mediación. Todos los detalles sobre la política de Wikipedia están disponibles públicamente³⁶.

El portal *eBay*, la mayor red de subastas por Internet, también se basa en la reputación. Tiene un sistema de votos sencillo: +1 punto por comentario positivo, 0 punto por comentario neutral y -1 punto por comentario negativo. La reputación de un usuario se calcula en función del total de puntos y de los comentarios recibidos por las personas con las que hacen transacciones. Es lo que

³⁶Política oficial de Wikipedia <http://es.wikipedia.org/wiki/Wikipedia:Políticas>

denominan *perfil de votos* y es un representativo indicador del prestigio que tiene un usuario como comprador o vendedor. Uno de los estudios sobre su reputación y el valor económico concluye en que los vendedores con mayor reputación tienen ventajas sobre el resto [Resnick et al., 2006].

Menéame es un servicio colaborativo de publicación de noticias, basado en la reputación de los usuarios y en un complejísimo algoritmo para el cálculo del karma de los usuarios. Desde que comenzó Menéame en el año 2005, se han producido muchos cambios en las políticas de uso y en el algoritmo de reputación para luchar contra las *mafias*, el vandalismo y las trampas por conseguir mayor promoción. Uno de sus creadores, Ricardo Galli, Doctor en Informática por la Universidad de las Islas Baleares, sostiene el argumento "*una persona no es un voto*" opuesto al lema democrático "*una persona, un voto*". La idea de Ricardo es que el voto de un usuario que apenas se conecta no puede valer lo mismo que el voto de otro que vota a conciencia y se pasa todo el día leyendo noticias. La promoción de las noticias se basa en el karma de los usuarios que las votan, cada cual con un peso en base de sus méritos en el sistema. Tanto los usuarios registrados como anónimos, sin registrar, pueden votar noticias, pero sólo los registrados pueden votarlas negativamente y comentarlas. Un matiz importante sobre el funcionamiento es que para evitar que una cantidad excesiva de votos anónimos enviaran una noticia a la portada, el 5 de enero de 2006 se implementó un límite para la cantidad de votos anónimos que puede recibir una noticia. Este límite se calcula teniendo en cuenta el número de votos de usuarios registrados únicamente.

La meritocracia ejerce también una fuerte presión en la comunidad científica. El mundo científico todavía sigue vinculado a la publicación en revistas con *factor de impacto* y a la *revisión por pares* como sistema de control de calidad. El factor de impacto es una medida que representa la calidad y la importancia que tiene una publicación. El Instituto para la Información Científica (ISI)³⁷ lleva más de 50 años estudiando los métodos matemáticos y las diferentes métricas del análisis de citas. Todo esto es utilizado para calcular anualmente los factores de impacto de todas las publicaciones y establecer un orden de importancia de las revistas. Investigadores y científicos todavía siguen sumisos a la publicación sujeta a la revisión por pares, proceso que dura meses en la mayoría de casos. La Web 2.0 favorece la aparición de nuevos tipos de publicación y nuevas formas de revisión, aunque actualmente no son del todo extendidos ya que estas publicaciones no cuentan de cara al reconocimiento de méritos.

2.3.3. Sistemas de colaboración frente a sistemas de recomendación

Según la literatura [Thorpe y Albrecht, 2004], los sistemas de soporte de grandes masas se pueden dividir en dos grupos: sistemas de colaboración y sistemas de recomendación.

El objetivo de los sistemas de colaboración es "*permitir electrónicamente el proceso natural de combinar los recursos de uno con los de otros para lograr un objetivo o tarea común*". Un grupo de desarrolladores programando un software (GNU/Linux, aMule), la clasificación de las mejores noticias e información (YouTube, Menéame, Slashdot), e incluso motivar la velocidad y eficiencia de la construcción de proyectos, son sólo algunos ejemplos. Una colaboración eficaz implica que un usuario tenga acceso a la lista de los otros usuarios del sistema, que estén todos los recursos disponibles y disponga de medios de comunicarse con aquellos que colabora. Algunos de estos sistemas permiten que el usuario cree subgrupos personales de los usuarios con los que interactúa frecuentemente y servicios de comunicación como mensajería instantánea o foros de discusión.

³⁷Web del Instituto para la Información Científica (ISI) <http://isiwebofknowledge.com>

Por otra parte, los sistemas de recomendación "*utilizan las similitudes de los perfiles para recomendar productos e información a los usuarios*". Otros expertos lo utilizan para referirse a "*cualquier sistema que proporciona una recomendación, una predicción, una opinión o una lista de elementos configurada por el usuario que ayuda a evaluar elementos*". Son, básicamente, herramientas de gestión del conocimiento o de ayuda a la decisión. Su objetivo no es formar grupos para que trabajen en común, como en el caso de los sistemas de colaboración, sino distinguir qué es lo común en un grupo y transmitir esa información a los usuarios [Ishikawa et al., 2008, Jianping et al., 2009]. En la mayoría de los casos, los usuarios no pueden interactuar directamente con otros usuarios, así que se trata de una "*comunidad ciega*" de un número desconocido de personas quienes comparten el sistema. De ahí que el usuario nunca sepa qué usuarios coinciden con sus recomendaciones. Adicionalmente, los sistemas de recomendación tienden a centrarse en el usuario y utilizan la idea del interés personal para motivar a recoger datos: "cuanto más des, más coges". Esto es, cuanto más opiniones proporcionen los usuarios, el sistema será más fiable y útil. Amazon o eBay son dos claros ejemplos. A diferencia de otros competidores que apuntan a sus propios productos o los que están promocionados, Amazon siempre muestra los más populares. Los calcula en tiempo real a través de factores que los miembros de Amazon denominan el flujo inducido alrededor de sus productos (valoraciones que los lectores hacen de los libros, las opiniones de los compradores y los enlaces externos). Entre otra mucha información, es posible ver qué productos compraron los clientes que compraron un determinado producto, cuáles son los productos que finalmente compraron después de ver cierto producto y qué paquetes de oferta hay con un producto determinado. Existe una clasificación por etiquetas, un sistema de votación por parte de los compradores y permite a los usuarios publicar comentarios sobre los productos.

2.3.4. Mecanismos de votación

Hoy en día es muy habitual a la hora de utilizar Internet que los sitios web integren sistemas de votación para que cualquier visitante o usuario registrado envíe su opinión sobre algo, ya sea un artículo de un periódico, el hotel de vacaciones, una compra, una fotografía, cuestiones políticas, etc. Los votos se pueden lanzar y medir de dos formas, explícitamente, con opiniones (me gusta, no me gusta, neutro) o con el uso de escalas (3, 5, 7 puntos); o bien implícitamente, se registran cuantas veces se accede a un recurso de forma transparente al usuario. Posteriormente, el resultado de la votación puede tener diferentes interpretaciones y finalidades según el sistema, desde simplemente conocer la opinión de los usuarios hasta ofrecer expertos sistemas de recomendación o clasificación.

Los sistemas de votación explícita son eficaces tanto para el sistema como para el usuario, es decir, de ese modo el sistema sabe lo que le gusta al usuario y puede hacer estrategias en base a esa inteligencia colectiva, con lo cual se gana en muchas ocasiones su fidelidad; a los usuarios les gusta colaborar para que su opinión cuente y sirva para ayudar a otros o a sí mismo, o sentirse reconocidos por el sistema.

Muy típico es el uso de escalas para realizar la votación. Muchos sitios, como YouTube, Amazon, o ElPais, utilizan una escala de 1 a 5 estrellas, en la cual 1 es la menor puntuación y 5 la mayor. En el caso de Amazon no le dan ningún significado adicional a los puntos, quedando a la libre interpretación del usuario. Otros como YouTube o ElPais hacen corresponder un significado a cada puntuación, aunque como se ve en la Tabla 2.9 estos significados no son universales. Menéame y otros optaron por un sistema más sencillo en el cual sólo hay dos opciones: se vota o no, es decir, un usuario vota siempre y cuando considere que algo merece el voto (no hay escalas)

Escala	YouTube.com	ElPais.com
*	Deficiente	Sin interés
**	Nada especial	Poco interesante
***	Vale la pena verlo	De interés
****	Bastante bueno	Muy interesante
*****	¡Impresionante!	Imprescindible

Tabla 2.9: Diferentes significados de las estrellas

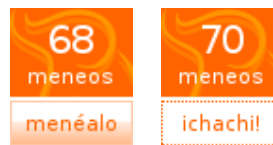


Figura 2.19: Sistema de votación en Menéame.net

y de lo contrario no vota. La figura 2.19 muestra el sistema de votación de Menéame, que como se ve, acompañando a cada noticia, siempre aparece el número de votos enviados, o *meneos* en la jerga de Menéame, junto a un botón para enviar el voto, el mensaje es *menéalo*, y una vez votado ya no permite votar otra vez (*¡chachi!* indica que ya se ha votado) con el recuento de votos nuevamente. La figura 2.20 muestra el sistema de votación de Marca.com, como se ve es muy sencillo, el usuario puede elegir entre enviar un voto positivo o negativo. Una vez se vota aparece el número de votos totales y el recuento de votos positivos. Lo que sí suele ser común es mostrar un resumen de los votos, que como se ha ido viendo depende principalmente del sistema de votación, por ejemplo en el caso de Amazon se muestra incluso una clasificación desglosada de los votos emitidos, la media y el número de votantes (véase figura 2.21).

Normalmente los votos se hacen sobre recursos o contribuciones de un usuario, no sobre el propio usuario. Sin embargo, la votación afecta a los usuarios según el tipo de sistema. Los *sistemas de colaboración* usan los votos para actualizar la puntuación de los niveles de usuario, mientras que los *sistemas de recomendación* añaden información del voto a los perfiles del usuario o recurso, incrementando la precisión de la recomendación.

2.3.5. Blog

Un *blog*, también conocido como *weblog* o *bitácora*, es un sitio web que recopila cronológicamente textos y artículos de uno o varios autores actualizándose periódicamente. Muchos blogs se enfocan en un tema particular, tales como periodismo, tecnología, educación, deportes, viajes, etc. Otros son simplemente blogs personales que presentan el diario del autor, sus ideas e intereses. Los lectores pueden enviar sus comentarios, incluso de forma anónima. Es el autor el que tiene la libertad de responder y de dejar publicado lo que crea conveniente. Los mensajes



Figura 2.20: Sistema de votación en Marca.com



Figura 2.21: Resumen de los votos de un producto en Amazon

que se escriben en los blogs y en los foros se conocen como *posts*. Los blogs suelen ser bastante intuitivos y no requieren que el usuario tenga unos conocimientos técnicos elevados. Los blogs tienen un archivo histórico de los artículos anteriores y a menudo los artículos se organizan por categorías.

Un aspecto importante de los blogs es su interactividad, sobre todo al compararlos con las páginas web tradicionales. Ya que los blogs se actualizan frecuentemente y los lectores pueden responder a los artículos, los blogs funcionan en muchas ocasiones como herramientas sociales y comunidades, para conocer a personas que se dedican a temas similares.

Blogroll es una colección de enlaces a otros blogs relacionados, normalmente presentado en una columna lateral de la página web. Los autores de los blogs tienen diferentes criterios para incluir otros blogs en sus blogrolls. Habitualmente, se compone de direcciones que los propios autores visitan con frecuencia o a veces simplemente son blogs de amigos o conocidos.

Pingbacks y *trackbacks* son otras formas de dejar comentarios para los autores de otros blogs, incluso sin visitar el blog. Trackback es un método que permite saber cuando alguien ha enlazado alguna de sus páginas y da la opción de enviar comentarios o añadir un enlace recíproco. Pingback es un método para que los autores del blog sean notificados cuando alguien enlaza uno de sus artículos. Esto permite a autores no perder de vista quién los está enlazando. Algunas herramientas de sistema de blogs permiten pingback cuando el artículo es publicado. Es necesario entonces que el sitio referido implemente un servicio de recogida de pingbacks y que el autor de ese documento declare en el documento referido la ubicación de este servicio, de esa manera el método es completamente funcional. El envío y la recepción de esta información es transparente al usuario.

Existen dos tipos de herramientas para crear blogs. Por un lado, hay soluciones completas y gratuitas de alojamiento de blogs. *Wordpress* y *Blogger* son los dos sitios más populares. Asignan al usuario una dirección web única (en Blogger tiene la forma `http://*.blogspot.com`) y le ofrecen una interfaz sencilla para añadir y editar contenido. Sin embargo, está limitado a lo que ofrezca el proveedor del servicio. Por otra parte, ya existe software para instalar en un servidor. Además de crear un blog y editar el contenido, permite administrarlos directamente. La gran ventaja es que el usuario tiene el control total sobre la funcionalidad. El inconveniente es mantener y administrar el servidor de la aplicación, lo cual sí requiere tener los conocimientos avanzados. Esta solución es una variante de los Sistemas de Gestión de Contenido (CMS).

Una de las cosas que ha marcado la diferencia es la sindicación de los contenidos, en concreto, el uso de la tecnología RSS (Really Simple Syndication). Como se verá en el punto 2.3.8.2, permite suscribirse a una página y recibir notificaciones cada vez que cambie. Esto fue lo que permitió a los blogs en un mecanismo que permite publicar en una desordenado conjunto de comunidades. Es lo que se conoce como *web incremental* o *web viva*.

Han surgido muy diversas variantes de los blogs, algunos de ellos son: *fotologs* (blogs foto-

gráficos), *videoblogs* o *vlogs* (galerías de vídeos), *audioblogs* (ficheros de audio), *moblogs* (cuando los blogs se consultan desde dispositivos móviles), *warblogs* (debates sobre guerras actuales), *blongs* (sobre temas solidarios de ONGs) y *edublogs*, de los cuales se hablará al hacer referencia al e-learning 2.0 en el capítulo 2.4.2.

La blogosfera es una de las redes sociales más explosivas. Los enlaces entre blogs permite trazar las tendencias e identificar los temas más populares del intercambio de datos. Expertos recogen los links y generan gráficos de la blogosfera, donde se aprecian las partes más activas e interconectadas.

2.3.6. Wiki

Un *wiki* es un sitio web donde los usuarios editan, crean y borran el contenido de forma colaborativa, fácil y rápida. Wiki significa "rápido" en hawaiano. El primer wiki, denominado *WikiWikiWeb*, se creó en marzo de 1995 como una herramienta para compartir experiencias entre programadores. Los wikis han supuesto un gran cambio en la creación de contenidos.

En un wiki cualquier persona puede editar los contenidos, aunque haya sido creada por otra [Wagner et al, 2007]. Los wikis se han diseñado con la filosofía de que los errores sean fácilmente corregidos. Sigue la idea de Raymond, una de las figuras líderes del movimiento del software libre, tal que "*con los suficientes ojos, todos los fallos son superficiales*" [Raymond, 1997]. Es posible consultar los cambios recientes, donde se enumeran las ediciones más recientes de la página o una lista con los cambios hechos durante un período de tiempo. Existe un historial de todas las modificaciones del texto hasta obtener la versión definitiva, y es posible destacar los cambios entre dos revisiones. De este modo siempre es posible restaurar una versión anterior. Los autores se encargan del mantenimiento del sitio: correcciones de estilo, ortografía y gramática, correcciones en la parte técnica (enlaces, imágenes que no se ven), correcciones con respecto a la normativa y objetivos del wiki en cuestión, y soluciones al *vandalismo*, término que hace referencia a realizar cambios destructivos intencionadamente como borrar contenidos, introducir errores y poner contenidos inapropiados [Viegas et al., 2007].

Hoy en día se pueden encontrar multitud de wikis, de cualquier temática imaginable. En parte se debe a que han aparecido portales web, como *Wikia.com*, que además de albergar multitud de wikis, permiten crear uno nuevo en pocos minutos. Incluso existen motores de wikis, como *MediaWiki*, software libre, que utiliza actualmente Wikipedia. Wikipedia surgió en 2001 y ya se ha convertido en la enciclopedia en línea más famosa hasta el momento y en la posición 7 de los 500 sitios más visitados, según la tabla 2.10 extraída de la clasificación de *Alexa*³⁸.

Los wikis también sirven como editores de texto colaborativos. Uno de ellos es *Writely*, que fue comprado en 2006 por Google y ahora es conocido con el nombre de *Google Docs*³⁹. Permite a cualquier usuario editar y compartir sus documentos a través de un navegador. Este conjunto de programas ofimáticos ofrece unas excelentes interfaces WYSIWYG (*What You See Is What You Get*) y permite exportar e importar los documentos en varios formatos: OpenOffice, PDF, HTML, etc. *Writeboard*⁴⁰ es otro editor de textos en línea muy simple que permite invitar a otros usuarios para editar y modificar documentos, de modo que facilita la tarea de crear un documento en el que varias personas tienen que trabajar, unos añadiendo texto, otros corrigiendo, supervisando, desde puntos diferentes.

³⁸Fuente: <http://alexa.com/topsites/global> (21 de Abril de 2009)

³⁹Proyecto Google Docs <http://docs.google.com>

⁴⁰Proyecto Writeboard www.writeboard.com

1 ^o	Google
2 ^o	Yahoo!
3 ^o	YouTube
4 ^o	Facebook
5 ^o	Windows Live
6 ^o	MSN
7 ^o	Wikipedia
8 ^o	Blogger.com
9 ^o	MySpace
10 ^o	Baidu.com

Tabla 2.10: Estadísticas globales según número de visitas

2.3.7. Folcsonomía

Se llama *folcsonomía* a la clasificación colaborativa de la información mediante etiquetas. Las *etiquetas* (o *tags*) son palabras que se utilizan para describir enlaces, fotografías, noticias, y cualquier tipo de material informativo. Estas clasificaciones generadas por los usuarios son compartidas y puestas a disposición de otros, generando redes sociales y de colaboración. Cada usuario elige libremente las etiquetas que considera necesarias para realizar la descripción según el contexto. El marcado por etiquetas permite establecer asociaciones múltiples y solapadas que el propio cerebro humano utiliza. Está en contraste con el concepto de *taxonomía*, donde se preestablecen las categorías y los usuarios tienen que ajustarse a ellas. Por el contrario, la folcsonomía no tiene jerarquías ni relaciones de parentesco. Este modelo de agrupación por etiquetas es altamente escalable, utiliza el lenguaje del usuario y le ofrece nuevas oportunidades de compartir y colaborar dentro de una comunidad [Choi et al., 2008, Pierce et al., 2008].

Habitualmente, los sitios que incluyen folcsonomías permiten hacer búsquedas por una etiqueta y mostrar como resultado todos los elementos que los usuarios han clasificado con la misma etiqueta. En estos sitios es habitual encontrar una *nube de etiquetas* (o *tag cloud*), como la de la figura 2.22, para representar la popularidad de las etiquetas. En la nube de etiquetas aparecen las etiquetas con mayor frecuencia de aparición, siendo además su tamaño proporcional al número de objetos que describen (a mayor número de apariciones, mayor tamaño de letra).

Sitios web como *Flickr*, servicio para publicar y organizar fotografías, y *del.icio.us*, servicio para gestionar los marcadores sociales (o *bookmarks*), han promovido este servicio. En el primero los usuarios etiquetan sus fotografías y en el segundo sus marcadores. Otros sitios como *YouTube*, *Amazon* y *Meneame* también utilizan folcsonomías para describir vídeos, libros y noticias, respectivamente [Chao Wu, 2008].

2.3.8. Tecnología

Web 2.0 no implica necesariamente utilizar una serie de tecnologías. Sin embargo, conviene saber cuáles son las que predominan en este tipo de aplicaciones y que, dadas sus ventajas, son las que hay que considerar para implementar cualquier sitio Web 2.0. Si en la Web 1.0 la tecnología



Figura 2.22: Nube de etiquetas del álbum fotográfico del Observatorio Montegancedo

asociada era HTML y GIF puesto que las páginas web eran contenido estático que pocas veces se actualizaban, en la Web 2.0 la tecnología asociada es AJAX, DHTML, XML y SOAP. Sin duda, AJAX y XML (RSS), descritas a continuación, son las más extendidas.

2.3.8.1. AJAX

El término AJAX (JavaScript y XML asíncronos) surgió en 2005 [Zepeda y Chapa, 2007]. No se trata de una tecnología, sino que es un término que se utiliza para englobar a un grupo de tecnologías. Es una técnica de desarrollo de aplicaciones web interactivas, en la cual se mantiene una comunicación asíncrona entre cliente y servidor. Google utiliza AJAX en muchas de sus aplicaciones: *Gmail*, *Google Suggest* y *Google Maps*, son unas pocas [Koris et al., 2008].

Una aplicación AJAX introduce un motor AJAX entre el usuario y el servidor. Cuando se carga una página web se carga el motor AJAX, escrito en JavaScript. Éste es el encargado de mostrar la interfaz que el usuario visualiza y de comunicarse con el servidor en nombre del usuario. De ese modo, la interacción del usuario con la aplicación sucede asíncronamente. Esto supone menor sobrecarga en la comunicación y, por tanto, ahorra un tiempo considerable al usuario. La figura 2.23 representa una comparativa gráfica del modelo de interacción de las aplicaciones web tradicionales (síncronas) y de las aplicaciones desarrolladas con AJAX (asíncronas). En el modelo tradicional, una acción de un usuario generaría una petición HTTP, sin embargo en las aplicaciones asíncronas se convierte en un llamada JavaScript al motor AJAX. Si el motor necesita comunicarse con el servidor, lo hace asíncronamente sin interrumpir la interacción del usuario con la aplicación.

AJAX incorpora las siguientes tecnologías:

- Diseño basado en estándares usando XHTML y CSS.
- Interacción dinámica a través del *Document Object Model* (DOM).
- Intercambio y manipulación de datos usando XML y XSLT.
- Recuperación de datos asíncronamente mediante XMLHttpRequest.
- Y JavaScript para enlazarlo todo.

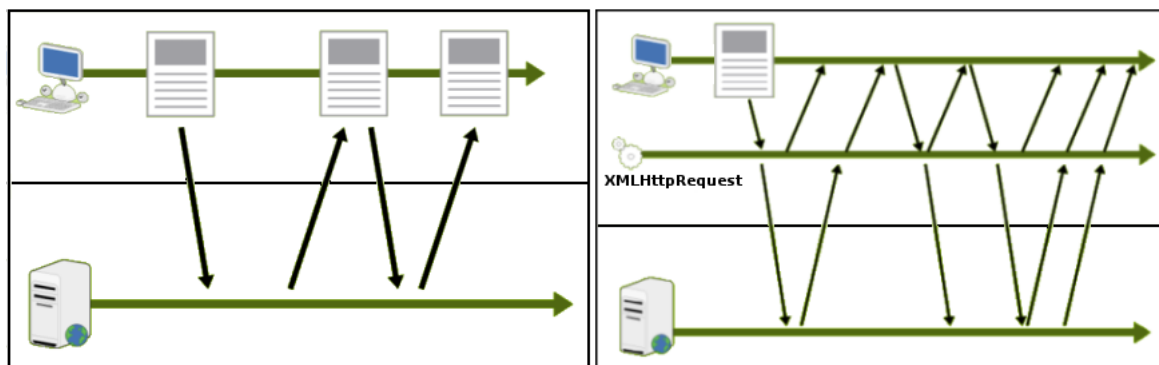


Figura 2.23: Modelo tradicional (izda.) y modelo AJAX (dcha.)

Entre las numerosas ventajas que ofrece AJAX destaca su interactividad. El cliente no necesita recargar toda la página en cada cambio, permitiendo multitud de tareas: rellenar formularios, realizar búsquedas, etc. Por norma general, el cliente sólo envía pequeñas peticiones al servidor y éste a su vez devuelve respuestas cortas. Esto supone un gran ahorro de ancho de banda al usuario y una sobrecarga menor del servidor.

A pesar de que AJAX es multiplataforma puesto que incorpora estándares abiertos, en la práctica los navegadores interpretan el código JavaScript de diferentes formas, lo que provoca que a veces no se visualice la aplicación correctamente en diferentes navegadores. Otros de los inconvenientes más discutidos son relativos a la usabilidad y accesibilidad del sitio. El comportamiento del historial de navegación puede variar, por ejemplo, el botón atrás no funciona como habitualmente, o el usuario no recibe la realimentación necesaria, por ejemplo, no sabe si una página se ha actualizado, pudiéndose producir esperas innecesarias. Es conveniente, por tanto, ofrecer una realimentación visual para informar al usuario de la actividad en segundo plano o precargar datos. Respecto a la accesibilidad, no cumple las directrices establecidas por la iniciativa WAI⁴¹ del W3C.

2.3.8.2. Sindicación de contenidos

La sindicación de contenidos es una de las claves de la Web 2.0 y, como se vió al hablar de blogs, el soporte fundamental de la blogosfera. Se podría definir como la tecnología que facilita la rápida difusión de los contenidos, favoreciendo el intercambio de información y las conversaciones entre usuarios de una misma comunidad. El acceso a los contenidos de un determinado sitio, lo que se conoce como syndicar contenidos, se hace mediante *feeds* o *canales RSS*.

Un feed es un resumen de un determinado contenido web y los enlaces a la versión completa del mismo. Se actualiza regularmente y se necesita un *agregador* o lector de feeds para suscribirse. RSS (Really Simple Syndication) y Atom son algunos de los formatos de feeds. Ambos se basan en XML. RSS es el más conocido, es un XML para presentar resúmenes de contenidos y publicar metadatos sobre los contenidos de un sitio web. No sólo se utiliza para enviar avisos de las nuevas entradas de un blog, sino además para todo tipo de actualizaciones, incluyendo entre otras la información meteorológica, la cotización en bolsa y la suscripción a canales de noticias. Es muy útil para acceder a los contenidos más novedosos de un sitio web, sin necesidad de navegar. Es muy habitual poder syndicar todo tipos de contenidos. Cada vez es más fácil encontrar sitios

⁴¹Iniciativa de Accesibilidad Web www.w3.org/WAI/

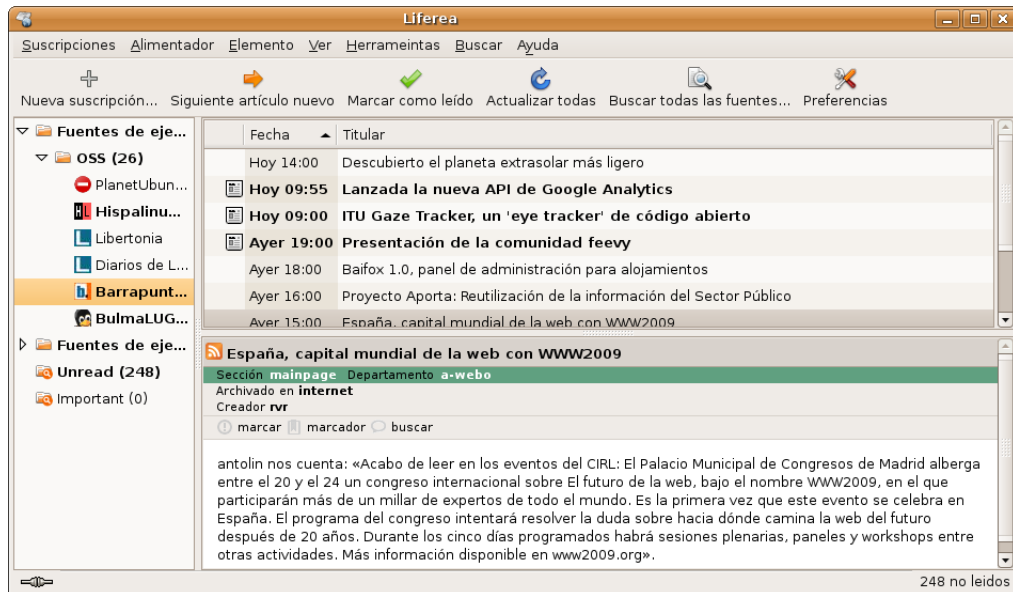


Figura 2.24: Captura de Liferea, un agregador de feeds para GNOME

que distribuyen su contenido en estos formatos. Algunos ejemplos muy populares son el servicio de noticias de Google que permite la suscripción a titulares basados en palabras claves y, en Amazon, la recepción de críticas descriptivas sobre libros publicados basándose en palabras claves que se designan en el momento de la suscripción.

La sindicación implica que el navegador no sea sólo el único medio para ver un sitio web. Han aparecido diferentes tipos de agregadores: aplicaciones web como *Bloglines*, clientes de escritorio como *Liferea* para sistemas GNOME (véase figura 2.24) y *Akregator* para KDE, e incluso como un servicio del propio navegador, como *Firefox Live Bookmarks*. Han aparecido también buscadores y directorios generales: *2RSS.com*, *Addfeeds*, *Canal RSS*, *Uats'ap.com*, e incluso herramientas en línea para validar la sintaxis y estructura de los RSS, como *Feed Validator*⁴² o un servicio del propio W3C⁴³.

2.3.9. Aplicaciones

Aparte de todos estos sitios tan populares que han ido apareciendo a lo largo del capítulo, Amazon, Ebay, YouTube, Wikipedia, Menéame, hoy día se habla de Web 2.0 en todos los ámbitos: educación, empresa, marketing, medios de comunicación, cultura, y otros. Incluso están acuñando sus propios términos, tales como política 2.0, educación 2.0, democracia 2.0 y empresa 2.0.

Los medios de comunicación en línea están intentando transformar a los lectores en miembros de auténticas redes sociales. Una vez tienen un importante número de usuarios opinando activamente sobre las noticias, se les invita a presentarse. Ese perfil personal unido a técnicas de reputación (tipo karma) hace poner a cada usuario en su lugar, y los comentarios tienen más o menos importancia según su autor.

Ya son muchos los periódicos digitales que se basan en la colaboración de los usuarios. Por ejemplo, 20 Minutos tiene una colección de blogs y comentarios en todas las noticias. En

⁴²Feed Validator <http://beta.feedvalidator.org>

⁴³Servicio de validación de feeds del W3C <http://validator.w3.org/feed/>

MyTimes, la versión digital del New York Times, los usuarios y periodistas intercambian experiencias directamente. Las grandes cadenas de televisión también hacen por verse en Internet. La misma BBC distribuye canales de la BBC mediante la plataforma de YouTube (YouTube BBC y YouTube BBC Worldwide). Uno se dedica a noticias y otro a entretenimiento. BBC pretende aprovechar la gran potencialidad de YouTube, la distribución en red social. A la vez que anecdótico es significativo que la BBC esté subiendo vídeos como lo hacen los propios usuarios. En EE.UU., algunas cadenas de televisión como NBC y ABC, están probando con éxito experiencias de vídeo online. NBC lanzó un proyecto para emitir sus series en streaming un día después de su emisión en televisión. En pocas semanas más de 6 millones de usuarios visualizaron más de 42 millones de episodios, una operación rentable para la cadena al vender todos sus espacios publicitarios disponibles para los siguientes meses.

Otras aplicaciones de este fenómeno son los servicios de pregunta-respuesta. *Google Answer* donde 500 investigadores seleccionados por el buscador dan respuesta a las preguntas de los usuarios, quienes añaden un precio. *Yahoo Answer* incluye un doble sistema de votación, tiene un sistema de puntos que mide el grado de implicación de los usuarios y su ayuda prestada.

Han aparecido incluso productos de filtrado antispam cuyo funcionamiento se basa en la cooperación de los usuarios. Estos sistemas funcionan mucho mejor que otros filtros que se basan en el análisis de mensajes. Los usuarios son los que deciden si un mensaje es spam o no. Cuando un usuario recibe un email, su cliente de correo envía una petición a un servidor y le pregunta si ese mensaje es spam. Si supera un umbral definido, se clasifica automáticamente como spam y hace con él lo que tenga establecido. Distributed Checksum Clearinghouse (DCC), Pyzor y Razor son filtros antispam que usan redes colaborativas con bases de datos de mensajes spam. Comprueban las sumas de verificación de un mensaje y las comparan con todas las sumas marcadas como spam de la base de datos. Todos estos filtros tienen licencia GPL. Sin embargo, actualmente todos estos sistemas tienen diferentes puntos débiles. Uno de los problemas es que los spammers no envían los mismos correos a todo el mundo, sino que introducen en el correo alguna palabra aleatoria de modo que tenga una firma distinta. Ninguno de ellos es un método de detección totalmente fiable y normalmente se utilizan en combinación para obtener mejores resultados.

2.4. Aprendizaje colaborativo a través de Internet

La educación a distancia existe desde antes de la aparición de los ordenadores. Profesor y alumno se comunicaban por carta, radio o cualquier otro medio a distancia. Hace años, el uso de las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC) revolucionaron el mundo de la formación a distancia al ofertar cursos a través de Internet. Es lo que se denominó aprendizaje en línea o *e-learning* [Bruckman, 2008]. Por definición, es la disposición de programas educativos y sistemas de aprendizaje a través de medios electrónicos. Gracias a la tecnología, el e-learning resuelve algunos de los problemas típicos del sistema tradicional en cuanto a tiempo, sincronización de agendas y asistencia, entre otros.

Pronto surgieron nuevas modalidades del e-learning, una de ellas es el aprendizaje combinado o semipresencial, en inglés *blended learning* o *b-learning* [Chatti et al., 2007]. Es la modalidad de enseñanza en la cual el tutor combina el rol tradicional o presencial con el rol a distancia o no-presencial propio del e-learning. El profesor combina sus habilidades de "formador" con habilidades propias de "tutor", tratando de tomar lo mejor de cada una de ellas. Utiliza herramientas multimedia para la parte en línea y herramientas comunes para sus clases presenciales. *Mobile learning* o *m-learning* es otro tipo de e-learning caracterizado porque el acceso a la formación

se realiza desde cualquier dispositivos móvil [Lopez-Nores et al., 2008]. *Ubiquitous learning* o *u-learning*, aprendizaje ubicuo, se refiere a un conjunto de actividades formativas, soportadas por la tecnología, que son accesibles desde cualquier lugar, no sólo con un ordenador sino también a través de la televisión u otros medios [Barbosa et al., 2008, Guozhen et al., 2005].

Las diferencias del e-learning con el método de enseñanza tradicional se resumen en la tabla 2.11. Si se analiza de nuevo la tabla 2.8 donde se resumieron previamente las diferencias existentes entre la Web 1.0 y la Web 2.0, se puede observar gran similitud con las diferencias entre los ambientes de aprendizaje tradicionales y los nuevos a través de Internet.

Ambientes de aprendizaje tradicionales	Nuevos ambientes de aprendizaje
Instrucción centrada en el maestro	Aprendizaje centrado en el estudiante
Estímulo de un solo sentido	Estímulo multisensorial
Progreso o avance por un solo camino	Progreso o avance por muchos caminos
Medio de comunicación único	Comunicación a partir de distintos medios ("multimedia")
Trabajo individual	Trabajo colectivo
Transmisión de información	Intercambio de información
Aprendizaje pasivo	Aprendizaje activo, exploratorio, basado en la investigación
Aprendizaje fáctico, basado en los saberes	Pensamiento crítico y toma de decisiones informadas
Respuesta reactiva	Acción proactiva/planeada
Contexto artificial, aislado	Contexto auténtico, del mundo real

Fuente: Sociedad Internacional para la Tecnología en la Educación (ISTE).
Estándares Educativos en TIC para estudiantes, proyecto NETS.

Tabla 2.11: Diferencias entre los tradicionales y los nuevos ambientes de aprendizaje.

Las plataformas virtuales facilitan la creación de entornos de aprendizaje. Son herramientas educativas para comunidades de aprendizaje e investigación. *Moodle*⁴⁴ y *.LRN*⁴⁵ son dos de estas plataformas, ambas software libre. Moodle se autodefine como un Sistema de Gestión de Cursos (CMS), además conocido como Sistema de Gestión de Aprendizaje (LMS) o un Entorno Virtual de Aprendizaje (VLE). El software *.LRN* fue desarrollado inicialmente por el MIT como parte de una estrategia global por mejorar la calidad y los estándares educativos. Hoy día, ya tiene más de medio millón de usuarios. Estas plataformas ofrecen servicios para la gestión de cursos, comunidades en línea, gestión de contenidos y del aprendizaje. Son útiles a la hora de evaluar al alumno ya que permiten hacer un seguimiento exhaustivo de su proceso de formación.

El concepto de aprendizaje colaborativo, bajo el lema de "*aprender haciendo*", ha sido objeto de investigación y estudio en los últimos años con la aparición y crecimiento del e-learning. Un error muy común es confundir los términos de aprendizaje colaborativo y cooperativo. Las diferencias esenciales ya han sido definidas en algunos artículos [Panitz, 2001] y distinguir entre uno y otro es fundamental para entender el enfoque de la presente tesis. Fundamentalmente, en el aprendizaje colaborativo los alumnos son quienes diseñan su estructura de interacciones y mantienen el control sobre las diferentes decisiones que repercuten en su aprendizaje, dejándole principalmente al estudiante la responsabilidad del aprendizaje, mientras que en el cooperativo, es

⁴⁴Plataforma de aprendizaje en línea Moodle <http://moodle.org>

⁴⁵Plataforma de aprendizaje en línea *.LRN* <http://dotlrn.org>

el profesor quien diseña y mantiene casi por completo el control en la estructura de interacciones y de los resultados que se han de obtener, resultando un aprendizaje estructurado por el profesor.

Así mismo, el término e-learning puede abarcar otras aplicaciones y procesos, como el *aprendizaje colaborativo asistido por ordenador*, conocido con el acrónimo en inglés *CSCL* (*Computer Supported Collaborative Learning*). El CSCL utiliza la tecnología de ordenadores como herramienta que ayuda a los aprendices a comunicarse y a colaborar en actividades comunes [Zuoliang et al., 2007]. Por otra parte, el *CSCW* (*Computer Supported Cooperative Work*) es un campo de investigación en el que se involucran grupos de trabajo, tecnología y organizaciones con metas comunes [Caballe et al., 2008, Wenhua et al., 2007]. El término *groupware* se refiere a las tecnologías que permiten realizar trabajo en grupos. Las diferencias entre CSCL y CSCW son principalmente en función del propósito y contexto. CSCL se utiliza en entornos educativos con el propósito de dar soporte al proceso de aprendizaje de los estudiantes. CSCW se utiliza principalmente en escenarios de negocios con el objetivo de facilitar la comunicación y la productividad del grupo.

En el ámbito nacional, el Grupo de Sistemas Inteligentes y Cooperativos de la ETSIT de Valladolid⁴⁶ abarca el campo de los Sistemas Cooperativos, es decir, trabajo colaborativo soportado por computador (CSCW), con especial énfasis en aprendizaje colaborativo soportado por computador (CSCL). Parte del software desarrollado es COLLAGE⁴⁷ (COLlaborative LeArning desiGn Editor), una herramienta de autoría conforme a IMS-LD, especializada para aprendizaje colaborativo y basada en patrones; y Bersatide⁴⁸, una herramienta que ayuda a diseñar un escenario de enseñanza-aprendizaje basado en los principios del CSCL [Hernández et al., 2007].

Muchas organizaciones de e-learning ven a Internet como una oportunidad para expandirse a cientos y miles de estudiantes. Sin embargo, la problemática está en conseguir una realimentación y soporte de aprendizaje a tantos alumnos. Los métodos de enseñanza tradicionales fueron diseñados para soportar decenas de estudiantes en un curso, no decenas de miles. Cuando estos métodos de probada calidad se trasladan intactos a Internet y el número de alumnos crece a mil, el número de profesores requeridos para personalizar la experiencia de aprendizaje debe además incrementar.

Esto es uno de los inconvenientes que algunos autores ven al aprendizaje en línea y en su lugar, como solución, proponen el desarrollo de sistemas sociales auto-organizados en Internet (OSOSS: Online Self-Organizing Social Systems) [Wiley y Edwards, 2002]. Los OSOSS tienen normalmente una infraestructura software basada en web y caracterizada por un alto grado de gestión descentralizada. Varían en el grado de descentralización que utilizan, el ámbito que abarcan y lo explícito de su capacidad de aprendizaje, desde OSOSS de noticias que ayudan a la gente a mantenerse al día de los eventos actuales a OSOSS creados explícitamente con el objetivo de facilitar la colaboración online para resolver un problema. Mientras ninguno de los sistemas existentes se consideran comunidades de aprendizaje, el aprendizaje está sucediendo entre sus usuarios, y sucede de un modo extremadamente novedoso. Los blogs tienen una infraestructura semejante. Las tareas diarias de crear nuevo contenido, añadir comentario, evaluar la calidad del material enviado, proporcionar soporte al usuario y responder cuestiones, y otra tareas son distribuidas a la comunidad vía la infraestructura del blog. *Slashdot*⁴⁹ es uno de los más populares OSOSS. Es un sitio de noticias donde llegan historias de interés. Todos los usuarios lo mantienen, vía una infraestructura que soporta envío de historias, discusiones por hilos, moderación y meta-

⁴⁶Grupo de Sistemas Inteligentes y Cooperativos de la ETSIT de Valladolid <http://gsic.tel.uva.es>

⁴⁷Página del proyecto COLLAGE <http://ulises.tel.uva.es/collage/>

⁴⁸Herramienta de diseño de entornos CSCL Bersatide <http://hera.fed.uva.es/~ivan/bersatide/>

⁴⁹Portal del sitio de noticias Slashdot <http://slashdot.org>

moderación.

A fin de intercambiar recursos de aprendizaje y procedimientos educativos surgieron muchas especificaciones y estándares [Gonzalez-Barbone et al., 2007, Karampiperis et al., 2005]. Las dos iniciativas más importantes son *IMS (Instructional Management Systems)* y *SCORM (Sharable Content Object Reference Model)*. Su objetivo fundamental es desarrollar recursos que puedan ser interoperables y por ello crearon los objetos de aprendizaje (LO). Una de las definiciones más extendidas es la siguiente "*un LO es cualquier recurso digital que puede ser reutilizado para favorecer el aprendizaje*". Estos recursos varían desde pequeñas imágenes o cortos de vídeo hasta completas páginas web. El objetivo de estos recursos es facilitar el acceso a los contenidos educativos y optimizar los recursos mediante su reutilización [Jalil et al., 2006].

A continuación se presentan tres aspectos interesantes relacionados con el aprendizaje colaborativo en línea y con el contexto de aplicación de la metodología propuesta en la presente tesis. En primer lugar, se va a hacer una categorización del aprendizaje en función de varios criterios, como la intencionalidad del aprendiz, el carácter estructurado y la certificación del aprendizaje. El segundo punto, presenta el término y las características del denominado *e-learning 2.0*, basado en las herramientas de la Web 2.0. Finalmente, se introduce el mundo de los laboratorios remotos y el caso particular de los observatorios astronómicos accesibles vía Internet.

2.4.1. Tipos de aprendizaje: formal, informal, no formal y permanente

A principios de los años setenta diversas organizaciones internacionales empezaron a distinguir entre diferentes tipos de aprendizaje, nueva categorización que se añadía a otras ya existentes en el ámbito educativo:

- **Aprendizaje formal:** Se trata del aprendizaje normalmente ofrecido por un centro de educación o formación, con carácter estructurado según objetivos didácticos, duración o soporte y concluye con una certificación. El aprendizaje formal es intencionado desde la perspectiva del alumno. El aprendizaje formal es ideal para los principiantes ya que sirve de guía al comienzo e indica el destino hacia el cual se avanza. Los departamentos de capacitación son muy adecuados en la tarea de preparar y desarrollar líneas de recorrido para el aprendizaje formal.
- **Aprendizaje informal** [Hui, 2008, Nasr et al., 2008]: Se obtiene en las actividades de la vida cotidiana relacionadas con el trabajo, la familia o el ocio. No está estructurado ni en objetivos didácticos, duración ni soporte y normalmente no conduce a una certificación. El aprendizaje informal puede ser intencional pero, en la mayoría de los casos, no lo es siendo fortuito o aleatorio. El aprendizaje informal sucede fuera del aula sin relación alguna con ningún plan de estudios ni certificado de realización. Se da de la misma manera en la que se aprende sobre la vida. Es muy apropiado para quienes ya tienen una base de conocimiento y quieren las pautas necesarias para avanzar sobre la esencia de las temáticas a abordar. Además, el autoaprendizaje es menos costoso y más oportuno que la alternativa formal, puesto que los aprendices son los que escogen cómo y qué aprender.
- **Aprendizaje no formal** [Rogers, 2004]: Se refiere a toda actividad educativa organizada y sistemática realizada fuera de la estructura del sistema formal, para impartir cierto tipo de aprendizaje a ciertos subgrupos de la población. No es ofrecido por un centro de educación o formación y normalmente no conduce a una certificación. No obstante, tiene

carácter estructurado en objetivos didácticos, duración o soporte y es intencional desde la perspectiva del alumno.

- **Aprendizaje permanente** [Van Reusel et al., 2007]: La Unión Europea lo define como "*toda actividad de aprendizaje realizada a lo largo de la vida con el objetivo de mejorar los conocimientos, las competencias y las aptitudes con una perspectiva personal, cívica, social o relacionada con el empleo*". Las oportunidades de enseñanza y formación profesional ofrecidas a una persona a lo largo de su vida para permitirle adquirir, actualizar y adaptar continuamente sus conocimientos, aptitudes y competencias.

Ejemplos de aprendizaje formal tradicional son los cursos, talleres, seminarios y la formación reglada. En el aprendizaje informal se utilizan otros recursos: buscando información, observando, preguntando a los demás, conversando y mediante prueba y error. Hay estudios realizados en este sentido que indican que el 80 % de los empleados adquieren su conocimiento laboral informalmente. El aprendizaje informal es eficaz porque es personal, el aprendiz es responsable absoluto del proceso de capacitación [Cross, 2009].

Los nuevos servicios de la Web 2.0 están ayudando a fomentar el aprendizaje informal, donde cada uno aprende según sus necesidades y comparte el conocimiento con los demás [Hamburg y Hall, 2008, Ohta et al., 2005].

2.4.2. Aprendizaje 2.0

El término *e-learning 2.0* se acuñó en 2005 para referirse al tipo de aprendizaje que utiliza las herramientas de la Web 2.0 para crear entornos más sociales y dinámicos [Downes, 2005, Ketterl et al., 2008, Li Yan et al., 2008]. El e-learning 2.0 se basa en la colaboración y asume que el conocimiento se construye socialmente. La Web 2.0 promueve el desarrollo de capacidades y competencias poco habituales en el modelo tradicional: colaboración, conocimiento abierto, equipos de trabajo, etc [Jia et al., 2008]. Se trata de una revolución social basada en la colaboración en línea, la interactividad y la posibilidad de compartir contenido entre usuarios. Las experiencias del aprendizaje colaborativo apuntan a entender el aprendizaje como un proceso social de construcción de conocimiento en forma colaborativa.

Actualmente, gran parte de las aulas virtuales están apostando por una metodología basada en aprendizaje colaborativo y constructivismo. La educación se está adaptando a un nuevo paradigma, donde se están utilizando herramientas colaborativas de la Web 2.0, como son los *wikis*, *blogs*, *podcasting*, *videocasting*, *videoconferencias* o *pizarras digitales*, *ePortafolios* y otras más que desarrollan en la web la capacidad conversacional y de comunicación [Bhattacharya y Hartnett, 2007, Ebner, 2007, Giurgiu et al., 2008, Wu y Dai, 2008]. Se está al comienzo de una relación radicalmente distinta con Internet que tiene importantes implicaciones para educadores y aprendices. Las nuevas aplicaciones y técnicas para usar las ventajas de Internet son el punto de partida para un nuevo concepto de aprendizaje-enseñanza.

A diferencia del e-learning, basado en un modelo tradicional cerrado, individualizado, por medio de repositorios, el e-learning 2.0 es un modelo emergente, abierto, que llama a la participación y basado en la construcción social por medio de redes sociales y comunidades de aprendizaje [Mohammed et al., 2008]. Y es que la humanidad existe en redes desde siempre. Por su parte, el aprendizaje consiste en fabricar y mantener buenas conexiones hacia las redes sociales. La conversación frecuente y abierta con los demás crea conocimiento, aumentando la

innovación y el aprendizaje. A continuación se exponen varias herramientas colaborativas de la Web 2.0 utilizadas en contextos educativos.

2.4.2.1. Edublogs

Los blogs son otro de los servicios propios de la Web 2.0 que está extendiendo su uso en el ámbito educativo [Du y Wagner, 2007]. Un edublog es un sistema formado por los blogs de los alumnos y del profesor. Son blogs cuyo objetivo principal es apoyar un proceso de enseñanza en un contexto educativo. Se consideran instrumentos de primera línea para la evaluación formativa y continua. Tanto los profesores como alumnos se ven beneficiados del uso de blogs en los procesos de enseñanza a distancia [Tíscar, 2005]. Algunos expertos realizan la siguiente clasificación [Santamaría, 2005]:

- *Académicos o de investigación*: Incluyen los blogs de los distintos departamentos, sus líneas de investigación, proyectos y futuros trabajos. Tienen un carácter cerrado en contenido y entre profesionales de un mismo centro con intereses comunes. También se agrupan aquí los blogs de docencia entre educadores del mismo área con el objetivo de compartir experiencias con profesores de otros centros.
- *Profesor-alumnos*: Hay muchas formas de utilizarlos, pero la más extendida es la destinada a dirigir el proceso de aprendizaje. El profesor publica aspectos formales relacionados con la asignatura y además incluye trabajos a realizar, propone temas a desarrollar, apuntes, enlaces interesantes, etc. Estos edublogs deberían estar abiertos a debates y comentarios de alumnos, de modo que el profesor pueda obtener una rápida realimentación.
- *Blogs grupales o alumno-alumno*: Son los más indicados como método de trabajo en grupo y colaborativo. Motivan la participación y el debate entre los propios alumnos.

2.4.2.2. Wikis educativos

Los wikis están teniendo especial interés en el ámbito educativo [Al-Yahya, 2009, Chao, 2007]. Han surgido algunas variantes interesantes: *Wikibook*⁵⁰, que pone a disposición de la comunidad libros de texto, manuales, tutoriales u otros textos pedagógicos de contenido libre. *Wikiversity*⁵¹, o *Wikiversidad* en la versión española, mantienen proyectos de aprendizaje a cualquier nivel educativo, permitiendo participar en un grupo de aprendizaje y crear contenidos didácticos ya sean exámenes, ejercicios de prácticas, foros de discusión sobre dudas en asignaturas, etc. *Wiktionary*⁵², o *Wikcionario* en español, es otro ejemplo, pero es fácil encontrar nuevas aplicaciones casi diariamente en Internet. Wiktionary es un proyecto colaborativo para producir un diccionario multilingüe gratuito en cada lengua, con significados, etimologías y pronunciaciones en aquellas lenguas en las que sea necesario. Es el acompañante léxico al contenido abierto de Wikipedia.

⁵⁰Wikibooks, wiki con libros de contenido libre: <http://wikibooks.org>

⁵¹Wikiversity, wiki de contenido académico libre: <http://en.wikiversity.org>

⁵²Wiktionary, diccionario colaborativo de contenido libre: <http://en.wiktionary.org>

2.4.3. Laboratorios web

Hoy en día, la teleeducación está en pleno auge y cada vez son más los laboratorios remotos accesibles vía Internet y las áreas de conocimiento donde se aplican. La telemedicina, la teletutoría, la teleoperación en definitiva, son una realidad hoy día gracias a Internet y a los avances tecnológicos.

Un laboratorio remoto permite el acceso a un sistema físico real el cual puede ser controlado directamente a través de Internet. Existen en multitud de disciplinas: visión por computador, robótica, física o química, son sólo unas pocas [Sánchez et al., 2003, Sebastián et al., 2003, López et al., 2009].

En la tabla 2.12 se recoge una clasificación de los entornos de experimentación según dos criterios: el acceso al recurso y la naturaleza del mismo. Según el acceso al recurso se puede distinguir entre acceso remoto a través de una red y acceso local, es decir, no se requiere de Internet para controlar el entorno. En cuanto a la naturaleza del recurso se distinguen entre modelos simulados [Grau y Bolea, 2006] o plantas reales [Duro et al., 2008].

NATURALEZA DEL RECURSO			
		Real	Simulada
ACCESO AL RECURSO	Local	Laboratorio tradicional	Laboratorio virtual monousuario
	Remoto	Telelaboratorio o laboratorio remoto	Laboratorio virtual multiusuario

Fuente: Laboratorio virtual y remoto del Departamento de Informática y Automática de la UNED <http://lab.dia.uned.es/rlab/>

Tabla 2.12: Clasificación de los entornos de experimentación

Los laboratorios de experimentación remota precisan de un hardware y un software que permitan la automatización, supervisión de las experiencias que en ellos se desarrollan y la gestión y control de la comunicación con los usuarios. Es posible hacer una división entre interactivos y no interactivos. Los interactivos se caracterizan porque el usuario interacciona con el sistema físico de forma bidireccional por medio de una aplicación cliente-servidor. Por el contrario, los laboratorios no interactivos se basan en el análisis e interpretación de los datos obtenidos por un proceso en el que el usuario no tiene interacción sobre el sistema.

La compartición de este tipo de laboratorios supone un mejor aprovechamiento de los recursos existentes y gracias a los avances tecnológicos cada vez existe un mayor número de ellos. Desde hace tiempo, ya son algunos los observatorios astronómicos que también permiten realizar sesiones de observación con un telescopio robótico a través de Internet. A continuación se va a dar un repaso por los difentes tipos de observatorios.

2.4.3.1. Observatorios astronómicos remotos

La relación de la presente tesis con la astronomía es la razón por la que se incluye el siguiente resumen sobre observatorios astronómicos accesibles a través de Internet y se expone la problemática del reparto de tiempo en los observatorios profesionales.

Los telescopios robóticos por su parte están diseñados para trabajar autónomamente sin necesidad de un operador presencial. Existen cientos de ellos, de diferentes tamaños y propósitos. Por ejemplo, el de la figura 2.25 se trata de *BOOTES-3*, un telescopio ultraligero de 60 cm. de diámetro y una rapidísima velocidad de apuntado, para la investigación en explosiones de rayos gamma.

Algunos de estos telescopios ofrecen servicios a través de Internet. Al igual que los laboratorios web, se puede distinguir entre observatorios interactivos y no interactivos.

Ejemplos de telescopios robóticos no interactivos son *National Schools' Observatory (NSO)*⁵³, *Bradford Robotic Telescope*⁵⁴ y *Eudoxos*⁵⁵. En estos casos, los usuarios no controlan directamente el telescopio desde sus ordenadores, sino que solicitan una observación concreta indicando el conjunto de instrucciones que el controlador del telescopio tiene que ejecutar en el momento oportuno. Estos sistemas a veces son de pago y en otras ocasiones sólo están disponibles para determinadas organizaciones, como escuelas. El NSO permite a escuelas utilizar un telescopio robótico profesional, el telescopio Liverpool, diseñado para investigación científica. Además incluye un conjunto de recursos educativos como complemento para las tareas de enseñanza. El telescopio Bradford está ubicado en El Teide y entre sus estadísticas destacan un total de más de cien mil peticiones y casi 60.000 trabajos completados. Eudoxos es un proyecto de educación científica que cuenta por el momento con una cámara de alta calidad y tres telescopios robóticos en la isla de Kefallinia (Grecia), un telescopio es de 62 cm. de diámetro, otro de 27 cm y otro solar de 15 cm. Uno de sus objetivos es enseñar ciencia a estudiantes de institutos griegos desde un enfoque multidisciplinario.

Por otra parte, proyectos como *The Faulkes Telescope*⁵⁶, *MicroObservatory*⁵⁷ y *SLOOH*⁵⁸, permiten el manejo interactivo en mayor o menor grado. Sin embargo, estos servicios son de pago o requieren algún vínculo a entidades, colegios o institutos, con permiso para utilizarlos. El telescopio The Faulkes proporciona acceso a una red global de telescopios robóticos, actualmente uno en Hawaii y otro en Australia, y ofrece recursos para la educación científica. El proyecto MicroObservatory es una red de cinco telescopios robóticos los cuales fueron diseñados para permitir a estudiantes y profesores de todo el mundo investigar las maravillas del cielo desde sus clases. SLOOH cuenta con tres telescopios en El Teide, Chile y Australia y desde 2003 ya ha tomado más de un millón de fotografías del cielo.

Un cuestión muy importante para el enfoque de la tesis es la asignación del tiempo en los observatorios profesionales. Este es sin duda uno de los grandes inconvenientes, puesto que el tiempo de observación en la mayoría de los observatorios es, además de limitado, difícil de conseguir. Para acceder a los observatorios profesionales normalmente hay que escribir una elaborada propuesta y esperar largos meses para su evaluación. Posteriormente, la persona que recibe tiempo de observación tiene que desplazarse hasta tal localización para llevar a cabo su meta.

Los observatorios profesionales cuentan con un *Comité de Asignación de Tiempos (CAT)*, compuesto evaluadores científicos quienes hacen de árbitros y valoran la calidad científica de cada propuesta. A veces hay un comité diurno y otro nocturno. El tiempo asignado podrá ser inferior al solicitado en función del número de noches disponibles y el total de noches solicitadas para el correspondiente periodo. El tiempo disponible es limitado y puede haber otras propues-

⁵³Proyecto National Schools' Observatory www.schoolsobservatory.org.uk

⁵⁴Telescopio Robótico Bradford www.telescope.org

⁵⁵Telescopio EUDOXOS www.wseas.com/eudoxos/

⁵⁶Proyecto Faulkes Telescope <http://faulkes-telescope.com>

⁵⁷Proyecto MicroObservatory <http://mo-www.harvard.edu/MicroObservatory/>

⁵⁸Proyecto SLOOH <http://www.slooh.com>



Cortesía de Alberto Castro Tirado

Figura 2.25: Telescopio ultraligero BOOTES-3 situado en el Observatorio de Vintage Lane, Nueva Zelanda

tas mejores, o simplemente hay temas más punteros que otros. En cualquier caso son métodos bastante subjetivos.

El observatorio astronómico Montegancedo construido en la presente tesis pretende resolver el problema de la asignación del tiempo en función de la colaboración en línea, como se verá en el punto 4.4. Este observatorio es el primero que se ha puesto a libre disposición de la sociedad y permite al usuario interactuar con los dispositivos a través de un navegador. Toda la descripción del mismo tiene lugar en el siguiente capítulo 3.

Capítulo 3

Observatorio astronómico Montegancedo

3.1. Preámbulo

El observatorio astronómico Montegancedo es la plataforma de experimentación sobre la que se particulariza la metodología formulada en la tesis y se aplican los análisis propuestos en el capítulo 5, con el fin de demostrar las hipótesis de partida.

Este observatorio es el primero puesto a libre disposición de la sociedad vía Internet, con una serie de funcionalidades y políticas de uso que se detallarán a lo largo de este capítulo. Es un proyecto de ciencia ciudadana (véase capítulo 2.2) y un entorno de aprendizaje informal (véase definición en capítulo 2.4.1), cuyo objetivo prioritario es abrir la astronomía a la sociedad para que ésta aprenda y colabore en la creación y supervisión de conocimiento astronómico. Este observatorio nace con la idea de ser un medio para la experimentación real en astronomía, aprendizaje y compartición de conocimientos astronómicos y, en general, para la divulgación de la Astronomía. El acceso es totalmente libre y gratuito para cualquier internauta.

El observatorio es controlado a través de una aplicación web con la ventaja de que cualquier persona desde cualquier parte del mundo puede acceder a un observatorio astronómico profesional y aprender a manejar sus dispositivos, desde simples webcams hasta potentes cámaras y telescopios. Aprovechando el potencial de los servicios de la Web 2.0 que facilitan y motivan la colaboración y la comunicación entre usuarios, se ha construido un software de control remoto de observatorios altamente escalable y adaptable a un gran número de dispositivos. El software, denominado "*Ciclope Astro*", ha sido presentado a diferentes jornadas, conferencias y otros eventos de difusión científica [Cedazo et al., 2006b, Cedazo et al., 2007a] y todas sus características se detallarán en profundidad en el capítulo 3.4.

Desde el año 2006 este software se está utilizando para controlar el observatorio Montegancedo, ubicado en el Campus de Montegancedo de la Universidad Politécnica de Madrid, aunque hasta el año 2008 no se puso en marcha para el propósito inicial. Su instalación se ha realizado en la cubierta del edificio 6 de la Facultad de Informática (véase figura 3.1), en un punto cercano a los servicios esenciales y con suficiente amplitud de visión para el fin propuesto. La figura 3.2 corresponde a la página de inicio del observatorio Montegancedo.

En 2008 se firmó una colaboración para adaptar e integrar el software a un segundo ob-



Figura 3.1: Observatorio astronómico Montegancedo (Facultad de Informática - U.P.M.)

Powered by **Ciclope_Astro** beta

¿Olvidaste la contraseña? Username: Password: Entrar Registrarte

Idiomas disponibles: [EU](#) | [ES](#)

[Inicio](#) | [Telescopio Público](#) | [Album](#) | [Elige un nombre!](#) | [Reservas](#) | [Noticias](#) | [Comunidad](#)

¡Bienvenido al Observatorio Montegancedo!

Se trata del primer observatorio astronómico del mundo de acceso libre, creado por el grupo de investigación de "Aprendizaje Colaborativo" [Ciclope](#).

El **objetivo** que persigue este proyecto es crear una **comunidad** de internautas que aprenda Astronomía y, por qué no, descubra algo novedoso.

Se quiere aprovechar el **horario** previsto al 100%. Se irá ampliándolo, incorporando nuevos experimentos y nuevas observaciones a otros objetos celestes.

La **política de uso del observatorio** se irá cambiando para aprovecharlo al máximo. Se intentará contentar al principiante y al usuario avanzado. ¡No es tarea fácil, por favor, sé comprensivo.

Todo el contenido que genere la comunidad es público bajo licencias "copyleft".

Visita la **interfaz de control** y ve lo que está ocurriendo ahora en el Observatorio.
[Pincha aquí!](#)

14:08:37 2009/04/13

Webcam en el Observatorio LPM (actualizada cada 20 segundos)

Horario apertura:
Lunes a Viernes de 7:00 - 16:00 (UTC).

Estado de la cúpula: CERRADA

¡Novedad! Concurso fotográfico
Sube tu foto de la Estación Espacial Internacional y [participa en el concurso](#).

14:08:10, 04/13/09 UTC	
Temperatura	17.1 C
Sensación térmica por viento y frío	17.1 C
Sensación térmica por humedad y calor	17.1 C
Humedad	91 %
Punto de condensación	-0.2 C
Barómetro	1009.8 mb
Viento	W at 2 kph
Lluvia hoy	0.0 mm
Índice de lluvia	0.0 mm
Amanecer	05:40 UTC
Puesta del Sol	18:52 UTC
Fase Lunar	Warning 85% Full
Predicción	Aumento de nubosidad y mas frío. Posibles precipitaciones y viento en las próximas 6 horas. (actualizado cada minuto)

Datos obtenidos de [Ciclope Weather](#)

Copyright © 2007-2009 Ciclope_Group
 Información Legal | Política de Privacidad | Condiciones de Uso | Condiciones de Acceso al Observatorio Montegancedo

Sitio diseñado para Navegador Firefox (Optimizado para resolución 1024x768)

[HTML 5.0](#) [CSS 2.0](#)

Figura 3.2: Página de inicio del observatorio Montegancedo

servatorio, esta vez situado en una excelente ubicación, el observatorio del Teide, Tenerife, en las instalaciones del Instituto Astrofísico de Canarias. El proyecto se conoce como "*Telescopio Abierto Divulgación*" (TAD)¹ y está orientado a que alumnos de institutos, con la ayuda de un docente y unidades didácticas, realicen una sesión de observación astronómica real, con una simple conexión a Internet (véase figura 3.3).

A continuación se van a repasar los antecedentes e historia del proyecto en lo que se refiere al proceso de construcción, tareas de robotización y eventos en los que se ha utilizado, para posteriormente explicar en detalle la descripción del software de control y los servicios de colaboración que ofrece.

¹Página web del proyecto TAD: www.ot-tad.com



Figura 3.3: Página inicial del proyecto "Telescopio Abierto Divulgación"

3.2. Historia

En 1996 el grupo Ciclope construyó el sistema Titere, el primer laboratorio accesible vía Internet para el aprendizaje de Visión por Computador (véase figura 3.4) [Sebastián et al., 2003]. Desde entonces ha construido diferentes laboratorios web, sobre todo para la enseñanza de asignaturas de ingeniería, como química, regulación automática, robótica (véase figura 3.5), elasticidad y resistencia de materiales, entre otros [Cedazo et al., 2005, Cedazo et al., 2006a, López et al., 2007, López et al., 2009].

La idea de la construcción de un observatorio astronómico de acceso gratuito fue propuesta por primera vez por el grupo Ciclope en el año 2002 durante la participación en el proyecto Europeo COLDEX (IST-2001-32327) [COLDEX, 2009]. Esta idea no fructificó por diversas razones pero, no obstante, con la financiación de ese proyecto el grupo adquirió un primer telescopio y pudo empezar a desarrollar Ciclope Astro, un software libre para la teleoperación vía web de telescopios, cámaras, cúpulas y demás accesorios de un observatorio, descrito en el capítulo 3.4.

Tras varios años de trámites, hasta finales de 2006 no se comenzó a construir el observatorio astronómico. Se trata de un modesto observatorio de 3,5 metros de diámetro, tamaño suficiente para albergar un telescopio sobre un pedestal, mesas con varios ordenadores y otros pequeños accesorios. Se resume a continuación una lista cronológica de los hitos más importantes relativos al observatorio hasta el momento.

- *18-20 Diciembre 2006.* Se llevó a cabo el montaje de la cúpula, construida en fibra de vidrio moldeada y motorizada en giro y apertura/cierre. La figura 3.6 muestra algunas de las fotos del proceso.
- *5 Febrero 2007.* Se instaló una estación meteorológica en la cubierta del edificio junto al observatorio. La estación es una Davis Vantage Pro2 Plus inalámbrica con alcance hasta 300 metros. El conjunto integrado de sensores está formado por un pluviómetro, sensores de humedad y temperatura, anemómetro, sensor de radiación solar y sensor de radiación ultravioleta. Todos estos registros se almacenan periódicamente en una base de datos y,

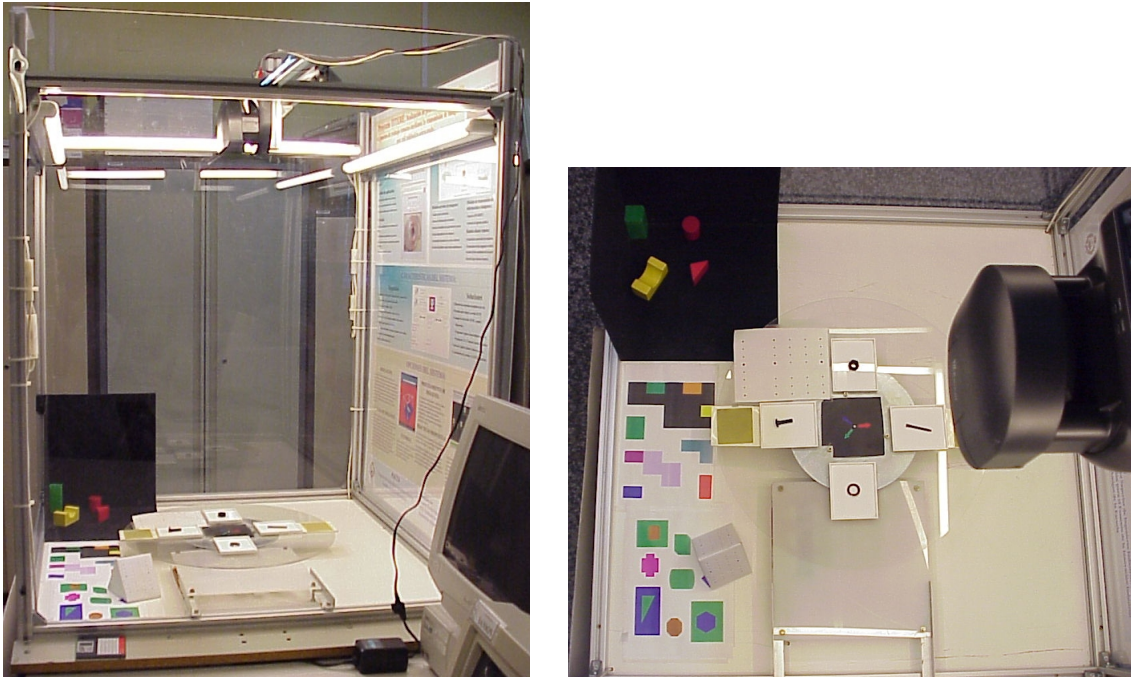


Figura 3.4: Titere, laboratorio web para visión por computador.

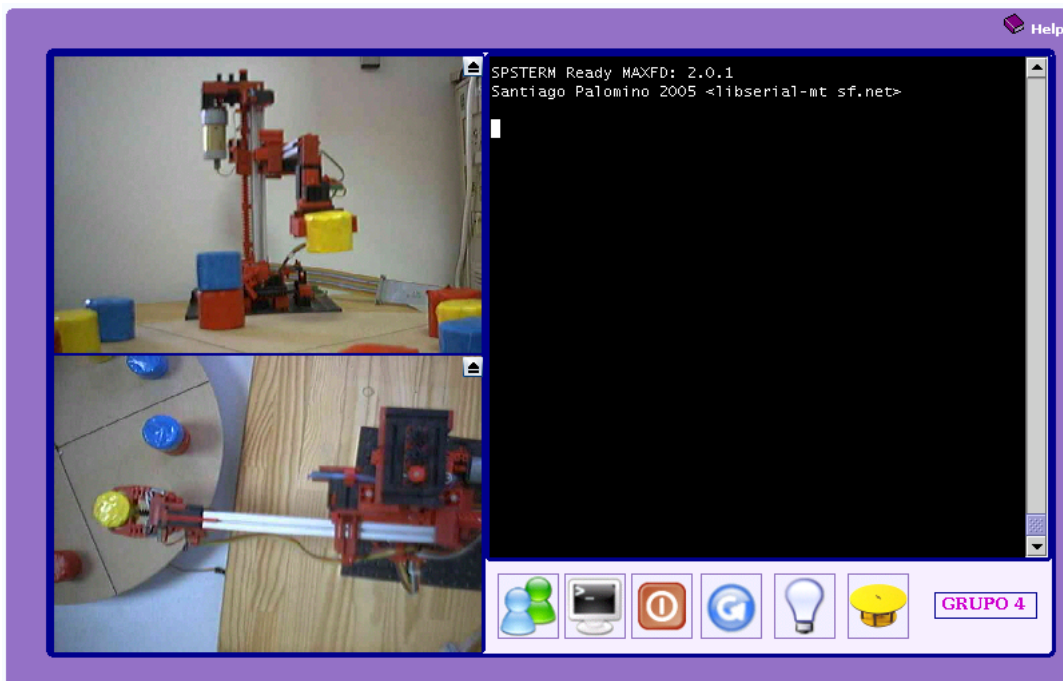


Figura 3.5: Ciclope Robot: laboratorio web para controlar un brazo robot industrial en tiempo real

relativo a ellos, se programan las alarmas y se establecen las acciones correspondientes para proteger el observatorio. A través de una aplicación web² es posible visualizar la información en tiempo real y generar gráficas de los registros meteorológicos.

- *21-23 Febrero 2007.* Se realizó el montaje del pedestal. Se trata de un pedestal fijo con tres apoyos en su base superior. El problema de las vibraciones es muy importante ya que pueden afectar al trabajo de observación como se ve en la figura 3.7. La elevada altura del pedestal podría propiciar vibraciones, sin embargo se ha instalado un pedestal muy robusto que asegura la solidez del sistema. Sobre la base superior apoyan los tres puntos de la montura del telescopio, provista de tornillos de paso fino con los cuales regular el ángulo de altura del eje polar, para adaptarlo a la latitud del lugar. Otros dos tornillos opuestos, de paso fino y eje horizontal, fijos al pilar, abrazan la pata norte de la montura y permiten el ajuste fino del azimut de la montura. Esto es necesario para el proceso de la puesta en estación del telescopio.
- *19-20 Marzo 2007.* Se instaló el suelo técnico. Dada la altura de la cúpula, para evitar interferencias visuales, fue necesario instalar un suelo técnico elevado con unas escaleras desde la puerta de entrada (véase figura 3.8). Este tipo de suelos aprovechan mucho mejor el espacio, ya que la parte inferior sirve para guardar todo tipo de materiales, equipos y además para albergar todo tipo de cables. El suelo técnico se compone de baldosas y la estructura que las sostiene, formada por elementos móviles que permiten regular su altura.
- *Junio 2007.* Finalmente se realizó la instalación de la electricidad, teléfono e Internet.
- *15 Febrero 2008.* El observatorio se inauguró en el ciclo de conferencias que CosmoCaixa Madrid celebra, actividad divulgativa con el título "*Telescopios robóticos: otra forma de acercarse a las estrellas*", en la que se realizó un seguimiento en directo del cielo de Madrid a través de Internet desde dicho observatorio (véase figura 3.9).
- *20 Febrero 2008.* Se retransmitió el eclipse total de Luna. Toda la información del evento se encuentra recogida en la página del proyecto Astrocam [Astrocam, 2009].
- *11 Julio 2008.* Tuvo lugar una actividad divulgativa en el ciclo de conferencias de CosmoCaixa, con el nombre de "*The stormy pass of the solar system*", impartida por José Cernicharo, profesor de investigación del Instituto de Estructura de la Materia del CSIC e investigador principal del proyecto ASTROCAM. Durante la conferencia se utilizó el observatorio robotizado para el seguimiento en directo de los cráteres lunares.
- *1 Agosto 2008.* Se participó en la retransmisión en directo del eclipse total de Sol emitido desde Siberia, de cuya noticia hicieron eco multitud de medios, incluso se contó con la presencia de cámaras de televisión en el laboratorio de trabajo del grupo de investigación y en el Centro de Supercomputación y Visualización de Madrid (CESVIMA) desde donde se realizó la retransmisión³.
- *Julio 2008.* Se concede una ayuda a la innovación educativa en el marco del proceso de implantación del Espacio Europeo de Educación Superior y a la mejora de la calidad de la enseñanza para el curso 2008-09, con el título "*Realización de Prácticas Remotas Colaborativas con el Observatorio Astronómico Robotizado de Montegancedo. Aplicación a las Asignaturas Astronomía Geodésica, Visión por Computador y Diseño de Aplicaciones Web*".

²Página web de la estación meteorológica: www.ciclope.info/weather/

³Página de la retransmisión del eclipse de sol del 1 de Agosto de 2008: <http://eclipse.cesvima.upm.es/>



Figura 3.6: Observatorio Montegancedo: montaje de la cúpula

- *Diciembre 2008.* El proyecto "*Ciclope Astro: Software Libre para la teleoperación vía Internet de observatorios astronómicos robotizados educativos*" recibe el segundo premio de la octava convocatoria del premio "*Nuevas Aplicaciones para Internet*" organizado por la Cátedra Telefónica en la U.P.M. El segundo premio se concede a esta propuesta por ser un caso exitoso de creación de un servicio de colaboración y de compartición de recursos en astronomía, así como de creación de un gran comunidad de usuarios en Internet a su alrededor que extiende muy significativamente las oportunidades de observación astronómica.
- *23 Enero 2009.* Con motivo de la celebración del Año Internacional de la Astronomía, tuvo lugar el acto de inauguración oficial del observatorio. El acto lo presidieron el Decano de la Facultad de Informática, Javier Segovia, el Vicerrector de Investigación de la Universidad Politécnica de Madrid, Gonzalo León, el investigador principal del proyecto ASTROCAM, José Cernicharo, y el responsable del observatorio y profesor de la Facultad de Informática, Francisco M. Sánchez Moreno.
- *Marzo - Mayo 2009.* El observatorio fue el marco de una actividad encuadrada dentro del Año Internacional de la Astronomía: "*Capta una imagen de la Estación Espacial Internacional*". El objetivo de la actividad era promover que la gente consiguiera fotografiar la estación. Paralelamente se organizó un concurso para premiar las fotos más espectaculares o sorprendentes de la estación, la única condición para participar en dicho concurso era subir las fotografías a la aplicación del observatorio Montegancedo.



Figura 3.7: Observatorio Montegancedo: montaje del pedestal



Figura 3.8: Observatorio Montegancedo: montaje del suelo técnico

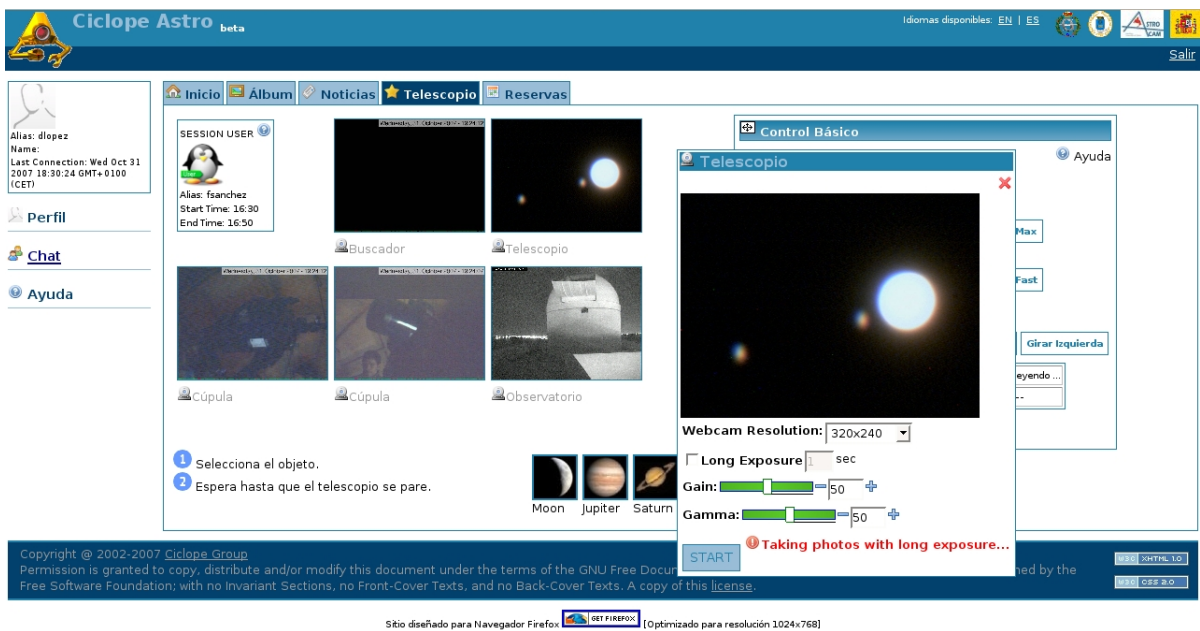


Figura 3.9: Actividad divulgativa en CosmoCaixa (15 de Febrero de 2008)

3.3. Equipamiento de observación

Todo el material del observatorio así como su construcción ha sido financiada en su mayoría con dinero público⁴. El observatorio comenzó su funcionamiento con los siguientes componentes de gama media:

- *Telescopio modelo Meade LX200GPS de 10"*. Una vez finalizaron las obras del observatorio, se instaló este telescopio encima del pedestal sobre una montura altazimutal. La comunicación con el telescopio se hace a través del puerto serie, siguiendo el protocolo LX200 proporcionado por el fabricante. Es un telescopio robotizado y automatizado a través del software desarrollado por el grupo.
- *Telescopio solar modelo Coronado PST (Personal Solar Telescope)* de 40 mm. de apertura y una longitud focal de 400 mm. Gracias a este telescopio se puede observar el Sol en la banda H-alfa, es decir, en una longitud de onda de 656,3 nanómetros, lo que permite distinguir las protuberancias, filamentos, granulación y otros detalles del Sol.
- *Webcams modelos Philips ToUcam y ToUcam Pro II*. Se ha instalado este tipo de cámaras dado que son muy recomendables en el mundo de la astrofotografía planetaria por su contraste, sensibilidad y control. Algunas de estas webcams han sido modificadas para realizar fotografías de larga exposición y de ese modo fotografiar objetos de cielo profundo. Básicamente esta modificación consiste en controlar el CCD de la cámara desde un ordenador y variar el tiempo de exposición [López et al., 2006]. Estas webcams están constantemente retransmitiendo en tiempo real a través de la aplicación web, con el objetivo de que el usuario realice un buen trabajo de observación y no pierda detalle. El uso de estas webcams puede variar dependiendo del experimento, pero lo más habitual es tener una de las webcams modificadas retransmitiendo directamente del *buscador*, mientras que otras dos webcams en su estado de fabricación retransmiten lo que sucede en el interior del observatorio.
- *Cámara DMK 41AU02* monocromática con 1280x960 píxeles de máxima resolución. Esta cámara astronómica posee una gran cantidad de parámetros ajustables, como brillo, ganancia, gamma, tiempo de exposición y región de interés, para obtener mejores fotografías. Esta cámara se controla a través de USB 2.0 y, dada la filosofía de utilizar únicamente software libre para el proyecto, fue necesario desarrollar un driver específico para sistemas GNU/Linux. Esta cámara se conecta directamente a uno de los telescopios ya que permite observar los objetos a alta resolución y permite controlar sus parámetros desde la aplicación web, a través de interfaces como la de la figura 3.11. Hay un manual de usuario disponible en línea para que los usuarios aprendan a utilizar esta cámara y tomar buenas fotografías [DMK, 2009].
- *Cámara IP Vivitek PZ6122* con movimiento horizontal-vertical, zoom óptico 10x y servidor web incorporado. Está ubicada en la azotea, junto a la estación meteorológica, y apunta fijamente al observatorio astronómico, retransmitiendo la imagen de forma continua desde la aplicación web, lo que supone de gran ayuda al usuario para ver el estado de la cúpula, si está abierta o cerrada, si gira y en qué sentido, y su orientación.

La figura 3.10 muestra una vista de la montura, los telescopios y las cámaras utilizadas para la observación (izquierda) y la estación meteorológica y la cámara IP protegida con una caja

⁴Página con el desglose de la financiación del proyecto Ciclope: www.ciclope.info/finance_es



Figura 3.10: Izquierda, montura, telescopios y cámaras; derecha, estación meteorológica y cámara IP

(derecha).

De momento se sigue mejorando el sistema de control del observatorio con el fin de conseguir un sistema totalmente autónomo y fiable que reaccione ante cualquier situación meteorológica y no sufra daños. Hasta ahora se requiere la semipresencia de un operador, motivo por el que se escogió el Sol como primer objeto sobre el que desarrollar los experimentos. A corto plazo el observatorio también se utilizará para realizar observaciones nocturnas.

La composición del escenario se muestra en la figura 3.12. Un ordenador servidor controla todos y cada uno de los dispositivos del observatorio. Una interfaz web hace que todos ellos sean accesibles a cualquier cliente a través de Internet.

3.4. Ciclope Astro, web 2.0 para teleoperar un observatorio

3.4.1. Visión global

En este capítulo se va a explicar en detalle cada uno de los servicios que ofrece el software, así como la arquitectura y tecnologías utilizadas en su desarrollo. Cyclope Astro es una *web 2.0* con un enfoque altamente colaborativo, siendo su principal objetivo poder controlar hasta el más mínimo detalle de un observatorio astronómico, automatizando todas las tareas y haciéndolas accesibles y controlables a través de Internet, para que el usuario utilice un observatorio como si hiciera presencialmente. Este software, además de incluir una serie de herramientas para realizar experimentos astronómicos y controlar remotamente los dispositivos presentes en un observatorio, tales como telescopios, cámaras y cúpulas, integra un gran número de servicios y características del fenómeno Web 2.0 con el fin de promover la colaboración y participación de los usuarios.



Figura 3.11: Interfaz de control de la cámara astronómica DMK

Desde el punto de vista del desarrollo, es importante destacar como una de las principales características del sistema que Ciclope Astro sigue una *metodología de desarrollo de software libre* a través del proyecto SourceForge donde se encuentra alojado [CiclopeAstro, 2009]. El código fuente se distribuye bajo la licencia libre GNU General Public License (GPL). El contenido es libre así como todas las aportaciones de los usuarios, aunque el autor original siga siendo dicho autor, como está explicado en las condiciones del observatorio⁵.

Siguiendo la filosofía del fenómeno Web 2.0, se ha construido una aplicación donde el verdadero protagonista es el usuario y está totalmente enfocada a la colaboración entre ellos. Es una aplicación sencilla a la que se puede acceder con un navegador, sin necesidad de instalar ningún programa y sin ningún tipo de conocimiento técnico. El concepto de uso de la comunidad, la flexibilidad y la velocidad de respuesta hace que la aplicación sea muy atractiva y dinámica.

Debido a que el sistema pretende ser un punto de encuentro de conocimiento en el cual su contenido dependa de los usuarios, se han integrado diferentes elementos propios de la Web 2.0, algunos de los cuales fueron explicados en el capítulo 2.3, con la idea construir un entorno altamente colaborativo. No obstante, no hay que olvidar que la experimentación real, el control remoto del observatorio, es su servicio principal y lo realmente llamativo. Los usuarios pueden realizar diferentes experimentos astronómicos, los cuales son accesibles únicamente para usuarios registrados previa reserva, aunque cualquiera puede ver qué está ocurriendo en el observatorio a través de las cámaras.

El funcionamiento del sistema se basa fundamentalmente en la *colaboración* y la *meritocracia*, con los siguientes objetivos esenciales: promover la colaboración y la compartición entre la comunidad; generar contenido de calidad; auto-organizarse; aprender Astronomía; y, finalmente, asignar el tiempo de observación y recursos según los méritos de cada usuario.

Otras características que definen el sistema son la participación sin necesidad de registrarse; modelo de revisión y votación colaborativa del contenido y soporte multiidioma, hasta ahora disponible en inglés y castellano pero fácilmente adaptable a cualquier otro idioma.

⁵Página con las condiciones del observatorio Montegancedo: www.ciclope.info/CiclopeAstro/html/conditions.html



Figura 3.12: Arquitectura del escenario del observatorio Montegancedo. Se compone de un ordenador servidor conectado a Internet, el cual se comunica y controla todos y cada uno de los dispositivos.

3.4.2. Arquitectura software

Antes de entrar en la descripción del sistema, es importante resumir su arquitectura y tecnologías, con el fin de adquirir una visión global del sistema. La infraestructura consta de un software de servidor, navegadores basados en estándares, sindicación de contenidos, protocolos para mensajería y aplicaciones destinadas a clientes. Se trata de una arquitectura cliente-servidor, resumida en la figura 3.13.

AJAX

La aplicación web está basada en AJAX (Asynchronous JavaScript And XML) que, como se vió en el punto 2.3.8.1, es la técnica de programación más reciente en el desarrollo web. AJAX permite desarrollar ricas interfaces de usuario, como Google Maps o GMail, y con un alto nivel de respuesta en la comunicación cliente-servidor. El motor AJAX simplifica la interacción con el usuario y es idónea para aplicaciones de control remoto donde hay un continuo envío de datos entre cliente y servidor. Respecto al desarrollo de la aplicación se ha utilizado Google Web Toolkit

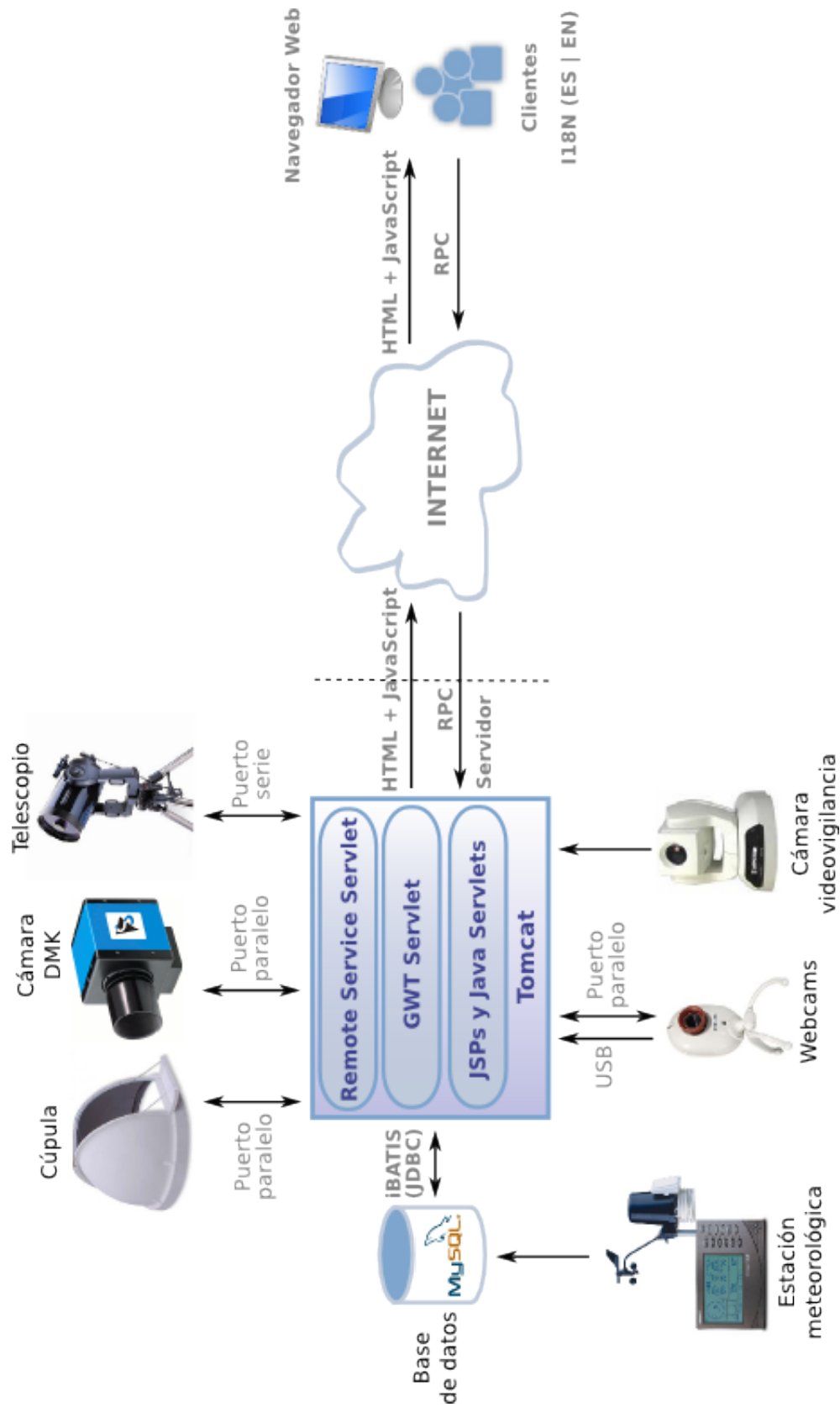


Figura 3.13: Arquitectura software de Ciclope Astro

(GWT)⁶ [Pawlak et al., 2009], un framework creado por Google que facilita el desarrollo ágil de aplicaciones AJAX escritas en Java. En GWT la interfaz de usuario se escribe en Java y se transforma a HTML y JavaScript mediante un compilador, como se muestra en la figura 3.14.



Figura 3.14: Relación de los componentes de la arquitectura de Google Web Toolkit.

Los componentes de la arquitectura de Google Web Toolkit, resumida en la figura 3.15, son cuatro principalmente:

- **Compilador GWT de Java a JavaScript.** Este compilador traduce del lenguaje de programación Java a JavaScript, necesario para ejecutar la aplicación en modo web en el navegador del usuario.
- **Navegador web “Hosted” de GWT.** El navegador web “Hosted” de GWT permite lanzar aplicaciones ejecutando bytecodes de Java sobre una máquina virtual sin compilarlos a JavaScript. Para lograr esto, el navegador GWT incrusta un controlador de navegador especial, ya sea sobre Windows o sobre Linux, con hooks dentro de la máquina virtual de Java.
- **Emulación de librerías JRE.** GWT contiene implementaciones en JavaScript de las librerías de clases más usadas en Java. Esto incluye la mayoría de las clases del paquete *java.lang* y un subconjunto de clases del paquete *java.util*. El resto del estándar de librerías de Java no está soportado nativamente por GWT. Por ejemplo, las clases del paquete *java.io* no se utiliza en aplicaciones web, ya que acceden a recursos de red y a archivos locales.
- **Librería de clases de interfaz de usuario de GWT.** Las librerías de clases de interfaz de usuario de GWT son un conjunto de interfaces y clases personalizadas que permiten crear *widjets* o componentes software para el navegador, como botones, cajas de texto, imágenes y texto, entre otros. Éste es el núcleo de las librerías de interfaz de usuario para crear aplicaciones GWT.

Las aplicaciones web tradicionales piden una nueva página HTML cada vez que se comunican con el servidor web. Por el contrario, las aplicaciones AJAX descargan la interfaz de usuario al cliente y realizan llamadas asíncronas al servidor para enviar y recibir únicamente los datos en

⁶Página oficial de Google Web Toolkit: <http://code.google.com/webtoolkit/>

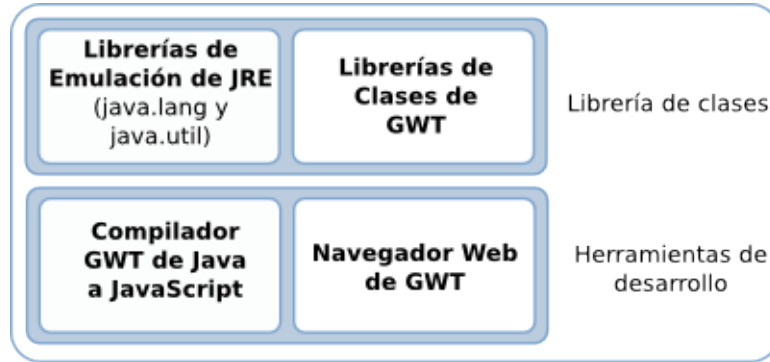


Figura 3.15: Arquitectura de Google Web Toolkit

sí. Todas las llamadas desde una página HTML al servidor son asíncronas. Esto significa que la página no se bloque mientras espera el valor de retorno del servidor. El código que le sigue a la llamada se ejecuta inmediatamente. En el momento en que la llamada al servidor finaliza, el método *callback* que realizó la llamada continúa ejecutando. Por tanto, este funcionamiento hace que las interfaces de usuario de las aplicaciones AJAX reduzcan los requisitos de ancho de banda de la aplicación y la carga del servidor.

GWT proporciona métodos diferentes para comunicarse con el servidor, ya sea por medio de llamadas a procedimientos remotos (RPCs), JSON (JavaScript Object Notation) o JSONP (JSON con Padding). En el caso del software Ciclope Astro implementado con Servlets de Java, se ha creado una interfaz para la lógica de negocio del lado del servidor de la aplicación, de modo que se ha escogido GWT RPCs para la comunicación cliente-servidor. Es un mecanismo para pasar objetos Java a y desde un servidor vía HTTP. El framework GWT RPC crea de forma transparente llamadas a servlets Java y permite a GWT ocuparse de todos los detalles de bajo nivel como es la serialización de objetos.

El software sigue el paradigma orientado a objetos de acuerdo a la especificación J2EE, de modo que se puede desplegar en cualquier servidor de aplicaciones. En el observatorio Montegancedo, el contenedor de servlets utilizado es Tomcat, del proyecto Apache, el cual implementa todas las especificaciones de servlets y JSPs (JavaServer Pages) desarrolladas por Sun Microsystems. Entre otras ventajas, ofrece soporte para internacionalización y, de un modo sencillo, se puede traducir la interfaz a varios idiomas, hasta ahora sólo disponible en español e inglés. Otra ventaja es que la aplicación web desarrollada es multiplataforma. Lo que varía de un sistema operativo a otro son las librerías de control y los drivers de cada uno de los dispositivos. El servidor utilizado en el observatorio Montegancedo tiene instalado el sistema operativo GNU/Linux y todos los dispositivos son compatibles con tal sistema. Los clientes pueden ser cualquier dispositivo con conexión a Internet y un navegador web.

Control del telescopio: Protocolo LX200

La comunicación entre el servidor y el telescopio se hace a través del puerto serie utilizando el protocolo LX200. Para ello se ha desarrollado una librería en Java implementando todos los comandos que incluye dicho protocolo.

Para la comunicación entre el ordenador servidor y el telescopio, el fabricante *Meade* proporciona un protocolo denominado LX200 [LX200, 2002], completamente abierto. Se compone de

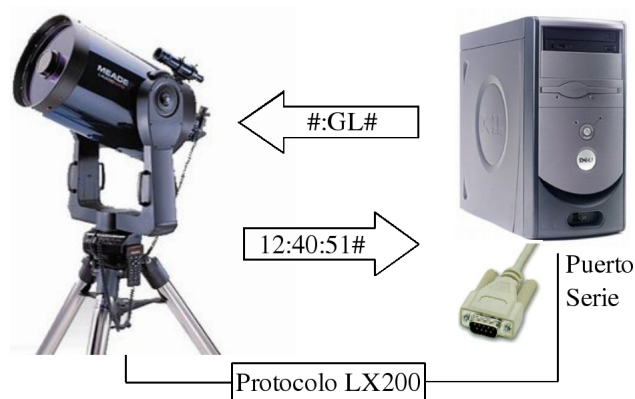


Figura 3.16: Comunicación a través del puerto serie entre el servidor y el telescopio.

un amplio juego de instrucciones que el telescopio entiende y que le permite realizar todas las funciones para las que está preparado.

A la hora de controlarlo, la cuestión se limita a establecer contacto con él por el puerto serie, y enviar las instrucciones adecuadas. Prácticamente la mayoría de lenguajes de programación, tales como C, PHP o Java, permiten implementar software adecuado a este fin. Cada instrucción se ve delimitada por un símbolo # al principio y otro al final. Por ejemplo, la instrucción que solicita la hora local del telescopio corresponde al comando #:GL# y devuelve la hora local en formato 24 horas HH:MM:SS#, como se ve en la figura 3.16. Todas las instrucciones, tanto formato de entrada como de salida, están especificadas en el protocolo.

Base de datos

En este caso se ha utilizado una base de datos MySQL, caracterizada por ser multihilo, multiusuario, rápida y robusta. MySQL tiene doble licencia, es decir, los usuarios pueden elegir entre usar el software bajo los términos de la licencia GNU General Public License o adquirir una licencia comercial estándar.

Además se utiliza iBATIS, del proyecto Apache, un framework de persistencia que facilita el acceso a base de datos en las aplicaciones Java. El proyecto iBATIS es de código abierto con la licencia de Apache Software Foundation. Destaca por su simplicidad, ya que encapsula SQL en ficheros XML y, por medio de descriptores XML, se mapean los objetos a sentencias SQL. iBATIS, al ser una capa por encima de JDBC, permite usar diferentes bases de datos siempre que exista un driver JDBC, en este caso el de MySQL.

Control de las webcams

Las imágenes de las webcams se publican a través de Internet a través del servidor. Las capturas de estas imágenes se realiza con el programa *vgrabbj*, el cual graba una imagen de un dispositivo compatible con el driver *video for linux (v4l)* y la escribe en un archivo en formato jpg/png. El programa permite configurar varios parámetros, como el número de fotogramas por segundo y un texto a mostrar en la imagen, entre otros. Por otra parte, la aplicación web es quien se encarga de mostrar las imágenes a los clientes con la frecuencia oportuna dependiendo del rol y de la interfaz del usuario. Es decir, por ejemplo, los usuarios visitantes ven las imágenes con



Figura 3.17: Comunicación entre los sensores y la consola de la estación meteorológica y el servidor

una frecuencia de 20 segundos actualmente, mientras que a los usuarios que poseen la reserva o son administradores se les muestran con una frecuencia de 0,5 segundos.

Adicionalmente, las webcams que se utilizan para observar objetos celestes se han modificado para larga exposición. Para el control de sus parámetros se ha desarrollado una librería en C++, cuya comunicación entre servidor y webcams se realiza a través del puerto paralelo.

Gestión de alarmas meteorológicas

La estación meteorológica implementa un sistema de sensores integrados que agrupa a los sensores de temperatura, humedad relativa, radiación solar y rayos ultravioletas, además de anemómetro y pluviómetro. Está equipada con un panel solar y batería recargable autoabasteciéndose de la energía necesaria para su correcto funcionamiento y proporcionando datos climatológicos exactos.

La estación tiene una consola para recibir los datos recolectados por el sistema de sensores integrados, almacenarlos y procesarlos. La consola tiene una pantalla con teclado indicativo de todos los factores climáticos y donde además, se pueden ver los datos gráficamente y con valores, de las últimas 24 horas, meses o años. Muestra también pronósticos de clima, fases de la luna, tendencias de lluvia, así como máximas y mínimas con hora de ocurrencia.

La base de datos de la estación está contenida en una memoria no volátil, la cual interactúa con un ordenador y proporciona al usuario una amplia gama de información climatológica. La memoria es capaz de almacenar hasta 6 meses de información. Con esto se obtiene un gran archivo histórico personalizado, referido a cada factor climatológico y tiempo determinado. La comunicación entre los sensores de la estación, su consola y el servidor se muestra en la figura 3.17. Permite publicar la información a través de una página HTML y formato RSS, como el que ve en la figura 3.18.

En cuanto al software Ciclope Astro, se han implementado Servicios Web que consultan los diferentes parámetros registrados en la base de datos y, en base a unas reglas preestablecidas, ejecutar las alarmas y medidas de seguridad oportunas. Por ejemplo, si la media de la velocidad del viento sobrepasa los 20 kilómetros por hora durante más de veinte minutos, se envía un correo electrónico a los administradores y la cúpula recibe la orden de cerrarse.

```







<?xml version="1.0" encoding="iso-8859-1"?>
<rss version="2.0" xmlns:dc="http://purl.org/dc/elements/1.1/"
xmlns:sy="http://purl.org/rss/1.0/modules/syndication/"
xmlns:admin="http://webns.net/mvcb/"
xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
xmlns:content="http://purl.org/rss/1.0/modules/content/">

<channel>
  <title>Facultad de Informatica (UPM) Weather Stattion</title>
  <link>http://www.ciclope.info/weather</link>
  <description>Current Weather Conditions</description>
  <language>en-us</language>
  <pubDate>06/30/09 UTC,11:22:10</pubDate>
  <ttl>1</ttl>
  <generator>wview 3.8.0</generator>

  <item>
    <title>Facultad de Informatica (UPM) Weather Conditions: 06/30/09 UTC 11:22:10</title>
    <link>http://www.ciclope.info/weather</link>
    <description>Current Weather Conditions</description>
    <pubDate>11:22:10, 06/30/09 UTC</pubDate>
    <guid isPermaLink="true">http://www.ciclope.info/weather</guid>
    <dc:date>06/30/09 UTC - 11:22:10</dc:date>
    <content:encoded><![CDATA[
      <p>
        Temp: 29.7 C<br>
        Wind Chill: 29.7 C<br>
        Heat Index: 28.7 C<br>
        Humidity: 33 %<br>
        Dewpoint: 11.7 C<br>
        Barometer: 1014.6 mb<br>
        Wind: SW at 23 kph<br>
        Rain Today: 0.0 mm<br>
        Rain Rate: 0.0 mm<br>
        Sunrise: 04:49<br>
        Sunset: 19:50<br>
        MoonPhase: Waxing 60% Full<br>
        Prediction: Increasing clouds with little temperature change.
        Precipitation possible within 24 hours.<br>
      </p>
    ]]></content:encoded>
  </item>
</channel>
</rss>

```

Figura 3.18: Publicación de los datos meteorológicos del observatorio en formato RSS.

Usuario	Karma	Fotos enviadas	Sugerencias enviadas
 carlosmoso	0	0	0
 carlosz22	0	0	0
 celestron	0	0	0
 Celso Frade	0	20	1
 cepedano	0	0	0
 cerni	0	0	0
 Charrobot	0	0	0
 chematrix	0	0	0
 Chemy	0	0	0
 cipsosan	0	0	0
 civitis	0	0	0
 cmartin	0	0	0
 cmorsec	0	0	0
 cmunozqar	0	0	0
 Cortecita	0	0	0

Mostrando 61 - 75 de 366 << < 3 4 5 6 7 > >> Ir a la página: GO

Figura 3.19: Comunidad de usuarios junto a sus estadísticas más relevantes

3.5. Funcionamiento del sistema

Los aspectos más característicos del funcionamiento es que se basa en una red social, es un sistema meritocrático, apuesta por la colaboración y la discusión y, cómo no, permite la realización de experimentos y la asignación automática del tiempo de observación de un modo novedoso.

3.5.1. Red social

En el capítulo 2.3.1 se definió una red social como una aplicación que amplía las posibilidades de comunicación y conexión entre personas. Ciclope Astro es una red social ya que, entre otras acciones, los usuarios comparten fotografías o cualquier otro tipo de contribución, las comentan y votan, o se envían mensajes privados. Uno de sus objetivos es servir como medio para que redes sociales compartan intereses y unan esfuerzos en inquietudes comunes, ya sea sobre conocimiento astronómico o cualquier otro campo.

A diferencia de otros sistemas, éste no es un negocio y no tiene más interés que el mero hecho de motivar el aprendizaje entre la sociedad, de ahí que la mayoría de su contenido sea público (a más contenido, mayor aprendizaje), la lista de usuarios (véase figura 3.19), sus perfiles, contactos, contribuciones y estadísticas son accesibles sin necesidad de seguir un proceso de registro; además se permite colaborar en ciertas acciones sin registro; y en caso de formar parte del sistema, no se requiere nada más que un correo electrónico asociado al usuario.

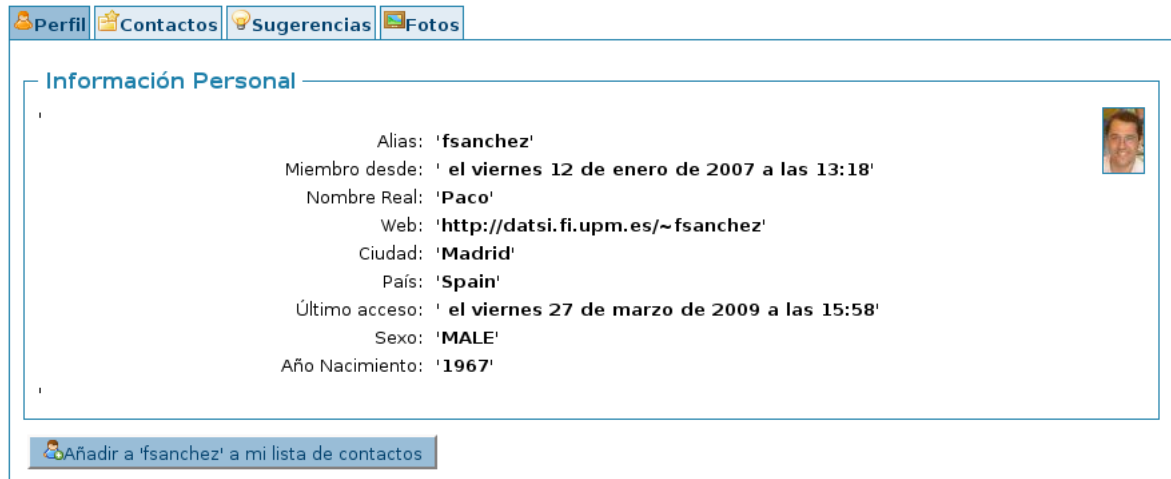


Figura 3.20: Perfil público del usuario *fsanchez*

Perfil de usuario

Los perfiles muestran información sobre los usuarios, de modo que a cada usuario registrado en el sistema se le asocia un perfil. Sin embargo, los usuarios pueden simular una *identidad virtual* y permanecer en el anonimato si lo desean. El único dato que realmente existe y está vinculado al usuario es el correo electrónico, pero éste no es visible al resto de la comunidad a no ser que lo exprese explícitamente.

Hay ciertos privilegios y servicios que sólo pueden utilizar los usuarios registrados en el sistema, especialmente con el fin de evitar el vandalismo típico de las Webs 2.0. El proceso de registro es sencillo y sólo requiere los siguientes datos obligatorios: alias y dirección de correo electrónico unívocos, mes y año de nacimiento y género. El alias es realmente lo que distingue a los usuarios de cara a la comunidad, el correo electrónico es el medio de comunicación con el usuario (registro automático, recordatorio de password, notificaciones en los cambios de las condiciones, envío de noticias, etc.) y los datos sobre la edad y género son interesantes para estudiar la red social y analizar los perfiles de los usuarios en base a estos parámetros. Todos los datos son públicos salvo su correo electrónico, pero se le notifica al usuario a la hora de registrarse.

Posterior al registro, el usuario puede añadir y modificar sus datos, ya sean reales o imaginarios, siendo ésta una decisión del propio usuario. Además de los datos requeridos al principio, los cuales no son editables, el usuario puede añadir opcionalmente su nombre real, ciudad, país, página web personal, texto explicativo sobre sí mismo, avatar, y además seleccionar si hacer público su correo electrónico y si desea recibir notificaciones relativas al observatorio en su correo. La interfaz para gestionar el perfil se puede observar en la figura 3.11.

Una de las características de los sistemas de intercambio de información son los avatares. Un avatar es una representación gráfica, ya sea una fotografía o dibujo generalmente de un tamaño pequeño en torno a 100x100 píxeles, y se asocia a un usuario para su identificación en todas y cada una de sus aportaciones. La mayor expansión del uso de los avatares se produjo en el mundo de los foros, pero no tardó en que lo adoptaran los servicios de mensajería instantánea, videojuegos en línea y, actualmente, la mayoría de sitios sociales.

The screenshot shows a web interface for modifying a user profile. At the top, there are navigation tabs: 'Mi Perfil', 'Mis Contactos', 'Mis Sugerencias', and 'Mis Fotos'. Below these, there are sub-tabs for 'Mi Perfil' and 'Gestionar Perfil'. The main content area is divided into several sections:

- AVISO DE PRIVACIDAD:** A notice stating that all information is public, except for email, which can be made public if desired.
- Nombre Real:** A text input field containing 'Raquel Cedazo'.
- Mi Ciudad:** A text input field containing 'Madrid'.
- Email:** A text input field containing 'rcedazo@fi.upm.es'. Below it is a checkbox for 'Permitir que otra gente vea mi dirección de correo' (unchecked) and a checked checkbox for 'Márcalo si quieres recibir notificaciones y noticias sobre el observatorio'.
- Sobre mí:** A text area containing the text 'Actualmente estoy realizando el Doctorado en la Facultad de Informática (UPM)'. Below it is a character count '0 caracteres máx. 1000' and a 'Guardar Cambios' button.
- Mi Web:** A text input field containing 'http://www.ciclope.info/peopl'.
- Mi País:** A text input field containing 'España'.
- Password Nuevo:** A text input field for a new password.
- Verificar el nuevo password:** A text input field for verifying the new password. Below it is a note 'Debe tener al menos 8 caracteres.' and a 'Cambiar Password' button.
- Cambiar mi avatar:** A section for changing the profile picture. It includes a note 'Tu imagen debe ser jpeg, png o gif (no animados) y debe ser menor que 100 kb.', a small preview of the current avatar, size options '48x48 size' and '16x16 size', a 'Browse...' button, and a 'Subir imagen' button. Below this is a link '(Resetear la imagen por defecto)'.

Figura 3.21: Interfaz de modificación del perfil del usuario *rcedazo*

Lista de contactos

Sitios como Facebook, Tuenti y LinkedIn, tienen su potencial en las listas de contactos y son la espina dorsal de todo su funcionamiento. Estas redes otorgan ciertos privilegios y funciones sobre los usuarios que estén en la misma red, por ejemplo, ver el espacio personal, escribir un mensaje privado, etc. Ciclope Astro funciona de diferente forma. Sí es cierto que los usuarios pueden mantener una lista de contactos por el motivo que sea, amistad, admiración, interés, u otro tipo de afinidad, pero hasta la fecha, la única funcionalidad que hace uso de la lista de contactos es la de facilitar un acceso rápido para la comunicación instantánea (véanse más detalles en el punto 3.34). Más adelante, la lista de contactos se enfocará a otros usos, como la de realizar sesiones de observación en grupo.

La lista de contactos de un usuario es pública, de modo que es accesible desde el perfil de cada usuario, así como además se puede ver quién ha elegido a ese usuario como contacto. La figura 3.22 muestra la lista de contactos del usuario *rcedazo*, junto con las fechas asociadas a la creación de cada relación.

Roles

Se han definido diferentes roles de usuario de acuerdo a su grado de conocimiento, ya que es lo que va a determinar a qué interfaces de control del observatorio tiene acceso cada rol. La razón de esto es, como se verá en la explicación de los astronómicos en el punto 3.5.5, hay interfaces más o menos complejas para cada nivel de conocimiento. Por ejemplo, un usuario avanzado podrá manejar un mando profesional, mientras que un usuario principiante no tiene el suficiente

★ Tengo '3' contactos.

Alias	Contact Since	
 albegarcia	el martes 14 de abril de 2009 a las 23:07	
 dlopez	el viernes 19 de diciembre de 2008 a las 16:10	
 fsanchez	el viernes 19 de diciembre de 2008 a las 16:08	

★ Soy contacto de '1' usuarios.

Alias	Contact Since
 B.E.I.	el lunes 23 de febrero de 2009 a las 13:12

Figura 3.22: Lista de contactos del usuario *rcedazo*

conocimiento para ello, por lo que éste tendrá acceso a interfaces muy sencillas.

Hasta el momento hay estos tres roles: básico, normal, avanzado. Por otro lado, hay un rol de administrador con permisos para configurar y gestionar el sistema y controlar todos los aspectos del observatorio sin ningún tipo de restricciones.

3.5.2. Meritocracia: Sistema de reputación basado en el karma

Como se vió en el punto 2.3.2 referente a la meritocracia, el karma es un parámetro que mide la colaboración en las webs 2.0, una medida cuantitativa del valor del trabajo de un usuario realizado en comunidad. El objetivo del karma en los usuarios es dar más peso a los votos de aquéllos que realizan más y mejores aportaciones y tienen mejor capacidad para determinar los contenidos más valorados entre los demás usuarios, lo que teóricamente acelera el proceso de selección y jerarquización del contenido. Cada usuario posee un karma asociado, que es el mismo en el momento de registrarse, y éste sube o baja según un algoritmo matemático expuesto en el punto 4.3. Básicamente el cálculo del karma tiene en cuenta no sólo la cantidad sino además la calidad de comentarios y fotografías aportados, los votos realizados y recibidos, la asistencia a retransmisiones remotas (eclipses, ocultaciones), etc., es decir, todo el conjunto de sus contribuciones.

Los usuarios también son penalizados si realizan acciones consideradas perjudiciales para la comunidad, como es realizar reservas del observatorio y no acceder, enviar fotografías a las cuales los usuarios reportan problemas, etc.

Principalmente, los objetivos de este sistema meritocrático de cara a su funcionamiento son:

- Jerarquizar los usuarios, fotografías, sugerencias, noticias y cualquier otro elemento del sistema, determinando el karma o importancia de cada usuario para la comunidad. El valor numérico no es relevante para el usuario, sino que lo realmente motivador es conocer qué puesto ocupa cada usuario en el posicionamiento global y la separación entre unos y otros. En definitiva el karma mide cuan importante es un elemento para la comunidad, y ésta misma es la que lo determina.
- Encajar cada usuario en su rol y percentil correspondiente con el objetivo de asignar los permisos para realizar diferentes acciones, lo cual está estrechamente relacionado con la presentación de diferentes interfaces y experimentos.

- Asignación de tiempos de observación en base a los méritos conseguidos, es decir, proporcionalmente al karma. Fundamentalmente, cuanto más karma, mayor será el tiempo de observación asignado.

Implícitamente esta meritocracia sigue la idea de motivar a la sociedad respecto a su participación, su dinámica de interacción y colaboración, involucrarla en temas científicos y concienciarla en la ayuda por supervisar y generar contenido de calidad.

3.5.3. Sistema de colaboración: votación

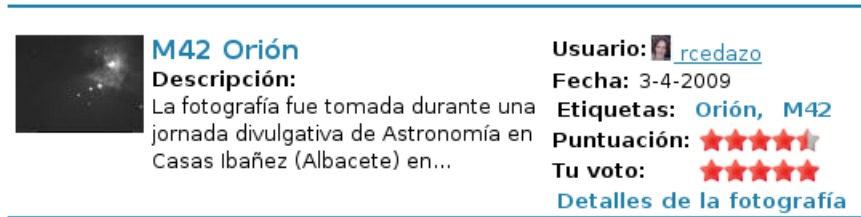
Si se hace una clasificación del presente sistema siguiendo las definiciones del punto 2.3.4, se está ante un sistema de colaboración, a diferencia de los sistemas de recomendación, ya que se usan los votos para actualizar el valor de los usuarios. Normalmente los votos se hacen sobre recursos o contribuciones de un usuario, no sobre el propio usuario. La calificación podría ser anónima o no, a elección del administrador del sistema. Como se ha visto en muchos sistemas y se demostrará en el capítulo 5, la participación anónima, usuarios no registrados, puede ser determinante en el posicionamiento de un elemento.

Como se aprecia en la figura 3.23, la votación de cualquier contribución se realiza explícitamente por medio de votos siguiendo una escala de números enteros del 1 al 5 (1 representa el mínimo y 5 el máximo). La escala se representa con estrellas sin ningún significado explícito, por lo que es el usuario el que establece el valor subjetivamente desde su propia experiencia y conocimiento. Únicamente se permite un voto por contribución (fotografía, sugerencia, noticia, comentario) y una vez que se envía el voto ya no es modificable.

La figura 3.24 muestra el resumen de votos que se puede ver de una de las contribuciones, en la parte superior aparece el total de voto, 3 en el ejemplo, y en segundo lugar hay una tabla que resume qué porcentajes de votos hay de cada puntuación o escala, en el ejemplo, 33,33 % del total ha votado 5 y 66,67 % ha votado 4.

Un asunto muy importante en estos sistemas donde existe gran cantidad de información es asegurar contenidos apropiados, es decir, no difamatorios, ofensivos o no adecuados. En algunos sitios existen moderadores y revisores, roles de usuario para validar todo el contenido o únicamente las quejas que llegan de otros usuarios. El inconveniente de esto es el coste que conlleva realizarlo manualmente, siendo en muchas ocasiones una decisión subjetiva del moderador. Hay otros sistemas que lo hacen de modo automático en función de las quejas recibidas por los usuarios, incluyendo algún mecanismo de reportar problemas. El propio sistema, siguiendo unas reglas de decisión, es el que actúa en consecuencia.

En Ciclope Astro se denominan "*votos negativos*", un tipo particular de voto que pueden enviar únicamente los usuarios registrados para reportar problemas (repetido, plagio, erróneo, inapropiado) a una determinada contribución. El modo de tratar estos votos negativos es particular de cada sistema. Ciclope Astro lo que hace es borrar esa contribución cuando el porcentaje de votos negativos respecto del total de votos sobre esa contribución es igual o superior a λ y al menos hay μ número de votos totales, sin tener en cuenta los votos anónimos. Estos parámetros son definidos por el administrador del sistema y los puede modificar según vea el comportamiento y la respuesta de la comunidad. A continuación se ilustra un ejemplo del funcionamiento:



M42 Orión
Descripción:
 La fotografía fue tomada durante una jornada divulgativa de Astronomía en Casas Ibañez (Albacete) en...


Usuario:  [rcedazo](#)
Fecha: 3-4-2009
Etiquetas: [Orión](#), [M42](#)
Puntuación: ★★★★★
Tu voto: ★★★★★
[Detalles de la fotografía](#)

Figura 3.23: Sistema de votación de Ciclope Astro

Votos: 3

estrellas	porcentaje
5 estrellas	33,33%
4 estrellas	66,67%
3 estrellas	0%
2 estrellas	0%
1 estrella	0%

Figura 3.24: Resumen de votos de Ciclope Astro

Siendo $\lambda = 20\%$ y $\mu = 10$ mínimo de votos:

- Si el número total de votos* es 12 ($12 \geq \mu$) y hay 3 votos negativos ($25\% \geq \lambda$) \Rightarrow Sí borrar
- Si el número total de votos es 100 ($100 \geq \mu$) y hay 15 votos negativos ($15\% \not\geq \lambda$) \Rightarrow No borrar

* El número total de votos no tiene en cuenta los votos anónimos.


Por supuesto que, y siguiendo con los principios de la meritocracia, los usuarios cuyas aportaciones han sido borradas por votos negativos también son penalizados y su karma se verá afectado.


3.5.4. Sistema de discusión


La comunicación y la colaboración entre los usuarios es fundamental, de ahí que sea imprescindible dotar a estos sistemas de mecanismos para que los usuarios envíen sus comentarios y abran foros de discusión. En Internet existen infinidad de foros, de muy diversos tipos y funcionamiento, sin embargo, Ciclope Astro ha optado por un mecanismo rápido y sencillo para comentar cualquier fotografía, noticia o propuesta. El envío de comentarios por parte de usuarios no registrados es decisión del administrador, sí permitiéndose en la configuración por defecto, ya que esta opción proporciona mayor dinamismo. El hecho de que usuarios sin registro envíen comentarios provoca el que siempre existan quienes envíen mensajes inapropiados (un ejemplo de vandalismo) por lo que en muchos sitios optan por restringirlos o aplicar mecanismos de moderación.


Los mensajes son sólo texto, de mil caracteres como longitud máxima, y llevan asociados el alias y avatar del autor, la fecha de envío y el número de comentario en esa discusión (#nnn),


▼ **8 comentarios**

#1 Por los pelos pero también sirve en inglés: PRime Observatory and Collaborative OnliNe, aunque la estrella se pronuncia igual en todos los idiomas.
por  Anónimo el domingo 28 de diciembre de 2008 a las 20:05

#2 **#1** soy yo mismo, que no me había identificado. Acabo de ver que podía haber modificado el texto original, pero bueno ya lo dejo así.
por  Darío el domingo 28 de diciembre de 2008 a las 20:07

#3 Muy original Darío. Mas información sobre Procyon en http://es.wikipedia.org/wiki/Alfa_Canis_Minoris
por  fsanchez el domingo 28 de diciembre de 2008 a las 21:17

#4 Me gusta ya que sigue la pauta de otros proyectos como el PARTNeR, Proyecto Académico con el Radio Telescopio de Nasa en Robledo.
por  Anónimo el martes 30 de diciembre de 2008 a las 14:07

#5 Perdón por no identificarme en el comentario anterior. Lo dicho, tienes mi voto.
por  Celso Frade el martes 30 de diciembre de 2008 a las 14:11

Mostrando 1 - 5 de 8 Ir a la página:

Figura 3.25: Lista de comentarios enviados

de forma que se pueden referenciar en otros comentarios utilizando el identificador #nnn. Los comentarios se visualizan en modo lista por orden cronológico del más antiguo al más reciente, como se ve en la figura 3.25.

3.5.5. Experimentos astronómicos

La parte principal del sistema, y lo que realmente lo hace atractivo, es el conjunto de experimentos astronómicos que se pueden realizar en línea. Se llama experimento al conjunto de objetos, acciones, dispositivos y guión para su realización. Un experimento podría consistir en observar la Luna, mover el telescopio por la superficie lunar, controlar las diferentes cámaras, tomar fotografías y construir un mosaico con las fotografías adquiridas. Otro experimento podría ser observar el Sol y calcular el número Wolf que consiste en medir el número de manchas solares. Cada experimento tiene una interfaz específica, pudiendo variar además según el rol de cada usuario. Diferentes interfaces se muestran en la figura 3.26, un mando básico para controlar aspectos básicos del telescopio, una versión avanzada que consiste en una réplica del mando de la montura conocido como *Autostar II*, y un catálogo donde seleccionar un objeto e introducir directamente las coordenadas celestes.

Experimento solar

Desde Diciembre de 2008 se puso en marcha el experimento solar, con el objetivo de observar el Sol en la banda H-alfa y poder distinguir las manchas y protuberancias solares, además de aprender a cambiar los diferentes parámetros de las cámaras y así obtener buenas imágenes astronómicas. El telescopio y la cúpula hacen el seguimiento del Sol, por lo que el usuario sólo ve una interfaz muy sencilla en la que únicamente se retransmiten las imágenes de cuatro cámaras, como se ve en la figura 3.27. Dos de ellas se utilizan para tener una realimentación del estado del observatorio, una de ellas muestra el exterior y otra está en el interior apuntando al telescopio. Las otras dos webcams, conectadas al buscador y al telescopio, son las utilizadas para la observación.

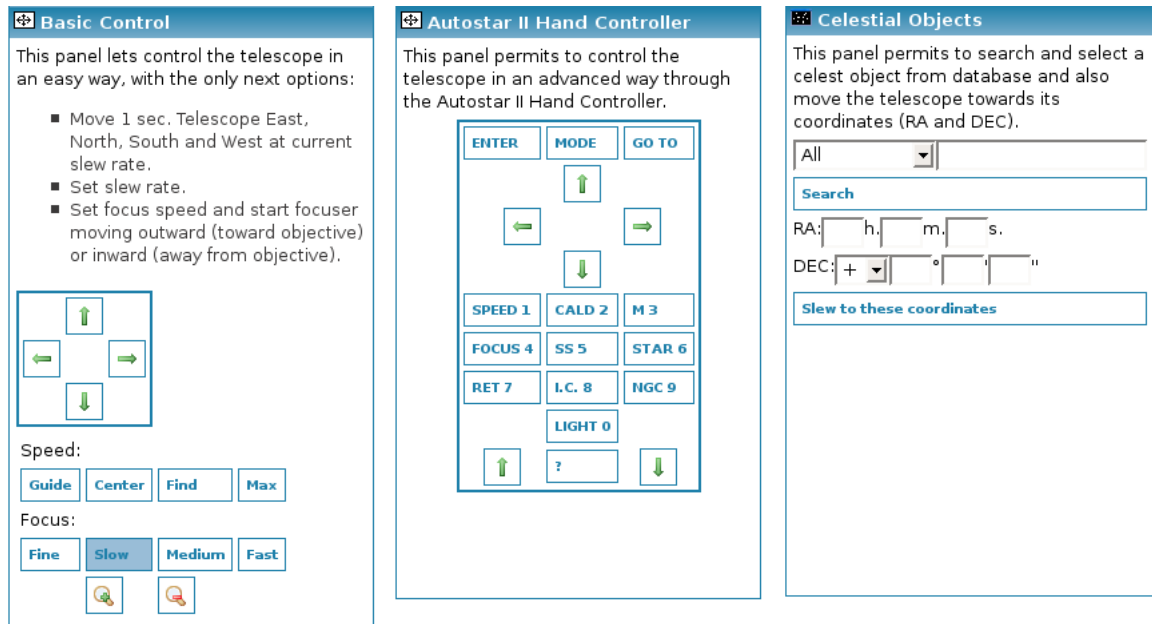


Figura 3.26: Diferentes interfaces que simulan los mandos de control del telescopio Meade LX200GPS

Los parámetros de estas cámaras pueden ser modificados desde la interfaz, por ejemplo, tiempo de exposición, ganancia, brillo, gamma y región de interés, y permiten al usuario aprender nociones básicas de astrofotografía⁷.

Para la realización de este experimento hay establecido un horario publicado en la página inicial del observatorio, en el cual el usuario dispone diariamente de dos intervalos de diez minutos para su uso exclusivo. Es fascinante ver cómo hay usuarios que acceden con normalidad al sistema, toman sus fotografías y las comparten en el álbum fotográfico⁸ del observatorio (punto 3.6.1), añadiendo incluso comentarios y realizando composiciones como la de la figura 3.28. Las estadísticas de uso se pueden ver más adelante en el capítulo 5.

3.5.6. Políticas de asignación del tiempo de observación

El control del telescopio y de las cámaras es exclusivo de la persona que previamente realiza una reserva para ese intervalo. El sistema publica las reservas a modo de calendario, lo que permite listar todas las reservas realizadas para un día concreto (véase figura 3.29). Un usuario registrado dispone de una interfaz para reservar aquellos intervalos disponibles que no están ya reservados. Actualmente, la política únicamente permite reservar en el día actual, comenzando el período de reservas a las 00:00 horas.

Los administradores del sistema son los responsables de establecer un horario de realización de cada experimento, así como el tiempo de duración de cada sesión y el número de sesiones permitidas por día y usuario. Por defecto, la política de asignación es la denominada *FIFO* (*First Input First Output*), lo cual significa que un usuario puede reservar cualquiera de los intervalos que aún estén libres, con la ventaja de que el primero puede elegir cualquiera sin

⁷Una guía de usuario está accesible en www.ciclope.info/CiclopeAstro/html/manual-astrophotography-es.html

⁸La imagen de la figura 3.28 está accesible en la dirección www.ciclope.info/CiclopeAstro/?locale=es#album=44

Figura 3.27: Interfaz del observatorio Montegancedo para la realización del experimento solar

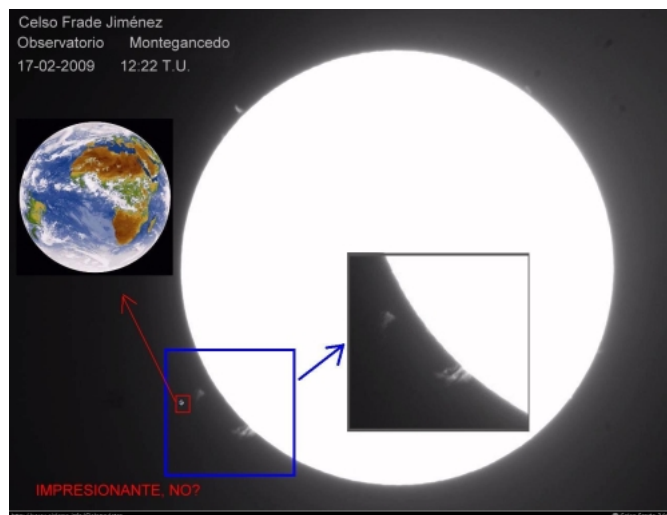


Figura 3.28: Fotografía del Sol "Tierra vs Protuberancia" (autor Celso Frade)

Haz tu reserva para el ' **el lunes 13 de abril de 2009**':

Hora inicial UTC Hora final UTC

Las horas de reservas están en UTC, pon atención.

Hora servidor: 15:47 UTC
Tu hora local: 17:47:59 +0200

Lista de reservas para ' **el lunes 13 de abril de 2009**':

Alias	Hora inicial UTC	Tu hora local inicial	Hora final UTC	Tu hora local final
Daco	10:00:00	12:00:00 +0200	10:10:00	12:10:00 +0200
moisesgarcia	12:40:00	14:40:00 +0200	12:50:00	14:50:00 +0200
rzedazo	15:50:00	17:50:00 +0200	16:00:00	18:00:00 +0200

Figura 3.29: Interfaz para realizar reservas del observatorio

distinción. No obstante, estas políticas están sujetas a modificaciones según se vaya viendo la reacción y comportamiento mostrado por la comunidad.

Inicialmente cada usuario dispone de un tiempo diario preestablecido de uso del observatorio, no obstante, en base al karma, este tiempo puede variar para las sucesivas reservas, como se verá en el capítulo 4.3. Las técnicas de reputación se utilizan en este caso para competir por el uso del telescopio, premiando de ese modo a aquellos que más y mejor colaboren y penalizando a aquellos que son, en cierta medida, nocivos para el sistema. Hay determinados días del año en los que el telescopio se utiliza para retransmitir en tiempo real eventos astronómicos ocasionales, como eclipses y lluvia de estrellas, y organizar actividades didácticas al mando de profesionales, como tours guiados y clases virtuales. En esta ocasión, el administrador puede reservar todo el intervalo de tiempo que requiere la actividad y no permite realizar reservas a ningún otro usuario.

Un aspecto característico de este sistema, es que a pesar de que un usuario no posea la reserva o ni siquiera esté registrado, puede ver lo que está ocurriendo en una sesión, ya que las imágenes de las cámaras están continuamente retransmitiéndose a través de la aplicación. La desventaja es que la frecuencia de emisión de las imágenes es mucho menor en el caso de no ser el propietario de la reserva variando, por ejemplo, de uno a veinte segundos.

3.6. Servicios colaborativos

3.6.1. Álbum fotográfico

El álbum almacena todas las fotografías astronómicas que los usuarios suben al sistema, pudiendo ser fotografías tomadas por ellos mismos con su material o con el del observatorio Montegancedo, con la única condición de que sean los propios autores. En el momento de subir una fotografía, el usuario tiene que cumplimentar un formulario en el cual debe indicar el título y las etiquetas como datos obligatorios y, opcionalmente, el resto de campos relativos al procesamiento, objeto fotografiado, equipamiento de observación utilizado, lugar, fecha y una descripción libre relativa a la fotografía. Cada fotografía tiene un karma asociado interno al sistema el cual se traduce en una posición dentro del álbum, que no es más que una representación de la importancia y la valoración que tiene para la comunidad. Los detalles del algoritmo de ordenación se verán en el punto 4.3.

Las fotografías se presentan en formato lista siguiendo un orden cronológico de la más reciente

a la más antigua, pudiendo ser ordenadas de mayor a menor número de visitas, o de mayor a menor karma. Además, este servicio permite la etiquetación, votación, discusión y compartición de cada una de las fotografías, como se describe a continuación.

Los autores de las fotografías deben nombrar y clasificar sus fotos de forma colaborativa por medio de etiquetas simples (ver *folcsonomía* en el punto 2.3.7). No existe límite en el número de etiquetas, pero sí se requiere al menos una etiqueta. Como se ve en la figura 3.30, la aplicación muestra una *nube de etiquetas* con las más repetidas, siendo el tamaño de las letras proporcional a la frecuencia de repetición, con la posibilidad de realizar búsquedas de fotografías según una determinada etiqueta. Adicionalmente, en la parte inferior derecha de la captura, se muestran las cinco fotografías más visitadas y mejor valoradas.

Adicionalmente, se ha incorporado un sistema de votación sobre las fotos para que los usuarios las califiquen y se pueda ver cuáles son las fotografías consideradas más importantes o populares. Por defecto, se permite el voto de usuarios sin registro para aumentar el dinamismo en la participación, aunque esta decisión es configurable por el administrador del sitio, así como también lo es el peso que se da a los votos de los usuarios no registrados. Como se vió anteriormente, es un sistema meritocrático, razón por la que no todos los votos de los usuarios valen lo mismo.

Para finalizar con la descripción del álbum, cada fotografía incorpora un mecanismo para el envío de comentarios y, además, cuenta con su propia dirección en Internet para poder compartirla o utilizarla sin ninguna dificultad desde cualquier sitio. La dirección y código HTML necesario para enlazar la imagen desde otro sitio se encuentra dentro de los detalles de la fotografía (véase figura 3.31).

3.6.2. Elección de propuestas

El servicio de propuestas o sugerencias permite que los usuarios formulen cuestiones a la comunidad, envíen sugerencias y las voten. Los usuarios, registrados o visitantes, otorgan sus votos a las propuestas y, tras la fecha establecida, se cierra el proceso y se adjudica la propuesta ganadora. La ordenación de las sugerencias se establece siguiendo un algoritmo en el que no todos los votos tienen el mismo peso. Este algoritmo es explicado en la sección 4.3. En la sección 5.2.2 se desarrolla el primer experimento en la que los usuarios pudieron elegir el nombre del observatorio. En esta ocasión, se realizó por medio de un sistema democrático en el que todos el peso de todos los votos valía lo mismo. Sin embargo, se hace una comparativa de qué resultados se hubieran obtenido según el sistema meritocrático.

3.6.3. Wiki

El objetivo de este wiki es editar colaborativamente artículos relacionados con el observatorio Montegancedo y la astronomía. Se ha utilizado un motor de wikis ya existente, software libre, denominado MediaWiki⁹, ampliamente utilizado en gran número de wikis, destacando Wikipedia como el caso más conocido.

Se desea escribir y mantener artículos astronómicos que sirvan como material de aprendizaje para cualquier internauta, no sólo para los usuarios del observatorio. Además sirve para mantener en él todos los términos y condiciones de uso del observatorio, notas de prensa, enlaces


⁹Proyecto MediaWiki www.mediawiki.org

Inicio
Telescopio Público
Álbum
Elige un nombre!
Reservas
Noticias
Comunidad

Álbum Fotográfico

Bienvenido al álbum fotográfico del proyecto Ciclope Astro. Podrás disfrutar de toda la colección de imágenes que han subido los usuarios.

Fotos etiquetadas por: Iss



AVISTAMIENTO ISS

Descripción:
foto del tránsito de la ISS por delante de la Luna desde Salamanca el pasado día 1 de Abril. Realiza...


Usuario: [osae](#)

Fecha: 4-4-2009

Etiquetas: Luna, Telescopio, Iss, ...

Puntuación: ★★★★★

[Detalles de la fotografía](#)



AVISTAMIENTO ISS

Descripción:
Paso de la ISS por la localidad zamorana de Villamor de Cadozos...


Usuario: [Sayagues](#)

Fecha: 2-4-2009

Etiquetas: Iss, Zamora, Sayago, ...

Puntuación: ★★★★★

[Detalles de la fotografía](#)



AVISTAMIENTO ISS

Descripción:
Composición fotografica formada por la luz de la Luna y la estela de la ISS...


Usuario: [albertoperezgh](#)

Fecha: 1-4-2009

Etiquetas: Iss

Puntuación: ★★★★★

[Detalles de la fotografía](#)



AVISTAMIENTO ISS

Descripción:
Estela de la ISS a su paso por detras de un árbol...

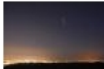
Usuario: [albertoperezgh](#)

Fecha: 1-4-2009

Etiquetas: Iss

Puntuación: ★★★★★

[Detalles de la fotografía](#)



ISS sobre Zaragoza

Descripción:
Sitio exacto del disparo
<http://maps.google.es/maps?t=h&hl=es&ie=UTF8&ll=41.528997,-0.954309&spn=0....>

Usuario: [Securastro](#)

Fecha: 24-3-2009

Etiquetas: Iss, Zaragoza

Puntuación: ★★★★★

[Detalles de la fotografía](#)

Portada

Subir imagen








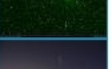


Nube de Etiquetas

salamanca cuasar cadozos villamor sts119, kennedy espacial centro zaragoza f2.8 300mm nikkor d2xs, nikon astronauta sts-119, sayago zamora

discovery

yebes iss, noche luna, 119, sts scorpio escorpion sau pantano

Top 5

Votos	Visitas
	
	
	
	
	

Mostrando 1 - 5 de 16 Ir a la página:

Figura 3.30: Página principal del álbum fotográfico del observatorio Montegancedo

Título: Mosaico Luna



Usuario: [dlopez](#)
Añadida: 19-12-2008
Capturada: 26-6-2007
Objeto: Luna
Cámara: Philips Webcam TouCam Pro SC1.5
Proceso de imagen: Mosaico realizado con 24 imágenes sin procesar realizado con el software Imerge
Tiempo de exposición: 1s
Lugar: Observatorio FI-UPM
Telescopio usado: LX200GPS
Etiquetas: [Luna](#), [Mosaico](#)
Puntuación: ★★★★★
Visitas: 81
Descripción:

Primer mosaico de la luna realizado desde el observatorio de la Facultad de Informática de la UPM durante las primeras pruebas del mismo. El telescopio aun no estaba ni puesto en estación ni colimado. Se trataba de las primeras imágenes que tomabamos del mismo con las webcams modificadas. No se ha realizado ningun tipo de procesamiento, salvo el propio mosaico de imágenes.

Tamaño original

▼ [2 comentarios](#)

#1 Pero solo hay media Luna, ¿donde está la otra? :-)) Muy bonita
 dlopez

por [fsanchez](#) el viernes 19 de diciembre de 2008 a las 21:22

#2 Para ser la primera está muy bien. ¿Con qué programa has hecho el mosaico?

por [rcedazo](#) el viernes 13 de febrero de 2009 a las 14:02

Mostrando 1 - 2 de 2

► [Añade un comentario a esta imagen](#)

► [Compartir la imagen](#)

Figura 3.31: Detalle de una fotografía del álbum del observatorio Montegancedo

Últimas propuestas **Las mejores**

Sólo se muestran las sugerencias con al menos 40 votos.

★ **Observatorio de Montegancedo** ★★★★★ Tu voto: 5 Votos: 64

Por estar situado en la Facultad de Informática, Campus de Montegancedo de la UPM. Así le damos un poquito de publicidad a nuestra querida Facultad, que bastante desconocida es por la zona.

por [fsanchez](#) el viernes 19 de diciembre de 2008 a las 21:16 Votar negativo (0)

► [9 comentarios](#)

★ **Observatorio Galileo** ★★★★★ Tu voto: 1 Votos: 49

Bueno, ya que entramos en el AIA 2009, qué mejor homenaje. Vistos los comentarios podría ser una mezcla de varias propuestas: Observatorio Robótico de Montegancedo, Observatorio Montegancedo-Galileo, Observatorio UPM-Galileo, etc. Así que me voto en negativo para que no siga por delante mi propuesta...

por [Celso Frade](#) el sábado 20 de diciembre de 2008 a las 10:51 Votar negativo (2)

► [10 comentarios](#)

★ **Observatorio Robótico de Madrid** ★★★★★ ¡Votala! Votos: 46

Yo, tengo entendido que no hay más observatorios de este tipo en Madrid

por [junco](#) el lunes 22 de diciembre de 2008 a las 09:31 Votar negativo (1)

► [1 comentario](#)

Mostrando 1 - 3 de 3

Figura 3.32: Sistema de sugerencias: votación del nombre del observatorio

relacionados, guías de usuario de los diferentes dispositivos y funcionalidades del sistema, así como resultados y estadísticas de los diferentes experimentos. La figura 3.33 muestra uno de los artículos del wiki del presente observatorio¹⁰.



Figura 3.33: Wiki del observatorio astronómico Montegancedo <http://om.fi.upm.es/wiki/>

3.6.4. Mensajería instantánea

Este sitio provee un servicio de comunicación síncrona como medio de comunicación virtual entre los usuarios. Este servicio de mensajería instantánea es más comúnmente conocido como *chat*. Los usuarios registrados son los únicos que pueden utilizarlo una vez se han autenticado en el sistema. Permite abrir ventanas de conversación privadas entre dos y hasta cinco usuarios en línea. Su funcionamiento es sencillo e intuitivo ya que se asemeja a la gran mayoría de los que ya existen. La figura 3.34 es la interfaz del chat. Entre las características principales permite ver cualquier usuario que esté en línea, definir un estado (ocupado, al teléfono, ausente, etc.), ver el estado de los demás y, finalmente, añadir y borrar usuarios de la lista de contactos. El chat divide a los usuarios conectados en dos grupos, aquellos que están en la lista de contactos y los que no, de ese modo es más fácil localizar si alguien de la lista de contactos está disponible.

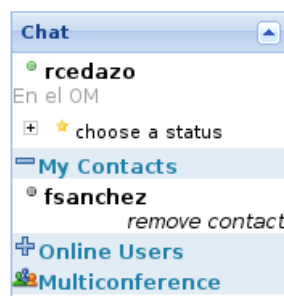


Figura 3.34: Interfaz del chat del usuario *rcedazo*

¹⁰Dirección web del wiki del observatorio <http://om.fi.upm.es/wiki/>

Capítulo 4

Descripción de la metodología de la investigación

En el presente capítulo se va a describir la metodología empleada para llevar a cabo la investigación. Se ha adoptado un método empírico, cuyo objetivo es aproximarse al conocimiento mediante el uso de la experiencia y el conocimiento directo. En el punto 1.4 se elaboraron las hipótesis y en el capítulo 3 se diseñó el experimento a fin de validar y refutar tales hipótesis. El experimento es el observatorio astronómico Montegancedo, un sistema colaborativo en línea cuyo funcionamiento se basa en la meritocracia de los usuarios.

Se ha utilizado un proceso con el que explorar y analizar los datos y así obtener patrones significativos. Dado que se pretende trabajar con grandes cantidades de datos, se utilizan medios automáticos que facilitan la tarea. La estadística es otro método que resulta de gran utilidad en el manejo de la información.

El capítulo se divide en cuatro secciones. En la primera sección 4.1, se define la muestra y el proceso de recolección de datos. La sección 4.2 expone los términos y variables más importantes para realizar el análisis de las redes sociales. Para ello se sigue el método formal de análisis de redes sociales basado en la teoría de grafos y utilizado en un gran número de estudios [Hanneman y Riddle, 2005, Sun y Qiu, 2008]. La sección 4.3 expone el método de ordenación que utiliza el buscador Google para ordenar las páginas web en las búsquedas [Langville y Meyer, 2006]. Presenta además el algoritmo propuesto para ordenar elementos en sistemas colaborativos como el del observatorio Montegancedo. Finalmente, la última sección 4.4 plantea un algoritmo de asignación de recursos según los méritos de los individuos. La aplicación del algoritmo se utiliza dentro del contexto del observatorio para repartir el tiempo de observación disponible en los experimentos.

4.1. Definición de la muestra

El análisis de las hipótesis planteadas se lleva a cabo mediante el estudio de los datos registrados en el observatorio astronómico Montegancedo: usuarios, fotografías, noticias, propuestas, etc. Se pretenden recopilar los datos que permitan determinar la importancia cualitativa y cuantitativa de cada uno de estos factores:

- Características sociodemográficas de los usuarios: localización, sexo, edad, etc.
- La utilización: frecuencia de acceso, número de fotografías enviadas, votación, etc.
- Las relaciones entre los usuarios de la red.

El período de tiempo analizado abarca desde el 1 de enero de 2007 hasta el 24 de abril de 2009. Durante casi los dos primeros años, el observatorio estuvo en fase de pruebas y no se abrió al público. Fue a partir de finales del año 2008 cuando se permitió darse de alta a cualquier persona y cuando los servicios más importantes hasta ahora se abrieron al público, el control del observatorio y el álbum fotográfico. La muestra seleccionada son todos aquellos usuarios que se han registrado correctamente en el sistema. El tamaño muestral en este período es de 383 usuarios registrados, muestra representativa para el análisis propuesto.

El método de recolección de datos es mediante registro de los eventos en el sistema. Éste almacena en la base de datos cada una de las acciones que realizan los usuarios, tanto registrados como visitantes anónimos. La información es continua, es decir, se recoge a medida que se va produciendo. Se puede distinguir entre datos explícitos e implícitos. Recoger datos explícitos requiere que el usuario haga una acción, tal como rellenar un formulario, dar a un botón, enviar un voto, etc. Y por otra parte, recoger datos implícitos recoge lo que realmente hace, por ejemplo, número de accesos, tiempo que está en cada sesión, etc. Una vez se dispone de los datos, hay que hacer un proceso de extracción de información mediante un filtrado. Finalmente, se interpreta y se convierte en información útil, conocimiento.

A partir de estas consideraciones, en el resto del capítulo, se definen las variables a analizar y los algoritmos que determinan la calidad de los usuarios y el tiempo de observación para establecer las reglas de funcionamiento de un sistema meritocrático.

4.2. Definición de términos y variables del análisis de redes sociales

Los análisis de redes sociales se enfocan en las relaciones entre individuos, organizaciones, estados, etc. y su objetivo es describir las redes de relaciones en el mayor detalle posible. La perspectiva de las redes sociales enfatiza múltiples niveles de análisis. Las diferencias entre los actores se deben a cómo están inmersos en las redes y la estructura y el comportamiento de las subredes a las que pertenecen [Chung-Yi et al., 2007, Gloor y Yan, 2006].

Es común representar estas redes mediante *grafos*. Los nodos o vértices del grafo representan a los actores de la red social y los enlaces o aristas entre cada par de actores representan cualquier interacción o relación entre ellos, por ejemplo, el envío de un correo electrónico, la compra y venta de un producto, amistad, etc. [Paolillo, 2008]. La figura 4.1 es un grafo G que representa una red muy pequeña. G se utiliza de ejemplo para la explicación de todas las métricas definidas a lo largo de este punto. Los datos de las redes pueden expresarse de múltiples formas según el tipo de red, relaciones dirigidas, no dirigidas, aristas múltiples, ponderadas, etc.

Con el objetivo de ser más precisos y aplicar algoritmos matemáticos para calcular las propiedades de los grafos, hay que transformar la red en un problema matricial. De este modo se pueden aplicar todos los conceptos de la *Teoría de Grafos* [Brandes, 2008, Koren et al., 2007]. Para ello hay que trabajar con la matriz de adyacencia de la red, la cual representa las conexiones directas entre pares de actores. La siguiente matriz M es la asociada a G .

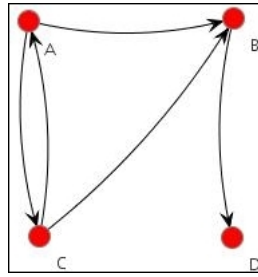


Figura 4.1: Grafo de conexiones utilizado de ejemplo para calcular las métricas

$$M = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \quad (4.1)$$

El tipo de redes que se van a encontrar en sistemas colaborativos del estilo del observatorio Montegancedo se representan con *grafos dirigidos* o *digrafos*. En estos grafos las aristas tienen asociada una dirección de modo que los enlaces AB y BA no sean equivalentes. Se quiere diferenciar casos, por ejemplo, como el que un usuario A recomienda a B, pero B no recomienda a A. En el caso en que estos dos enlaces fueran iguales, se estaría en el caso de grafos *no dirigidos*. Estos detalles son importantes porque determinan todos los cálculos.

A continuación se van a definir algunos de los conceptos y variables más características de los métodos de análisis de redes sociales. Se resaltarán en todo momento la diferencia entre los individuos y la estructura global. Las bases matemáticas para describir la conectividad, la distancia y la centralidad se fundamentan en la Teoría de Grafos.

4.2.1. Conectividad

La *conectividad*, ya sea desde un enfoque individual como estructural, es un tema principal en el análisis de redes. Las diferencias entre como los individuos están conectados puede ser consecuencia para entender sus características y comportamiento. Así, por ejemplo, un mayor número de conexiones indica habitualmente que los individuos están expuestos a más y más diversa información, o como los individuos fuertemente conectados pueden ser más influyentes, además de ser más influenciados por otros. Las diferencias en el modo en que las poblaciones se conectan también puede ser bastante consecuente ya que poblaciones más conectadas pueden movilizar mejor sus recursos y disponer de múltiples perspectivas para resolver problemas.

Existe otro nivel de análisis, la *composición*. Algunas poblaciones se componen de individuos bastantes similares, mientras que otras muestran claras diferencias, con una minoría de personas fuertemente conectadas y masas más grandes de personas con menos conexiones. Las diferencias en las conexiones puede representar incluso la estratificación de grupos sociales.

Normalmente la mayoría de actores no están conectados directamente a los otros actores de la población, por lo que es importante explorar más allá de las conexiones inmediatas. Un aspecto interesante en el estudio es el número de actores y el de conexiones directas entre ellos, que es lo que determina la densidad global de la red, como se ve a continuación.

4.2.1.1. Tamaño de la población

El *tamaño de la población* es una de las variables más críticas en todos los análisis sociológicos. El tamaño es crítico para la estructura de las redes sociales debido a las restricciones que cada actor tiene para construir y mantener lazos. Normalmente, las redes más grandes son más heterogéneas en cuanto a las características sociales de los miembros de red y más complejas en cuanto a la estructura global [Wellman y Potter, 1997]. Por otra parte, redes pequeñas y homogéneas son más características de los grupos de trabajo tradicionales.

En el caso de redes con relaciones dirigidas y con N actores, puede existir un máximo de $(N * N - 1)$ pares de actores únicos. En este caso, el enlace del nodo A al nodo B es diferente al enlace del nodo B al nodo A y no existen auto-enlaces de un actor a sí mismo. El número de actores limita el número de conexiones que un individuo puede tener y que es $(N - 1)$. En la realidad, son pocos los actores que alcanzan dicho límite, especialmente en redes grandes.

4.2.1.2. Grado

En la Teoría de Grafos, el *grado* de un vértice es el número de vértices adyacentes a él. Es útil examinar la distribución del grado de los actores, ya que puede informar un poco sobre la estructura social. En el caso de grafos dirigidos se distinguen dos grados: el *grado de entrada* o número de aristas que llegan al vértice; y el *grado de salida* o número de aristas que salen del vértice. Por una parte, los actores que reciben muchos enlaces de entrada, pueden ser más prestigiosos y poderosos. Por otro lado, el grado de salida normalmente es una medida de la influencia de un actor.

Los actores pueden ser clasificados según la cantidad de enlaces que envían o reciben. En base a esto, un individuo puede considerarse *fuentes* si el grado de salida es positivo y el de entrada nulo; o *sumidero* si el grado de salida es positivo y el de entrada nulo; o ambos. Otro tipo especial de actor es el que no tiene ningún grado de salida ni de entrada, y recibe el nombre de *aislado*. El número y tipos de aristas son claves para determinar aspectos tales como comportamiento, rango de oportunidades, influencia y poder.

El grado máximo, tanto de entrada como de salida, viene determinado por el número de actores de la red. En el caso de grafos dirigidos el grado máximo es $(N - 1)$ y únicamente ocurre cuando un nodo enlaza a todos los otros nodos (grado máximo de salida) o cuando un nodo es enlazado por todos los demás nodos (grado máximo de entrada). En el grafo de ejemplo de la Fig. 4.1 el grado máximo que puede tener un actor es 3, tanto de entrada como de salida.

4.2.1.3. Densidad

La *densidad* es otra variable relativa a la conectividad. Se define como la proporción de todas las aristas que realmente existe respecto al número máximo de conexiones posibles, *es decir*, $N*(N-1)$, siendo N el número de actores de la red. Se calcula según la fórmula siguiente:

$$\text{Densidad} = \frac{n \text{ enlaces existentes}}{N * (N - 1)} \cdot 100\% \quad , \text{siendo } N \text{ el } n \text{ de actores} \quad (4.2)$$

Aplicando esta fórmula al grafo G de la Fig. 4.1, donde existe un total de 5 enlaces (respecto del máximo posible que es 12) y 4 nodos, la densidad es 41,66 % como se ve a continuación:

$$Densidad_G = \frac{5}{4 \cdot (4 - 1)} \cdot 100 \% = \frac{5}{12} \cdot 100 \% = 41,66 \% \quad (4.3)$$

La densidad es un indicador de la velocidad con la que fluye la información entre nodos. Resulta útil además estudiar la densidad para grupos de población (o *clusters*), con el fin de medir la interacción intercambiada con y entre grupos.

4.2.1.4. Alcanzabilidad

La *alcanzabilidad* se refiere a que un actor es alcanzable por otro si existe cualquier conjunto de conexiones desde un origen al actor objetivo, sin importar cuantos actores hay entre medias. Como se ha explicado anteriormente, en el caso de estudio con grafos dirigidos, es posible que un actor A sea alcanzable por B pero que B no sea alcanzable por A. Respecto a la alcanzabilidad, el que algunos actores no puedan ser alcanzables por otros indica posiblemente una división de la red, o podría indicar que la red está compuesta realmente por más de una subpoblación. Si hay muchos caminos que conectan dos actores significa que tienen alta conectividad en el sentido que hay múltiples modos para que la información fluya de uno a otro.

La alcanzabilidad se puede representar en forma de matriz, indicando en cada entrada (i, j) un uno si el nodo j es alcanzable por el i , o un cero si no hay ningún camino (geodésico o no) que vaya de i a j . La siguiente matriz representa la alcanzabilidad del grafo de ejemplo.

$$Matriz\ de\ alcanzabilidad_G = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \quad (4.4)$$

4.2.2. Distancia

Ya que la mayoría de los individuos no se conectan directamente a gran parte de la población, es bastante importante ir más allá de examinar las conexiones inmediatas de los actores, y la densidad global de las conexiones directas. La *distancia* entre los actores, es decir, cómo están de cerca unos de otros, es otro enfoque fundamental en el análisis de redes sociales. Algunos de los actores pueden alcanzar con facilidad al resto de la población, mientras que lo que no están bien conectados pueden tener dificultad para hacerse oír.

La distancia es un aspecto fundamental para entender cómo los actores se integran en las redes. Las distancias entre actores puede ser una importante macro-característica de la red global. La variabilidad a través de las distancias puede ser una base para su diferenciación e incluso su estratificación. Determinar cuantos actores están a determinadas distancias puede ser importante para entender las diferencias de oportunidades entre los actores según su posición. Aquellos actores que están más cerca de otros pueden ejercer más poder que aquellos más distantes.

Hay una definición particular de distancia que es utilizada en el análisis de redes. Se denominada *distancia geodésica* y se define como el número de relaciones del camino más corto posible que hay entre un actor y otro, o lo que es lo mismo es el camino más óptimo y eficiente entre dos actores. La mayoría de algoritmos de análisis de redes asumen que los actores usan los caminos geodésicos cuando hay varias alternativas. En el caso de redes no totalmente conexas, es decir, que hay actores no alcanzables por otros, no se pueden definir exactamente las distancias geodésicas entre todos los pares. El enfoque estándar en tales casos es tomar la distancia geodésica entre los actores no conectados como la longitud más grande que cualquier distancia real en la red. Relativo a la variable distancia, se define la *excentricidad* como la distancia geodésica más larga de un actor.

La matriz de distancias geodésicas del grafo G es:

$$\text{Matriz distancias geodesicas}_G = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 1 & 2 \\ \infty & 0 & \infty & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 2 \\ \infty & \infty & \infty & 0 \end{pmatrix} \quad (4.5)$$

En la ecuación 4.5, el símbolo ∞ representan que esos pares de nodos no son alcanzables.

La distancia media es la media de todas las distancias geodésicas dividido entre el número total de aristas. Por tanto, la fórmula es:

$$\text{Distancia media} = \frac{\text{Total distancias geodesicas}}{\text{Total enlaces}} \quad (4.6)$$

Para el caso de G, no todos los nodos son alcanzables, por lo que la distancia media se calcula únicamente teniendo en cuenta tales nodos y el número total de aristas, en este caso sólo 7 de las 12 máximas posibles. El resultado es el siguiente:

$$\text{Distancia media}_G = \frac{9}{7} = 1,286\% \quad (4.7)$$

Con el fin de obtener otra noción del tamaño de la red, se puede hablar de su *diámetro*, definiéndolo como la mayor distancia geodésica de la red. El diámetro da una idea de cuantos pasos son necesarios para ir de un extremo a otro de la red. Es útil además para establecer un límite en la longitud de las conexiones a estudiar. Para el caso de grafos en los que algunos de los nodos no son alcanzables el diámetro es infinito, como en el del ejemplo.

A veces la redundancia de conexión es una característica importante de la estructura de la red, ya que las probabilidades de que un actor alcance a otro son más altas. Un índice de esto es calcular el total de caminos geodésicos entre cada par de actores. En este sentido se podría extraer información relevante. Por ejemplo, si una red presenta múltiples caminos geodésicos entre nodos, el flujo de información probablemente no se perderá al existir varios caminos alternativos. No es el caso del grafo G, en el que a lo sumo existe un único camino geodésico entre cada par de actores, como se ve a continuación:

$$\text{Num caminos geodesicos}_G = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 1 & 1 \\ \infty & 0 & \infty & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 1 \\ \infty & \infty & \infty & 0 \end{pmatrix} \quad (4.8)$$

Como se verá en el próximo punto, otras medidas están estrechamente relacionadas con la distancia, como el caso de la cercanía y la intermediación. Este último término consisten en contar el número de conexiones entre pares de actores teniendo en cuenta todas las conexiones entre ellos, no únicamente los caminos geodésicos. Es una idea cercana a que el número de caminos, y no sólo sus tamaños, puede ser importante en las conexiones de la red. De ese modo se afirma que cuantos más flujos de un actor a otro, la probabilidad de que exista comunicación es mayor y la conexión es menos vulnerable.

4.2.3. Centralidad

La posición de un actor en la red es esencial para determinar su importancia en muchas ocasiones. Examinar quiénes son los nodos centrales o aislados en las redes es totalmente útil. Existen tres enfoques que describen la ubicación de los actores según qué cerca se encuentran del centro de la acción en la red. Estas tres medidas de centralidad son: grado, cercanía e intermediación.

4.2.3.1. Centralidad de grado

Esta medida se basa en el grado de entrada y de salida de cada uno de los actores de la red. El hecho de que haya actores con mayor número de lazos que otros, puede traducirse en posiciones ventajosas. Como consecuencia de esto, pueden tener formas alternativas de satisfacer necesidades, tener acceso a más recursos y, por tanto, depender menos de otros actores; e incluso actuar como intermediarios entre otros, lo que incluso les permite favorecerse de tal posición. Por tanto, una medida de centralidad simple pero a menudo efectiva es su grado.

En el caso de grafos dirigidos, a veces es importante distinguir la centralidad basada en grados de entrada y la basada en grados de salida. Los actores que reciben muchos vínculos a veces se dice que son *prestigiosos*, ya que muchos otros actores quieren entablar relaciones directas con ellos, y esto podría ser un indicador de importancia. Por otra parte, los actores que tienen un alto grado de salida son actores capaces de intercambiar con muchos otros, o hacerles conscientes de sus puntos de vista. A estos actores se les denomina *influyentes*.

Linton Freeman desarrolló varias medidas de centralidad de los actores basadas en su grado, y la centralización global de la red [Freeman, 1979]. Según su enfoque, la *centralidad de grado* de un nodo en un grafo de tamaño N se define con la siguiente fórmula:

$$C_i^G = \frac{k_i}{N-1} = \frac{\sum_{j \in V} a_{ij}}{N-1} \quad (4.9)$$

donde k_i es el grado del nodo i . La centralidad de grado es, por tanto, la proporción del grado respecto al máximo grado que podría tener un nodo, es decir, $N - 1$.

Los resultados de aplicar esta fórmula a cada uno de los grados se resume en la tabla 4.1. Como se ve, el nodo más prominente es B, con mayor número de enlaces entrantes. Por otro lado, los nodos más influyentes son A y C (dos enlaces) mientras que el nodo D destaca por no tener ningún enlace de salida.

La media, el grado de variabilidad (desviación estándar) y el rango (mínimo y máximo) pueden ser bastante importantes para describir la homogeneidad y heterogeneidad de la población en lo que a posiciones estructurales se refiere. En este caso, la tabla 4.2 resume todos los valores.

Nodo	Grado entrada	Grado entrada Nrm.	Grado salida	Grado salida Nrm.
A	1	33,33 %	2	66,67 %
B	2	66,67 %	1	33,33 %
C	1	33,33 %	2	66,67 %
D	1	33,33 %	0	0

Tabla 4.1: Medidas de centralidad de grado de los nodos del grafo G

	Grado entrada	Grado entrada Nrm.	Grado salida	Grado salida Nrm.
Media	1,250	0,417	1,250	0,417
Desviación	0,433	0,144	0,829	0,276
Suma	5	1,667	5	1,667
Mínimo	1	0,333	0	0
Máximo	2	0,667	2	0,667
Índice de centralización de la red según el grado de entrada: 33,33 %				
Índice de centralización de la red según el grado de salida: 33,33 %				

Tabla 4.2: Métricas descriptivas del grafo G respecto al grado

Freeman consideró útil expresar el grado de variabilidad de la red como un porcentaje de una red estrella del mismo tamaño. La *red estrella* es la más centralizada o desigual posible para un cualquier número de nodos, la cual se caracteriza porque todos los nodos excepto uno tienen grado uno y el nodo *estrella* tiene grado igual al número de nodos menos uno. Los índices de centralización se calculan con las siguientes fórmulas:

$$IC^{Gentrada} = \frac{\sum_{i \in V} C_{max}^{Gentrada} - C_i^{Gentrada}}{N - 1} \cdot 100 \% \quad (4.10)$$

$$IC^{Gsalida} = \frac{\sum_{i \in V} C_{max}^{Gsalida} - C_i^{Gsalida}}{N - 1} \cdot 100 \% \quad (4.11)$$

donde $C_i^{Gentrada}$ y $C_i^{Gsalida}$ son los grados de entrada y salida del nodo i , respectivamente, y $C_{max}^{Gsalida}$ es el máximo de los grados de los nodos. El índice de centralización es el sumatorio de cada una de las diferencias entre la centralidad máxima y la centralidad de cada nodo, dividido entre el máximo grado posible que puede haber en esa red, es decir, $N - 1$.

Los índices según el grado de entrada y de salida para el ejemplo son iguales, 33,33 %. Esto quiere decir que la red es igual de homogénea en los dos sentidos, influencia y prominencia. No existe una gran variación en lo que a ventajas posiciones se refiere, y se distribuyen de forma bastante homogénea por la red.

4.2.3.2. Centralidad de cercanía

El grado de cercanía mide la capacidad de un nodo para alcanzar al resto de nodos de la red. En primer lugar hay que calcular otra medida denominada *lejanía*. Esta medida indica el número de pasos necesarios para acceder a todos los nodos de la red. A mayor lejanía, menor centralidad. La lejanía se calcula sumando todas las distancias geodésicas que unen un nodo con el resto. Si se calcula la inversa de la lejanía, se obtiene la cercanía. Según este enfoque, los actores más centrales se encuentran a una distancia menor del resto de nodos de la red de modo que pueden llegar a interactuar rápidamente a través de pocos intermediarios.

Las medidas basadas en el grado de centralidad han sido criticadas debido a que sólo tienen en cuenta los lazos inmediatos de un actor y no los lazos indirectos con todos los demás. Puede ocurrir que un actor tenga un gran número de lazos hacia otros, mientras que estos estén bastante desconectados de la red global. En este caso, este actor sería bastante central pero sólo en su vecindario. Ante este problema, se desarrolló una modificación del enfoque de la centralidad de grado que ha sido ampliamente aceptada [Bonacich, 1987]. Este enfoque propone que la centralidad y el poder se deben calcular en función de cuantas conexiones directas (*vecindario*) tiene un actor, y cuantas conexiones tienen los actores de su vecindario. Según este nuevo enfoque, cuantas más conexiones tiene el vecindario, más central es un actor, pero no poderoso; y cuantas menos conexiones tiene su vecindario, más poderoso es, ya que otros actores dependen de él.

El enfoque de centralidad por cercanía que se utiliza en este análisis se basa en la distancia geodésica de cada actor con los demás. La suma de estas distancias geodésicas se define como la *lejanía* (*farness*) de ese actor al resto. La lejanía se puede convertir en una medida de *cercanía* (*nearness*) al definirla como la inversa de la lejanía. Esta medida se suele normalizar en relación al actor más central o cercano (menor valor de lejanía) y de ese modo utilizar dicha variable para comparar redes de diferentes tamaños y conexiones.

En una red pequeña con alta densidad, la centralidad basada en la distancia geodésica es muy similar a la basada en grado o nodos adyacentes, pero en redes más densas o más grandes los dos enfoques, tanto en grado como en cercanía, pueden indicar diferentes actores centrales.

Otra vez, una manera útil de hacer un índice de centralización de cercanía es comparar la varianza en los datos actuales con la varianza de la red estrella del mismo tamaño, ya que de nuevo la distribución de lejanía entre actores de la red estrella es la que presenta la máxima concentración posible. Nuevamente se puede separar la cercanía y lejanía según la variabilidad de los envíos y recepciones. La fórmula de la lejanía es la siguiente:

$$Lentrada_i = \sum d_{i,j}; \quad Centrada_i = \frac{1}{\sum d_{i,j}} \quad (4.12)$$

$$Lsalida_i = \sum d_{j,i}; \quad Csalida_i = \frac{1}{\sum d_{j,i}} \quad (4.13)$$

donde $d_{i,j}$ es la distancia geodésica desde el nodo i al nodo j , y $d_{j,i}$ es la distancia geodésica que hay desde el nodo j hasta el i .

Para clarificarlo se van a calcular las lejanías de entrada y salida del nodo A del ejemplo. Para calcular la lejanía de entrada del vértice A, hay que calcular las distancias geodésicas de entrada, es decir, $B \rightarrow A = \infty$; $C \rightarrow A = 1$; $D \rightarrow A = \infty$. Esta información está resumida en la columna A de la matriz de distancias geodésicas. Ahora bien, para calcular la lejanía en el caso de que existan distancias infinitas, como es el del nodo A, los valores infinitos se reemplazan por el número total de nodos del grafo. Esto es, la lejanía de entrada de A es igual a $Lentrada_A = \infty + 1 + \infty = 4 + 1 + 4 = 9$ (puesto que $N=4$). En el caso de la lejanía de salida se hace lo siguiente. Se calculan las distancias geodésicas desde el nodo A al resto de nodos, $A \rightarrow B = 1$; $A \rightarrow C = 1$; $A \rightarrow D = 2$. Ahora todos los valores son finitos, por lo que la lejanía de salida es la suma de todos los valores: $Lsalida_A = 1 + 1 + 2 = 4$. Esta información no es otra que las distancias geodésicas correspondientes a las filas de la matriz 4.14.

$$Matriz \text{ distancias geodesicas} = \begin{matrix} & \begin{matrix} A & B & C & D \end{matrix} \\ \begin{matrix} A \\ B \\ C \\ D \end{matrix} & \begin{pmatrix} 0 & 1 & 1 & 2 \\ \infty & 0 & \infty & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 2 \\ \infty & \infty & \infty & 0 \end{pmatrix} \end{matrix} \quad (4.14)$$

La cercanía de entrada del nodo A entonces es:

$$Centrada_A = \frac{N-1}{Lentrada_A} = \frac{3}{9} = 33,33\% \quad (4.15)$$

El resto de valores para cada uno de los nodos están calculados en la tabla 4.3. Se ve que el nodo más central en lo que a enlaces entrantes se refiere, es el nodo D. En esta ocasión se debe principalmente a que D es alcanzable por el resto de nodos, mientras que los otros no. El segundo nodo más central es B que es alcanzable por todos excepto por D. Por el contrario, los nodos más centrales respecto a los enlaces de salida son A y C. Resulta obvio que D sea el nodo más lejano según los enlaces de salida, puesto que no enlaza a ningún otro nodo. En cuanto a la red global, la tabla 4.4 resume sus medidas descriptivas más características.

Para una red dada, el índice de centralización de cercanía viene determinado por la fórmula 4.16, donde C_{max}^C es la centralidad máxima y C_i^C es la centralidad de intermediación del vértice i . No obstante, la condición indispensable para que este índice sea calculable, es que el grafo sea conexo. El grafo G no lo es, por lo que esta medida no es aplicable.

Nodo	Lejanía entrada	Lejanía salida	Cercanía entrada	Cercanía salida
A	9	4	33,33	75
B	6	9	50	33,33
C	9	4	33,33	75
D	5	12	60	25

Tabla 4.3: Medidas de centralidad de cercanía de los nodos del grafo G

	Lejanía entrada	Lejanía salida	Cercanía entrada	Cercanía salida
Media	7,250	7,250	44,167	52,083
Desviación	1,785	3,419	11,396	23,105
Suma	29	29	176,667	208,333
Mínimo	5	4	33,33	25
Máximo	9	12	60	75

Índice de centralización de la red según cercanía: $\#$ (el grafo no es conexo)

Tabla 4.4: Métricas descriptivas del grafo G respecto a la cercanía

$$IC^C = \frac{\sum_{i \in V} (C_{max}^C - C_i^C)}{\frac{(N-1)(N-2)}{2N-3}} \quad (4.16)$$

Para una red estrella, la cercanía del nodo central es 1, mientras que para el resto de nodos es $(N-1)(2N-3)$, por lo que la máxima cercanía de cualquier grafo de N nodos es:

$$\left(1 - \frac{N-1}{2N-3}\right) (N-1) = \frac{(N-1)(N-2)}{(2N-3)} \quad (4.17)$$

que es el denominador del índice de centralización de cercanía (fórmula 4.16).

4.2.3.3. Centralidad de intermediación

El enfoque de Freeman sobre la intermediación considera al actor con una posición favorable en la medida en que el actor está situado en los caminos geodésicos entre otros pares de nodos en la red. Se puede interpretar como un indicador de poder, ya que cuanto más gente dependa de un actor para hacer conectar con otros, más poder tendrá dicho actor. Sin embargo, si dos actores están conectados por varios caminos geodésicos y un actor no está en todos, pierde poder. Computacionalmente es bastante sencillo localizar caminos geodésicos entre todos los pares de actores y contar la frecuencia con que cada actor aparece en los caminos. Así es como se calcula la intermediación.

Nodo	Intermediación	Intermediación Nrm.
A	0	0
B	2	33,33 %
C	0	0
D	0	0

Tabla 4.5: Medidas de centralidad de intermediación del grafo G

	Intermediación	Intermediación Nrm.
Media	0,5	8,333
Desviación	0,866	14,434
Suma	2	33,333
Mínimo	0	0
Máximo	2	33,333
Índice de centralización de la red según intermediación: 33,33 %		

Tabla 4.6: Métricas descriptivas del grafo G respecto a la intermediación

Un *punte* se define como la relación que proporciona el único camino entre dos nodos. Un tipo especial de puente relacionado con su posición en la red es el *broker*, aquel actor que ocupa una posición de puente entre zonas o nodos de la red desconectadas. Estos actores tienen una posición muy poderosa dentro de la red pero, sin embargo, son un potencial punto de fallo. En muchas ocasiones, que la información llegue de un nodo a otro o viaje entre dos áreas está en manos únicamente de los brokers. Detectar este tipo de actores es muy importante para el análisis de la red.

El grado de intermediación cuenta las veces que un nodo aparece en los geodésicos de todos los nodos de la red. En el ejemplo, el nodo B aparece en dos de los seis posibles caminos entre los nodos de la red. La fórmula para calcular el grado de intermediación de un nodo k es la siguiente:

$$C_k^I = \sum g_{ikj} \quad (4.18)$$

donde g_{ikj} es el número de los caminos geodésicos entre cualquier par de nodos i y j que pasan por el nodo k . Para normalizar el grado de intermediación de un nodo se hace en relación con el número total de caminos geodésicos. En el grafo de ejemplo el único nodo que está en alguno de los caminos geodésicos es B, concretamente entre los caminos geodésicos de (B,D) y (C,D) y hay un total de 6 caminos geodésicos. El nodo B es un *broker* dentro de esta red en la medida que es el intermediario entre las comunicaciones de A y C con D. El resto de nodos no están entre ninguno de los caminos geodésicos, por lo que su intermediación es cero (véase tabla 4.5).

Para una red dada, el índice de centralización de intermediación viene determinado por la siguiente fórmula, donde C_{max}^I es la centralidad máxima y C_i^I es la centralidad de intermediación del vértice i :

$$IC^I = \frac{\sum(C_{max}^I - C_i^I)}{i\epsilon V} \quad (4.19)$$

En grafo G tiene un índice de centralización de 33,33 %, lo que indica poca variabilidad de los nodos respecto a su papel como intermediarios.

4.2.4. Visualización

No siempre es fácil reconocer la estructura y comportamiento de las redes sociales, ni siquiera saber el papel que está jugando un determinado actor dentro de la red. El proceso de analizar todas las métricas anteriores resulta extremadamente costoso, especialmente para redes grandes. Sin embargo la visualización de la red en la mayoría de ocasiones ayuda fácilmente a tomar una idea global de la red, su estructura, divisiones, posiciones de los nodos, densidad, y otros aspectos. La visualización incluso puede ser un factor de decisión importante [Caschera et al., 2009, Yuntao et al., 2008].

La mayoría de las herramientas de visualización sobre redes sociales se basan en la Teoría de Grafos [Heer y Boyd, 2005]. A partir del conjunto de actores y y de sus conexiones, se puede extraer una representación básica en la que se puede visualizar la red de interacciones. En un simple vistazo se puede adquirir una idea del número de nodos, densidad de conexiones, reciprocidad, nodos aislados, etc. Los colores, los tamaños de los nodos o el grosor de las aristas juegan un papel fundamental a la hora de representar la información [Hy-Jeong et al., 2008].

La Fig. 4.2 recoge una serie de visualizaciones del grafo G según diferentes parámetros. Los grafos a) y b) representan los tamaños de los nodos en función de los grados de entrada y de salida respectivamente. Además hay un código de colores para representar el número de grados (rojo = 0 grados, amarillo = 2, blanco = 1, etc.). Se demuestra que de un simple vistazo se puede apreciar cuáles son los nodos prominentes (B) e influyentes (A y C).

Los grafos c) y d) representan la información relativa a la cercanía de entrada y de salida. En este caso únicamente se visualiza el tamaño de los nodos según el valor de la cercanía. Como se ve, el nodo D es el nodo más central respecto a los enlaces de entrada (60 %), mientras que los nodos A y C son los más centrales según los enlaces de salida (75 % cada uno).

Los grafos e) y f) son dos representaciones de la intermediación de los nodos y de los enlaces, respectivamente. En primer lugar, dado los diferentes tamaños de los nodos en función de los valores calculados, se ve como el nodo B es el nodo broker de la red, con el mayor valor de intermediación de la red. El resto de nodos tienen un valor cero, por lo que se entiende que no están en el camino geodésico de ningún par de nodos. Además, se puede representar el tamaño de las aristas con algún significado. En este caso se representa el grosor de cada arista en función del valor de intermediación de cada enlace, el cual acompaña a cada una de las aristas. Como se ve el enlace BD es el de mayor intermediación, 3 en este caso.

En los últimos ejemplos, se ha querido demostrar que se puede representar otro tipo información no asociada a las métricas del análisis de redes sociales. Así, el grafo g) muestra el tamaño de los nodos en función del *PageRank*, un valor que se calcula con un algoritmo complejo y que indica la importancia de los nodos (más información en el punto 4.3). Sin todavía no saber bien el significado, se puede intuir que el nodo C es el de mayor PageRank, con bastante diferencia

respecto a los nodos A y C. Finalmente, el grafo h) representa la información del sexo de cada uno de los individuos de la red (hombres = azul y mujeres = rosa).

Estos grafos son sólo una muestra de las posibilidades y facilidades que ofrece la visualización de redes sociales.

4.3. Método de ordenación

En los sistemas meritocráticos es fundamental establecer las importancias de todos y cada uno de los elementos dentro del sistema en base a unos méritos preestablecidos. Estos elementos pueden ser individuos, vídeos, revistas, noticias, o cualesquiera que puedan ser comparados según un criterio. En todo sistema meritocrático tiene que existir un criterio de ordenación y un método que calcule las importancias y defina el orden en el que se sitúan los elementos. Se pueden utilizar criterios diferentes y seguir métodos más o menos complejos. El *factor de impacto* de una revista es un claro ejemplo. Esta medida es un instrumento que permite comparar revistas y evaluar la importancia relativa de una revista concreta dentro de un mismo campo científico. Fundamentalmente el factor de impacto para un año concreto se basa en el número de veces que se cita un artículo publicado en una revista determinada. El Instituto de Información Científica (ISI) es el responsable de analizar todas las revistas. Su algoritmo y métricas para realizar el cálculo oportuno están debidamente detallados en su portal web¹. Un segundo ejemplo es el *karma* de los usuarios, noticias y comentarios del sistema Menéame.net. En este caso, el karma de todos los elementos se recalcula diariamente e implica un mayor dinamismo. Menéame además establece cuatro tipos de usuarios con privilegios diferentes según el valor del karma. El algoritmo cambia con frecuencia tras analizar el comportamiento y funcionamiento, además está abierto a discusión en su wiki² para que cualquiera proponga modificaciones. En el wiki se pueden consultar todas las numerosas acciones que se tienen en cuenta para el cálculo del karma: número de noticias enviadas, votos positivos y negativos que reciben las noticias, si la noticia es publicada en la portada, si el usuario lleva más de cuatro días sin participar en el sistema y otros muchos parámetros.

4.3.1. Algoritmo PageRank

En la presente metodología se ha escogido como base el algoritmo de ordenación que utiliza el buscador Google para ordenar el enorme número de páginas web de Internet [Brin y Page, 1998]. El buscador Google fue diseñado en 1998 por dos estudiantes de doctorado en Informática de la Universidad de Stanford: Sergei Brin, matemático, y Lawrence Page, informático. Brin y Page se plantearon la siguiente cuestión: "*¿En qué orden se deben mostrar los resultados de las búsquedas?*".

En primer lugar, para resolver esta cuestión se necesita un *criterio de ordenación*. Si se etiquetan cada una de las páginas de la red con los símbolos P_1, P_2, \dots, P_n , lo que hace falta es asignar a cada P_j un número x_j al que se llama *importancia*. Para calcular esas importancias es suficiente con extraer cada una de las páginas y los enlaces entre ellas. La red puede ser descrita

¹Recursos analíticos que utiliza el Journal Citation Report (JCR) para ordenar las revistas científicas. http://isiwebofknowledge.com/products_tools/analytical/jcr/

²Explicación del algoritmo de cálculo del karma de Menéame.net y de sus implicaciones en los privilegios de los usuarios. <http://meneame.wikispaces.com/Karma>

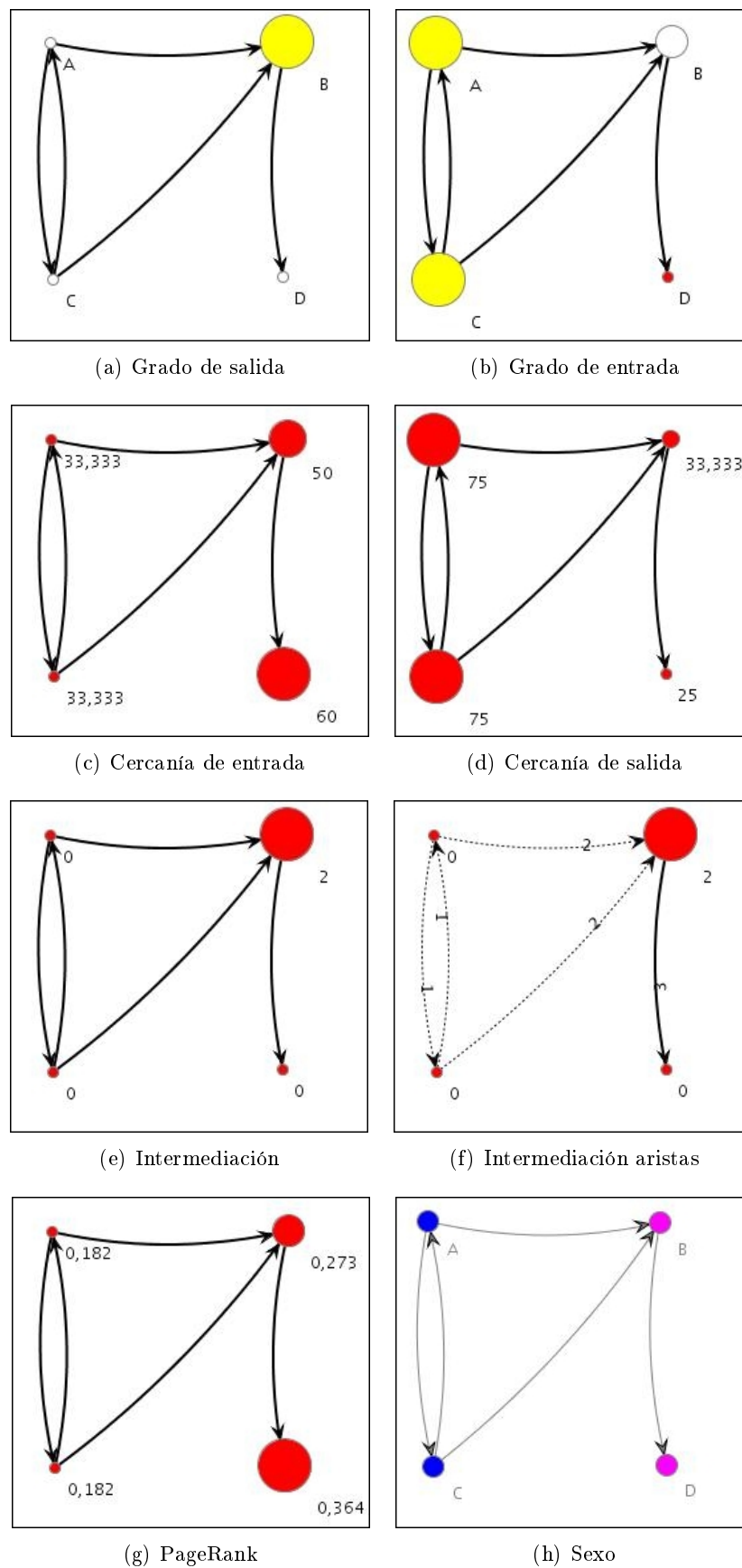


Figura 4.2: Visualizaciones del grafo G según diferentes parámetros.

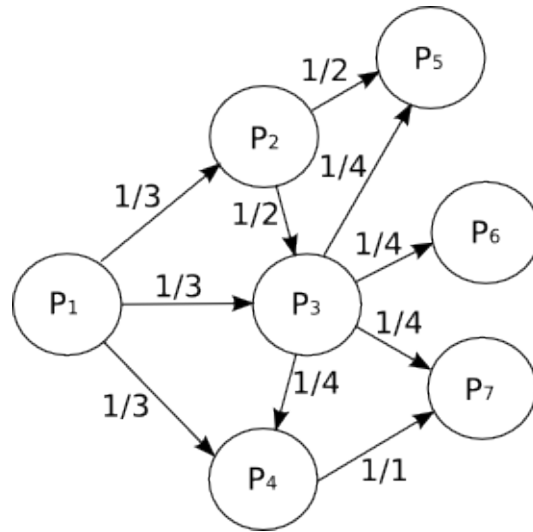


Figure 4.3: Grafo de transiciones o probabilidades entre páginas web

con un grafo dirigido como el de la Fig. 4.3, de modo que cada página P_j es un vértice del grafo, y existe una arista entre los vértices P_i y P_j si desde página P_i enlaza a la página P_j .

Además de la representación con grafos, conviene considerar una interpretación matricial para realizar todos los cálculos matemáticos (véase la siguiente matriz). M es una matriz de dimensiones $n \times n$, cuyas filas y columnas son todas las páginas P_1, P_2, \dots, P_n y cuyas entradas son ceros y unos. La entrada m_{ij} de la matriz es un uno si la página P_j enlaza a la P_i , y un cero si no existe enlace. Esta matriz M es la matriz de adyacencia o de vecindades del grafo. La suma de las entradas de la columna P_j es el número de enlaces que salen de P_j , y la suma de las entradas de la fila P_i es el número total de enlaces entrantes de P_i .

$$M = \begin{matrix} & \begin{matrix} P_1 & \cdots & P_j & \cdots & P_n \end{matrix} \\ \begin{matrix} P_1 \\ \vdots \\ P_i \\ \vdots \\ P_n \end{matrix} & \begin{pmatrix} m_{11} & \cdots & m_{1j} & \cdots & m_{1n} \\ \vdots & \cdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ m_{i1} & \cdots & m_{ij} & \cdots & m_{in} \\ \vdots & \cdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ m_{n1} & \cdots & m_{nj} & \cdots & m_{nn} \end{pmatrix} \end{matrix} \quad (4.20)$$

$$n \text{ enlaces a la página } P_i = m_{i1} + \cdots + m_{ij} + \cdots + m_{in} \quad (4.21)$$

$$n \text{ enlaces desde la página } P_j = m_{1j} + \cdots + m_{ij} + \cdots + m_{nj} \quad (4.22)$$

Primer enfoque. La importancia x_i de cada P_i es proporcional al número de páginas desde las que hay enlaces a P_i .

Con este enfoque resulta sencillo calcular cada una de las importancias ya que es suficiente con sumar las entradas correspondientes a la fila P_i . No obstante, este primer enfoque no tiene en cuenta situaciones en las que una página es enlazada desde otras pocas pero muy relevantes. Según el enfoque anterior la importancia sería muy baja. Otra situación podría ser dar una elevada importancia a una página que tiene varios enlaces aunque provengan de páginas poco relevantes. Ante este problema, el modelo es modificado para asignar mayor importancia tanto a páginas muy enlazadas como a páginas poco citadas pero desde páginas "relevantes" o "importantes". Este nuevo enfoque cambia por completo las características del problema de ordenación y se resume así:

Segundo enfoque. La importancia x_i de cada P_i es proporcional a la suma de las importancias de las páginas que enlazan a P_i .

El cálculo de las importancias se plantea como un enorme sistema de ecuaciones, donde las soluciones son las importancias x_1, x_2, \dots, x_n . En el ejemplo siguiente la importancia de P_1 es proporcional a la suma de las importancias de P_2 y P_n ; la de P_2 depende únicamente de la importancia de P_1 y, la importancia de la última página P_n es proporcional a P_2 y P_{n-1} .

$$\begin{cases} x_1 = k(x_2 + x_n) \\ x_2 = k(x_1) \\ \vdots \\ x_n = k(x_2 + x_{n-1}) \end{cases} \quad (4.23)$$

donde k es una constante de proporcionalidad.

El anterior sistema se puede traducir en un términos matriciales de la siguiente forma:

$$\begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_{n-1} \\ x_n \end{pmatrix} = k \begin{pmatrix} 0 & 1 & \dots & 0 & 1 \\ 1 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots & \vdots \\ 0 & 1 & \dots & 1 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_{n-1} \\ x_n \end{pmatrix} \quad (4.24)$$

Esta ecuación se simplifica a su vez con la siguiente fórmula, donde el símbolo λ es una constante de proporcionalidad, M es la matriz de adyacencia y x el vector de importancias.

$$Mx = \lambda x \quad (4.25)$$

La solución se puede obtener como un problema de *autovalores* y *autovectores*, aplicando la teoría de álgebra lineal. La solución es un único autovector con entradas positivas $x_i > 0$ y se fundamenta en unos teoremas y métodos que se ven a continuación.

El autovector solución está asociado al autovalor de módulo máximo. Si el autovector es $x = (x_1, x_2, \dots, x_{n-1}, x_n)$, las entradas o importancias indican que ordenación tienen que seguir las páginas. Y este era el objetivo que Page y Brin perseguían. Una vez se obtiene el autovector,

simplemente hay que ordenar las importancias, resultando ser el orden correspondiente a las páginas web. Es decir, un ejemplo ordenando las entradas de mayor a menor valor podría ser el siguiente:

$$x_2 > x_{n-1} > \dots > x_1 > x_n$$

lo cual indica que la página más importante es la P_2 , luego la P_{n-1} y así sucesivamente hasta la página menos importante que es P_n .

Este algoritmo de ordenación se conoce con el nombre de **PageRank**, que es el nombre de la importancia que cada página web tiene para el buscador.

Teorema de Perron (1907): Sea M una matriz cuadrada con entradas positivas, $M > 0$, entonces:

- Existe un autovalor (simple) $\lambda > 0$ tal que $Mv = \lambda v$, donde el autovector es $v > 0$.
- Este autovalor es mayor, en módulo, que todos los demás autovalores.
- Cualquier otro vector positivo de M es un múltiplo de v .

Sin embargo, puede ocurrir que las matrices tengan ceros en ciertas posiciones. Por esa razón, años posteriores, Frobenius se centra en el caso más general de las matrices no negativas. Frobenius observa que si $M \geq 0$, aunque sigue habiendo un autovalor $\lambda > 0$ dominante, es decir, de valor absoluto máximo, asociado a un autovector $v \geq 0$, puede haber otros autovalores del mismo tamaño.

Teorema de Frobenius (1908-1912): Sea M una matriz cuadrada con elementos no negativos, $M \geq 0$. Si M es irreducible, entonces:

- Existe un autovalor simple $\lambda > 0$ tal que $Mv = \lambda v$, donde el autovector es $v > 0$. Además, $\lambda \geq |\mu|$, para cualquier otro autovalor μ de M ;
- Cualquier autovector ≥ 0 es un múltiplo de v .
- Si hay k autovalores de módulo máximo, entonces son las soluciones de $x^k - \lambda^k = 0$.

Teorema de Perron-Frobenius: Sea M una matriz irreducible no negativa cuadrada, entonces M tiene un autovalor real λ con las siguientes propiedades:

- $\lambda_i > 0$;
- λ_i tiene un autovector positivo correspondiente;
- Si λ es cualquier otro autovalor de M , entonces $|\lambda| = \lambda_i$. Si M es primitiva, esta desigualdad es estricta;

- Si λ es un autovalor de M tal que $|\lambda| = \lambda_i$, entonces λ es una raíz compleja de la ecuación $\lambda^n - \lambda_i^n = 0$.
- λ_i tiene multiplicidad algebraica 1.

Se puede encontrar una demostración del teorema de Perron-Frobenius en muchos textos sobre matrices no negativas o análisis matriciales [Poole, 2004]. El autovalor λ_i a menudo se conoce como *raíz de Perron* de M , y un autovector de probabilidad correspondiente se conoce como *autovector de Perron* de M .

Matriz irreducible. Detectar que una matriz es o no irreducible es determinante para aplicar los métodos de cálculo de autovectores y autovalores. A continuación se resume lo que se entiende por matriz irreducible:

- No existe ninguna permutación de filas y columnas que transforme M en una matriz del tipo $\begin{pmatrix} M_1 & M_2 \\ 0 & M_3 \end{pmatrix}$ donde M_1 y M_3 son matrices cuadradas.
- La matriz $(I + M)^{n-1}$, donde I es la identidad $n \times n$, tiene todas sus entradas positivas.
- Si M es la matriz de adyacencia de un grafo, el grafo está fuertemente conectado.

Matriz de Markov. Si se observa el grafo inicial de la figura 4.3, cada arista tiene un valor asociado. Este valor indica la probabilidad que hay de ir del nodo origen al nodo final de la arista. En el ejemplo, si un internauta está en un momento dado en la página P_1 , en el siguiente instante puede elegir entre tres enlaces que son a los que enlaza esa página: P_2 , P_3 y P_4 . Es decir, existe una probabilidad de $\frac{1}{3}$ de ir a cada vértice. El modelo es *probabilístico* ya que, partiendo desde un vértice origen, para un instante de tiempo determinado se puede conocer con qué probabilidad estará en cada uno de los otros vértices.

La matriz de adyacencia M está formada por unos y ceros como se explicó anteriormente. Ahora bien, es útil construir otra matriz M' a partir de la matriz de adyacencia aplicando la siguiente fórmula:

$$m_{i,j}^n = \frac{m_{i,j}}{N_j} \quad (4.26)$$

siendo N_j el número de enlaces desde la página P_j . De este modo se consigue que los números de la matriz M' estén entre 0 y 1 y la suma de cada columna sea 1. Esta simple transformación hace que la M' sea una matriz de Markov o estocástica. Una matriz M es de Markov o estocástica cuando $M \geq 0$ y para cada columna la suma de las entradas es 1. Si se cumplen estas condiciones, existe siempre el autovalor $\lambda = 1$, el cual es el único autovector cuyas entradas son todas del mismo signo.

Las cadenas de Markov son de suma utilidad para definir modelos de propagación de epidemias, estudios geográficos, pronósticos de votaciones, etc.

$$M' = \begin{matrix} & P_1 & \cdots & P_j & \cdots & P_n \\ \begin{matrix} P_1 \\ \vdots \\ P_i \\ \vdots \\ P_n \end{matrix} & \left(\begin{array}{cccccc} \frac{m_{11}}{N_1} & \cdots & \frac{m_{1j}}{N_j} & \cdots & \frac{m_{1n}}{N_n} \\ \vdots & \cdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ \frac{m_{i1}}{N_1} & \cdots & \frac{m_{ij}}{N_j} & \cdots & \frac{m_{in}}{N_n} \\ \vdots & \cdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ \frac{m_{n1}}{N_1} & \cdots & \frac{m_{nj}}{N_j} & \cdots & \frac{m_{nn}}{N_n} \end{array} \right) \end{matrix} \quad (4.27)$$

Este proceso es válido sólo si la matriz cumple las condiciones iniciales. Así en el caso de que alguna página no tuviera enlaces de salida, la matriz no sería estocástica y habría que aplicar el método para matrices no irreducibles (véase el método aditivo de Schwarz más adelante).

La matriz M' también se denomina *matriz de transición* del sistema, donde cada entrada m'_{ij} es la probabilidad de pasar del vértice o estado P_j al vértice o estado P_i . Las entradas de las potencias de la matriz M' corresponden a las probabilidades de pasar de P_j a P_i tras varias transiciones.

4.3.2. Método de las potencias.

Este método se utiliza para calcular los autovalores y autovectores principalmente cuando se trata de matrices grandes. Es un proceso iterativo que converge hasta determinar el autovector dominante de la matriz. La velocidad de convergencia está determinada por el cociente entre el primer y segundo autovalor, y es más lenta cuanto más próximo a uno sea el cociente.

El método de las potencias consta de los siguiente pasos:

1. Se parte de un vector normalizado v_0 .
2. Se inicializa el contador: $n = 1$.
3. Calcular el siguiente autovector: $v_n = M^n \cdot v_0$.
4. Se incrementa el contador: $n = n + 1$.
5. Repetir desde el paso 3 mientras se cumpla $\|v_n - v_{n-1}\| > \varepsilon$ donde ε es el error.

Según este modelo, el vector de probabilidades viene dado, tras n pasos, por $v_n = M^n v_0$. El autovector inicial v_0 no afecta al resultado, ya que finalmente el método converge al mismo autovector.

La gran ventaja de este método es su gran simplicidad. El principal inconveniente es que la matriz tiene que tener las entradas no negativas y ser irreducible. En caso contrario hay que aplicar una variación que se detalla a continuación.

4.3.3. Método aditivo de Schwarz.

El principal problema para que el método anterior dé un resultado fiable es que la matriz de adyacencia M tiene que ser irreducible, o lo que es lo mismo, que el grafo sea fuertemente

conexo. Hay estudios que concluyen que la mayoría de páginas se encuentran en una estructura débilmente conexas. Además la estructura de la red puede variar frecuentemente por lo que no se puede asegurar que la matriz sea irreducible.

Para resolver la cuestión, se propone añadir una serie de probabilidades de salida a todos los nodos. Es lo que se conoce como el método aditivo de Schwarz [Bru et al., 2005]. El problema se traduce en la siguiente operación matricial:

$$M'' = cM' + (1 - c) \begin{pmatrix} p_1 \\ \vdots \\ p_n \end{pmatrix} (1, \dots, 1) \quad (4.28)$$

En la ecuación 4.28 p_1, \dots, p_n es una distribución de probabilidad tal que la suma de probabilidades es 1, es decir, $p_j \geq 0$, $\sum_j p_j = 1$; y c es un parámetro entre 0 y 1. Google ha realizado los cálculos necesarios [Langville y Meyer, 2006] y determina el valor más óptimo del parámetro c como $c = 0,85$. Lo habitual es tomar una distribución uniforme en la que $p_j = \frac{1}{n}$ para cada $j=1, \dots, n$. De este modo todas las entradas de la matriz serían positivas y no nulas.

4.3.4. Ordenación de usuarios y fotografías

El sistema meritocrático del observatorio astronómico Montegancedo sigue un método de ordenación basado en el algoritmo PageRank que utiliza Google para mostrar las páginas web al realizar búsquedas. El algoritmo PageRank ya se ha utilizado en algunas investigaciones dentro del contexto de las comunidades en línea [Bianchini et al., 2003, Xing y Ghorbani, 2004].

En este punto se van a extrapolar los teoremas y métodos anteriores para un caso particular del observatorio. Para ejemplificarlo, se va a determinar la ordenación de los usuarios y fotografías a partir únicamente de la información relativa al envío de fotografías y al sistema de votación de las mismas. El método es fácilmente aplicable a cualquier otro sistema y elementos que tengan un criterio de ordenación. El enfoque se resume del siguiente modo:

La *importancia de un usuario* (u_i) es proporcional a la suma de las importancias de las fotografías que envía y de las importancias de las fotografías a las que vota.

La *importancia de una fotografía* (i_p) es proporcional a la suma de la importancia del usuario que la envía y de las importancias de los usuarios que la votan.

Cálculo tradicional de autovectores. Como ya se ha explicado en el punto anterior, se traduce en un problema de álgebra lineal. Para ello se construye la matriz de relaciones entre usuarios y fotografías, puesto que son los elementos del sistema a estudiar. Se trata de una matriz cuadrada donde las filas y columnas son todos los usuarios y fotografías y cada entrada representa la relación existente entre dos elementos dados.

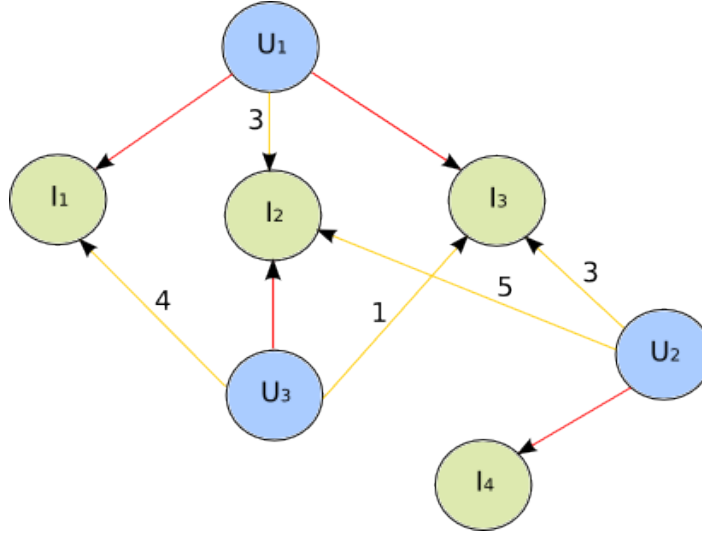


Figura 4.4: Grafo de las conexiones entre usuarios (azul) y fotografías (verde). Las aristas de color rojo indican la relación "usuario_n envía la foto_p" y las aristas de color amarillo indican la relación "usuario_n vota la foto_p" con el voto indicado en el peso de la arista.

$$M = \begin{matrix} & & u_1 & \cdots & u_n & i_1 & \cdots & i_p \\ \begin{matrix} u_1 \\ \vdots \\ u_n \\ i_1 \\ \vdots \\ i_p \end{matrix} & \left(\begin{array}{cccccc} M_{u_1 u_1} & \cdots & M_{u_1 u_n} & M_{u_1 i_1} & \cdots & M_{u_1 i_p} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ M_{u_n u_1} & \cdots & M_{u_n u_n} & M_{u_n i_1} & \cdots & M_{u_n i_p} \\ M_{i_1 u_1} & \cdots & M_{i_1 u_n} & M_{i_1 i_1} & \cdots & M_{i_1 i_p} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ M_{i_p u_1} & \cdots & M_{i_p u_n} & M_{i_p i_1} & \cdots & M_{i_p i_p} \end{array} \right) \end{matrix} \quad (4.29)$$

En este caso los usuarios envían y votan fotografías, por lo que nunca hay una relación directa entre usuarios. La relación entre fotografías tampoco existe. Por estos motivos se cumple que $M_{u_i u_j} = 0$; $M_{i_i i_j} = 0$; $\forall i, j$. Como se puede imaginar, en este tipo de sistemas hay una gran proporción de entradas nulas ya que hay muchos elementos pero pocas relaciones en proporción. La matriz de enlaces entre páginas que utiliza Google para el cálculo del PageRank es igualmente poco densa, con muchos ceros. Este aspecto es muy importante computacionalmente, ya que implica utilizar métodos más eficientes especialmente indicados para trabajar con este tipo de matrices (matrices de tipo *sparse*). En un primer paso la matriz va a tener el siguiente aspecto:

$$M = \begin{matrix} & & u_1 & \cdots & u_n & i_1 & \cdots & i_p \\ \begin{matrix} u_1 \\ \vdots \\ u_n \\ i_1 \\ \vdots \\ i_p \end{matrix} & \left(\begin{array}{cccccc} 0 & 0 & 0 & M_{u_1 i_1} & \cdots & M_{u_1 i_p} \\ 0 & 0 & 0 & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & M_{u_n i_1} & \cdots & M_{u_n i_p} \\ M_{i_1 u_1} & \cdots & M_{i_1 u_n} & 0 & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & 0 & 0 & 0 \\ M_{i_p u_1} & \cdots & M_{i_p u_n} & 0 & 0 & 0 \end{array} \right) \end{matrix} \quad (4.30)$$

El grafo de la figura 4.4 es el ejemplo utilizado para desarrollar todo el método a lo largo

de este punto. La cuestión a resolver es la siguiente: *¿En qué orden mostrar los usuarios y fotografías?*

En el presente problema, se quiere dar una mayor importancia al hecho de que un usuario envíe una fotografía que al hecho de que sea votada con la mayor puntuación. Del mismo modo se le quiere dar una importancia diferente a cada una de las posibles puntuaciones recibidas. Es obvio que no es lo mismo que una fotografía sea puntuada con 5 que con 1.

El grafo se puede traducir al siguiente sistema de ecuaciones. La primera ecuación indica que la importancia del usuario 1, u_1 , es proporcional a las importancias de las fotografías 1, 2 y 3, es decir, i_1 , i_2 e i_3 .

$$\begin{cases} u_1 = k(P_M i_1 + P_3 i_2 + P_M i_3) \\ u_2 = k(P_3 i_2 + P_5 i_3 + P_M i_4) \\ u_3 = k(P_4 i_1 + P_1 i_2 + P_M i_3) \\ i_1 = k(P_M u_1 + P_4 u_3) \\ i_2 = k(P_M u_1 + P_3 u_2 + P_1 u_3) \\ i_3 = k(P_3 u_1 + P_5 u_2 + P_M u_3) \\ i_4 = k P_M u_2 \end{cases} \quad (4.31)$$

donde P_1, \dots, P_5 son los pesos asociados a la escala utilizada en el sistema de votación, de 1 a 5 en este caso; y P_M es el peso máximo que se asocia a la acción de enviar una fotografía, considerada la de mayor mérito. P_M adquiere un valor de 10 para este sistema. La asignación de pesos es fundamental ya que en función de ellos variarán las importancias de los elementos. Los pesos pueden tener un significado diferente en cada sistema o pueden variarse para observar patrones de comportamiento.

Para el ejemplo en el que la escala de votación es de 1 a 5, los significados son $P_1 = 1$, $P_2 = 2$, $P_3 = 3$, $P_4 = 4$ y $P_5 = 5$, y $P_M = 10$ para la acción de enviar una fotografía. Las siguientes matrices son las asociadas al grafo 4.4. En la matriz de la izquierda los pesos se representan con las constantes P_i ; y en la matriz de la derecha estas constantes se traducen por los pesos correspondientes.

$$M = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & P_M & P_M & P_3 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & P_3 & P_5 & P_M \\ 0 & 0 & 0 & P_4 & P_1 & P_M & 0 \\ P_M & 0 & P_4 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ P_M & P_3 & P_1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ P_3 & P_5 & P_M & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & P_M & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}; \quad M = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 10 & 10 & 3 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 3 & 5 & 10 \\ 0 & 0 & 0 & 4 & 1 & 10 & 0 \\ 10 & 0 & 4 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 10 & 3 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 3 & 5 & 10 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 10 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \quad (4.32)$$

Como se puede comprobar, esta matriz no es una matriz de Markov o estocástica, puesto que la suma de todos los elementos de cada columna no es 1. Por tanto, el siguiente paso es transformar la matriz M en la siguiente matriz estocástica M' :

$$M' = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 10/14 & 10/14 & 3/18 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 3/14 & 5/18 & 10/10 \\ 0 & 0 & 0 & 4/14 & 1/14 & 10/18 & 0 \\ 10/23 & 0 & 4/15 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 10/23 & 3/18 & 1/15 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 3/23 & 5/18 & 10/15 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 10/18 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \quad (4.33)$$

El sistema completo a resolver es el siguiente, donde x es el autovector incógnita:

$$M'x^T = \lambda x^T; \quad \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 10/14 & 10/14 & 3/18 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 3/14 & 5/18 & 10/10 \\ 0 & 0 & 0 & 4/14 & 1/14 & 10/18 & 0 \\ 10/23 & 0 & 4/15 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 10/23 & 3/18 & 1/15 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 3/23 & 5/18 & 10/15 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 10/18 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} u_1 \\ u_2 \\ u_3 \\ i_1 \\ i_2 \\ i_3 \\ i_4 \end{pmatrix} = \lambda \begin{pmatrix} u_1 \\ u_2 \\ u_3 \\ i_1 \\ i_2 \\ i_3 \\ i_4 \end{pmatrix} \quad (4.34)$$

El hecho de que sea una matriz estocástica asegura de antemano que va a existir el autovalor $\lambda = 1$, cuyo autovector asociado tiene todas las entradas del mismo signo. Se realizan los cálculos con un programa matemático y se obtiene el autovector dominante siguiente:

$$x^T = (u_1 \ u_2 \ u_3 \ i_1 \ i_2 \ i_3 \ i_4)^T = \begin{pmatrix} 0,20535714 \\ 0,16071429 \\ 0,13392857 \\ 0,125 \\ 0,125 \\ 0,16071429 \\ 0,08928571 \end{pmatrix} \quad (4.35)$$

Por tanto, esto se interpreta del siguiente modo:

$$\begin{cases} u_1 > u_2 > u_3 \\ i_3 > i_2 = i_1 > i_4 \end{cases} \quad (4.36)$$

Esta es la respuesta buscada, el orden en el que mostrar los usuarios y las fotografías. Puede ocurrir como en este caso que dos elementos tengan la misma importancia.

Previamente se comentó que este método es aplicable únicamente si la matriz es irreducible. Como se puede esperar, en sistemas más grandes es difícil comprobar que la matriz inicial cumple las condiciones de una matriz irreducible, así que la decisión de aquí en adelante es aplicar el método aditivo de Schwarz para no obtener resultados erróneos.

Cálculos según el método aditivo de Schwarz. A continuación se van a comprobar los resultados calculando el autovector mediante el método aditivo de Schwarz. Se aplica la fórmula 1.17 con el valor del parámetro $c = 0,85$ y con un vector de probabilidades donde cada entrada

es $1/7$, puesto que 7 es el número de nodos en total. En este caso, la fórmula de la matriz donde ningún elemento es cero es la siguiente:

$$M'' = 0,85M' + 0,15 \begin{pmatrix} 1/7 \\ 1/7 \\ 1/7 \\ 1/7 \\ 1/7 \\ 1/7 \\ 1/7 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{pmatrix} \quad (4.37)$$

El valor obtenido de M'' es:

$$M'' = \begin{pmatrix} 0,02142857 & 0,02142857 & 0,02142857 & 0,62857143 & 0,62857143 & 0,16309524 & 0,02142857 \\ 0,02142857 & 0,02142857 & 0,02142857 & 0,02142857 & 0,20357143 & 0,25753968 & 0,87142857 \\ 0,02142857 & 0,02142857 & 0,02142857 & 0,26428571 & 0,08214286 & 0,49365079 & 0,02142857 \\ 0,39099379 & 0,02142857 & 0,24809524 & 0,02142857 & 0,02142857 & 0,02142857 & 0,02142857 \\ 0,39099379 & 0,16309524 & 0,07809524 & 0,02142857 & 0,02142857 & 0,02142857 & 0,02142857 \\ 0,13229814 & 0,25753968 & 0,58809524 & 0,02142857 & 0,02142857 & 0,02142857 & 0,02142857 \\ 0,02142857 & 0,49365079 & 0,02142857 & 0,02142857 & 0,02142857 & 0,02142857 & 0,02142857 \end{pmatrix} \quad (4.38)$$

Como se puede observar en la matriz 4.38, todas las columnas de la matriz M'' siguen sumando 1. Esta matriz es estocástica y, por tanto, existe un único autovalor dominante $\lambda = 1$ asociado al autovector solución. Aplicando ahora el mismo método anterior pero con la fórmula $M''x = \lambda x$ se obtiene el autovector siguiente:

$$x = \begin{pmatrix} u_1 & u_2 & u_3 & i_1 & i_2 & i_3 & i_4 \end{pmatrix}^T = \begin{pmatrix} 0,19429771 \\ 0,16635948 \\ 0,1335513 \\ 0,12350588 \\ 0,12436975 \\ 0,15792867 \\ 0,09998721 \end{pmatrix} \quad (4.39)$$

El autovector obtenido no es exactamente el mismo ya que se acumula cierta imprecisión al realizar los cálculos. Los resultados son prácticamente iguales que en el caso anterior. En este caso se puede apreciar una pequeña diferencia, y es que ahora las importancias de i_1 e i_2 no son exactamente iguales, sino que se ve como i_2 es ligeramente más importante que i_1 .

$$\begin{cases} u_1 > u_2 > u_3 \\ i_3 > i_2 > i_1 > i_4 \end{cases} \quad (4.40)$$

El problema está resuelto y la ordenación parece justa. Como ya se vió en anteriores capítulos, el objetivo es dar más peso a los votos de aquellos usuarios que realizan más y mejores aportaciones, es decir, mejor valoradas. De este modo, los propios usuarios son los encargados de realizar el proceso de selección y jerarquización del contenido.

4.3.5. Ordenando más elementos

El modelo es fácilmente extensible a cualquier otro elemento al que se quiera dar importancia dentro de un sistema: comentarios, noticias, propuestas, etc. Esto se va a ilustrar con un ejemplo basado en el anterior, pero además ahora se quieren ordenar noticias y los comentarios enviados a las fotografías. Estas aportaciones que modifican el karma de cada uno de los elementos. En este caso los usuarios pueden enviar noticias, y pueden enviar comentarios asociados a fotografías. El enfoque en este supuesto es el siguiente:

La *importancia de un usuario* (u_i) es proporcional a la suma de las importancias de las fotografías, comentarios y noticias que envía, y de las importancias de las fotografías a las que vota.

La *importancia de una fotografía* (i_p) es proporcional a la suma de la importancia del usuario que la envía, de las importancias de los usuarios que la votan, de la importancia de los comentarios que reciben y de la importancia de los usuarios que le escriben comentarios.

La *importancia de un comentario* (c_k) es proporcional a la suma de la importancia del usuario que lo escribe y de la importancia de la fotografía acerca de la que se escribe.

La *importancia de una noticia* (n_j) es proporcional a la importancia del usuario que la envía.

La matriz que se construye es la siguiente:

$$\begin{matrix}
 & u_1 & \cdots & u_n & i_1 & \cdots & i_p & c_1 & \cdots & c_k & n_1 & \cdots & n_j \\
 \begin{matrix} u_1 \\ \vdots \\ u_n \\ i_1 \\ \vdots \\ i_p \\ c_1 \\ \vdots \\ c_k \\ n_1 \\ \vdots \\ n_j \end{matrix} & \left(\begin{array}{cccccccccccc}
 M_{u_1 u_1} & \cdots & M_{u_1 u_n} & M_{u_1 i_1} & \cdots & M_{u_1 i_p} & M_{u_1 c_1} & \cdots & M_{u_1 c_k} & M_{u_1 n_1} & \cdots & M_{u_1 n_j} \\
 \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\
 M_{u_n u_1} & \cdots & M_{u_n u_n} & M_{u_n i_1} & \cdots & M_{u_n i_p} & M_{u_n c_1} & \cdots & M_{u_n c_k} & M_{u_n n_1} & \cdots & M_{u_n n_j} \\
 M_{i_1 u_1} & \cdots & M_{i_1 u_n} & M_{i_1 i_1} & \cdots & M_{i_1 i_p} & M_{i_1 c_1} & \cdots & M_{i_1 c_k} & M_{i_1 n_1} & \cdots & M_{i_1 n_j} \\
 \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\
 M_{i_p u_1} & \cdots & M_{i_p u_n} & M_{i_p i_1} & \cdots & M_{i_p i_p} & M_{i_p c_1} & \cdots & M_{i_p c_k} & M_{i_p n_1} & \cdots & M_{i_p n_j} \\
 M_{c_1 u_1} & \cdots & M_{c_1 u_n} & M_{c_1 i_1} & \cdots & M_{c_1 i_p} & M_{c_1 c_1} & \cdots & M_{c_1 c_k} & M_{c_1 n_1} & \cdots & M_{c_1 n_j} \\
 \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\
 M_{c_k u_1} & \cdots & M_{c_k u_n} & M_{c_k i_1} & \cdots & M_{c_k i_p} & M_{c_k c_1} & \cdots & M_{c_k c_k} & M_{c_k n_1} & \cdots & M_{c_k n_j} \\
 M_{n_1 u_1} & \cdots & M_{n_1 u_n} & M_{n_1 i_1} & \cdots & M_{n_1 i_p} & M_{n_1 c_1} & \cdots & M_{n_1 c_k} & M_{n_1 n_1} & \cdots & M_{n_1 n_j} \\
 \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\
 M_{n_j u_1} & \cdots & M_{n_j u_n} & M_{n_j i_1} & \cdots & M_{n_j i_p} & M_{n_j c_1} & \cdots & M_{n_j c_k} & M_{n_j n_1} & \cdots & M_{n_j n_j}
 \end{array} \right)
 \end{matrix} \quad (4.41)$$

siendo n el número de usuarios, p el número de fotografías, k el número de comentarios y j el de noticias.

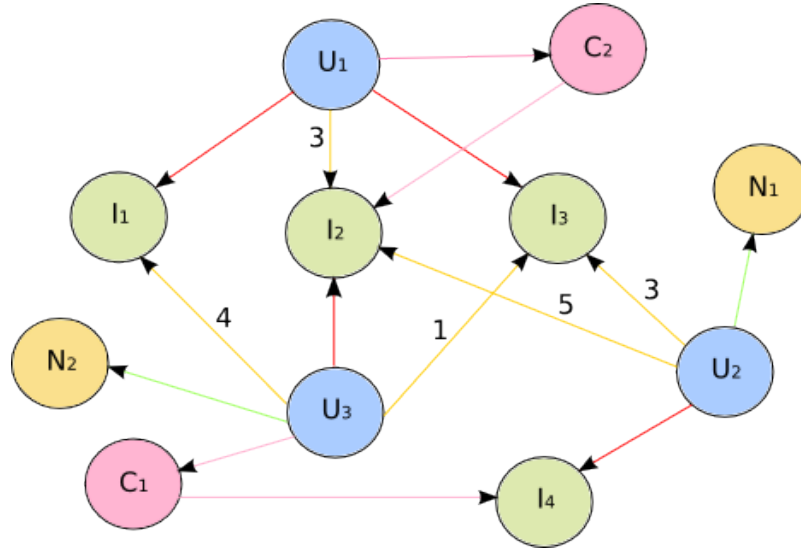


Figura 4.5: Grafo de las conexiones entre usuarios registrados (azul), fotografías (verde), comentarios sobre las fotografías (rosa) y noticias (naranja). Las aristas de color rojo indican la relación "usuario_n envía la foto_p", las aristas de color amarillo indican la relación "usuario_n vota la foto_p" con el voto indicado en el peso de la arista, las aristas de color rosa indican que "usuario_n escribe el comentario_k sobre una fotografía_p" y las de color verde indican que "usuario_n envía una noticia_j".

En este caso tampoco hay relaciones entre elementos del mismo tipo, por lo que se cumple que $M_{u_i u_j} = 0$; $M_{i_i i_j} = 0$; $M_{c_i c_j} = 0$; $M_{n_i n_j} = 0$; $\forall i, j$. Además hay elementos que no están relacionados, como es el caso de las noticias y las fotografías, de modo que $M_{n_i i_j} = 0$; $M_{i_j n_i} = 0$; $\forall i, j$.

Cada vez que se añade un nuevo atributo al proceso, hay que definir los pesos asociados que no son más que las importancias que se les quiere dar a cada una de las aportaciones. En este caso, a la acción de enviar una noticia se le da el mismo peso que la de enviar una fotografía, es decir, el peso máximo 10. No obstante, la acción de escribir un comentario sobre una fotografía tiene un peso de 5, ya que no se le quiere dar tanta importancia a esa aportación. La matriz asociada al grafo 4.5 es la siguiente:

$$M = \begin{matrix} & \begin{matrix} u_1 & u_2 & u_3 & i_1 & i_2 & i_3 & i_4 & c_1 & c_2 & n_1 & n_2 \end{matrix} \\ \begin{matrix} u_1 \\ u_2 \\ u_3 \\ i_1 \\ i_2 \\ i_3 \\ i_4 \\ c_1 \\ c_2 \\ n_1 \\ n_2 \end{matrix} & \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 10 & 10 & 3 & 0 & 0 & 5 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 3 & 5 & 10 & 0 & 0 & 10 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 4 & 1 & 10 & 0 & 5 & 0 & 0 & 10 \\ 10 & 0 & 4 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 10 & 3 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 5 & 0 & 0 \\ 3 & 5 & 10 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 10 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 5 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 5 & 0 & 0 & 0 & 5 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 5 & 0 & 0 & 0 & 5 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 10 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 10 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \end{matrix} \quad (4.42)$$

El autovector resultante tras aplicar la fórmula $M^n x^T = \lambda x^T$ es el siguiente:

$$x = \begin{pmatrix} u_1 \\ u_2 \\ u_3 \\ i_1 \\ i_2 \\ i_3 \\ i_4 \\ c_1 \\ c_2 \\ n_1 \\ n_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0,13747708 \\ 0,14265232 \\ 0,15102369 \\ 0,0724865 \\ 0,09647661 \\ 0,09059923 \\ 0,08166352 \\ 0,05816938 \\ 0,05608372 \\ 0,05694153 \\ 0,05642641 \end{pmatrix} \quad (4.43)$$

El resultado se interpreta así:

$$\begin{cases} u_3 > u_2 > u_1 \\ i_2 > i_3 > i_4 > i_1 \\ c_1 > c_2 \\ n_1 > n_2 \end{cases} \quad (4.44)$$

Ahora el orden de los usuarios es el inverso al del punto anterior, y el de las fotografías también ha cambiado ligeramente.

4.3.6. Influencia de votos de usuarios no registrados

En sistemas donde se permite la participación de usuarios no registrados, denominados *anónimos*, es esencial definir exactamente la importancia que se les quiere dar a este tipo de usuarios en el sistema. Debe ser algo equilibrado, de modo que sea a la par un modo de fomentar la participación de usuarios no registrados pero que no sea contraproducente para el funcionamiento y la participación de usuarios registrados. Podría ocurrir que si la participación anónima tuviera prácticamente la misma importancia que la de usuarios registrados, podría originar que cada vez menos usuarios se registraran al sistema. Se quiere dar mayor importancia a los usuarios registrados.

Para construir la matriz hay que añadir los usuarios anónimos a la matriz del primer supuesto. El comportamiento es similar a la de un usuario normal salvo que el peso de los votos variará como se verá a continuación.

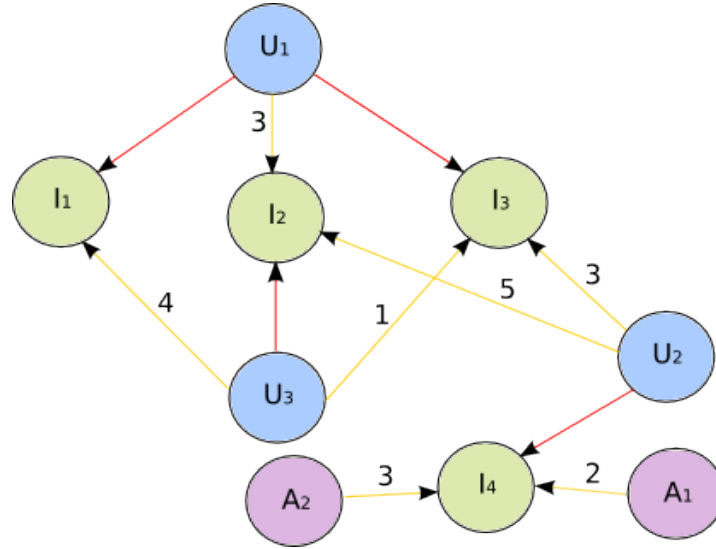


Figura 4.6: Grafo de las conexiones entre usuarios registrados (azul), usuarios anónimos o no registrados (violeta) y fotografías (verde). Las aristas de color rojo indican la relación "usuario_n envía la foto_p", las aristas de color amarillo indican la relación "usuario_n vota la foto_p" con el voto indicado en el peso de la arista

$$M = \begin{matrix} & & u_1 & \cdots & u_n & a_1 & \cdots & a_m & i_1 & \cdots & i_p \\ \begin{matrix} u_1 \\ \vdots \\ u_n \\ a_1 \\ \vdots \\ a_m \\ i_1 \\ \vdots \\ i_p \end{matrix} & \left(\begin{matrix} M_{u_1 u_1} & \cdots & M_{u_1 u_n} & M_{u_1 a_1} & \cdots & M_{u_1 a_m} & M_{u_1 i_1} & \cdots & M_{u_1 i_p} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ M_{u_n u_1} & \cdots & M_{u_n u_n} & M_{u_n a_1} & \cdots & M_{u_n a_m} & M_{u_n i_1} & \cdots & M_{u_n i_p} \\ M_{a_1 u_1} & \cdots & M_{a_1 u_n} & M_{a_1 a_1} & \cdots & M_{a_1 a_m} & M_{a_1 i_1} & \cdots & M_{a_1 i_p} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ M_{a_m u_1} & \cdots & M_{a_m u_n} & M_{a_m a_1} & \cdots & M_{a_m a_m} & M_{a_m i_1} & \cdots & M_{a_m i_p} \\ M_{i_1 u_1} & \cdots & M_{i_1 u_n} & M_{i_1 a_1} & \cdots & M_{i_1 a_m} & M_{i_1 i_1} & \cdots & M_{i_1 i_p} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ M_{i_p u_1} & \cdots & M_{i_p u_n} & M_{i_p a_1} & \cdots & M_{i_p a_m} & M_{i_p i_1} & \cdots & M_{i_p i_p} \end{matrix} \right) \end{matrix} \quad (4.45)$$

La figura 4.6 muestra el ejemplo inicial pero ahora se han añadido dos usuarios anónimos que votan sobre dos fotografías. El usuario anónimo A₁ da un voto de 2 sobre i₄ y A₂ envía un voto de 3 sobre i₄.

El peso de los votos de usuarios anónimos se ha representado con P'_i para diferenciarlos de los votos de los usuarios registrados P_i. El voto P'_i es un porcentaje del peso P_i. En este caso el porcentaje es del 10 %, lo cual significa que:

$$P'_i = 10\%P_i = 0,1P_i \quad (4.46)$$

De esta forma se les da mucha menos importancia a los votos de usuarios anónimos que al de los registrados. La matriz asociada se expresa a continuación:

$$M = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & P_M & P_M & P_3 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & P_3 & P_5 & P_M \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & P_4 & P_1 & P_M & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & P'_2 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & P'_3 \\ P_M & 0 & P_4 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ P_M & P_3 & P_1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ P_3 & P_5 & P_M & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & P_M & 0 & P'_2 & P'_3 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \quad (4.47)$$

$$M = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 10 & 10 & 3 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 3 & 5 & 10 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 4 & 1 & 10 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0,2 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0,3 \\ 10 & 0 & 4 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 10 & 3 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 3 & 5 & 10 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 10 & 0 & 0,2 & 0,3 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \quad (4.48)$$

El autovector resultado es:

$$\begin{pmatrix} u_1 \\ u_2 \\ u_3 \\ a_1 \\ a_2 \\ i_1 \\ i_2 \\ i_3 \\ i_4 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0,16864955 \\ 0,17991659 \\ 0,11715729 \\ 0,01884576 \\ 0,01993531 \\ 0,10554933 \\ 0,11112077 \\ 0,14423421 \\ 0,13459119 \end{pmatrix} \quad (4.49)$$

El orden en este caso es:

$$\begin{cases} u_2 > u_1 > u_3 \\ i_3 > i_4 > i_2 > i_1 \end{cases} \quad (4.50)$$

Si se analiza el resultado, el orden ha cambiado respecto al caso inicial donde no había votos por parte de usuarios anónimos. Ahora el usuario u_2 tiene más importancia que el usuario u_1 . Respecto a las fotografías, i_3 sigue teniendo la mayor importancia pero ahora ya no con tanta diferencia respecto a las demás, especialmente ya no sobre i_4 que, con los votos recibidos por los usuarios anónimos, ha adelantado dos posiciones resultando ser ahora la segunda fotografía más importante.

4.4. Algoritmo de planificación meritocrática de recursos

A lo largo de todo el punto anterior, se han visto métodos para ordenar los usuarios, fotografías, noticias y diversos elementos. Ahora bien, surge otra pregunta estrechamente relacionada: "¿Cómo repartir el tiempo de observación de una forma justa?" O en términos generales, ¿cómo compartir recursos en línea de una forma justa según los méritos de los individuos?

Uno de los casos de planificación más analizados es el que lleva a cabo el sistema operativo para asignar CPU a los diferentes procesos. El encargado de seleccionar qué proceso listo pasa a ejecutar es el *planificador* del sistema operativo. Y es el *activador* el que lo pone en ejecución. El planificador funciona según una política o algoritmo de planificación preestablecida.

Existen diferentes algoritmos de planificación explicados en profundidad en la literatura sobre sistemas operativos [Carretero et al., 2001]. Uno de los algoritmos más habituales se conoce con el nombre de *FIFO "First In First Out"*, en el cual los procesos se despachan en el orden de llega a la cola de procesos listos. El algoritmo *SJF "Short Job First"* despacha en primer lugar el proceso con tiempo de procesamiento más corto. Esta política tiene un problema de inanición ya que existe la posibilidad de que procesos largos puedan no ejecutarse nunca. La planificación *cíclica o Round-robin* reparte equitativamente el tiempo del procesador, basándose en "*rodajas*" de tiempo. Hay otros algoritmos basados en prioridades, aleatorios o de tiempo real. Otra división es que la planificación puede ser con expulsión o sin ella. En los sistemas con expulsión el sistema operativo puede quitar a un proceso en ejecución si lo cree conveniente, mientras que en los sistemas sin expulsión un proceso ejecuta hasta que no solicita un servicio de bloqueo al sistema operativo.

La elección de un algoritmo de planificación para un sistema concreto es una decisión compleja. El problema principal es definir los criterios en los que se va a basar el algoritmo. Pues bien, según el método de ordenación descrito en el punto 4.3, cada usuario del sistema tiene un karma o importancia asociada. Partiendo de la idea de asignar el tiempo de observación según la importancia de cada individuo dentro de la comunidad, se establece el siguiente criterio de planificación:

Enfoque. El tiempo de observación concedido a un usuario tu_i es proporcional a la importancia o karma del usuario u_i .

De este modo, los usuarios con mayor karma recibirán más tiempo de observación que los que tengan menos. En líneas generales, se busca una planificación que responda a los siguientes objetivos:

- Ser justa.
- Reduciendo al mínimo el tiempo inutilizado.
- Evitar inanición.
- Equilibrar el uso de los recursos.

Ya que hasta el momento el tiempo de observación cubre la afluencia de público para la realización del experimento solar, se ha elegido una planificación muy sencilla. Todo usuario registrado dispone diariamente de dos franjas de 10 minutos cada una para realizar el experimento. Las franjas no tienen por qué ser consecutivas. El usuario entra al sistema y se le presenta un horario en el que puede ver todo el horario de un día dividido en franjas, indicando las libres y las ocupadas, a modo de la tabla 4.7. El funcionamiento actual sigue una política denominada "*FIFO*", en la que el primer usuario en seleccionar un intervalo libre lo adquiere para él. Las reservas se pueden anular hasta una media hora antes.

7:00 - 7:10	7:10 - 7:20	7:20 - 7:30	7:30 - 7:40	7:40 - 7:50	7:50 - 8:00
8:00 - 8:10	8:10 - 8:20	8:20 - 8:30	8:30 - 8:40	8:40 - 8:50	8:50 - 9:00
9:00 - 9:10	9:10 - 9:20	9:20 - 9:30	9:30 - 9:40	9:40 - 9:50	9:50 - 10:00
10:00 - 10:10	10:10 - 10:20	10:20 - 10:30	10:30 - 10:40	10:40 - 10:50	10:50 - 11:00
11:00 - 11:10	11:10 - 11:20	11:20 - 11:30	11:30 - 11:40	11:40 - 11:50	11:50 - 12:00
12:00 - 12:10	12:10 - 12:20	12:20 - 12:30	12:30 - 12:40	12:40 - 12:50	12:50 - 13:00
13:00 - 13:10	13:10 - 13:20	13:20 - 13:30	13:30 - 13:40	13:40 - 13:50	13:50 - 14:00
14:00 - 14:10	14:10 - 14:20	14:20 - 14:30	14:30 - 14:40	14:40 - 14:50	14:50 - 15:00
15:00 - 15:10	15:10 - 15:20	15:20 - 15:30	15:30 - 15:40	15:40 - 15:50	15:50 - 16:00

Tabla 4.7: Calendario de reservas diario para el experimento solar. Corresponde al horario de verano desde las 7:00 a las 16:00 UTC. Los intervalos en color rojo son los que han reservado, mientras que el resto están libres.

Se podría pensar en un algoritmo que repartiera el tiempo de observación equitativamente a todos los usuarios. Sin embargo, a pesar de que no resulta justo, puede no ser viable y depende del número de usuarios y del tiempo de observación. Por ejemplo, en el observatorio presentado hay 225 usuarios activos y actualmente el tiempo de observación diario para el experimento del Sol es de 540 minutos, correspondiente al horario UTC de 7:00 a 16:00. Con lo cual, el tiempo que correspondería a cada usuario sería el calculado con la ecuación 4.51:

$$tu_i = \frac{540 \text{ min.}}{225 \text{ usuarios}} = 2,4 \text{ minutos/usuario} \quad (4.51)$$

El resultado de la ecuación 4.51 supone un tiempo insuficiente comparado con los 10 minutos estimados para llevar a cabo el experimento solar. Además, aunque el tiempo fuera suficiente, no todos los usuarios acceden diariamente al observatorio, lo cual supondría un desaprovechamiento del observatorio. Incluso también en el caso de que los usuarios que quisieran reservar tuvieran que realizar una petición previa, el día anterior por ejemplo, el tiempo se repartiría equitativamente no resultando justo para aquellos usuarios más importantes en el sistema.

Tras diferentes experimentos el algoritmo desarrollado es el siguiente:

Algoritmo de asignación del tiempo de observación en función del karma de los usuarios

- Sea t_{total} el tiempo total de reserva diario.
 - Sea t_{max} el tiempo máximo de reserva al día por usuario.
 - Sea t_{min} el tiempo mínimo de reserva al día establecido para realizar el experimento.
 - Sea u el vector de karmas de los usuarios.
1. El tiempo total de reserva diario t_{total} se reparte proporcionalmente al karma de cada usuario del vector u , obteniendo el vector de tiempos tu .
 2. Si $\forall i \in 1..longitud(tu), minimo(tu_i) \geq t_{min}$, entonces saltar al paso 3. En caso contrario:

- a) Quitar tu_i del vector de tiempos tu .
 - b) Quitar u_i del vector de karmas u .
 - c) Repetir desde el paso 1.
3. Una vez se obtiene el vector tu entonces se asigna el tiempo final a cada usuario:
- a) Si $tu_i > t_{max}$, entonces $tu_i = t_{max}$.
 - b) En caso contrario, entonces redondear hacia arriba al múltiplo de 5 más cercano.

A continuación, se plantean una serie de ejemplos para aclarar el funcionamiento del algoritmo. En el primer caso se quieren repartir 60 minutos de observación entre los cinco usuarios de un sistema cuyos karmas son los del vector u de la ecuación 4.52. Estos valores han sido obtenidos tras ejecutar el método aditivo de Schwarz del punto 4.3.3. De este modo ninguno de los karmas es cero y, por tanto, siempre es posible asignar un tiempo de observación a cada uno de los usuarios. El tiempo mínimo que se establece para realizar el experimento es de 10 minutos, mientras que como máximo un usuario puede conseguir 20 minutos diarios. Por tanto, los datos para el ejemplo son $t_{total} = 60 \text{ min.}$, $t_{max} = 20 \text{ min.}$ y $t_{min} = 10 \text{ min.}$

$$u = (0,35 \quad 0,30 \quad 0,25 \quad 0,1 \quad 0,05) \quad (4.52)$$

Los pasos de la ejecución del algoritmo se resumen en la tabla 4.8. Como se ve, el algoritmo ha encontrado el vector de tiempos tras tres iteraciones. En la primera de ellas, los 60 minutos se reparten proporcionalmente entre los karmas de los usuarios, los cuales, al tratarse de un vector normalizado o unitario, suman 1. Se ve en color rojo que el valor del quinto usuario es menor que el tiempo mínimo establecido, es decir, $3 \text{ min} < t_{min}$. Por tanto, se elimina dicho usuario y se repite el proceso. En la segunda iteración le ocurre lo mismo al cuarto usuario. Finalmente, la tercera iteración es la definitiva ya que todos los tiempos son mayores que t_{min} . Entonces, se continua por el tercer paso del algoritmo para calcular los tiempos correspondientes. En el caso de los usuarios #1 y #2 se cumple que $24,71 \text{ min} > t_{max}$ y $21,18 \text{ min} > t_{max}$, por lo que se les concede el tiempo máximo $t_{max} = 20 \text{ min.}$ En el caso del usuario #3, los 14,12 minutos se redondean al múltiplo de 5 más próximo hacia arriba, es decir, 15.

Como resultado, se comprueba que sólo se han repartido 55 del total de 60 minutos posibles entre tres usuarios, mientras que los usuarios #4 y #5 no han obtenido ningún tiempo según este algoritmo.

Una vez comprendido el ejemplo, se podría pensar en que el paso 3 se podría haber omitido, recibiendo cada usuario aquello asignado tras la tercera iteración, es decir, el vector de tiempos de la ecuación 4.53. Sin embargo, posteriormente, realizar las reservas de esos tiempos no resulta nada trivial. Se ha pensado en asignar los tiempos como múltiplos de cinco para que el tiempo se pueda dividir más fácilmente (paso 3b). Por tanto, según el ejemplo los tiempos podrán variar entre 10 (t_{min}), 15 ó 20 (t_{max}) minutos. El paso 3a) también requiere aclaración. Establecer un valor máximo es necesario para crear un cierto equilibrio en el reparto de los recursos. Por ejemplo, en caso de no existir límite, un único usuario podría recibir todo el tiempo, lo cual supondría una gran descompensación.

$$tu = (24,71 \quad 21,18 \quad 14,12) \quad (4.53)$$

Usuario	1ª iteración		2ª iteración		3ª iteración		T _{final}
	Karma	T _{asignado}	Karma	T _{asignado}	Karma	T _{asignado}	
#1	0,35	21	0,35	22,11	0,35	24,71	20
#2	0,30	18	0,30	18,95	0,30	21,18	20
#3	0,25	15	0,20	12,63	0,20	14,12	15
#4	0,10	6	0,10	6,32	-	-	-
#5	0,05	3	-	-	-	-	-
	1	60 min.	0,95	60 min.	0,85	60 min.	55 min.

Tabla 4.8: Proceso de asignación de tiempo de observación a los cinco usuarios según el vector de importancias de la ecuación 4.52

Sin embargo, lo más habitual es que no todos los usuarios quieran utilizar el observatorio diariamente. El hecho de repartir el tiempo entre todos los usuarios del sistema supondría tener tiempos sin utilizar. A continuación se ve qué ocurre si no se tienen en cuenta todos los usuarios, sino sólo aquellos que previamente han realizado una petición de observación. El siguiente supuesto sólo lo solicitan los usuarios #2 y #5 con karma 0,3 y 0,05 respectivamente. El algoritmo se ejecuta y en dos iteraciones alcanza el resultado, como se ve en la tabla 4.9. En este caso, sólo se concede tiempo al usuario #2, puesto que el #5 no supera el límite mínimo de 10 minutos. Por tanto, al usuario #2 se le conceden los 20 minutos máximos de observación diaria. En esta ocasión sólo se conceden 20 minutos del total de 60 minutos disponibles.

Usuario	1ª iteración		2ª iteración		T _{final}
	Karma	T _{asignado}	Karma	T _{asignado}	
#2	0,30	51,43	0,30	60	20
#5	0,05	8,57	-	-	-
	0,35	60 min.	0,30	60 min.	20 min.

Tabla 4.9: Proceso de asignación de tiempo de observación a los usuarios #2 y #5 según el vector de importancias de la ecuación 4.52

A continuación se expone el supuesto de que ahora sean los usuarios #4 y #5 los que realicen la solicitud de observación. En la tabla 4.10 se ve el resultado. En esta ocasión ambos usuarios reciben el máximo de 20 minutos de observación. Ahora el usuario #5 recibe 20 minutos de observación, cuando en el caso anterior no recibió ninguno. Resultaría lógico que si un único usuario solicita el observatorio, independientemente de su karma, obtiene el máximo tiempo posible. Por tanto, se hace la siguiente observación:

Observación. No sólo el tiempo de observación concedido a un individuo depende del karma del mismo, sino también de cuántos usuarios lo soliciten y los karmas de éstos. Por

tanto, es justo pensar que aquellos usuarios que habiendo realizado una solicitud de reserva, se les haya concedido tiempo pero finalmente no lo utilicen deberían ser penalizados por ello ya sea restando su karma, no dejándoles reservar el observatorio en varios días; o dejarles la posibilidad de ceder su karma a otros usuarios.

1ª iteración			
Usuario	Karma	T_{asignado}	T_{final}
#4	0,10	40	20
#5	0,05	20	20
	0,15	60 min.	40 min.

Tabla 4.10: Proceso de asignación de tiempo de observación a los usuarios #4 y #5 según el vector de importancias de la ecuación 4.52

En estos supuestos previos, se ve en las tablas 4.8, 4.9, 4.10 que el tiempo total asignado a los usuarios es inferior a los 60 minutos máximos disponibles. Por el contrario, podría ocurrir que el algoritmo concediera una cantidad mayor que esos 60 minutos. Por ejemplo, se plantea un supuesto con cuatro usuarios con el vector de karmas de la ecuación 4.54.

$$u = (0,27 \quad 0,27 \quad 0,27 \quad 0,19) \quad (4.54)$$

La tabla 4.11 muestra que tres de los usuarios reciben 20 minutos cada uno, mientras que el cuarto recibe 15. En total suman 75 minutos, 15 más que el tiempo máximo disponible t_{max} .

1ª iteración			
Usuario	Karma	T_{asignado}	T_{final}
#1	0,27	16,2	20
#2	0,27	16,2	20
#3	0,27	16,2	20
#4	0,19	11,4	15
	1	60 min.	75 min.

Tabla 4.11: Proceso de asignación de tiempo de observación a los cuatro usuarios según el vector de importancias de la ecuación 4.54

Por tanto, surgen las siguientes cuestiones:

- ¿Qué hacer con el tiempo restante que no se ha concedido a ningún usuario? ¿O si no hay ningún usuario que desee reservar? El algoritmo concede un determinado tiempo

a cada usuario, pero ¿y si el usuario no quiere utilizar todo su tiempo concedido?, ¿o finalmente no reserva nada?

- Si cualquier usuario puede realizar una reserva del sistema, podría ocurrir que los usuarios a los que se les concede tiempo se quedaran sin poder utilizarlo. ¿Cómo resolver esto?
- ¿Qué hacer si se concede más tiempo que el máximo diario t_{max} ?

A continuación se plantea un funcionamiento que da solución a las cuestiones anteriores:

Solución:

- Con el objetivo de maximizar la utilización del observatorio, el tiempo restante se deja disponible para que cualquier usuario que entre por primera vez al sistema o no haya conseguido tiempo de observación lo reserve.
- Para que los usuarios a los que se les concede tiempo no tenga problema para disponer de él, se establece un período de tiempo exclusivo a estos usuarios para que realicen sus reservas.
- En ese período, los usuarios reservan de acuerdo a una política "*FIFO*", de modo que el primero que selecciona un tiempo libre es el que lo obtiene. De ese modo, si el tiempo concedido es mayor que el máximo t_{max} , los usuarios pueden reservar hasta alcanzar el límite t_{max} . Si se alcanza este límite, todos los usuarios a los que se les concedió tiempo deben reservar a partir de que el período de exclusividad finalice.
- Una vez finaliza ese período, todos los intervalos libres quedan disponibles para ser reservados. Todos los usuarios a los que no se les concediera tiempo, o a aquellos que entren por primera vez, tienen asignados un tiempo t_{min} . Los usuarios a los que se les concede tiempo, pueden reservar el tiempo asignado que todavía no hayan gastado.
- Si existen usuarios a los que se les concede tiempo pero que no llegan a reservar, no pierden en ningún caso su tiempo adjudicado, sino que lo pueden utilizar en cualquier otro intervalo a lo largo del mismo día. Evidentemente tendrán más dificultad para encontrar un período libre pudiendo ocurrir incluso que el tiempo restante sea menor que su tiempo asignado.

La planificación expuesta cumple con los objetivos planteados inicialmente. Las razones se describen a continuación:

- Es justa en el sentido que da más tiempo a aquellos que más lo merecen. Obviamente puede haber usuarios que no puedan utilizar el observatorio porque no quede más tiempo disponible a ninguna hora o en aquella que desea. Esto depende fundamentalmente del máximo tiempo disponible. Da prioridad para reservar tiempo a aquellos a los que el algoritmo ha otorgado una cantidad de tiempo.

- Reduce al mínimo el tiempo inutilizado. Evita que haya períodos que no se utilicen debido a los tiempos libres permiten ser cogidos en el mismo instante por cualquier usuario o visitante anónimo sin restarle en su tiempo asignado.
- Evita inanición. Es recomendable reservar un número de minutos/horas libres para que usuarios que no hayan conseguido tiempo o sean nuevos en el sistema puedan utilizar el observatorio. De ese modo, todos los usuarios tienen igualdad de condiciones y oportunidad de conseguir tiempo.
- Equilibra el uso de los recursos. La acción de establecer un tiempo máximo y mínimo de reserva al día por usuario evita que pocos usuarios se puedan hacer con casi todo el tiempo disponible. Por tanto, conviene ajustar adecuadamente el rango de variación diario (de t_{min} a t_{max}).

Capítulo 5

Exposición y análisis de los resultados

En este capítulo se resumen los principales resultados derivados de aplicar el método científico del capítulo 4 de una manera clara y detallada. Se realiza un análisis estadístico siguiendo un proceso de selección y preprocesado de datos, selección de variables, extracción de conocimiento y, finalmente, interpretación y evaluación. El análisis global es fundamental para descubrir conocimiento a partir de los datos. Los resultados obtenidos son útiles para tomar decisiones que ayuden a conseguir una mayor motivación y eficiencia en el proceso de aprendizaje y colaboración.

En primer lugar, se utilizan los métodos de análisis de redes sociales del punto 4.2 para analizar la red del observatorio. Se expone cómo enfocar un problema y cómo aplicar los algoritmos para determinar los usuarios más importantes en función de unos parámetros preestablecidos.

En segundo lugar, se hace el desarrollo del algoritmo de ordenación PageRank del punto 4.3 para determinar el valor de los componentes del observatorio (usuarios, fotografías, noticias, etc.). Adicionalmente se explica cómo plantear el problema e interpretar los resultados para que el sistema funcione en base a la meritocracia.

El tercer punto analiza y extrae un mejor entendimiento de qué hacen los usuarios en el sistema en función de su actividad registrada, distinguiendo diferentes roles. Analiza además la información del perfil demográfico de los usuarios, en cuando a edad y sexo.

Finalmente, el cuarto punto, hace un estudio del grado de participación y colaboración con el objetivo de medir la utilización y aceptación de los servicios ofrecidos entre los usuarios.

La muestra seleccionada para el proceso de experimentación de la presente tesis corresponde a los usuarios del observatorio Montegancedo y al conjunto de datos registrados desde el inicio del proyecto en enero de 2007 hasta el 24 de abril de 2009. Todas las acciones realizadas por los usuarios al utilizar el sistema se almacenan en una base de datos. Los usuarios registrados tienen asociado un alias que es el que les identifica en cada una de sus acciones, mientras que a los visitantes anónimos se les identifica por su dirección IP.

5.1. Análisis social del observatorio

En el punto 4.2 se expusieron los métodos de análisis de redes sociales más relevantes para la presente tesis doctoral. Todo el análisis es aplicable tanto a una red global como a subredes

en base a algún criterio: similitud (usuarios de España, fotografías de planetas, ...), espacio de tiempo (año 2008, ...), etc.

A continuación, el punto 5.1.1 describe un estudio de la subred relativa al álbum fotográfico del observatorio. Se trata de una red pequeña que va a permitir exponer con más detalle todas las métricas sociales presentadas. En segundo lugar, en el punto 5.1.2, procediendo del mismo modo, se va a analizar una red de mayor tamaño, la comunidad de usuarios del observatorio. En esta ocasión no solo se tendrán en cuenta las interacciones relativas a las fotografías, sino cualquier tipo de relación entre usuarios.

5.1.1. Análisis de la subred del álbum fotográfico

En este punto se va a aplicar el método de análisis de redes sociales a una subred dentro de la comunidad de usuarios del observatorio. Se trata de la red formada en torno al álbum fotográfico, la cual ha sido seleccionada porque son las interacciones que determinan la importancia de los usuarios y las fotografías del sistema. En el punto 5.2.1 se verá en detalle como calcular cada una de estas importancias. La vida de esta subred abarca desde el 19 de diciembre de 2008, fecha en la que se inauguró el álbum de fotografías astronómicas y los usuarios registrados comenzaron a subir sus propias fotografías.

La figura 5.1 es una visualización de esta subred. Los nodos del grafo representan a aquellos usuarios que han enviado o votado alguna de las fotografías del álbum colaborativo. Por otra parte, las conexiones entre cada par de actores A y B indican la relación "el usuario A vota la fotografía enviada por el usuario B".

La herramienta de visualización desarrollada se ha utilizado para mostrar algunos datos interesantes de la subred. La figura A.1 del anexo A muestra los avatares de los usuarios. En este caso se observa la proporción de usuarios que han personalizado su perfil modificando el avatar que establece el sistema por defecto. La figura A.2 visualiza el sexo de los usuarios. Se observa que hay un mayor número de hombres que de mujeres, y sólo hay un usuario cuyo sexo es desconocido porque no lo ha identificado en su perfil. Esta herramienta es muy útil para comprobar gráficamente cada uno de los resultados del análisis. En el anexo A se han incluido todos estos gráficos. Si se observan estas visualizaciones previamente al análisis matemático, probablemente se adquiera una idea muy intuitiva de la estructura de la red y qué usuarios son los más representativos en todos los criterios. En cualquier caso, como se puede ir viendo a continuación existe una relación directa entre los grafos y los resultados obtenidos.

Conectividad. La tabla 5.1 resume las medidas más características relativas a la conectividad. El tamaño de la red es de 27 usuarios o nodos, de los cuales 3 de ellos están aislados, es decir, no están relacionados con ningún usuario. Esto significa que son usuarios que enviaron alguna fotografía pero que no han sido votadas y, a su vez, estos usuarios no han votado ninguna otra fotografía.

Es una red muy poco densa con 39 conexiones. Únicamente existen un 5,56 % de enlaces respecto del total posible que sería $N \cdot (N - 1) = 27 \cdot 26 = 702$. De estos 39 enlaces, hay 8 recíprocos (20 %), lo cual significa que hay 4 usuarios que se enlazan directamente el uno al otro.

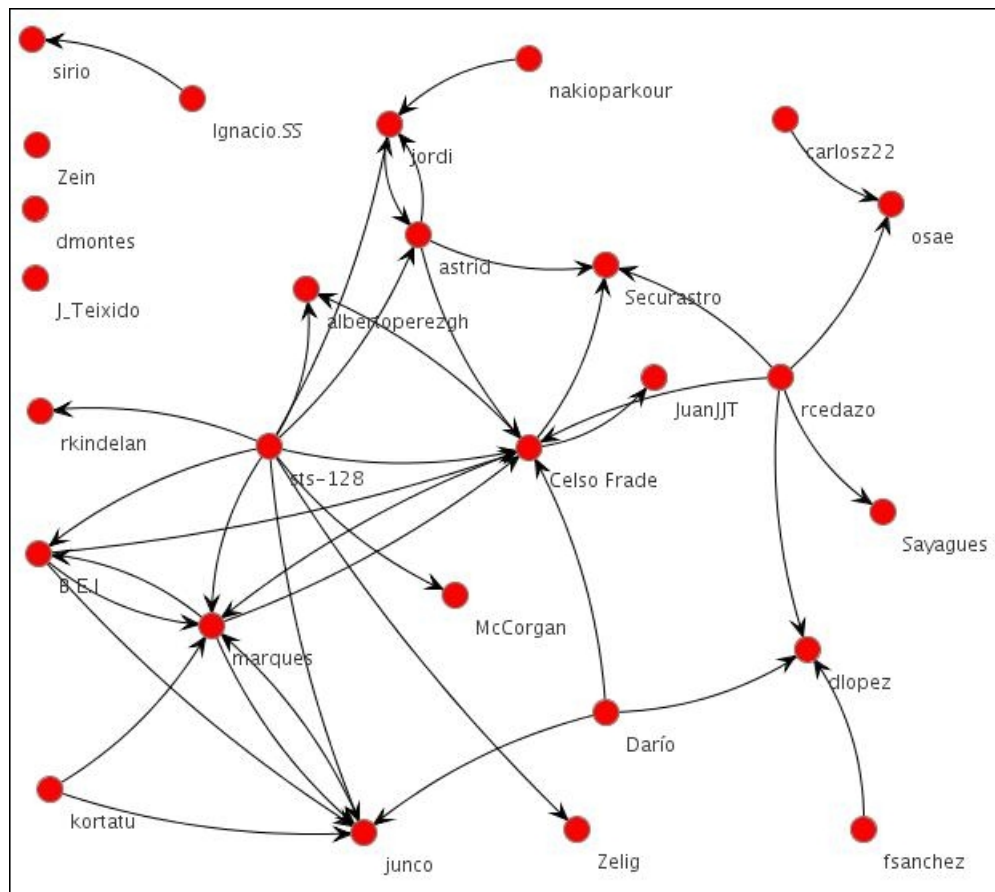


Figura 5.1: Visualización de la subred del álbum fotográfico del observatorio.

Distancia. Como se vió en la definición de distancia en el punto 4.2.2, es interesante ver el número de caminos geodésicos de una red. En este caso, se trata de una red no conexas, por lo que no existen caminos entre todos los pares de actores. Por el mismo motivo, el diámetro no es finito para el presente grafo. Sin embargo, una medida que sí se puede extraer es la media entre los nodos realmente alcanzables únicamente. En este caso es 1,921, lo que significa que como promedio un nodo alcanza a otro en dos pasos.

Centralidad de grado. Según la tabla 5.6 hay 11 usuarios sin ningún enlace de entrada (grado cero) y 13 usuarios sin ninguno de salida. De estos, tres de ellos son aislados, lo que quiere decir que no tienen ningún tipo de enlaces.

La tabla 5.3 recoge las métricas globales relativas al grado. Los actores tienen en promedio 1,444 enlaces, lo cual es bastante bajo dado que el máximo teórico es 26 ($N - 1$). Se ve que el rango de salida (de 0 a 10) es algo más alto que el grado de entrada (de 0 a 6). La población es más homogénea con relación al grado de salida (influencia) que el grado de entrada (prominencia).

Para el caso actual, el índice del grado de entrada es 18,195 % y el de salida es 34,172 %, algo mayor respecto a la influencia. Se llega a la conclusión de que no hay una cantidad sustancial de centralización en toda la red. Es decir, el poder de los individuos respecto a su grado no varía notablemente y esto significa que las ventajas posicionales se distribuyen de forma homogénea por la red.

Número de nodos	27
Número de nodos aislados	3 de 27 (11,11 %)
Número de enlaces	39
Número de enlaces recíprocos	8 de 39 (20 %)
Densidad de la red	5,56 %

Tabla 5.1: Medidas de conectividad de la subred de fotografías.

Distancia media de los nodos alcanzables	1,921
Diámetro	∞

Tabla 5.2: Medidas descriptivas de la distancia de la subred de fotografías

Observación 1. Los usuarios considerados más prominentes son tres: *Celso Frade* (6 enlaces de entrada), *junco* y *marques* (5 enlaces de entrada). El usuario *sts-128* es el único que destaca sobre los demás como el más influyente con un total de 10 enlaces de salida, y por delante del usuario en segunda posición que tiene 6.

Las figuras A.3 y A.4 visualizan el tamaño de los nodos según el grado de entrada y de salida, respectivamente. Se ha asignado además un color diferente para cada uno de los grados, de modo que a simple vista se puede determinar qué usuarios tienen el mismo grado.

Centralidad de intermediación. Si se observan las métricas generales de la tabla 5.4, se ve que hay una gran variación en la intermediación del usuario, desde el mínimo 0 hasta el máximo 37,5, y además la desviación estándar es 8,330 respecto de la media 3,037. Un aspecto interesante si se observa cada uno de los valores de los usuarios en la tabla 5.6 es que únicamente existen 5 usuarios que actúan como intermediarios. Es decir, la mayoría de usuarios no están entre ninguno de los caminos geodésicos de la red.

La centralidad de la red es muy baja, con un índice de 5,51 %. Teniendo en cuenta la estructura de la red, hay bastante poder, ya que hay tres actores mucho más poderosos que otros según esta medida. Se les puede considerar como los encargados de promover la comunicación y la participación en la red.

Observación 2. La mayoría de los usuarios de la subred (81,48 %) no actúan como puentes entre ningún par de nodos, existiendo tan sólo cinco usuarios intermediarios. Tres de estos, *Celso Frade*, *marques* y *astrid*, pueden considerarse brokers por tener posiciones privilegiadas. Los otros dos usuarios son *jordi* y *junco*, aunque con un porcentaje mucho menor. En definitiva, estos cinco usuarios son destacables por facilitar la comunicación y la colaboración.

La figura A.7 visualiza la red asociando un tamaño diferente a cada nodo según el valor de la intermediación. La observación 2 resulta evidente en ese grafo, visualizando además qué caminos son los de mayor grado de intermediación.

	Grado entrada	Grado entrada Nrm.	Grado salida	Grado entrada Nrm.
Media	1,444	0,056	1,444	0,056
Desviación típica	1,707	0,065	2,200	0,084
Suma	39	1,5	39	1,5
Mínimo	0	0	0	0
Máximo	6	0,230	10	0,384
Índice de centralización de la red según el grado de entrada = 18,195 %				
Índice de centralización de la red según el grado salida = 34,172 %				

Tabla 5.3: Medidas descriptivas de los grados de entrada y salida de la red del álbum fotográfico

	Intermediación	Intermediación Nrm.
Media	3,037	0,467
Desviación típica	8,330	1,282
Suma	82	12,615
Mínimo	0	0
Máximo	37,5	5,769
Índice de centralización de la red según intermediación = 5,51 %		

Tabla 5.4: Medidas descriptivas de la intermediación de la subred del álbum fotográfico

Centralidad de cercanía. Como se puede apreciar en la tabla 5.5, la media de las lejanías es muy elevada, al igual que los valores mínimo y máximo. Esto se debe a que la mayoría de nodos no pueden ser alcanzables desde otros y además es una red poco densa. En el caso ideal el tamaño mínimo de la lejanía es $N - 1$, es decir, 26 para el caso actual. Y como se ve, los tamaños mínimos de lejanía de entrada y salida son 427 y 392, respectivamente.

En este caso no se puede calcular el índice de centralización por no ser un grafo totalmente conexo. Por tanto, no se puede comparar la distribución de la centralidad de esta red con la de la red estrella del mismo tamaño, en la cual la lejanía entre actores muestra la máxima concentración posible.

Observación 3. Los actores más centrales según la distancia geodésica desde otros actores a ellos (cercanía de entrada) son estos siete: *Securastro*, *albertoperezgh*, *JuanJIT*, *Celso Frade*, *marques*, *junco* y *B.E.I.*, por orden de mayor a menor centralidad. Por otro lado, según la distancia geodésica de estos actores a otros (cercanía de salida), los más centrales son dos principalmente: *sts-128* y *rcedazo*.

Las figuras A.5 y A.6 visualizan el tamaño de los nodos según la cercanía de entrada y de salida, respectivamente. También en este caso la representación es acorde con la observación 3, y cada uno de los actores más centrales según ambos criterios son los nodos de mayor tamaño.

	Lejanía entrada	Lejanía salida	Cercanía entrada	Cercanía salida
Media	619,333	619,333	4,357	4,324
Desviación típica	107,546	98,906	0,916	0,8
Suma	16.722	16.722	117,631	116,757
Mínimo	427	392	3,704	3,704
Máximo	702	702	6,089	6,633
Índice de centralización de la red según cercanía = $\#$ (El grafo no es conexo)				

Tabla 5.5: Medidas descriptivas de la cercanía de la subred del álbum fotográfico

Comparativa de las diferentes medidas. La tabla 5.6 recoge las estadísticas de los 27 usuarios de esta subred: karma, grado de entrada y de salida, cercanía de entrada y de salida e intermediación. Están ordenados de mayor a menor karma, puesto que es realmente lo que va a determinar la importancia de los usuarios dentro del sistema. El cálculo de los karmas se detallará en el punto 5.2.1, pero ya se puede hacer la observación 4. La visualización del grafo asignando un tamaño del nodo proporcional según el karma se puede ver en la figura A.8.

Observación 4. Los actores más importantes según su karma son principalmente cuatro, por orden mayor a menor: *marques*, *Celso Frade*, *sts-128* y *junco*.

Adicionalmente, todos estas medidas han sido normalizadas en una escala de 0 a 1 y representadas en la figura 5.2. De este modo, las medidas se pueden comparar más fácilmente. Los usuarios asociados a los picos de la gráfica corresponden a aquellos más destacados en cada una de las métricas. Si se compara todas las diferentes medidas, se pueden establecer algunas interrelaciones como la de la observación 5.

Observación 5. Tres de los usuarios de mayor karma: *marques*, *Celso Frade* y *junco*, son además usuarios destacados en cuanto a grado de entrada (son los tres más prominentes), cercanía de entrada e intermediación. El tercer usuario de mayor karma, *sts-128* es además el usuario con mayor grado de salida (más influyente) y mayor cercanía de salida. De todos los usuarios más destacados en algunas de las medidas analizadas, exceptuando dos, *Securaastro* y *JuanJIT*, el resto están en las once posiciones de la tabla 5.6, es decir, son algunos de los once usuarios con mayor karma (respecto de 27 usuarios en total).

5.1.2. Análisis de la red de usuarios del observatorio

Una vez visto como se analiza una red pequeña y como se interpretan cada uno de los resultados, a continuación se va a estudiar la comunidad de usuarios del observatorio. La figura 5.3 visualiza dicha comunidad. Los nodos son todos los usuarios registrados en el sistema y que han accedido al menos una vez. Los enlaces entre cada par de usuarios A y B representan algunas de las siguientes relaciones:

Pos.	Alias	Karma	G. entrada	G. salida	C. entrada	C. salida	Intermediación
1 ^o	marques	0,147386	5	3	5,778	4,736	21
2 ^o	Celso Frade	0,12427	6	4	5,817	4,745	37,5
3 ^o	sts-128	0,0962403	0	10	3,704	6,633	0
4 ^o	junco	0,0931552	5	1	5,727	4,693	1
5 ^o	Dario	0,0387178	0	3	3,704	5,2	0
6 ^o	rcedazo	0,0371018	0	5	3,704	5,791	0
7 ^o	rkindelan	0,0319742	1	0	3,846	3,704	0
8 ^o	albertoperezgh	0,0284455	2	0	6,047	3,704	0
9 ^o	B.E.I	0,0271689	2	3	5,677	5,118	0
10 ^o	jordi	0,0218062	3	1	4,167	5,19	8
11 ^o	astrid	0,0214107	2	3	4,16	3,704	14,5
12 ^o	dmontes	0,0207133	0	0	3,704	3,704	0
13 ^o	Sayagues	0,0190706	1	0	3,846	3,704	0
14 ^o	sirio	0,0174569	1	0	3,846	3,704	0
15 ^o	dlopez	0,0170397	3	0	4,167	3,704	0
16 ^o	McCorgan	0,0151667	1	0	3,846	3,704	0
17 ^o	Zein	0,0139612	0	0	3,704	3,704	0
18 ^o	osae	0,0111691	2	0	4	3,704	0
19 ^o	Securastro	0,0104495	3	0	6,089	3,704	0
20 ^o	J_Teixido	0,00969879	0	0	3,704	3,704	0
21 ^o	Zelig	0,00888616	1	0	3,846	3,704	0
22 ^o	JuanJJT	0,00694385	1	0	6,032	3,704	0
23 ^o	carlosz22	0,00599637	0	1	3,704	3,846	0
24 ^o	fsanchez	0,00502645	0	1	3,704	3,846	0
25 ^o	nakioparkour	0,00266858	0	1	3,704	5,306	0
26 ^o	Ignacio.SS	0,00254795	0	1	3,704	3,846	0
27 ^o	kortatu	0,00244635	0	2	3,704	4,924	0

Tabla 5.6: Tabla resumen de los parámetros de los usuarios, ordenados por orden descendente del karma de los usuarios.

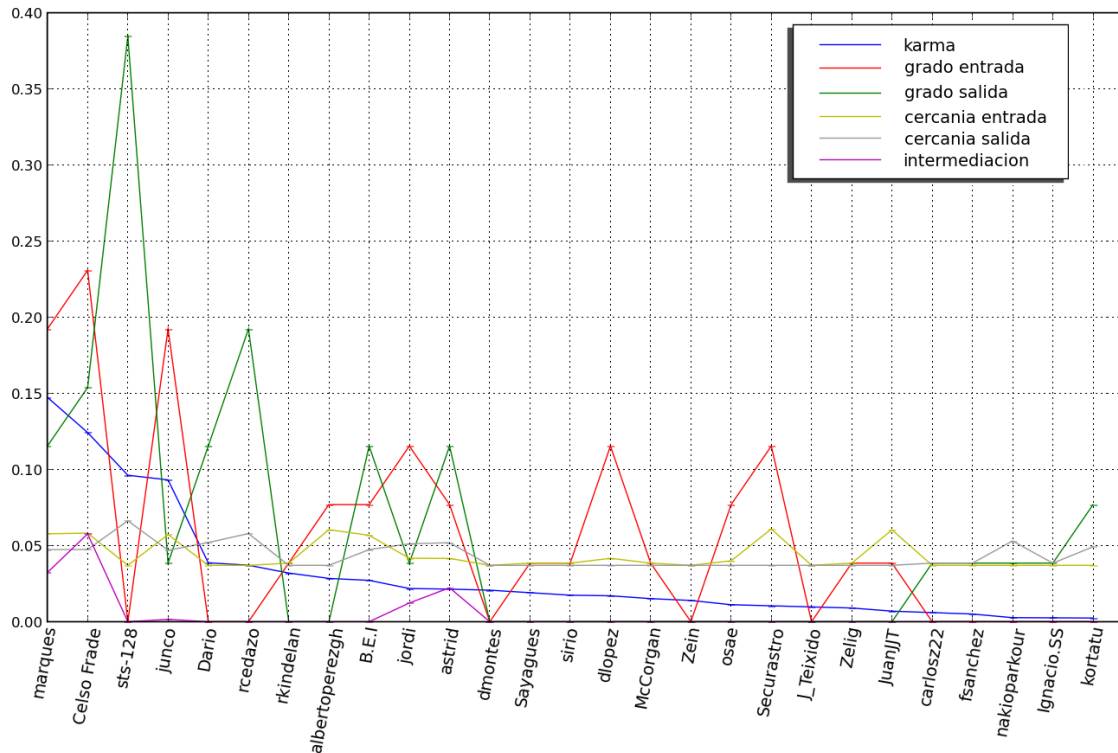


Figura 5.2: Distribución del karma, grados de entrada y salida, cercanías de entrada y salida e intermediación de todos los usuarios. Todos los valores están normalizados.

- "A" vota una fotografía enviada por "B".
- "A" escribe un comentario a una fotografía enviada por "B".
- "A" vota una propuesta enviada por "B".
- "A" escribe un comentario a una propuesta enviada por "B".
- "A" elige como contacto a "B".

Ya no sólo se consideran las relaciones relativas al álbum fotográfico, sino que son importantes todas las acciones que ocurren entre los usuarios, tales como envíos de comentarios o la elección de contactos.

En el anexo A se han adjuntado todos los grafos extraídos con la herramienta de visualización. Estos grafos se han utilizado para contrarrestar los resultados obtenidos al aplicar los métodos matemáticos de análisis de redes sociales expuesto en el punto 4.2. Aparte del análisis estructural, se han visualizado otras características sobre el perfil de los individuos. La figura A.9 representa por medio de colores el sexo de cada usuario: color rosa para mujeres, azul para hombres y blanco para aquellos que no han identificado el sexo en su perfil. Se aprecia una escasa proporción de mujeres en la red. La figura A.10 visualiza aquellos usuarios que se han identificado como españoles en su perfil, nacionalidad más predominante en la comunidad. Finalmente, la figura A.11 muestra los avatares de los usuarios. Es curioso como hay nodos aislados que lo han modificado, aunque no hayan interactuado con el resto. Más detalles y estadísticas sobre los perfiles de los usuarios se presentan en el punto 5.3 de este capítulo.

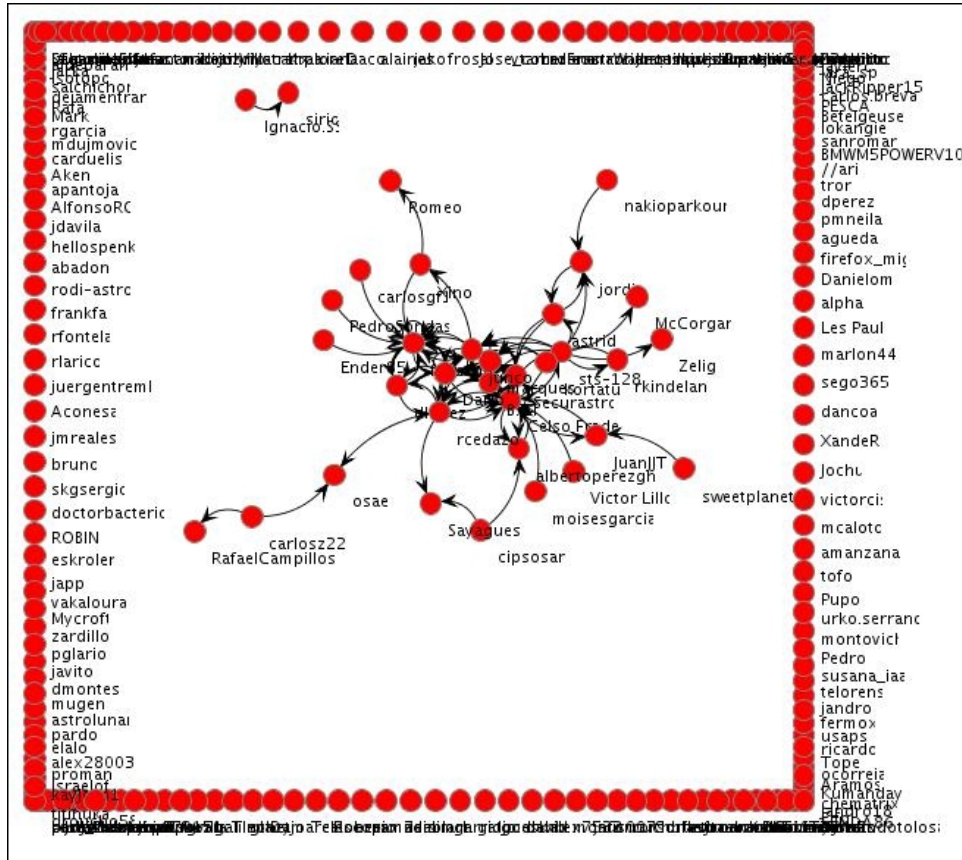


Figura 5.3: Visualización de la red del observatorio. Este modo de visualización distribuye los nodos aislados alrededor del gráfico, ya que no tienen conexiones.

Se analizan a continuación las métricas descriptivas relacionadas con la conectividad, la distancia y la centralidad para esta red. En este caso, ya que es una red mucho mayor que la analizada en el punto anterior (5.1.1) y dado que hay muchos usuarios aislados con prácticamente los mismos valores, al final de este punto, la tabla 5.12 resume las métricas de las diez primeras posiciones únicamente.

Conectividad. En este caso, la tabla 5.7 resume las medidas más características relativas a la conectividad de la comunidad del observatorio. El tamaño de la red es de 225 usuarios, de los cuales un altísimo porcentaje del 84,89 % son usuarios aislados. Esto quiere decir que son usuarios que no han establecido ningún tipo de interacción con otros, ya sea de entrada o de salida.

Es una red con un escaso número de 77 conexiones. Únicamente existe un 0,15 % de enlaces respecto del total posible que sería $N \cdot (N - 1) = 225 \cdot 224 = 50,400$. Esta prácticamente nula densidad se debe al elevado número de nodos aislados. Aún así, si se calculara la densidad únicamente con los 34 nodos conectados, el resultado seguiría siendo también muy bajo como se puede ver:

$$Densidad_{conectados} = \frac{77}{34 \cdot 33} \cdot 100 \% = \frac{77}{1122} \cdot 100 \% = 6,86 \% \quad (5.1)$$

Del total de 77 enlaces existentes, algo menos de la mitad, un 44,15 %, son enlaces recíprocos. Esto quiere decir que hay un elevado porcentaje de usuarios que se enlazan entre sí.

Nº de nodos	225
Nº de nodos conectados	34 de 225 (15,11 %)
Nº de nodos aislados	191 de 225 (84,89 %)
Nº de aristas	77
Nº de enlaces recíprocos	34 de 77 (44,15 %)
Densidad de la red	0,15 %

Tabla 5.7: Medidas de conectividad de la comunidad del observatorio

Distancia. Dado que es un grafo no conexo, la distancia media de las distancias geodésicas únicamente se ha realizado teniendo en cuenta los nodos alcanzables. En este caso es 2,810, lo cual indica que el promedio de que un actor A alcance a otro actor B son casi 3 enlaces.

El diámetro, definido como la mayor de las distancias geodésicas del grafo, tampoco es calculable por la misma razón.

Distancia media de los nodos alcanzables	2,810
Diámetro	∞

Tabla 5.8: Medidas descriptivas de la distancia de la red del observatorio.

Centralidad de grado. La tabla 5.9 resume las métricas descriptivas de la red según los grados de entrada y salida. Según estos resultados globales, se puede ver como los promedios son prácticamente nulos. Esto se debe al gran porcentaje de nodos aislados, en cuyo caso tanto los grados de entrada y salida son cero.

Los índices de centralización son también muy bajos, 5,232 % según el grado de entrada y 4,335 % según el grado de salida. Esto significa que las ventajas posicionales de los usuarios se distribuyen homogéneamente por la red.

	Grado entrada	Grado entrada Nrm.	Grado salida	Grado salida Nrm.
Media	0,333	0,149	0,333	0,149
Desviación típica	1,279	0,598	2,200	0,571
Suma	75	33,482	75	33,482
Mínimo	0	0	0	0
Máximo	12	5,357	10	4,464
Índice de centralización de la red según el grado de entrada = 5,232 %				
Índice de centralización de la red según el grado salida = 4,335 %				

Tabla 5.9: Medidas descriptivas de los grados de entrada y salida de la red del observatorio

Observación 6. Los usuarios más populares o prominentes son dos, *Celso Frade* y *fsanchez*, con 12 y 11 enlaces de entrada, respectivamente. En cuanto a la influencia, destacan dos usuarios, *Celso Frade* y *sts-128*, con 10 enlaces de salida en ambos.

En las figuras A.12 y A.13 se ve claramente que estos usuarios, los dos de mayor tamaño en ambos casos, reúnen el mayor número de enlaces a su alrededor.

Centralidad de intermediación. A partir de la tabla 5.10 se ve una gran variabilidad de la desviación típica respecto de la media. Hay además una gran diferencia en el rango, con un mínimo de 0 y un máximo de 326,5. Es decir, que hay uno o más nodos que hacen de puentes entre 326,5 caminos geodésicos. Sin embargo, existe un gran número de nodos, como todos los aislados, que no tienen la función de puentes.

El índice de centralización de la red es del 0,65 %, un valor muy bajo que indica mucha homogeneidad en las posiciones de la red. El motivo es de nuevo la existencia de un elevado porcentaje de nodos aislados.

	Intermediación	Intermediación Nrm.
Media	4,311	0,009
Desviación típica	26,130	0,052
Suma	970	1,942
Mínimo	0	0
Máximo	326,5	0,654
Índice de centralización de la red según intermediación = 0,65 %		

Tabla 5.10: Medidas descriptivas de la intermediación de la red del observatorio

Observación 7. Si se analizan los valores de intermediación de los primeros nodos de la tabla 5.12, se ve que hay nodos que hacen de puentes entre muchos caminos geodésicos. No obstante, predomina un usuario, *Celso Frade*, con un total de 326,5. Éste se considera el broker al distanciarse en gran número con los siguientes de la tabla, *sts-128* y *junco*, con 135 y 114,7 caminos, respectivamente.

En el grafo de la figura A.16 se puede localizar rápidamente al broker más importante de la red, el de mayor tamaño. Los nodos aislados, así como los que no tienen ningún enlace de entrada o de salida, son los de menor tamaño, puesto que no comunican a ningún par de nodos.

Centralidad de cercanía. La tabla 5.11 resume las métricas relativas a las cercanías de entrada y salida de la red. Se observa que los promedios son extremadamente bajos, casi cero, y apenas existe variabilidad en el rango. Los datos del mínimo y del máximo son muy próximos entre sí debido a que la mayoría de usuarios son nodos aislados y la distancia geodésica en estos casos es la mayor posible.

	Lejanía entrada	Lejanía salida	Cercanía entrada	Cercanía salida
Media	49870,691	49870,691	0,450	0,450
Desviación típica	1601,675	1488,316	0,016	0,014
Suma	11220906	11220906	101,176	101,159
Mínimo	44629	45506	0,444	0,444
Máximo	50400	50400	0,502	0,492
Índice de centralización de la red según cercanía = $\#$ (El grafo no es conexo)				

Tabla 5.11: Medidas descriptivas de la cercanía de la red del observatorio

Dado que el grafo no es conexo, el índice de centralización no se puede calcular.

Observación 8. No hay usuarios realmente característicos por su centralidad en la red del observatorio.

De forma visual, a partir de las figuras A.14 y A.15, se puede intuir la observación 8. Como se ve, existe poca graduación en el tamaño de los nodos dado que el rango apenas varía en ninguno de los casos. En el caso de la cercanía de entrada el mínimo es 0,444 y el máximo 0,502; y en el de la cercanía de salida el mínimo es 0,444 y el máximo 0,492. Es más, se comprueba que los nodos de menor tamaño corresponden a los nodos aislados o a aquellos que, estando en la zona central, poseen un único enlace. Por el contrario, el resto de nodos de la zona central, con mayor número de conexiones, son los nodos de mayor dimensión. Por tanto, no se puede concluir que existan nodos más centrales que otros.

Comparativa de las diferentes medidas. La tabla 5.12 recoge las estadísticas de los diez primeros usuarios de cada una de las medidas analizadas: karma, grados de entrada y salida, cercanías de entrada y salida e intermediación. Es decir, para cada medida se listan los diez usuarios por orden de mayor a menor valor. La tabla completa estaría formada por 225 filas, pero la mayoría de valores no son tan representativos o se repiten, especialmente para los nodos aislados. Por este motivo, se ha simplificado incluyendo una última fila con los mínimos valores, con la finalidad de ver cómo varían cada una de dichas medidas.

En este caso, los valores del karma son los mismos que en para la subred del álbum fotográfico, puesto que actualmente el sistema únicamente calcula la importancia de los usuarios en función de las fotografías enviadas y los votos recibidos. Por tanto, la observación 4 es válida para el actual estudio, es decir, los actores más importantes según su karma son cuatro, por orden mayor a menor: *marques*, *Celso Frade*, *sts-128* y *junco*. En cualquier caso, se ha visualizado la red en base al karma de los usuarios en la figura A.17. Dada la distribución de la red, estos usuarios ocupan la zona central de la red.

Las medidas de los primeros 30 usuarios de mayor karma se han normalizado y representado en una escala de 0 a 1 en la figura 5.4. El resto de usuarios siguen una distribución prácticamente constante, por lo que se ha visto oportuno simplificar la gráfica. Ésta permite extraer con mayor facilidad la interrelación entre todas las medidas.

Karma		G. entrada		G. salida		C. entrada		C. salida		Intermediación	
marques	0,1473	Celso Frade	12	Celso Frade	10	osae	0,499	sweetplanet	0,492	Celso Frade	326,5
Celso Frade	0,1242	fsanchez	11	sts-128	10	Romeo	0,499	moisesgarcia	0,492	sts-128	135
sts-128	0,0962	junco	7	junco	7	McCorgan	0,499	carlosgfl	0,492	junco	114,7
junco	0,0931	marques	5	rcedazo	6	Sayagues	0,499	Victor Lillo	0,492	fsanchez	94,97
Darío	0,0387	rcedazo	5	marques	5	Zelig	0,497	nakioparkour	0,492	rcedazo	70,99
rcedazo	0,0371	Darío	4	Darío	5	jordi	0,497	cipsosan	0,492	astrid	40,5
rkindelan	0,0319	B.E.I	4	B.E.I.	4	astrid	0,497	Ender85	0,492	Darío	30,8722
albertop..	0,0284	albertop..	3	fsanchez	4	B.E.I	0,497	PedroSondas	0,492	Xino	24
B.E.I	0,0271	Securastro	3	astrid	3	dlopez	0,497	Darío	0,492	rkindelan	23
jordi	0,0218	dlopez	3	carlosz22	2	fsanchez	0,497	B.E.I	0,492	JuanJJT	21
(214 usuarios)											
eskroler	0,00082	eskroler	0	eskroler	0	eskroler	0,444	eskroler	0,444	eskroler	0

Tabla 5.12: Resumen de las medidas de las diez primeras posiciones, por orden descendente, de cada una de las medidas analizadas: karma, grados de entrada y salida, cercanía de entrada y salida e intermediación. Para cada medida se indica el alias del usuario y su valor asociado. La tabla completa estaría formada por 225 registros correspondientes a todos los usuarios de la red. La última fila es la asociada a un usuario con los mínimos valores.

Observación 9. Los usuarios de mayor *karma*, *marques*, *Celso Frade*, *sts-128* y *junco*, son usuarios que además están entre las primeras posiciones relativas al grado de entrada y salida e intermediación. Las medidas de cercanía no son representativas en esta ocasión, puesto que hay poca variabilidad en sus rangos.

5.2. Aplicación del algoritmo de ordenación

En primer lugar, se va a utilizar el algoritmo de ordenación expuesto en el punto 4.3 para determinar el orden de importancia de los usuarios y fotografías del observatorio. El segundo punto 5.2.2 relata el experimento realizado para la elección del nombre del observatorio. En este caso se utilizó un sistema democrático en la que todos los votos tenían el mismo peso, tanto de usuarios registrados como anónimos. Se analizarán los resultados obtenidos, así como otros detalles curiosos del experimento. Posteriormente, se expone la simulación de un sistema meritocrático con la misma información registrada. Es decir, se adjudican diferentes pesos según los votantes. Se analizan los resultados obtenidos para el caso meritocrático y se contrastan con los resultados del sistema democrático. Finalmente, se expone la política de asignación del tiempo de observación a los usuarios según su karma.

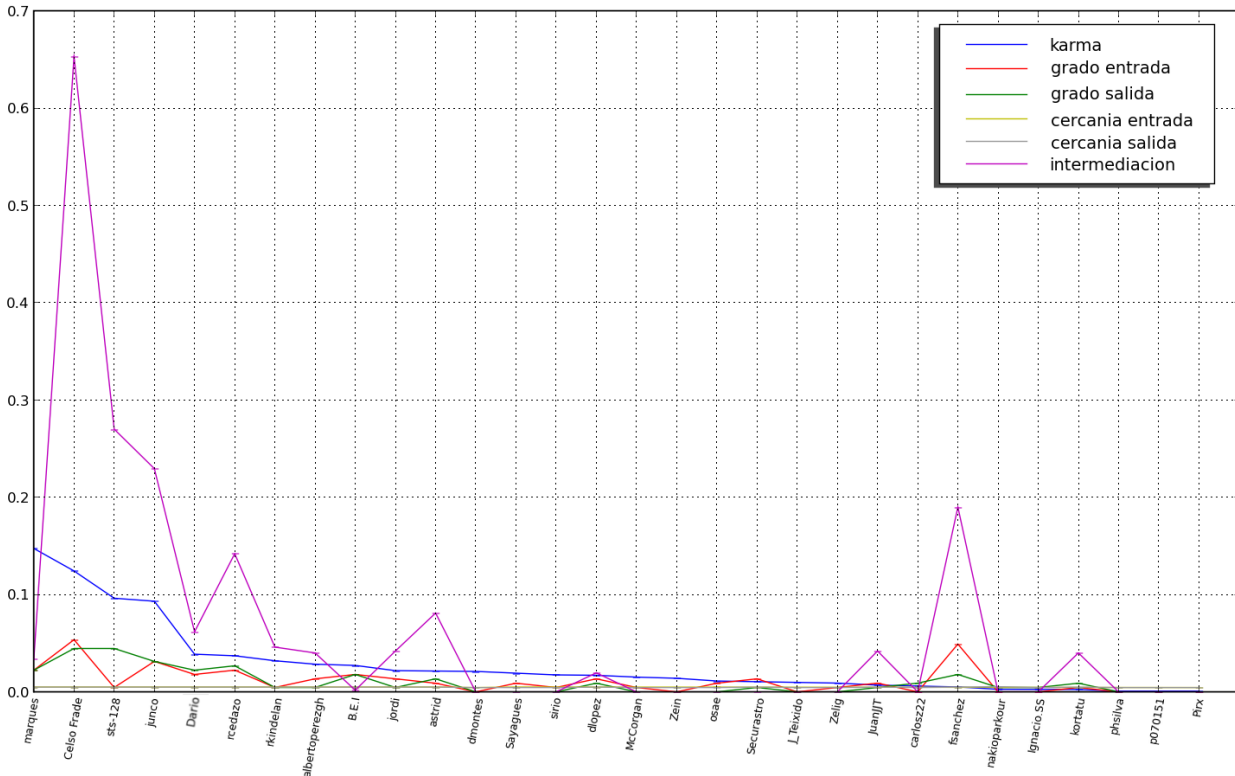


Figura 5.4: Distribución del karma, grados de entrada y salida, cercanías de entrada y salida e intermediación de los 30 primeros usuarios de mayor karma del observatorio. Todos los valores están normalizados.

5.2.1. Cálculo del karma de usuarios y fotografías

En el punto 3.6.1 se explicó el álbum colaborativo del observatorio que utilizan los usuarios para compartir sus fotografías astronómicas. Los usuarios suben sus fotografías y éstas pueden ser votadas tanto por usuarios registrados como por cualquier visitante anónimo. El sistema subyacente es meritocrático de modo que no todos los votos de los usuarios valen lo mismo, ni todas las fotografías son igual de populares. Determinar qué importancia o karma tienen las fotografías depende de cada uno de los votos que reciben y de los votantes. No vale lo mismo recibir una puntuación 1 que 3, ni vale lo mismo recibir un voto de un usuario muy importante. El problema actual se plantea con la siguiente cuestión: *¿En qué orden se deben mostrar los usuarios y fotografías, y cuáles son sus karmas?*

Una cosa hay clara, una vez se obtengan los karmas de los usuarios y las fotografías, definir el orden es trivial, consiste en ordenarlos de mayor a menor valor. Básicamente se desea asignar más importancia a aquellos usuarios que más y mejor participen. Esto quiere decir que aquellos que más fotos envíen y que además sean bien valoradas por la comunidad serán usuarios importantes. Mientras que enviar pocas fotos y mal valoradas, o votar fotografías con poca relevancia en el sistema, serán propias de usuarios con menor karma.

En este contexto, el cálculo del karma de los usuarios y fotografías se enfoca de este modo:

La *importancia de un usuario* (u_i) es proporcional a la suma de las importancias de las fotografías que envía y de las importancias de las fotografías a las que vota.

La *importancia de una fotografía* (i_p) es proporcional a la suma de la importancia del usuario que la envía y de las importancias de los usuarios y anónimos que la votan.

La *importancia de un anónimo* (a_k) es proporcional a la suma de las importancias de las fotografías a las que votan.

Como ya se ha dicho, los usuarios denominados anónimos no están registrados, siendo sólo visitantes, habituales, esporádicos o que acceden al observatorio una única vez pero que registran una acción dentro del sistema, como votar fotografías o escribir comentarios. Aunque estos usuarios no tienen alias asociados para registrar cada una de las acciones, existen mecanismos que permiten hacerlo en función de otros datos que permiten identificarles, como su dirección IP. Esta dirección puede cambiar cada vez que un cliente se conecta (IP dinámica) o puede tener siempre la misma (IP fija). De esa forma, se puede llegar a identificar a un mismo usuario anónimo que realiza diferentes acciones en el sistema.

La solución se determina resolviendo un problema matricial de autovalores y autovectores explicado en el punto 4.3. La matriz cuadrada en este caso tiene una dimensión de 412x412 elementos, de los cuales 225 son usuarios activos (u_i), 83 anónimos (a_k) y 104 fotografías (i_p). Esta matriz se denomina M y tiene la forma de la ecuación 5.2.

$$M = \begin{pmatrix} M_{u_1u_1} & \cdots & M_{u_1u_{225}} & M_{u_1i_1} & \cdots & M_{u_1i_{104}} & M_{u_1a_1} & \cdots & M_{u_1a_{83}} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ M_{u_{225}u_1} & \cdots & M_{u_{225}u_{225}} & M_{u_{225}i_1} & \cdots & M_{u_{225}i_{104}} & M_{u_{225}a_1} & \cdots & M_{u_{225}a_{83}} \\ M_{i_1u_1} & \cdots & M_{i_1u_{225}} & M_{i_1i_1} & \cdots & M_{i_1i_{104}} & M_{i_1a_1} & \cdots & M_{i_1a_{83}} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ M_{i_{104}u_1} & \cdots & M_{i_{104}u_{225}} & M_{i_{104}i_1} & \cdots & M_{i_{104}i_{104}} & M_{i_{104}a_1} & \cdots & M_{i_{104}a_{83}} \\ M_{a_1u_1} & \cdots & M_{a_1u_{225}} & M_{a_1i_1} & \cdots & M_{a_1i_{104}} & M_{a_1a_1} & \cdots & M_{a_1a_{83}} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ M_{a_{83}u_1} & \cdots & M_{a_{83}u_{225}} & M_{a_{83}i_1} & \cdots & M_{a_{83}i_{104}} & M_{a_{83}a_1} & \cdots & M_{a_{83}a_{83}} \end{pmatrix} \quad (5.2)$$

Según el contexto, no puede existir relación directa entre usuarios ya que la importancia de un usuario no es proporcional a la de ningún otro. Del mismo modo, no puede haber relación entre anónimos, ni entre fotografías, ni entre anónimos y usuarios, y viceversa. Por tanto, se cumple que $M_{u_iu_j} = 0$; $M_{a_ia_j} = 0$; $M_{a_ia_j} = 0$; $M_{u_ia_j} = 0$; $M_{i_ii_j} = 0$; $\forall i, j$. Se puede simplificar la matriz M (5.2) en la de la ecuación 5.3, con una gran densidad de elementos nulos.

$$M = \begin{pmatrix} 0 & \cdots & 0 & M_{u_1 i_1} & \cdots & M_{u_1 i_{104}} & 0 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & \cdots & 0 & M_{u_{225} i_1} & \cdots & M_{u_{225} i_{104}} & 0 & \cdots & 0 \\ M_{i_1 u_1} & \cdots & M_{i_1 u_{225}} & 0 & \cdots & 0 & M_{i_1 a_1} & \cdots & M_{i_1 a_{83}} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ M_{i_{104} u_1} & \cdots & M_{i_{104} u_{225}} & 0 & \cdots & 0 & M_{i_{104} a_1} & \cdots & M_{i_{104} a_{83}} \\ 0 & \cdots & 0 & M_{a_1 i_1} & \cdots & M_{a_1 i_{104}} & 0 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & \cdots & 0 & M_{a_{83} i_1} & \cdots & M_{a_{83} i_{104}} & 0 & \cdots & 0 \end{pmatrix} \quad (5.3)$$

En problemas de este tipo, hay que definir exactamente qué peso hay que asignar a cada una de las acciones. A continuación se describen las tres acciones que determinan la importancia de los usuarios, así como los pesos correspondientes:

- **Acción 1:** "Un usuario registrado envía una fotografía". Esta acción recibe el peso máximo P_M porque es la que se considera como la más participativa. Dado que la escala de votos está entre 1 y 5, se ha escogido 10 como el peso asignado a esta acción. El objetivo es darle mayor importancia respecto al voto máximo 5. Los elementos de la matriz relativos a esta acción son $M_{i_x u_y}$ y $M_{u_y i_x}$. Es decir, estos elementos toman el valor 10 cuando un usuario y envía una foto x .
- **Acción 2:** "Un usuario registrado vota una fotografía con una puntuación de la escala 1-5". Esta acción puede recibir uno de los cinco pesos diferentes según su puntuación, es decir, $P_1 = 1$, $P_2 = 2$, $P_3 = 3$, $P_4 = 4$ o $P_5 = 5$. Los elementos de la matriz relativos a esta acción son, al igual que en la acción 1, $M_{i_x u_y}$ y $M_{u_y i_x}$. Las acciones 1 y 2 son incompatibles, es decir, únicamente puede ocurrir una de ellas, por lo que los elementos $M_{i_x u_y}$ y $M_{u_y i_x}$ o toman el peso máximo (acción 1), o uno de los pesos P_1, P_2, P_3, P_4, P_5 , o cero si ninguna de las dos.
- **Acción 3:** "Un anónimo vota una fotografía con una puntuación de la escala 1-5". Esta acción es similar a la acción 2 porque los votantes otorgan una puntuación a una fotografía. No obstante, ya que se quiere asignar mucho menos peso a los votos de los anónimos que los de los usuarios registrados, el peso es un 10% de la puntuación. Esto quiere decir que los elementos $M_{i_x a_y}$ y $M_{a_y i_x}$ asociados a esta acción, corresponden a los valores $10\% \cdot P_i$, donde P_i es cada una de las puntuaciones de la escala 1-5, o cero si el usuario a_y no vota la fotografía i_x .

Todos los elementos de la matriz M (5.3) se asignan según se trate de una de las tres acciones anteriores. El siguiente paso es transformar la matriz M en la matriz de Markov o estocástica, de modo que todas las columnas sumen 1. De este modo se asegura que existe el autovalor $\lambda = 1$, cuyo autovector asociado es dominante y tiene todas las entradas del mismo signo. La matriz estocástica se le denomina M' .

Se podrían calcular los autovalores y autovectores a partir de la matriz estocástica. Sin embargo, habría que comprobar previamente que la matriz M' fuera irreducible. Lo más probable es que en este tipo de contexto la red no sea totalmente conexa, lo que implica que la matriz no sea irreducible. Por esa razón, se utiliza el *método aditivo de Schwarz* expuesto en el

punto 4.3.3. Se calcula entonces otra matriz, la de la ecuación 5.4, con el valor del parámetro $c = 0,85$ y con un vector de probabilidades donde cada entrada es $1/412$, ya que la dimensión de la matriz es 412.

$$M'' = 0,85M' + 0,15 \begin{pmatrix} 1/412 \\ 1/412 \\ \vdots \\ 1/412 \\ 1/412 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 1 & \cdots & 1 & 1 \end{pmatrix} \quad (5.4)$$

Una vez construida la matriz irreducible M'' 5.4, se resuelve la ecuación 5.5, donde x es el autovector que contiene todas las importancias de los elementos de la matriz, como se define en la ecuación 5.6.

$$M''x^T = \lambda x^T \quad (5.5)$$

$$x = (u_1 \quad \cdots \quad u_{225} \quad i_1 \quad \cdots \quad i_{104} \quad a_1 \quad \cdots \quad a_{83}) \quad (5.6)$$

La matriz M'' 5.4 tiene todos los elementos no nulos y, como consecuencia, el autovector asociado tendrá todas las entradas mayores que cero. El autovector x de la ecuación 5.6 se puede dividir a su vez en tres vectores, uno de ellos para los usuarios (x_u), otro para las fotografías (x_i) y el último para los anónimos (x_a), como se ve en la ecuación 5.7.

$$\begin{cases} x_u = (u_1 \cdots u_{225}) \\ x_i = (i_1 \cdots i_{104}) \\ x_a = (a_1 \cdots a_{83}) \end{cases} \quad (5.7)$$

Como se observa cada vector tiene una dimensión diferente. Para calcular el karma de cada elemento se normalizan los tres autovectores 5.7. Para ello se divide por el módulo de cada autovector, de ese modo se consigue un vector unitario en cada caso.

$$\begin{cases} xnr m_u = \frac{(u_1 \cdots u_{225})}{\|x_u\|} = \frac{(u_1 \cdots u_{225})}{\sum_1^{225} u_n} \\ xnr m_i = \frac{(i_1 \cdots i_{104})}{\|x_i\|} = \frac{(i_1 \cdots i_{104})}{\sum_1^{104} i_p} \\ xnr m_a = \frac{(a_1 \cdots a_{83})}{\|x_a\|} = \frac{(a_1 \cdots a_{83})}{\sum_1^{83} i_k} \end{cases} \quad (5.8)$$

A continuación se van a analizar los datos obtenidos para los usuarios y fotografías, es decir, $xnr m_u$ y $xnr m_i$.

Ordenación de los usuarios. Los karmas de los usuarios se resumió en la tabla 5.12. Los usuarios están ordenados de mayor a menor karma, entre un rango máximo de 0,1473 y mínimo de 0,00082 como además se puede ver en las medidas de la tabla 5.13. Como era de esperar, la suma de todos los karmas es 1 ya que se trata de un vector normalizado. Por otro lado, se aprecia variabilidad de la desviación típica respecto al promedio, el cual es muy bajo en este caso.

	Karma
Media	0,0044
Desviación típica	0,0162
Suma	1
Mínimo	0,00082
Máximo	0,1473

Tabla 5.13: Medidas descriptivas del karma de la red del observatorio

La ordenación de los usuarios se hace en función del karma, esto es, el usuario de mayor karma tiene la posición 1, el segundo la 2, y así sucesivamente. Pero para que el usuario tenga una visión global de su importancia, hay que indicarle el número de posiciones totales dentro del sistema, que no es otro que el número de usuarios, 225 en este caso. Sin embargo, suele suceder que haya usuarios con el mismo karma y, por tanto, ocupen la misma posición en la clasificación. En este caso, sólo hay 28 valores diferentes de karma. De éstos, hay 27 valores únicos, mientras que un valor, el mínimo 0,00082, se repite en 198 ocasiones. Por tanto, sólo 27 usuarios que tienen un karma diferente al mínimo ocupan las 27 primeras posiciones. El usuario *marques* ocupa el puesto 1^o/225, *Celso Frade* el 2^o/225, *sts-128* el 3^o/225, así hasta la posición 28^o/225 que la comparten los 198 usuarios de menor karma.

Ordenación de las fotografías. El autovector normalizado $xnrm_i^T$ asociado a las fotografías ordenado de mayor a menor representa la clasificación de las fotografías según el karma. El resultado se interpreta según la ecuación 5.9, lo que indica que la importancia de la fotografía cuyo identificador es 122 ocupa la primera posición, la segunda la ocupa la fotografía 137, etc.:

$$i_{p122} > i_{p137} > i_{p1} > i_{p36} > \dots > i_{p20} = i_{p19} > i_{p139} > \dots = i_{p47} \quad (5.9)$$

La tabla 5.14 recoge la clasificación de las fotografías, en la cual cada fila indica la posición que ocupa la fotografía en la clasificación, su identificador, título, karma y autor. La posición indicada se hace relativa al total de fotografías, 104 en este caso. Como se aprecia en dicha tabla, hay posiciones que se repiten, por ejemplo, la posición 24^o es compartida por más de una fotografía, del mismo modo que ocurre con la posición 83^o.

Ya que se trata de un vector normalizado, la suma de todos los elementos es 1 como era de esperar. La tabla 5.15 resume las medidas descriptivas del karma. En este caso, el máximo 0,0307 corresponde a la primera foto, identificador 122, mientras que el valor mínimo 0,0057 es la importancia de las últimas fotografías del álbum colaborativo.

La figura 5.5 representa la distribución del karma de las 104 fotografías ordenadas de mayor a menor. Se observa que hay pendientes muy fuertes entre los primeros seis valores, mientras que luego la distribución es más moderada. Otros tramos tienen pendiente nula, los cuales corresponden a fotografías con el mismo karma e importancia. Se ve además que hay mayor proporción de fotografías con un karma por debajo de la media. Es decir, hay muchas menos fotos que realmente sean importantes.

Posición	Id. Foto	Título	Karma	Autor
1 ^o /104	122	ISS sobre Zaragoza	0,0307564	Securastro
2 ^o /104	137	AVISTAMIENTO ISS	0,0267482	osae
3 ^o /104	1	Mosaico Luna	0,0235359	dlopez
4 ^o /104	36	Primera Observación	0,0186225	Celso Frade
5 ^o /104	22	Andrómeda	0,0170047	Celso Frade
6 ^o /104	129	AVISTAMIENTO ISS	0,013688	Sayagues
7 ^o /104	112	AVISTAMIENTO ISS	0,013548	Sayagues
8 ^o /104	24	M42 2	0,0133974	marques
...				
24 ^o /104	20	Luna llena antes de un eclipse	0,0107122	Celso Frade
24 ^o /104	19	Cráter de Tycho	0,0107122	Celso Frade
25 ^o /104	139	Luna de Abril	0,0106075	Celso Frade
...				
83 ^o /104	51	Complejidad	0,00568891	junco
83 ^o /104	47	El puzzle del Sol	0,00568891	junco

Tabla 5.14: Clasificación de las fotografías ordenadas por orden descendente de su karma. La primera columna indica la posición de esa imagen en el sistema según su importancia. Por ejemplo, la última imagen está en el 83^o puesto de un total de 104 fotografías. Como se aprecia hay varios usuarios que comparten posición ya que tienen el mismo karma.

5.2.2. Experimento: Elección del nombre del observatorio

El sistema de propuestas explicado en el punto 3.6.2 se utilizó para elegir por consenso el nombre del observatorio. Los resultados de esta primer iniciativa y el análisis detallado de la participación se exponen en el punto 5.2.2.1.

El experimento consistió en un llamamiento para que los usuarios enviaran propuestas y las votaran. Únicamente los usuarios registrados podían proponer nombres, aunque cualquier visitante anónimo podía votarlos. El sistema de votación consistía en otorgar una puntuación de la escala del 1 al 5 a las propuestas que se desease. Esta iniciativa tuvo lugar en el período comprendido del 19 de Diciembre de 2008 hasta el 15 de Enero de 2009 a las 10:00 (UTC+1).

En el punto 5.2.2.2 se hace una simulación con los mismos datos pero desde una visión meritocrática. Es decir, el valor de los votos depende de cada usuario y de su participación en el sistema. Recíprocamente, el valor de los usuarios depende de su participación, ya sea por el envío de propuestas o votos.

5.2.2.1. Sistema electoral democrático

Las normas del proceso electoral son las siguientes:

Karma	
Media	0,0096
Desviación típica	0,0124
Suma	1
Mínimo	0,0057
Máximo	0,0307

Tabla 5.15: Medidas descriptivas del karma de las fotografías de la red del observatorio

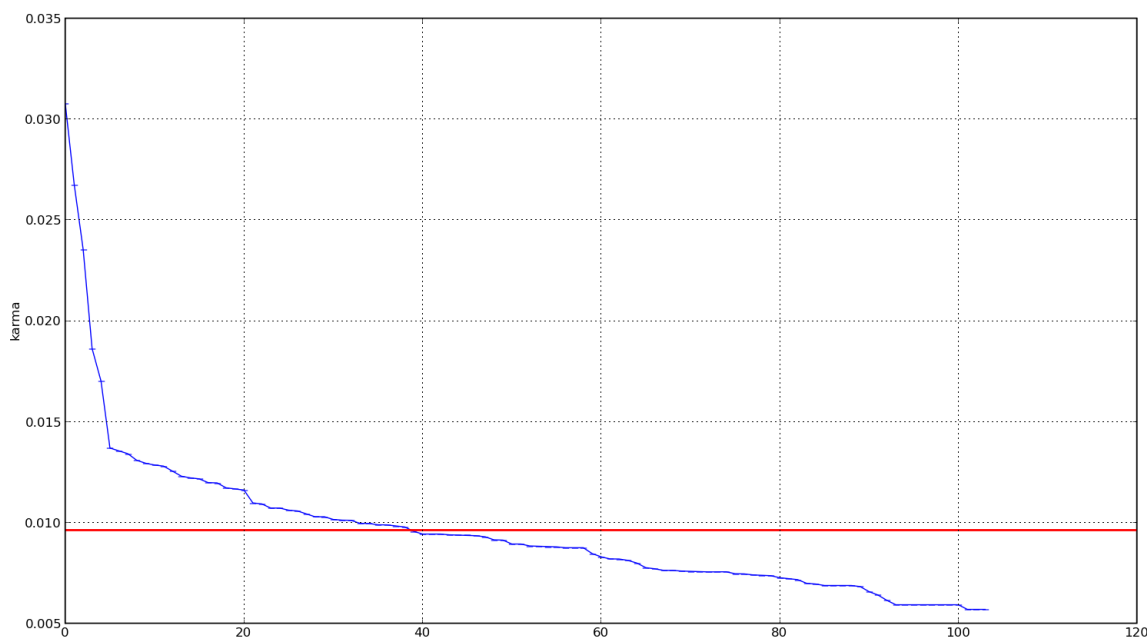


Figura 5.5: Distribucion del karma de las fotografías enviadas al observatorio.

- Sólo usuarios registrados en el sistema pueden proponer nombres para el observatorio.
- Tanto usuarios registrados como visitantes anónimos pueden votar las propuestas. En ambos casos el valor de cada voto es el mismo.
- Un usuario sólo puede dar una puntuación por propuesta. Se utiliza un sistema de votación con una escala de 1 a 5 puntos.
- El votante puede cambiar su voto tantas veces como quiera hasta que finalice el proceso. Es decir, un usuario puede dar 5 puntos a una propuesta y posteriormente cambiarlo a 3.
- El cálculo de la puntuación final de cada propuesta es la media aritmética de las puntuaciones recibidas, indistintamente de si proceden de usuarios registrados o anónimos. No obstante, para calcular las tres mejores propuestas sólo se tuvieron en cuenta las que superaron un umbral de número de votos. Este número iba cambiando automáticamente según las propuestas recibían más votos. Es decir, en el momento en que existieran tres propuestas con más de 10 votos, el límite para calcular las propuestas finalistas se establecía en 10 votos; se establecía en 20 cuando las tres primeras superaban los 20 votos recibidos y así sucesivamente. El objetivo fue evitar que propuestas con muchos menos votos pudieran

superar en media a otras con más votos. Por ejemplo, la propuesta "PROCYON" obtuvo finalmente una media mayor incluso que la propuesta ganadora, pero con sólo 27 votos. Sin embargo, la propuesta ganadora obtuvo una participación más significativa con 61 votos en total.

En total se recibieron 9 propuestas. La lista detallada se encuentra en la tabla 5.16 por orden cronológico de fecha de envío, de la más antigua a la más reciente, y el alias de su autor. La propuesta marcada con el símbolo \otimes fue descartada por la comunidad del observatorio debido al mecanismo de votos negativos que se explica un poco más adelante.

Pos.	Nombre del observatorio	Fecha de envío	Alias
1º	Observatorio de Montegancedo	2008-12-19 20:16:22	fsanchez
	Madrid 1	2008-12-19 20:35:37	Romeo
	InfObservatorio	2008-12-20 00:13:08	Xino
2º	Observatorio Galileo	2008-12-20 09:51:25	Celso Frade
\otimes	Observatorio Nublado	2008-12-21 17:52:18	junco
3º	Observatorio Robótico de Madrid	2008-12-22 08:31:29	junco
	PROCYON	2008-12-28 18:34:28	Dario
	Observatorio Robotico Univercitario de España	2008-12-31 23:04:09	junco
	Cosmos	2009-01-14 11:31:34	Polaris

Tabla 5.16: Lista de propuestas enviadas para la elección del nombre del observatorio. Están ordenadas por orden cronológico de la más antigua a la más reciente. La propuesta marcada con el símbolo \otimes fue descartada por la comunidad.

Tras la finalización del proceso, la clasificación y la puntuación media de cada propuesta fue la siguiente:

- **1º. Observatorio Astronómico Montegancedo.** Puntuación final: **3,6557**.
- **2º. Observatorio Astronómico Galileo.** Puntuación final: **3,3878**.
- **3º. Observatorio Astronómico Robótico de Madrid.** Puntuación final: **2,9302**.

Un dato muy interesante que conviene tener presente para interpretar correctamente las estadísticas obtenidas es el número de usuarios registrados realmente activos en el sistema. Esto quiere decir que hayan accedido al menos una vez al sistema. Pues bien, al finalizar la votación, el sistema contaba con 122 usuarios registrados, de los cuales 53 no han entrado ninguna vez al sistema (43,44 %). Sin embargo, de los 69 usuarios que sí han accedido al menos una vez (56,56 %), únicamente 23 han entrado en el sistema a partir del comienzo de la votación (33,33 %).

Votos negativos. Cuando se explicaron en el punto 3.5.3 los sistemas de votación más comunes en la Web 2.0, se habló de un tipo especial de votos, los negativos. Este tipo de votos se ideó para que los usuarios registrados reportasen problemas tipo "*Duplicada*", "*Basura*", "*Provocación*" o "*Errónea*" y, en base a estos y unas reglas preestablecidas, el sistema tomara las decisiones

oportunas. En el contexto actual se utilizan para que, de forma automática, el sistema elimine las propuestas a partir de la opinión de la comunidad.

En este caso, la comprobación que se realiza cada vez que se recibe un voto negativo y que determina si la propuesta se tiene que borrar o no es la siguiente:

- La propuesta i recibe un voto negativo:
 - $numVotosNegativos_i = numVotosNegativos_i + 1$
 - $totalVotosRecibidos_i = totalVotosRecibidos_i + 1$
 - $\%votosNegativos_i = \frac{numVotosNegativos_i}{totalVotosRecibidos_i} \cdot 100 \%$
 - Si $numVotosNegativos_i \geq 4$ y $\%votosNegativos_i \geq 15 \%$:
 - La propuesta i se elimina.
 - En otro caso:
 - La propuesta i no se elimina.

En este proceso de votación, la comunidad decidió descartar el nombre "*Observatorio Nublado*". En el momento en que la propuesta recibió el cuarto voto negativo, el total de votos recibidos era 24, lo que suponía un porcentaje de 16,67% de votos negativos respecto del total, superando así el 15% establecido. En tal instante, la propuesta se eliminó de la lista de nombres.

Los votos negativos no se tuvieron en cuenta para el resultado final, sino que su objetivo fue que la comunidad descartase propuestas.

Votos válidos o no válidos. Ya que el proceso de votación permitía que los usuarios cambiaran el voto enviado a una propuesta, el sistema tenía que anular el voto enviado previamente. Todas esas anulaciones son los denominados "*votos no válidos*". En la tabla 5.17 se resume el número de votos válidos y no válidos, así como el porcentaje de cada tipo, representados además en el gráfico circular 5.6. En total, el conjunto de propuestas recibieron 442 votos, de los cuales 255 fueron válidos (58% del total) y 187 no válidos (42% del total).

Observación 10: Hay un gran porcentaje de usuarios que cambiaron el voto inicial (42%).

Votos válidos	255	58 %
Votos no válidos	187	42 %
Total votos	442	

Tabla 5.17: Resumen del número de votos válidos y no válidos enviados a los nombres del observatorio

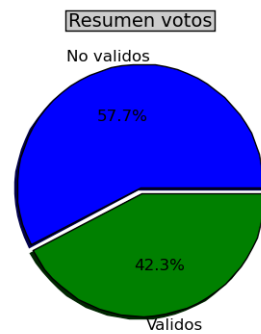


Figura 5.6: Distribución porcentual de votos no válidos y válidos enviados a los nombres del observatorio

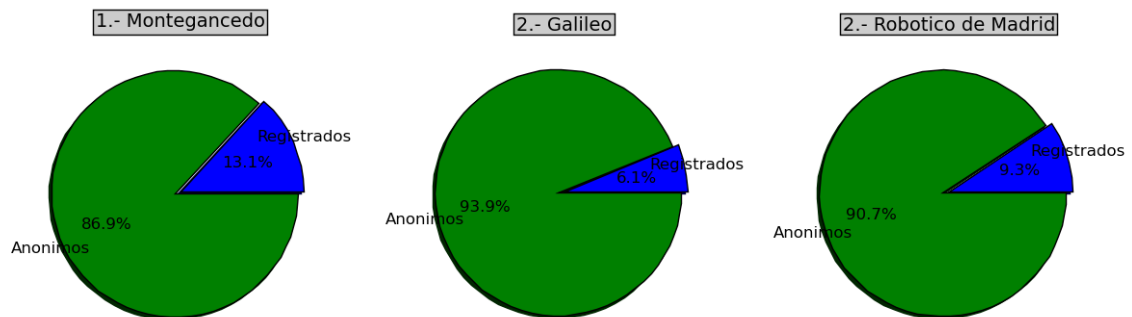


Figura 5.7: Distribuciones porcentuales de la participación anónima en cada una de las tres primeras propuestas.

Participación anónima. La tabla 5.18 resume el número de votos enviados por usuarios registrados y anónimos para cada una de las propuestas finalistas. Por otra parte, los gráficos circulares 5.7 representan los porcentajes de participación de usuarios anónimos y registrados para cada una de las propuestas finalistas.

	1º. Montegancedo	2º. Galileo	3º. Robótico de Madrid
Votos usuarios registrados	8	3	4
Votos anónimos	53	46	39
Total votos	61	49	43

Tabla 5.18: Resumen de número de votos de usuarios registrados frente a los anónimos para cada una de las propuestas finalistas

Observación 11: La participación de los usuarios registrados ha sido muy escasa en comparación con los votos enviados por visitantes anónimos.

Puntuación de los votos. En la tabla 5.19 se puede ver el número de cada una de las puntuaciones enviadas y los porcentajes de cada una de las puntuaciones (escala de 1-5 estrellas) y el resultado final para cada una de las tres propuestas finalistas, que es la media aritmética de todas las puntuaciones recibidas.

	1º. Montegancedo		2º. Galileo		3º. Robótico de Madrid	
*	16	26,22 %	13	26,54 %	17	39,53 %
**	2	3,27 %	4	8,17 %	5	11,63 %
***	3	4,92 %	5	10,20 %	3	6,98 %
****	6	9,84 %	5	10,20 %	0	0 %
*****	34	55,75 %	22	44,90 %	18	41,86 %
Total votos	61		49		43	
Media	3,6557		3,3878		2,930	

Tabla 5.19: Resumen del número de votos según la puntuación obtenida en cada una de las propuestas finalistas

Observación 12. En los tres casos la mayoría de los votos han sido a las dos puntuaciones extremas: 1 ó 5. Cabe pensar que ha habido muchos votos únicamente con la intención de subir o bajar determinadas propuestas.

Comentarios. En esta ocasión, la participación de visitantes anónimos en cuanto a envío de comentarios también es mayor frente a la de los usuarios registrados, como puede verse en la tabla 5.20.

Nº comentarios usuarios registrados	11	35,49 %
Nº comentarios anónimos	20	64,51 %
Total comentarios	31	

Tabla 5.20: Resumen de número de comentarios en las propuestas enviados por usuarios registrados y anónimos

Esta primera iniciativa, además de haber sido útil para elegir democráticamente un nombre al observatorio, ha servido para detectar algunas deficiencias en el sistema y considerar importantes cambios para las próximas versiones:

En primer lugar, es necesario controlar de algún modo el voto de usuarios anónimos. Se barajan varias opciones: limitar el total de votos anónimos en un porcentaje respecto al total; restringirlos por completo; establecer algún mecanismo de confirmación de votos anónimos a través de un e-mail; o permitirlos pero con mucho menos peso que el de los usuarios registrados, es decir, en función del karma.

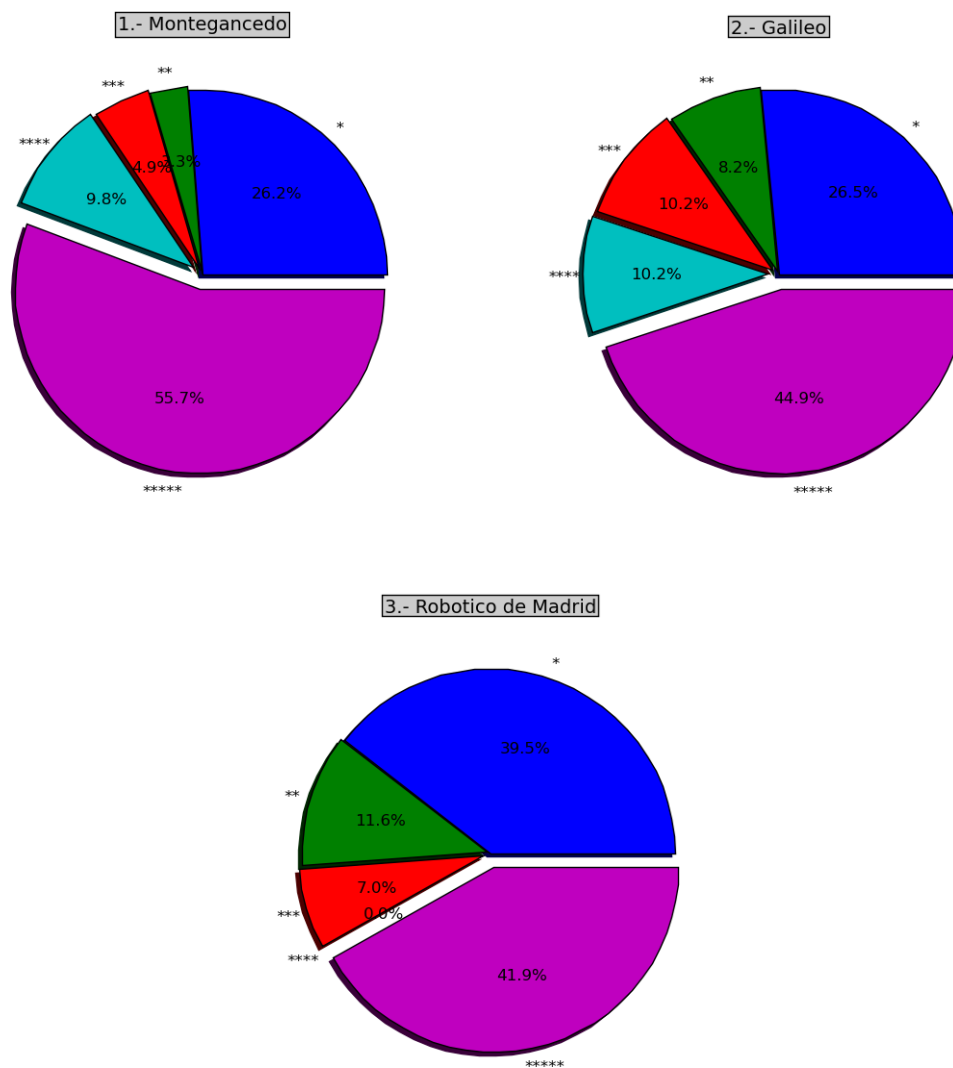


Figura 5.8: Distribuciones porcentuales de las puntuaciones obtenidas en cada una de las tres propuestas finalistas. La escala utilizada es de 1 a 5 y se representa por medio de estrellas.

Los comentarios anónimos también pueden ser una fuente de problemas. Se estudia la posibilidad de añadir un mecanismo para reportar comentarios, ya sea por "basura", "provocación", o algún otro problema, o quizá incluso sólo permitir el envío de comentarios a usuarios registrados.

5.2.2.2. Sistema electoral meritocrático

El planteamiento del problema es muy parecido al que se realizó en el punto 5.2.1. En este contexto, las importancias de los usuarios y de las propuestas se enfocan del siguiente modo:

La *importancia de un usuario* (u_i) es proporcional a la suma de las importancias de las propuestas que envía y de las importancias de las propuestas a las que vota.

La *importancia de una propuesta* (s_p) es proporcional a la suma de la importancia del usuario que la envía y de las importancias de los usuarios y anónimos que la votan.

La *importancia de un anónimo* (a_k) es proporcional a la suma de las importancias de las propuestas a las que votan.

El problema matricial es muy similar al que se hizo con usuarios y fotografías en el punto 5.2.1. En este caso la matriz cuadrada tiene una dimensión de 156x156 elementos, de los cuales 69 son usuarios activos (u_i), 78 anónimos (a_k) y 9 propuestas (s_p). Esta matriz es la denominada M y tiene la forma de la ecuación 5.10.

$$M = \begin{pmatrix} M_{u_1u_1} & \cdots & M_{u_1u_{69}} & M_{u_1s_1} & \cdots & M_{u_1s_9} & M_{u_1a_1} & \cdots & M_{u_1a_{78}} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ M_{u_{69}u_1} & \cdots & M_{u_{69}u_{69}} & M_{u_{69}s_1} & \cdots & M_{u_{69}s_9} & M_{u_{69}a_1} & \cdots & M_{u_{69}a_{78}} \\ M_{s_1u_1} & \cdots & M_{s_1u_{69}} & M_{s_1s_1} & \cdots & M_{s_1s_9} & M_{s_1a_1} & \cdots & M_{s_1a_{78}} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ M_{s_9u_1} & \cdots & M_{s_9u_{69}} & M_{s_9s_1} & \cdots & M_{s_9s_9} & M_{s_9a_1} & \cdots & M_{s_9a_{78}} \\ M_{a_1u_1} & \cdots & M_{a_1u_{69}} & M_{a_1s_1} & \cdots & M_{a_1s_9} & M_{a_1a_1} & \cdots & M_{a_1a_{78}} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ M_{a_{78}u_1} & \cdots & M_{a_{78}u_{69}} & M_{a_{78}s_1} & \cdots & M_{a_{78}s_9} & M_{a_{78}a_1} & \cdots & M_{a_{78}a_{78}} \end{pmatrix} \quad (5.10)$$

El proceso restante para calcular los autovectores es totalmente igual que en el punto 5.2.1. A continuación se van a exponer y analizar únicamente los resultados obtenidos. Se han realizado los cálculos para tres casos diferentes dependiendo del peso asociado a los votos anónimos:

- **Caso A.** El peso de los votos anónimos es igual que el de los usuarios registrados, es decir, el 100 % de la puntuación dada.

Pos.	Nombre	Alias	Karma
1º	Observatorio de Montegancedo	fsanchez	0,277149
2º	Observatorio Galileo	Celso Frade	0,20724
3º	Observatorio Robótico de Madrid	junco	0,14197
4º	PROCYON	Darío	0,125548
5º	Observatorio Nublado	junco	0,095667
6º	Observatorio Robotico Univercitario de España	junco	0,0582558
7º	Madrid 1	Romeo	0,0320289
8º	InfObservatorio	Xino	0,0317569
9º	Cosmos	Polaris	0,0303836

Tabla 5.21: Ordenación de las propuestas en el caso en que los votos anónimos valen lo mismo que los votos de usuarios registrados.

- **Caso B.** El valor de los votos anónimos es el 50 % de la puntuación real, la mitad que la misma puntuación de un usuario registrado. En este caso, si por ejemplo un usuario anónimo vota 5 puntos, en realidad su voto vale la mitad, 2,5 puntos.
- **Caso C.** El valor de los votos anónimos es el 10 % de la puntuación real. En esta ocasión, si un usuario anónimo vota 5 puntos, el voto vale 0,5 puntos.

La tabla 5.21 muestra los karmas de las fotografías para el caso A, la tabla 5.22 para el caso B y la tabla 5.23 para el caso C. La tabla 5.24 resume las tres clasificaciones diferentes para estos los tres casos A, B y C. Para el caso C se ha visualizado el grafo de conexiones de la figura 5.9, donde el tamaño de los actores es proporcional al karma obtenido. A partir de los resultados extraídos se pueden extraer algunas observaciones:

Observación 13: La clasificación de las fotografías es prácticamente igual en los tres casos salvo para las tres últimas posiciones, en las que las propuestas modifican levemente su clasificación.

Observación 14: Independientemente del peso de los votos anónimos, las tres primeras posiciones son ocupadas por los mismos usuarios en los casos A, B y C: *junco*, *Celso Frade* y *Darío*. Sin embargo, a partir del 4º puesto, algunos usuarios varían ligeramente su posición.

Observación 15: A pesar de que la propuesta ganadora pertenece al usuario *fsanchez*, éste no es el usuario más importante, sino que se sitúa en la clasificación a partir de la 4ª posición en los tres casos. El usuario *junco* es el usuario más importante. Éste ha propuesto tres nombres para el observatorio, siendo además una de ellas la 3ª propuesta más importante. Esto es consecuencia principalmente de conceder más peso a la acción de enviar una propuesta que a la de recibir la mayor puntuación en un voto.

Pos.	Nombre	Alias	Karma
1º	Observatorio de Montegancedo	fsanchez	0,278777
2º	Observatorio Galileo	Celso Frade	0,196667
3º	Observatorio Robótico de Madrid	junco	0,141856
4º	PROCYON	Darío	0,122647
5º	Observatorio Nublado	junco	0,0924044
6º	Observatorio Robotico Univercitario de España	junco	0,0620698
7º	Madrid 1	Romeo	0,0356765
8º	Cosmos	Polaris	0,0349642
9º	InfObservatorio	Xino	0,0349386

Tabla 5.22: Ordenación de las propuestas en el caso en que los votos anónimos valen el 50 % de su puntuación real

Pos.	Nombre	Alias	Karma
1º	Observatorio de Montegancedo	fsanchez	0,287678
2º	Observatorio Galileo	Celso Frade	0,164459
3º	Observatorio Robótico de Madrid	junco	0,143926
4º	PROCYON	Darío	0,117183
5º	Observatorio Nublado	junco	0,0827479
6º	Observatorio Robotico Univercitario de España	junco	0,0761372
7º	InfObservatorio	Xino	0,0465081
8º	Madrid 1	Romeo	0,0415401
9º	Cosmos	Polaris	0,0398193

Tabla 5.23: Ordenación de las propuestas en el caso en que los votos anónimos valen el 10 % de su puntuación real

Pos.	Alias	Karma	Pos.	Alias	Karma	Pos.	Alias	Karma
1 ^o	junco	0,127291	1 ^o	junco	0,157893	1 ^o	junco	0,202744
2 ^o	Celso Frade	0,0901725	2 ^o	Celso Frade	0,111883	2 ^o	Celso Frade	0,148334
3 ^o	Darío	0,0714576	3 ^o	Darío	0,087496	3 ^o	Darío	0,113101
4 ^o	Xino	0,0465931	4 ^o	Xino	0,0530532	4 ^o	fsanchez	0,0647284
5 ^o	fsanchez	0,0448032	5 ^o	fsanchez	0,0523392	5 ^o	marques	0,0571228
6 ^o	Romeo	0,0403795	6 ^o	marques	0,0468335	6 ^o	Xino	0,0537869
7 ^o	Polaris	0,0403795	7 ^o	Polaris	0,0450204	7 ^o	Polaris	0,0433945
8 ^o	marques	0,039818	8 ^o	Romeo	0,04482	8 ^o	Romeo	0,0421544
9 ^o	rcedazo	0,0278984	9 ^o	rcedazo	0,0316864	9 ^o	rcedazo	0,0375124
10 ^o	carlosgfl	0,0244916	10 ^o	carlosgfl	0,0272518	10 ^o	carlosgfl	0,0311843
10 ^o	dlopez	0,0244916	10 ^o	dlopez	0,0272518	10 ^o	dlopez	0,0311843
11 ^o	pglario	0,00728457	11 ^o	pglario	0,00542192	11 ^o	pglario	0,00301299
11 ^o	Jandritto	0,00728457	11 ^o	Jandritto	0,00542192	11 ^o	Jandritto	0,00301299
...				
11 ^o	//ari	0,00728457	11 ^o	//ari	0,00542192	11 ^o	//ari	0,00301299

Tabla 5.24: Clasificaciones de los usuarios en función del karma calculado de tres formas diferentes. En la primera tabla, el peso de los votos de los anónimos es el mismo que el de los usuarios registrados. En la segunda y tercera tablas, el peso de los anónimos es del 50 % y 10 %, respectivamente, de su puntuación dada. Las posiciones son relativas a un total de 69 usuarios activos, es decir, el último usuario ocupa la posición 11^o/69.

En este experimento hay una gran proporción de votos anónimos frente a la de votos provenientes de usuarios registrados. Es una de las consecuencias de que las posiciones no varíen notablemente aún asignando diferente peso a los votos anónimos. Es más, otra consecuencia es que la clasificación de las tres primeras posiciones es la misma que la obtenida por medio del sistema democrático del punto anterior 5.2.2.1.

Por tanto, asignar uno u otro peso a los usuarios anónimos o a las diferentes acciones que pueden ocurrir en el sistema, es totalmente determinante en la clasificación y cálculo de las importancias, incluso en ocasiones variando drásticamente los resultados.

5.2.3. Planificación del tiempo de observación en función del karma

En este punto se expone cómo asignar el tiempo de observación destinado a la realización del experimento solar. Es la aplicación del algoritmo del punto 4.4 sobre los datos reales del observatorio, es decir, 225 usuarios activos y el vector de karmas recogido en la tabla 5.12.

El escenario actual tiene un horario de 7:00 a 16:00 UTC de lunes a viernes. Eso suponen 540 minutos disponibles diariamente para que los usuarios reserven y controlen el observatorio. Según el enfoque que existe en la versión de producción del observatorio Montegancedo, el horario se

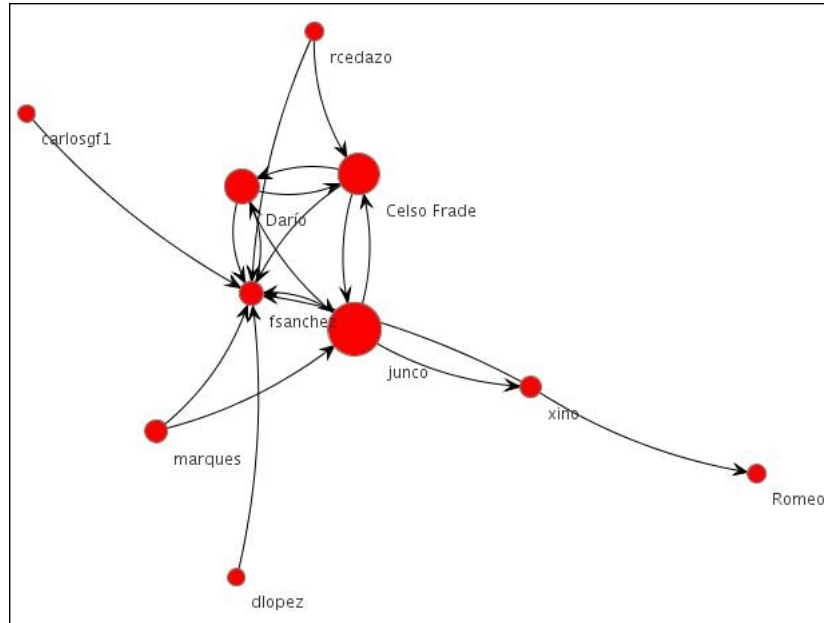


Figura 5.9: Grafo de conexiones entre usuarios que han votado alguna de las propuestas para elegir el nombre del observatorio. El total de usuarios de la red son 69, pero en esta imagen sólo se muestran aquellos que votan entre sí, el resto son nodos aislados. El tamaño de los nodos es proporcional al karma de los usuarios. Está calculado para el caso en que los votos anónimos valen el 10 % de su puntuación real.

divide en franjas de 10 minutos cada una corresponden a 54 franjas en total. Es decir, 54 usuarios diferentes a lo sumo podrían reservar en un día. Y, como cada usuario puede reservar dos franjas diarias de 10 minutos cada una, el mínimo serían 27 usuarios diferentes (cada usuario reserva sus dos franjas diarias).

Según el enfoque meritocrático se establece que "*el tiempo de observación concedido a un usuario tu_i es proporcional a la importancia o karma del usuario u_i* ". Para el experimento solar, del total de 540 minutos diarios, 420 van a ser los que se repartan meritocráticamente entre los usuarios y 120 minutos destinados a aquellos usuarios nuevos o a aquellos que no han conseguido tiempo a pesar de haberlo solicitado.

$$540 \text{ minutos} \begin{cases} 420 & \text{min. planificados} \\ 120 & \text{min. libres} \end{cases}$$

Para poder optar a una parte de los 420 minutos planificados, hay que realizar previamente una petición para competir con el resto de usuarios por el observatorio. El horario establecido para enviar las solicitudes es de las 23:59 UTC del día anterior. A las 00:00 UTC se recalculan los karmas de los usuarios y se ejecuta el algoritmo expuesto en el punto 4.4.

El algoritmo requiere que se definan unas constantes, las cuales son:

- $t_{total} = 420 \text{ min.}$ es el tiempo total diario a repartir meritocráticamente entre los usuarios que realizan una solicitud (tiempo planificado).
- $t_{max} = 40 \text{ min.}$ es el tiempo máximo de reserva al día por usuario.

- $t_{min} = 10 \text{ min.}$ es el tiempo mínimo de reserva al día por usuario. Es el tiempo que se ha establecido como suficiente para realizar el experimento solar.

Ahora, a partir de los valores del karma de los 225 usuarios activos del observatorio de la tabla 5.12, se plantea el siguiente supuesto. Los siete usuarios de la tabla 5.25 solicitan una reserva para un determinado día. Los karmas asignados están en la segunda columna. Se reparte proporcionalmente el tiempo y, en una única iteración, se alcanza la solución. Se realiza el paso 3 del algoritmo 4.4 y se adjudican los tiempos de la columna T_{final} . Como se comprueba, del total de 420 minutos posibles a planificar, únicamente han sido concedidos 260 minutos. El resto del tiempo queda libre para el resto de los usuarios del sistema.

Hay que observar que los karmas han sido calculados con el método aditivo de Schwarz del punto 4.3.3, por lo que son siempre mayores que cero. De este modo todos los usuarios que formen parte del algoritmo recibirán siempre un tiempo distinto de cero.

1ª iteración			
Alias	Karma	$T_{asignado}$	T_{final}
sirio	0,017457	107,55	40
McCorgan	0,015167	93,44	40
osae	0,011169	68,81	40
Zelig	0,008886	54,75	40
JuanJJT	0,006944	42,78	40
carlosz22	0,005996	36,94	40
Ignacio.SS	0,002548	15,7	20
	0,06817	420 min.	260 min.

Tabla 5.25: Primer ejemplo de asignación de tiempos a los usuarios que han realizado una petición de observación. Todos los usuarios reciben tiempo de observación según el algoritmo.

En el anterior supuesto todos los usuarios que realizaron una petición consiguieron una porción del tiempo finalmente. Sin embargo, no siempre es así y podría ocurrir que alguno de los usuarios que lo solicitara no tuviera el karma suficiente para conseguir tiempo. La tabla 5.26 muestra un ejemplo en el que sólo cuatro usuarios solicitan tiempo. En este caso el usuario *kortatu* no llega al mínimo establecido en 10 minutos y se elimina de la planificación.

Los usuarios a los que se les concede tiempo de observación tienen hasta las 5:59 UTC para realizar sus reservas, sin que otros usuarios puedan hacerlo. A partir de las 6:00 UTC cualquier usuario puede reservar. En cualquier caso se sigue una política FIFO, de modo que cuanto antes se intente reservar, más opciones hay. Por otra parte, aquellos usuarios que no hayan conseguido tiempo, aquellos que no lo solicitaran o los que entren por primera vez al sistema, podrán hacer su reserva a partir de las 6:00 UTC. Únicamente podrán reservar 10 minutos entre todo el tiempo libre. Finalmente, aquellos usuarios a los que el algoritmo asignó un tiempo pero no han realizado su reserva anteriormente a las 5:59 UTC, disponen del total de su tiempo para emplearlo a lo largo del día.

A continuación se listan a modo de resumen todos los plazos que hay que tener en cuenta para participar en el proceso de reserva del observatorio para un día determinado.

Alias	1ª iteración		2ª iteración		T _{final}
	Karma	T _{asignado}	Karma	T _{asignado}	
marques	0,147386	312,48	0,147386	316,38	40
rcedazo	0,037102	78,66	0,037102	79,64	40
osae	0,011169	23,68	0,011169	23,98	25
kortatu	0,002446	5,19	-	-	-
	0,19810	420 min.	0,19566	420 min.	105 min.

Tabla 5.26: Segundo ejemplo de asignación de tiempos a los usuarios que han realizado una petición de observación. En este caso el usuario *kortatu* no recibe tiempo de observación.

Resumen de los plazos establecidos (horas UTC):

Día X-1

0:00-23:59 Enviar petición de reserva para el día siguiente.

Día X

0:00-Fin* Se recalculan los karmas de los usuarios y se asigna el tiempo de observación.

Fin*-5:59 Los usuarios que obtienen tiempo pueden realizar las reservas siguiendo la política FIFO hasta un máximo de $t_{total} = 420 \text{ minutos}$.

6:00-16:00 Aquellos usuarios que no consigan tiempo o aquellos que no hubieran enviado una petición pueden realizar una reserva de 10 minutos siguiendo una política FIFO. Los usuarios a los que se les concede tiempo pero no lo reservan de 00:00 a 5:59 horas, lo tienen disponible para reservarlo en este período (FIFO). El tiempo máximo de reserva es de 540 minutos .

*Significa el instante en que finaliza de ejecutar el algoritmo del cálculo de los karmas.

5.3. Perfil de los usuarios del observatorio

En este apartado se va a hacer un análisis del perfil de los usuarios según diferentes criterios. En una red social es importante saber quiénes son los usuarios que más participan, quiénes escriben el contenido, envían comentarios o votan, entre otras cosas, pero a veces también es útil saber el sexo, edad, país y otros datos personales de cada usuario. El conocer el perfil de estas personas puede ayudar a mejorar los servicios ofrecidos.

La idea de partida del proyecto fue no requerir ningún dato personal sobre el usuario en el proceso de registro. El objetivo era no que le clasificara en ningún aspecto, como pudiera ser la localización o la edad. En las primeras versiones se hizo así pero, sin embargo, se consideró interesante conocer algunas características de los usuarios para poder extraer un patrón del

usuario de la red. Es por ello por lo que el sexo, el mes y año de nacimiento se convirtieron en datos obligatorios en el proceso de registro, e inmodificables posteriormente. El usuario es informado que son datos meramente estadísticos, y es su elección poner los datos verdaderos o no. El resto del estudio del perfil de un usuario se hace a través de las acciones que realiza en la web, comentarios, votos, etc.

A continuación se va a hacer un análisis de los usuarios según el número de conexiones que han realizado en el sistema, qué tipo de usuarios son según criterios basados en la colaboración y la participación y, finalmente se hace un análisis de la información sociodemográfica respecto de la edad y el sexo.

5.3.1. Número de conexiones

El número total de usuarios registrados en la base de datos en tal período es de 383. Este número descarta los usuarios con rol administrador, además de aquellos que han sido borrados del sistema o que no completaron el proceso de registro (marcados como *pendientes de validación*).

La primera división que conviene hacer es según el número de conexiones del usuario, puesto que será determinante para todo el análisis posterior. Existen usuarios que se registran al sistema pero que nunca acceden (usuarios *inactivos*) y, por contra, otros que sí lo hacen en alguna ocasión (*activos*). A continuación se resumen cuáles son las cifras exactas de cada caso.

- **Inactivos.** Son los usuarios que se han registrado al sistema pero no han accedido nunca.

$$Inactivos = 158; \%Inactivos = \frac{158}{383} = 41,25 \%$$

- **Activos.** Se ha denominado activos a aquellos que han accedido al sistema al menos una vez.

$$Activos = 225; \%Activos = \frac{225}{383} = 58,75 \%$$

Según estos datos, representados además en la figura 5.10, se concluye en que hay un porcentaje bastante alto de usuarios inactivos (41,25%), el motivo se desconoce. De aquí en adelante, todo el estudio de la red social y el resto de algoritmos tendrán en cuenta únicamente los usuarios activos (58,75%), ya que los otros carecen de utilidad para el análisis social.

El histograma de la figura 5.11 representa el número de registros por meses que ha habido desde que el sistema comenzó a utilizarse en enero de 2007. En un principio, se registraron usuarios asociados al proyecto para realizar las pruebas de funcionamiento, y fue a partir de septiembre de 2007 cuando empezaron a registrarse usuarios libremente. Se observa en la gráfica cómo a partir de diciembre de 2008 hay un incremento considerable del número de registros, coincidiendo con la inauguración del primer experimento real del observatorio. En cualquier caso, se observa que el número de usuarios inactivos (parte inferior de la barra) desde diciembre de 2008 también es bastante alto si se compara con los usuarios activos (zona superior de la barra).

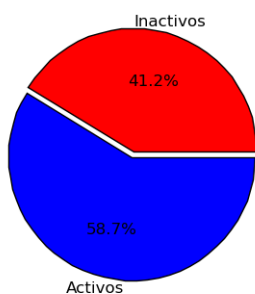


Figura 5.10: Distribución porcentual de usuarios activos e inactivos de un total de 383 registros en el observatorio

5.3.2. Parámetros de colaboración y participación

El hecho de conocer qué tipo de actividades hacen los usuarios en el sistema es importante para clasificarlos por conjuntos que se asemejen en alguna característica. Este tipo de actividades intentan medir el grado de colaboración y participación de los usuarios. Estos parámetros son propios de cada sistema y de los servicios ofrecidos. El análisis de estos parámetros se ha hecho en función únicamente de los usuarios activos, es decir, 225 usuarios para la presente muestra. Los grupos destacados se definen a continuación:

- **Creadores:** Son los usuarios que crean el contenido, es decir, los que hasta la fecha han subido fotografías astronómicas o han enviado alguna sugerencia. Más adelante, también se considerarán creadores los que escriban noticias, preguntas, cuestionarios y cualquier otro tipo de contenido. Si se analizan las 104 fotografías del álbum colaborativo, éstas provienen de 21 autores diferentes. Por otra parte, las 9 sugerencias corresponden a 7 usuarios, de los cuales 2 usuarios también enviaron alguna fotografía. Por tanto, hay un total de 26 usuarios definidos como los *creadores* del sistema, un bajo porcentaje al suponer el 11,56 % de los usuarios activos.

$$Creadores = 26; \%Creadores = \frac{26}{225} = 11,56 \%$$

- **Críticos:** Usuarios que escriben comentarios en alguna de las contribuciones, ya sea fotografías o sugerencias. El total de los 61 comentarios enviados en fotografías y 11 en sugerencias, sólo corresponden a 11 usuarios diferentes. A este tipo de usuarios se le ha denominado *críticos*.

$$Críticos = 11; \%Críticos = \frac{11}{225} = 4,89 \%$$

- **Votantes:** Usuarios que han enviado algún voto, en este caso a alguna de las propuestas o a las fotos. Se contabilizan 19 *votantes* diferentes de los usuarios registrados que han votado alguna sugerencia o fotografía.

$$Votantes = 19; \%Votantes = \frac{19}{225} = 8,44 \%$$

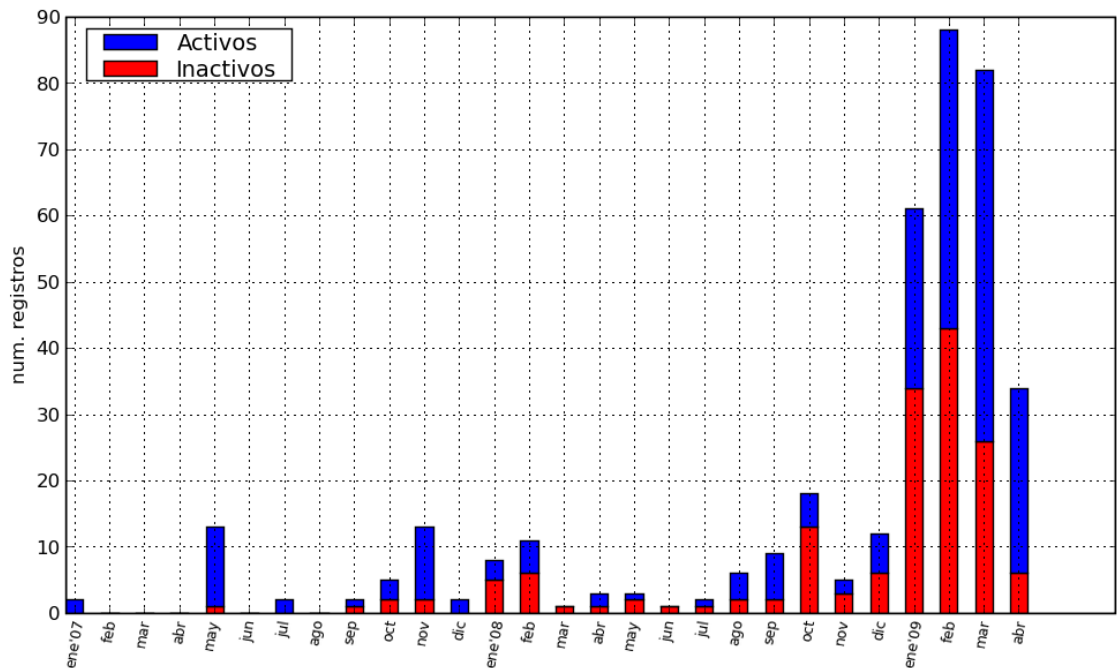


Figura 5.11: Resumen de número de registros por mes

- **Astrónomos:** Usuarios que hasta la fecha han realizado alguna reserva del experimento solar y han realizado una sesión de observación. En total ha habido 62 usuarios diferentes que han controlado remotamente el observatorio, de ahí que se les haya denominado *astrónomos*.

$$\text{Astronomos} = 62; \% \text{Astronomos} = \frac{62}{225} = 27,56 \%$$

- **Conocidos:** Usuarios que han llevado a cabo alguna de las siguientes acciones para modificar la información de su perfil: subir un avatar, editar su nombre, web, ciudad, o país, escribir un resumen sobre él mismo (o "*sobre mí*"), o elegir que su correo electrónico sea visible públicamente. La tabla 5.27 resume el número de usuarios que han modificado alguno de los datos explicados previamente. El total es de 64 usuarios que se han dado a conocer modificando algún dato asociado a su perfil. Se les ha denominado *conocidos*, ya que en cierto modo se conoce algún dato más que en el momento de registrarse.

$$\text{Conocidos} = 64; \% \text{Conocidos} = \frac{64}{225} = 28,44 \%$$

En el gráfico 5.12 se puede ver que la mayoría de los usuarios que han modificado su perfil lo han hecho cumplimentando su nombre (86%), su ciudad (81%) o su país (72%). El 39% se ha asociado un avatar y el 33% ha indicado una web. Sólo unos pocos han escrito unas líneas sobre ellos (14%) o han publicado su correo electrónico (11%). Otro dato interesante es que de los 52 usuarios que han indicado su localización, 46 de ellos son de algún punto de España (88,5%) y los otros 6 de Latinoamérica (11,5%).

Otro dato importante es que la única acción de 32 usuarios de los conocidos, la mitad, ha sido la modificación de su perfil. Es decir, 32 usuarios no se encuadran en ninguno de

Dato modificado	Nº de usuarios
Sobre mí	9
Correo público	7
País	46
Ciudad	52
Web	21
Nombre	55
Avatar	25
Alguna modificación	64

Tabla 5.27: Número de modificaciones de los perfiles

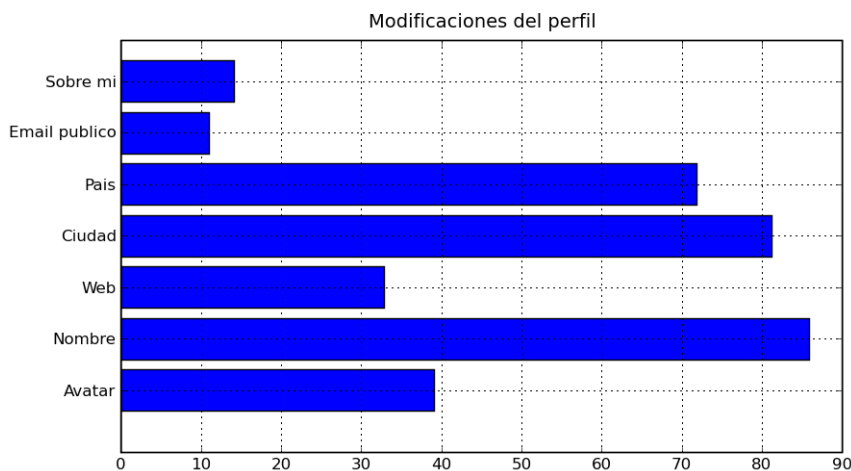


Figura 5.12: Porcentajes de las diferentes modificaciones de los perfiles personales

los otros grupos, no han realizado nunca una reserva, no han escrito un comentario, no han votado, y no han creado contenido. La razón es desconocida, pero como ocurre en otras redes sociales, quizá únicamente lo hacen para tener su perfil en una red social, hacer publicidad de una web (ya sea personal o negocio) o porque el resto de funcionalidades del sistema aún no le interesan.

- **Curiosos:** Usuarios que han entrado entre una y tres veces al sistema y no han hecho ninguna otra acción, es decir, que no están en ninguno de los grupos siguientes: creadores, críticos, votantes, astrónomos y conocidos. La unión de todos estos grupos, aquellos que han contribuido al sistema de algún modo, son un total de 112 usuarios; mientras que los *curiosos* son 103, casi la misma proporción.

$$Curiosos = 103; \%Curiosos = \frac{103}{225} = 45,78\%$$

- **Espectadores:** Usuarios que han entrado más de tres veces al sistema y no han hecho ninguna aportación. Se han diferenciado de los curiosos ya que se interpreta que un usuario que entra más de tres veces a la aplicación ya no sólo es por curiosidad, sino que es por

expectación. No obstante, el número no es muy grande, sólo 10 usuarios se catalogan como espectadores.

$$\text{Espectadores} = 10; \% \text{Espectadores} = \frac{10}{225} = 4,44\%$$

- **Frecuentes:** Usuarios que han accedido al menos una vez en los dos últimos meses (febrero y marzo). La frecuencia de acceso hasta ahora es baja, por lo que se ha determinado medir la frecuencia por meses. El número de usuarios *frecuentes* son 15.

$$\text{Frecuentes} = 15; \% \text{Frecuentes} = \frac{10}{225} = 6,67\%$$

Los porcentajes de cada uno de los grupos de usuarios definidos en este punto se resume en el histograma de la figura 5.13. A partir de estos datos, se interpreta lo siguiente:

Observación 16. Casi la mitad de usuarios entran en el sistema sólo para **curiosear** (45,78 %), es decir, únicamente realizan de 1 a 3 accesos. Los **conocidos** (28,44 %) y los **astrónomos** (27,56 %) son los dos grupos más numerosos. Esto significa que el modo de participar en el sistema más habitual es bien controlando el observatorio o rellenando su perfil. El resto de participación es más bien baja, ya sea creando contenido por parte de los **creadores** (11,56 %), votándolo en el caso de los **votantes** (8,44 %) o escribiendo comentarios como hacen los **críticos** (4,89 %). Por último, los **espectadores** (4,44 %) representan el porcentaje más bajo, pero son potenciales usuarios para realizar algún tipo de contribución a corto plazo. En cuanto a la **frecuencia** de acceso, sólo un 6,67 % de usuarios han accedido al sistema los dos últimos meses.

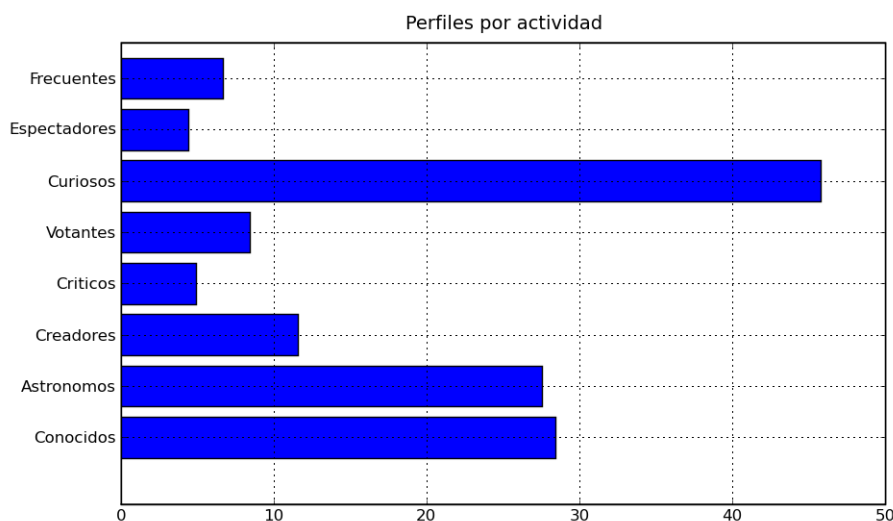


Figura 5.13: Tipos de usuarios según su colaboración y su participación registrada en el sistema

5.3.3. Perfil sociodemográfico: Edad y sexo

Los datos recogidos aquí reflejan el perfil sociodemográfico característico de los usuarios del observatorio atendiendo a las variables edad y sexo.

A partir de la segunda versión del observatorio, los usuarios tienen obligatoriamente que seleccionar su año y mes de nacimiento en el momento de registrarse. El hecho de que los usuarios pongan datos reales es decisión suya y no existe ningún modo de comprobar su veracidad. Como se vio en el punto 2.3.1, en las redes sociales a veces los usuarios se crean identidades virtuales.

La tabla 5.28 resume el número de usuarios que hay de cada uno de los intervalos de edad definidos. Un caso particular que se añade en la última fila se ha denominado "no válidos". Esto se refiere a aquellos valores que son susceptibles de no ser ciertos como, en este caso, que sean menores de 7 años. En la tabla 5.28 se puede ver como el grupo de edad más numeroso en la red es el de usuarios de 25 a 34 años. En segundo lugar aparecen los usuarios de 35 a 44 años. Hay muy poca diferencia entre los grupos de 14 a 19, de 20 a 24 y de 45 a 54. Otros grupos con mucha menos participación son los de 55 a 64, siendo realmente baja en el caso de menores de 14 y mayores de 65 años.

Edad	Total	%Total	Activos	%Activos
Menores de 14	3	0,78 %	2	0,89 %
14 a 19	28	7,31 %	21	9,33 %
20 a 24	50	13,05 %	29	12,89 %
25 a 34	122	31,85 %	79	35,11 %
35 a 44	99	25,85 %	49	21,78 %
45 a 54	46	12,01 %	24	10,67 %
55 a 64	15	3,91 %	9	4,00 %
65 o más	10	2,61 %	3	1,33 %
No válidos	10	2,61 %	9	4,00 %
Total	383		225	

Tabla 5.28: Número de usuarios y porcentajes por intervalos de edad. Se estudian tanto el total de usuarios como los que realmente son activos.

El histograma de la figura 5.14 representa las frecuencias de cada uno de los grupos de edad. Las barras presentan dos colores para reflejar la proporción de usuarios activos e inactivos. Como se ve, la proporción de inactivos es bastante elevada respecto a la de activos, incluso acercándose a la mitad.

El sexo también se selecciona en el proceso de registro, aunque como se ha comentado anteriormente, no existió en la versión inicial. Por esta razón hay usuarios de los que no se conoce el sexo, aunque actualmente tengan la posibilidad de establecerlo al modificar la información de su perfil. Los datos de la tabla 5.29 indican que sólo un 8 % de los usuarios activos de este sistema son mujeres, frente a casi las tres cuartas partes de hombres. Del resto de usuarios se desconoce. El histograma de la figura 5.15 representa la frecuencia de mujeres, hombres y desconocidos, que son los que aún no han establecido su sexo en el perfil. Las frecuencias incluyen tanto usuarios activos como inactivos. Para diferenciar cada una de estas proporciones, las barras del histograma se han dividido en dos zonas.

Los grafos A.2 y A.9 del anexo A ofrecen una visión global de los porcentajes y distribución del sexo por las redes del álbum fotográfico y del observatorio, respectivamente.

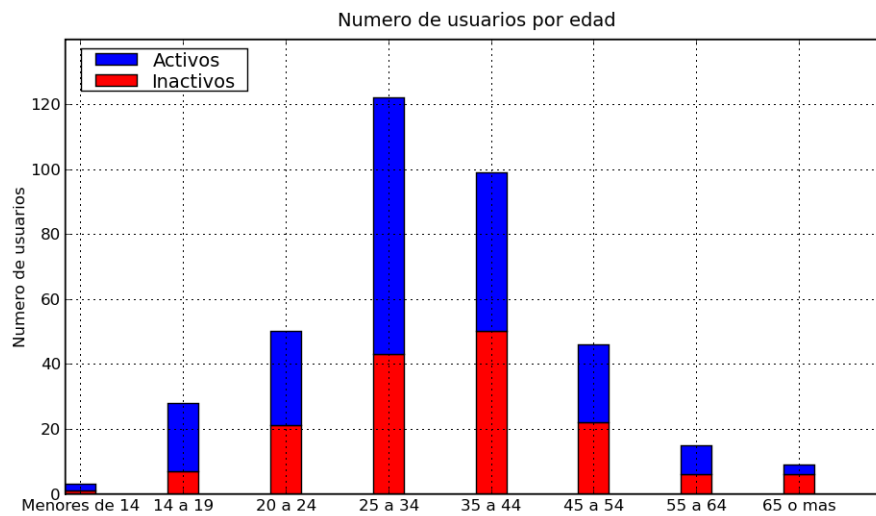


Figura 5.14: Histograma del número de usuarios por edad. Las barras se dividen en dos zonas, la inferior representa la frecuencia de usuarios activos frente a la superior de los inactivos.

Sexo	Total	%Total	Activos	%Activos
Femenino	30	7,83 %	18	8,00 %
Masculino	264	68,93 %	163	72,44 %
Desconocido	89	23,24 %	44	19,56 %
Total	383		225	

Tabla 5.29: Número de usuarios y porcentajes por sexo. Las primeras columnas resumen los datos de todos los usuarios, mientras que luego se analizan únicamente los usuarios activos.

Observación 17. Las variables sociodemográficas analizadas, edad y sexo, destacan el siguiente perfil del usuario activo del observatorio Montegancedo:

- El 72,44 % son hombres, frente al 19,56 % de mujeres.
- Más de la mitad (56,89 %) tienen entre 25 a 44 años.

5.4. Análisis de colaboración y participación

Aquí se va a hacer un análisis de las medidas más significativas de la colaboración y participación de los usuarios. A partir de la información registrada en la base de datos, por medio de un proceso de minería de datos se extrae conocimiento implícito de dicha información.

El primer punto hace un estudio de diferentes variables en el contexto del álbum fotográfico: número de fotografías, etiquetas, votos y comentarios. En segundo lugar, se analiza el número de

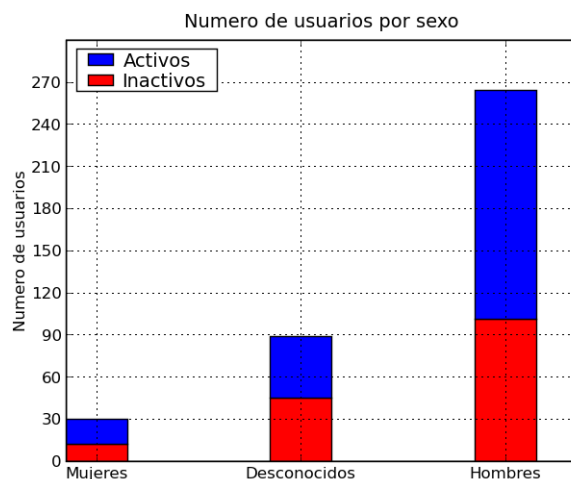


Figura 5.15: Histograma del número de usuarios según sexo. Los desconocidos son aquellos usuarios registrados que no han establecido el sexo en su perfil. Las barras se dividen en dos zonas, la inferior representa la frecuencia de usuarios activos y la superior la de inactivos.

accesos y frecuencia de los usuarios registrados. El tercer punto mide la participación en cuanto a número y frecuencia de reservas del observatorio. Y, por último, se analizan las listas de contactos creadas.

Adicionalmente, para lograr una mejor interpretación de la información, todo este estudio se complementa con métricas y diagramas estadísticos de cada una de las variables.

5.4.1. Álbum fotográfico

Este punto analiza las estadísticas extraídas de la participación de los usuarios en relación al álbum fotográfico expuesto en el punto 3.6.1. Inicialmente, se han calculado las medidas descriptivas del número de fotografías, media de fotos por usuario, medidas de dispersión (rango y desviación típica) y la distribución de número de fotografías por autor. En segundo lugar, se analiza la folcsonomía fruto de la tarea de clasificación de fotografías mediante etiquetas. Para ello, además de calcular las medidas descriptivas, se presentan las frecuencias y repeticiones del número de etiquetas por fotos. En tercer lugar, se exponen las estadísticas de las diferentes puntuaciones y valoraciones promedio de cada una de las fotografías. Por último, se contrasta la participación de usuarios registrados frente a anónimos atendiendo al número de comentarios enviados. Adicionalmente, a lo largo del punto se expondrán una serie de observaciones y problemas detectados.

5.4.1.1. Número de fotografías

Desde que se puso en marcha el álbum colaborativo el 19 de diciembre de 2008, se han enviado un total de 104 fotografías hasta el 24 de abril de 2009. El total de autores que han subido alguna fotografía es 21, de modo que el promedio es 4,95 fotos por usuario, calculada por la ecuación 5.11.

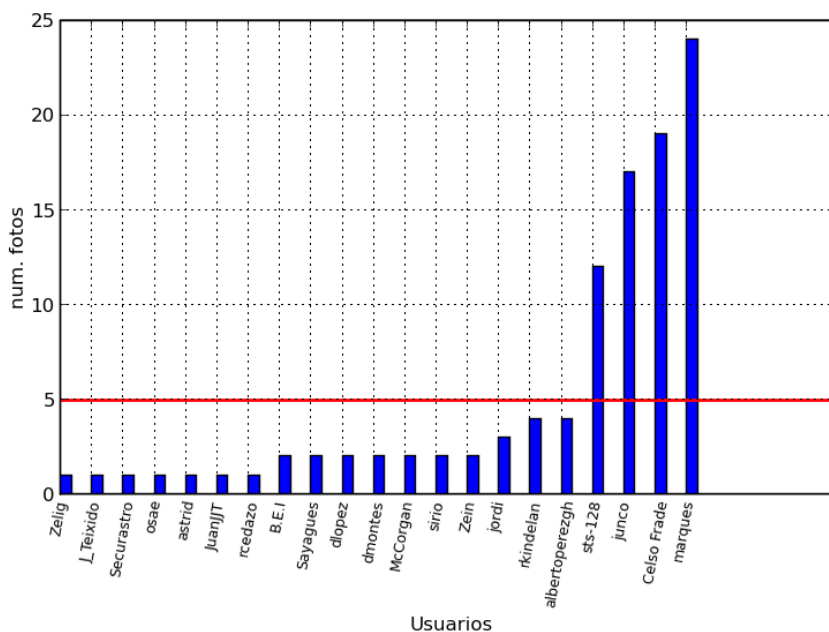


Figura 5.16: Distribución del número de fotografías por autor, ordenadas de menor a mayor. Sólo hay 21 usuarios que han subido fotografías. La media está representada por la línea horizontal ($y = 4,95$).

$$Media = \frac{Total\ fotos}{Total\ autores\ fotos} = \frac{104}{21} = 4,95\ fotos/usuario \quad (5.11)$$

La tabla 5.30 indica, además de la media, el rango y la desviación típica. En este caso, el máximo es 24, lo que quiere decir que hay uno o más usuarios que han subido 24 fotografías, mientras que el mínimo es 1. La desviación típica es grande, lo que quiere decir que el número de fotos enviadas por los usuarios varía bastante. Esto se puede observar en la figura 5.16, en la que además se observa el número de fotografías que ha enviado cada uno de los 21 autores, por orden de menor a mayor. En la gráfica se ha indicado la media con una línea horizontal. Se distingue fácilmente como únicamente hay cuatro usuarios que han enviado más fotografías que la media y el resto están por debajo.

Nº fotos/usuario	
Máx.	24
Mín.	1
Media	4,95
Desviación	6,69

Tabla 5.30: Medidas descriptivas del número de etiquetas por fotografía. El máximo indica que hay 8 etiquetas para clasificar una foto.

Problema. Se ha detectado que hay usuarios que envían fotografías de las que no son autores. Los términos y condiciones del observatorio advierten que esa acción es ilícita. Sin embargo, no hay ningún mecanismo por el que eliminar estas fotografías automáticamente. Por tanto, se plantea la mejora para las futuras versiones: utilizar mecanismos para que sean los propios usuarios los que demanden y reporten estos problemas y, posteriormente, penalizar a los usuarios que subieron tales fotografías.

5.4.1.2. Folcsonomía

A continuación se van a analizar los datos relativos a la clasificación por etiquetas de las fotografías subidas. Esta información es útil para conocer el comportamiento de los usuarios en tareas colaborativas relativas a la generación y clasificación de contenido.

El total de etiquetas utilizadas por los usuarios para clasificar las 104 fotografías en total ha sido 359, lo que supone una media de 3,45 etiquetas por fotografía según la ecuación 5.12. La tabla 5.31 resume las medidas promedio, desviación estándar y rango. El máximo número de etiquetas utilizadas para clasificar una fotografía es 8 mientras que el mínimo es 1, ya que la aplicación obliga al usuario a introducir al menos una etiqueta.

$$Media = \frac{Total\ etiquetas}{Total\ fotos} = \frac{104}{359} = 3,45\ etiquetas/foto \quad (5.12)$$

Nº etiquetas/foto	
Máx.	8
Mín.	1
Media	3,45
Desviación	2,15

Tabla 5.31: Medidas descriptivas del número de etiquetas por fotografía.

La figura 5.17 es un histograma que representa el número de fotos que han sido clasificadas con n etiquetas, siendo n un número entero del 1 al 8 (rango mínimo y máximo). Se observa que hay un mayor número de fotografías, 25, que han sido clasificadas con una única etiqueta. El número de fotos va disminuyendo según va aumentando el número de etiquetas por foto, excepto para el caso de 5 etiquetas.

Observación 18. Los usuarios utilizan una media de 3,45 etiquetas por cada fotografía, lo que significa que se esfuerzan por clasificarlas bien. Sin embargo, se observa que existen mayor número de fotos con menos etiquetas que con muchas.

Otro dato interesante es que del total de 359 etiquetas utilizadas, 186 son diferentes. Esto quiere decir que, como era de esperar, hay usuarios que han utilizado la misma etiqueta para clasificar diferentes fotografías. La tabla 5.32 indica que del total de 186 etiquetas diferentes, los usuarios como mínimo han utilizado la misma etiqueta para clasificar una única fotografía, y

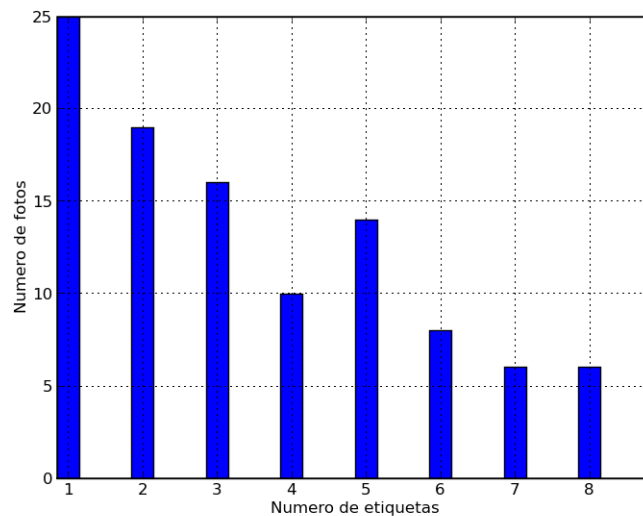


Figura 5.17: Histograma del número de fotos que se han clasificado por n etiquetas. Por ejemplo, la primera barra significa que hay 25 fotos que se han clasificado con una sola etiqueta.

como máximo han utilizado una etiqueta para clasificar a 18 fotografías (etiquetas *sol* y *celso*). La media es 1,93 fotos clasificadas con la misma etiqueta.

Nº fotos/etiqueta	
Máx.	18
Mín.	1
Media	1,93
Desviación	2,42

Tabla 5.32: Medidas descriptivas del número de fotos clasificadas con la misma etiqueta

Observación 19. Los usuarios en promedio han utilizado una etiqueta para clasificar a 1,93 fotos. La mayoría de etiquetas se clasifica una única fotografía, mientras que hay mucha menos proporción de etiquetas que aparecen en más de una fotografía, siendo 18 el máximo (etiquetas *sol* y *celso*) y el siguiente valor 16 (etiqueta *iss*).

Problema. Se han detectado algunos problemas en el mecanismo de clasificación de etiquetas, por ejemplo la utilización de la misma palabra en singular y en plural (*mancha* y *manchas*), faltas ortográficas (*pretuberancias*), palabras no representativas tales como artículos o preposiciones (*a*, *el*, *la*). Como consecuencia, la clasificación no es del todo eficaz y hay que buscar mecanismos para unificar criterios, por ejemplo, mostrar las etiquetas que existen ya y que son similares a la que se va a introducir, o la comprobación de palabras con un diccionario.

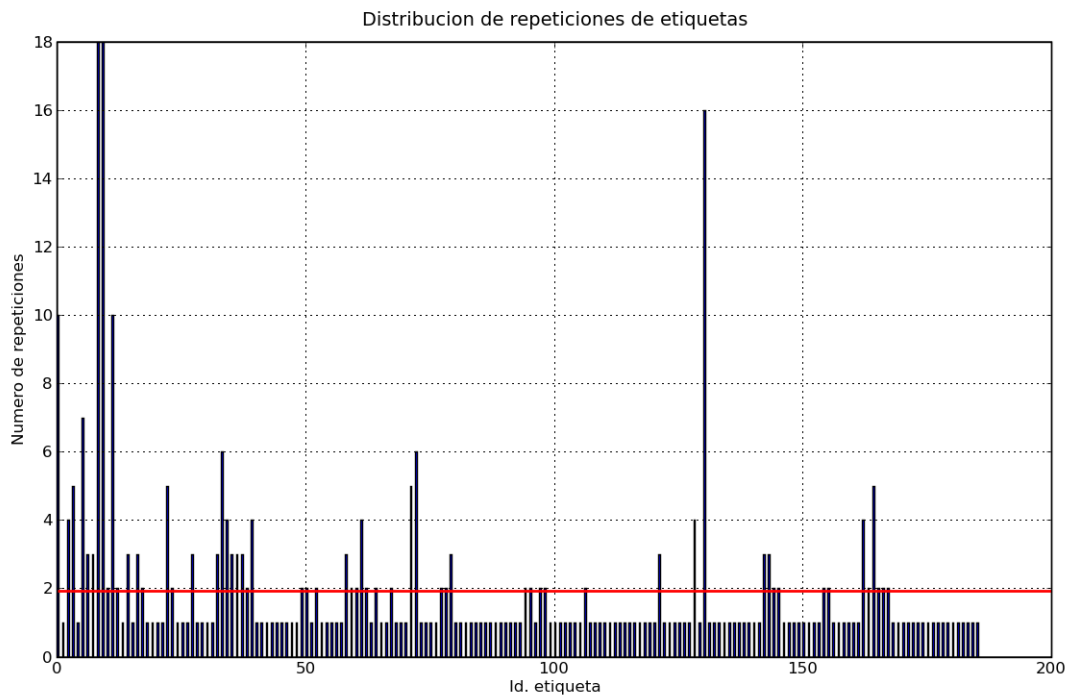


Figura 5.18: Distribución de número de etiquetas por foto

5.4.1.3. Votación

El analizar la votación de las fotografías ofrece resultados sobre la participación y la colaboración de los usuarios, en tanto que es una medida interesante para observar el comportamiento de los usuarios en el proceso de clasificación y valoración de contenido.

La tabla 5.33 resume el número de votos enviados por los usuarios registrados y anónimos según cada una de las cinco puntuaciones posibles, de 1 a 5 estrellas. Como se ve, el mayor número de votos corresponden a puntuaciones de 1 y 5 estrellas.

Observación 20. El mayor número de votos procede de visitantes anónimos (75,93 %). Además, algo más de la mitad de las puntuaciones obtenidas lo representa la máxima puntuación, con 206 votos con 5 estrellas (55,08 %) frente al total de 374 votos.

Del total de 104 fotografías, 6 de ellas no han recibido ningún voto, ni de usuarios registrados ni de anónimos. El histograma de la figura 5.19 representa el número de fotografías según las valoraciones promedio obtenidas. El promedio ha sido la media aritmética de todas las puntuaciones. En este caso, se ha asumido que todos los votos valen lo mismo (sistema democrático del punto 5.2.2.1), a diferencia del caso meritocrático expuesto en el 5.2.2.2 donde se explica cómo calcular las importancias de las fotografías. En el gráfico se observa que el mayor número de fotografías obtienen un promedio de 4 a 5 puntos sobre una escala de 1 a 5. También destaca que hay un gran número que ha obtenido de 3 a 4 puntos.

Puntuación	Usuarios registrados	Anónimos	Totales
*	31	60	91
**	2	10	12
***	11	13	24
****	16	25	41
*****	30	176	206
Totales	90	284	374

Tabla 5.33: Resumen de las puntuaciones de los votos de las fotografías

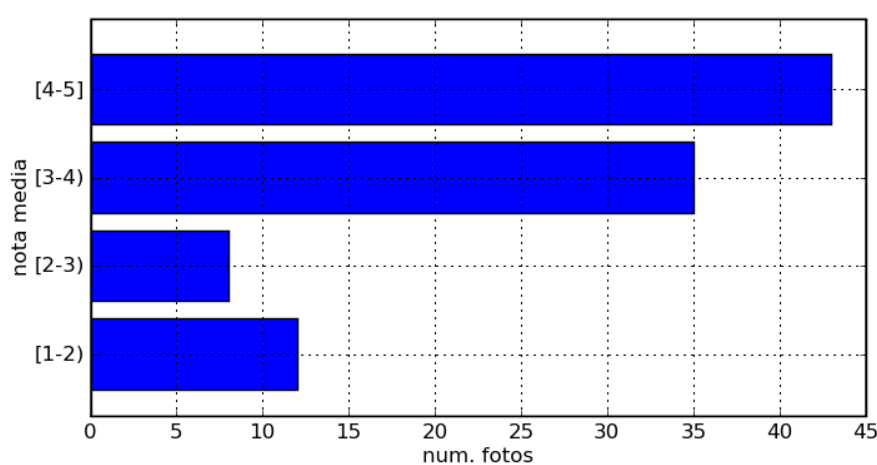


Figura 5.19: Número de fotografías según la nota media obtenida

Observación 21. Las valoraciones promedio del 79,59 % de fotografías están por encima de la nota media (3 estrellas), teniendo en cuenta tanto votos de usuarios registrados como anónimos.

5.4.1.4. Comentarios

Una de las características del álbum es que permite crear discusiones en torno a una fotografía. Tanto los usuarios registrados como los visitantes anónimos pueden escribir comentarios. Los usuarios que realizan la acción de comentar se les llama *críticos*, según el punto 5.3.2, aunque en este caso sólo se refiere a fotografías. Hasta la fecha sólo se han registrado un total de 97 comentarios, como indica la tabla 5.34. La participación es baja si se tiene en cuenta que un total de 61 comentarios son escritos por usuarios registrados (62,89 %) y 36 por anónimos (37,11 %). Es más, estos 61 comentarios han sido escritos por tan sólo 11 usuarios diferentes, un promedio de 5,54 comentarios/crítico de fotografías.

	Nº comentarios	%
Usuarios registrados	61	62,89 %
Anónimos	36	37,11 %
Total	97	

Tabla 5.34: Número de comentarios por usuarios registrados y anónimos.

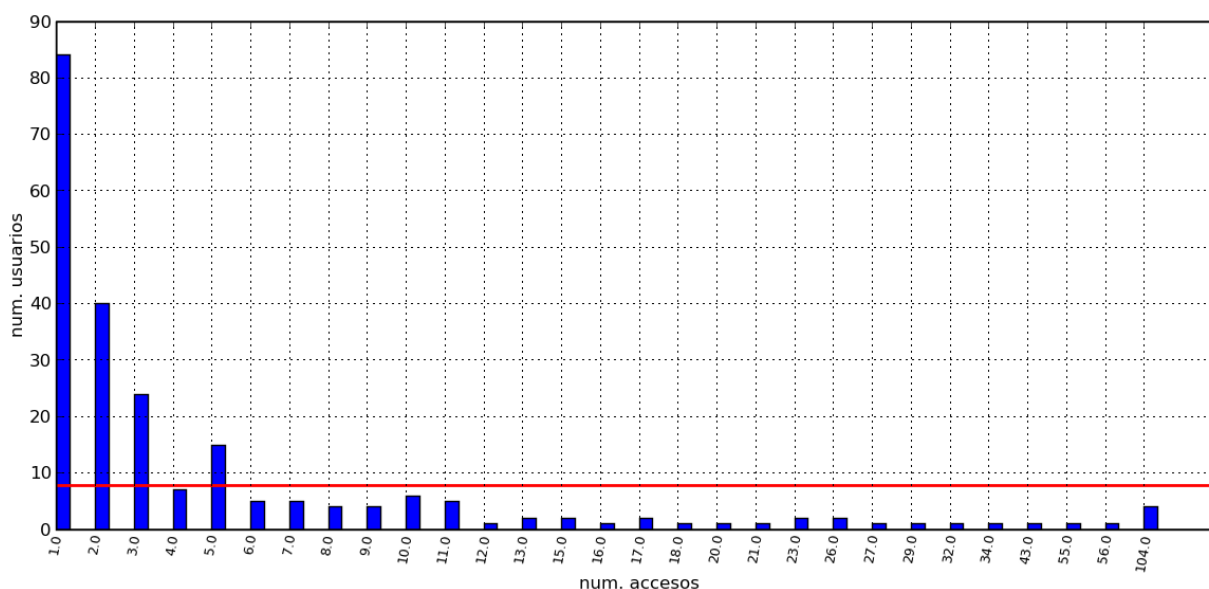


Figura 5.20: Histograma de frecuencias del número de accesos a la aplicación del observatorio. Se ve que la mayor proporción de usuarios ha accedido al sistema una sola vez.

5.4.2. Accesos

Aquí se resumen las frecuencias de acceso de los usuarios, así como la distribución del número de accesos diarios. Para realizar estas estadísticas no se han tenido en cuenta los accesos de usuarios administradores, puesto que podrían falsear los medidas debido a su elevada frecuencia de acceso.

El histograma 5.20 representa las frecuencias del número de accesos. El eje de ordenadas representa el número de usuarios que acceden al sistema en un número determinado de veces, indicado por el eje de abcisas. Por ejemplo, la primera barra significa que hay 84 usuarios que han accedido una sola vez al sistema. La segunda significa que hay 40 usuarios que han accedido 2 veces, y así sucesivamente. Se observa claramente como la mayoría de usuarios han accedido una única vez al sistema.

La tabla 5.35 indica una media de 7,65 accesos diarios como medida de centralización. En este caso el rango es amplio, desde un mínimo de 0 hasta un máximo de 40 accesos al día, pico que corresponde al día 23 de marzo de 2009. La desviación típica 7,87 indica que los datos están bastante dispersos.

La figura 5.21 muestra la distribución del número de accesos diarios. Se distingue claramente un intervalo en el que el número de accesos diarios es cero. Corresponde al período vacacional de Navidad del 24 al 27 de diciembre de 2008 y del 1 al 7 de enero de 2009. Hay días que, a pesar de

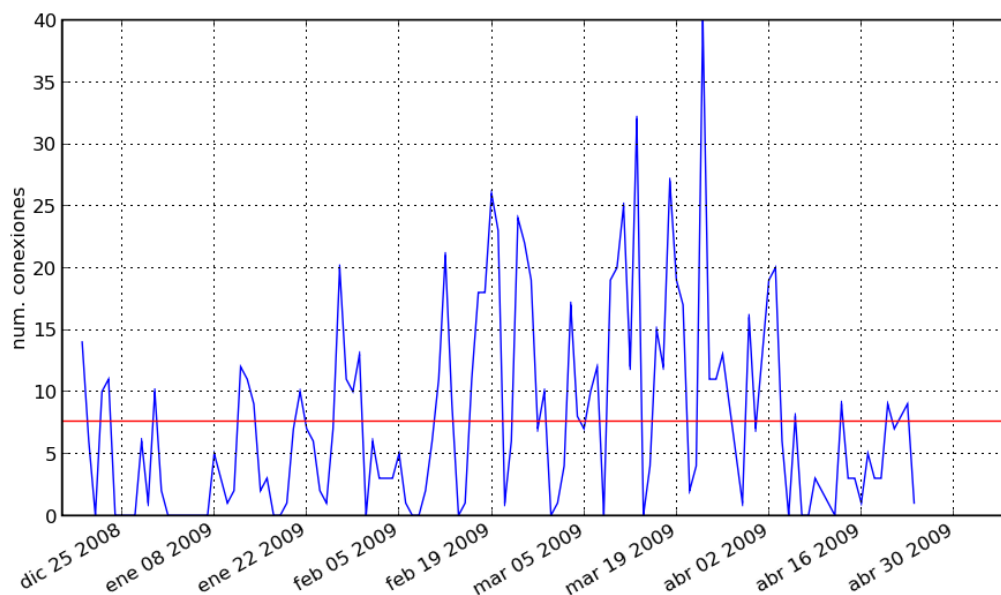


Figura 5.21: Distribución de accesos diarios. El mayor pico es el máximo número de accesos diarios registrados, corresponde al día 23 de marzo de 2009.

que el observatorio está cerrado debido al mal tiempo o a que no es lectivo, los usuarios acceden al sistema aunque no sea para realizar observaciones.

Nº accesos/día	
Máx.	40
Mín.	0
Media	7,65
Desviación	7,87

Tabla 5.35: Medidas descriptivas relativas al número de accesos diarios. El máximo registrado es de 40 conexiones en un día.

5.4.3. Reservas

Sin duda, la posibilidad de controlar un observatorio profesional es lo más atractivo del proyecto. Por tanto, analizar el número de usuarios que lo utilizan es indispensable para la toma de decisiones, como puede ser definir la política de utilización, horario, tiempo asignado a cada usuario, etc.

En total se han registrado un total de 287 reservas, sin tener en cuenta las de los administradores del sistema. Como se vió en el punto 5.3.2, estas reservas corresponden a 62 usuarios diferentes, denominados *astrónomos*. Por tanto, se obtiene una media de 4,63 reservas por astrónomo, como refleja la ecuación 5.13.

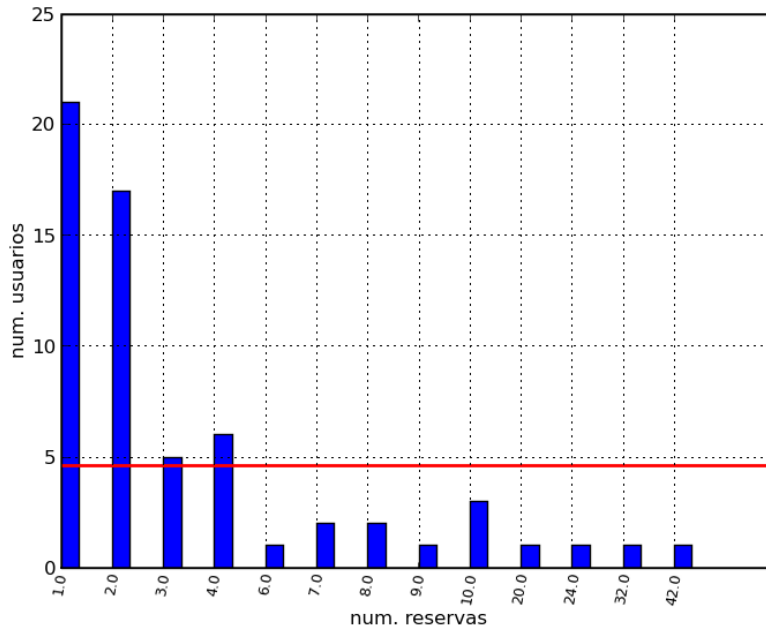


Figura 5.22: Histograma de frecuencias del número de reservas. La media de reservas está representada por la recta horizontal de color rojo ($y = 4,63$).

$$Media = \frac{Total\ reservas}{Total\ astronos} = \frac{287}{62} = 4,63\ reservas/astronomo \quad (5.13)$$

El histograma 5.22 representa las frecuencias del número de reservas. El eje de ordenadas indica el número de reservas y el de abcisas el número de usuarios que ha reservado ese número de veces. Es decir, la primera barra significa que hay 27 usuarios que han reservado una única vez (rango mínimo) y la última significa que hay un usuario que ha realizado 42 reservas (rango máximo).

Se puede analizar la distribución del número de reservas diarias desde que comenzó se puso en marcha el primer experimento solar (veáse el punto 3.5.5). La figura 5.23 representa el número de conexiones diarias en función del tiempo. Se pueden apreciar dos intervalos con cero reservas diarias que corresponden a los períodos vacacionales de Navidad y Semana Santa. La tabla 5.36 resume las medidas descriptivas. La media diaria es de 3,99 reservas, sin tener en cuenta los días en los que no se ha abierto el observatorio debido a las malas condiciones climatológicas, fines de semana o períodos de vacaciones. Esta media está representada en la figura 5.23 con una recta horizontal de color rojo ($y = 3,99$). Por otra parte, el máximo corresponde a 12 reservas al día, único pico de la gráfica correspondiente al 20 de febrero de 2009. Por otra parte, el mínimo es 1 en este caso.

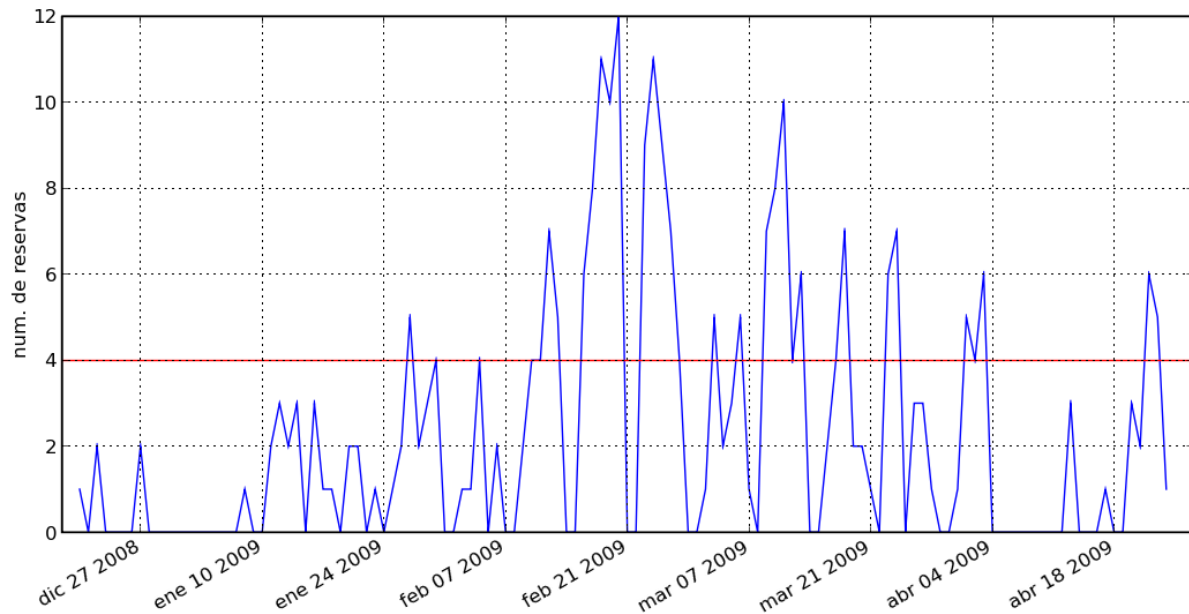


Figura 5.23: Distribución de reservas diarias desde el 19 de febrero de 2008 al 24 de abril de 2009. La media de reservas diarias está representada con la recta horizontal de color rojo ($y = 3,99$).

Nº reservas/día	
Máx.	12
Mín.	1
Media	3,99
Desviación	2,86

Tabla 5.36: Medidas descriptivas del número de reservas diarias. El cálculo se ha realizado contando únicamente con los días en los que ha habido alguna reserva, es decir, descartando los días en los que el observatorio ha estado cerrado por vacaciones o malas condiciones meteorológicas.

5.4.4. Lista de contactos

Se vió en el punto 2.3.1 que cada usuario tiene una lista de contactos pública a la que añade los usuarios que quiere por algún motivo personal: amistad, admiración, curiosidad, etc. Sin embargo, no hay todavía servicios del observatorio que hacen uso de esta lista, y como consecuencia únicamente hay 13 conexiones, como se ve en el grafo 5.24. Sólo dos de ellas son recíprocas, es decir, únicamente hay dos usuarios, *marques* y *junco*, que se han elegido entre sí como contactos.

Se observa que los grupos de amigos son pequeños, siendo además independientes. La mayoría de grupos están formados por 2 y 3 nodos, exceptuando uno con 5. Y, como es de esperar dado el escaso número de conexiones, tanto los grados de entrada y salida son pequeños. El grado de entrada varía entre 0 y 1, mientras que el de salida lo hace entre 0 y 3.

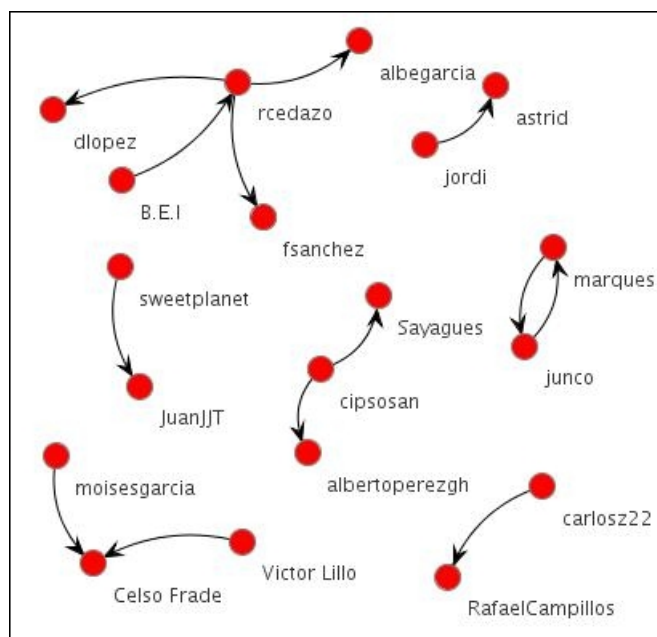


Figura 5.24: Visualización de los contactos de la red del observatorio. La relación es la siguiente: el usuario del que sale el enlace tiene en su lista de contactos al usuario del otro extremo.

Capítulo 6

Conclusiones

En este último capítulo, se pone de relieve la novedad de la tesis doctoral y las aportaciones teóricas y prácticas que a su juicio implica. El trabajo de investigación desarrollado se enmarca dentro del contexto de entornos colaborativos a través de Internet. En el capítulo 2 se estableció el contexto relacionado en el que se sitúa la tesis. Internet y sus tendencias actuales, ciencia ciudadana y colaboración voluntaria, el fenómeno Web 2.0 y aprendizaje colaborativo en línea, fueron los grandes puntos desarrollados.

A continuación se recogen las conclusiones obtenidas de las tareas de investigación. Este capítulo se ha organizado del siguiente modo. En primer lugar, se exponen las contribuciones novedosas que aporta la tesis doctoral al campo de investigación. En segundo lugar, se discuten y contrastan las hipótesis de partida que se expusieron en la introducción y las cuales han sido la base de los métodos empíricos realizados. El tercer punto resume las publicaciones derivadas de la investigación. Y, por último, se presentan las líneas de trabajo futuras en las que continuar la investigación.

6.1. Contribuciones de la tesis

Esta tesis doctoral aporta una contribución importante al objetivo de diseñar una metodología para desarrollar sistemas de aprendizaje informal que promuevan la generación de conocimiento a través de colaboración voluntaria y la meritocracia social. La novedad fundamental es que son sistemas destinados a la experimentación real a través de recursos en línea. La metodología propuesta ofrece un enfoque innovador para abrir proyectos, laboratorios web y recursos públicos a la sociedad. Es un enfoque novedoso frente a los entornos de aprendizaje tradicionales, normalmente estructurados en contenido y orientados a grupos cerrados.

A continuación se van a resumir las aportaciones destacadas de la presente investigación, presentadas en el punto 1.4 de la introducción y demostradas a lo largo de los capítulos 3, 4 y 5:

- *Diseño y desarrollo de laboratorios remotos con experimentación real accesibles mediante webs 2.0.*

En el punto 2.3 se ha explicado la revolución que ha dado lugar al nombre *Web 2.0*, sus conceptos y servicios fundamentales. Se ha visto que webs más dinámicas y participativas son dos de las numerosas ventajas de esta revolución social. Los servicios están enfocados

a los usuarios y a la colaboración entre ellos. Sin embargo, su uso no está totalmente extendido en todos los contextos y hay muchos en periodo de adaptación a esta gran revolución. Es el caso del *e-learning*, hasta ahora enfocado en un modelo tradicional cerrado e individualizado, que está sufriendo una transformación hacia un denominado *e-learning 2.0*, basado en el constructivismo social. Como se vió en el punto 2.4.2 esta transformación tiene importantes implicaciones para educadores y aprendices, quienes están cambiando el concepto de aprendizaje-enseñanza gracias al uso de estas nuevas aplicaciones y técnicas de la web social.

Se ha visto en el punto 2.4.3 que existe una gran cantidad de laboratorios web disponibles para la realización de prácticas y experimentación real. Los laboratorios remotos fueron un gran avance tecnológico y supuso un nuevo concepto de aprendizaje. Sin embargo, normalmente estos laboratorios son de uso restringido a una determinada audiencia, además de contar con pocos servicios para la interacción y colaboración entre usuarios.

La idea de unir webs 2.0 y laboratorios remotos para ofrecer sistemas de aprendizaje informal más eficaces y motivadores, fue uno de los objetivos planteados al comienzo de la tesis. Hasta la fecha no se ha constatado un laboratorio remoto basado en una web 2.0 y que ofrezca experimentación real de una forma interactiva a cualquier internauta. La primera aportación, expuesta en el punto 3, ha sido ofrecer una metodología para diseñar y desarrollar laboratorios remotos educacionales por medio de webs 2.0 abiertas a la sociedad. Están orientados al uso masivo de usuarios, voluntarios, aficionados, en general una comunidad anónima que pueda experimentar con sistemas físicos reales y, en consecuencia, aprender y generar conocimiento.

Uno de los pasos esenciales es integrar servicios para que los usuarios participen en la generación y compartición de contenido, como la edición colaborativa por medio de wikis, foros de discusión y clasificación mediante folcsonomías propios de la Web 2.0. Enfocar estos sistemas como redes sociales de aprendizaje en los que los usuarios puedan comunicarse y conocerse es una de las principales características. La comunicación síncrona por medio de mensajería instantánea también es fundamental para que los usuarios intercambien opiniones, aficiones y conocimiento. La meritocracia social es otra de las características fundamentales de la Web 2.0. Permite determinar el valor de cada uno de los usuarios y elementos dentro de un laboratorio remoto basándose en la participación y la aceptación del resto de la comunidad. El hecho de establecer una jerarquía dentro de un sistema es primordial para fomentar la motivación por competir por el uso de los recursos en línea. Y, en este sentido, ofrecer mecanismos de votación es útil para organizar el contenido de los sistemas colaborativos.

- *Desarrollo y puesta en marcha del primer observatorio astronómico abierto a la sociedad a través de Internet, el observatorio astronómico Montegancedo.*

Entre las principales contribuciones está la construcción del primer observatorio astronómico puesto a libre disposición de la sociedad, de forma gratuita. Es un caso particular de laboratorio remoto basado en una web 2.0 que permite a cualquier internauta interactuar con un observatorio profesional.

La atracción por la astronomía ha englobado a una de las comunidades de aficionados más numerosas desde siempre. Actualmente existen un gran número de observatorios astronómicos profesionales, no obstante, el punto 2.4.3.1 explica la problemática que existe ante la posibilidad de acceder a ellos. El número de observatorios accesibles a través de Internet también han aumentado en los últimos años. Sin embargo, muchos de ellos no ofrecen un manejo interactivo, son de pago o requieren la pertenencia a una determinada entidad para

su utilización.

El grupo investigador se enmarcó en el proyecto europeo "*COLDEX: Collaborative Learning and Distributed Experimentation*" en el año 2002 con la meta de crear un observatorio astronómico que solucionara los inconvenientes de acceso de los observatorios existentes. Durante el proyecto no se consiguieron los objetivos, pero se avanzó notablemente en el control remoto de dispositivos astronómicos, bajo un software llamado *Ciclope Astro*. Hasta finales del año 2006 no se consiguieron los permisos necesarios para construirlo. Hoy es conocido con el nombre de observatorio astronómico Montegancedo, situado en la Facultad de Informática de la Universidad Politécnica de Madrid. Todo el proceso de construcción así como las características del sistema se han explicado en detalle en el capítulo 3.

El enfoque inicial del software *Ciclope Astro* seguía el método tradicional de los laboratorios web. Pero la rápida expansión de la Web 2.0 y el potencial de sus servicios, acordes a las metas del proyecto, hicieron apostar por un diseño basado en la Web 2.0. Como se puede ver en la descripción del observatorio, el sistema se basa en una red social de internautas anónimos, e integra un considerable número de servicios colaborativos, tales como wikis, álbum fotográfico, propuestas, mecanimos de discusión y votación sobre las fotografías y propuestas, clasificación basada en folcsonomías y otros tantos. La meritocracia social está presente bajo un sistema de reputación basado en el karma de los usuarios, que es lo que permite planificar el tiempo de observación del telescopio.

Desde la etapa inicial, el grupo ha asistido a foros de astronomía con la idea de buscar financiación y grupos de investigación con intereses comunes. Fue en el año 2006 cuando se entró en el proyecto "*ASTROCAM: Red de Astrofísica en la Comunidad de Madrid*", formado principalmente por astrónomos profesionales. Las colaboraciones con astrónomos aficionados y profesionales ha sido valiosa a la hora de asesorar al grupo en tareas como la adquisición de la instrumentación o el planteamiento de los experimentos del observatorio Montegancedo.

En diciembre de 2008 se puso en marcha el primer experimento puesto a libre acceso de los internautas desde el observatorio Montegancedo. Este experimento consiste en observar el Sol como se ha explicado en el punto 3.5.5. En sólo cuatro meses, ha llamado la atención de numerosos internautas quienes han realizado el experimento solar, algunos en más de una ocasión. Otros usuarios han accedido al observatorio para compartir fotografías astronómicas y otras acciones, las cuales están analizadas estadísticamente en detalle en los puntos 5.3 y 5.4.

El observatorio Montegancedo también se ha utilizado en eventos de divulgación astronómica dentro de la red de ASTROCAM para realizar sesiones de observación en directo, como se explicó en el capítulo 3.

- *Algoritmo de ordenación de los elementos de un sistema colaborativo.*

El problema de establecer jerarquías de los elementos en este tipo de sistemas colaborativos, tales como usuarios, fotografías o noticias, se ha resuelto transformándolo en un problema matricial de álgebra lineal y teoría de grafos. El algoritmo de ordenación propuesto en esta tesis se ha explicado en el punto 4.3. Se basa en el algoritmo que utiliza Google para ordenar las páginas web al realizar una búsqueda, el algoritmo *PageRank* [Brin y Page, 1998], el cual mide la importancia de cada página en función de las importancias de las páginas que la enlazan. En el contexto de entornos colaborativos el enfoque planteado es diferente. La importancia de los usuarios se ha determinado por las acciones que realizan, por ejemplo enviar una fotografía o comentario, y las interacciones indirectas entre usuarios, es decir, un usuario ha votado la fotografía de otro usuario con una puntuación máxima.

Resalta la necesidad de determinar coherentemente una asignación de pesos, ya que la ordenación resultante es diferente según los pesos elegidos, como se demostró en el experimento de elección del nombre del observatorio de forma colaborativa, explicado en el punto 5.2.2.

La participación anónima, es decir, usuarios no registrados, crea sistemas muy dinámicos y participativos como se vió a lo largo del capítulo 5. Además, se ha demostrado que es fundamental asignar pesos diferentes a las acciones realizadas por usuarios registrados frente a los visitantes anónimos. El hecho de conceder un peso a las acciones de los anónimos resulta motivador para éstos, de modo que les hace conscientes de que sus acciones pueden determinar ciertos factores dentro del sistema, como por ejemplo decidir cuál es la mejor fotografía astronómica. Es un claro potencial para que usuarios anónimos sientan curiosidad por conocer en profundidad las funcionalidades del sistema y se den de alta. Sin embargo, es conveniente asignar un peso menor a las acciones anónimas que a las de usuarios registrados para no desmotivar a estos últimos. De este modo los usuarios registrados pueden ver las ventajas y privilegios de pertenecer a una comunidad y colaborar, como el premio de obtener más tiempo de experimentación.

- *Algoritmo de planificación meritocrática de recursos en línea.*

En el punto 4.4 se ha diseñado una solución novedosa al problema de la planificación de recursos en línea que requieren un intervalo de tiempo exclusivo para su acceso. Es una planificación meritocrática cuya asignación de los recursos se realiza proporcionalmente al karma de los usuarios. Los karmas son calculados con el algoritmo de ordenación propuesto en la anterior aportación.

La aplicación del algoritmo se ha realizado sobre la comunidad de usuarios del observatorio Montegancedo para el caso particular del experimento solar. En tal caso, el observatorio está abierto al público nueve horas diariamente. En el punto 5.2.3 se explica cómo planificar ese tiempo de forma meritocrática en función del karma de los usuarios.

El algoritmo planteado ofrece una solución justa en el sentido de que premia con mayor tiempo de observación a aquellos usuarios con más karma; minimiza el tiempo inutilizado, ya que los tiempos libres pueden ser directamente cogidos por cualquier usuario registrado o anónimo; evita la inanición de los usuarios, puesto que hay una cantidad de tiempo que el algoritmo no planifica y está disponible para que el resto de usuarios compitan por el telescopio; y equilibra el uso de los recursos, al establecer un rango de variación entre un límite mínimo y máximo de tiempo de utilización diario del recurso por usuario.

- *Análisis y caracterización de individuos y comunidades en línea a partir de los datos personales e interacciones intercambiadas.*

En el punto 4.2 se ha expuesto la teoría necesaria sobre métodos de análisis de redes sociales que ha sido seleccionada como relevante para el caso de laboratorios remotos basados en la Web 2.0. Se ha llevado a cabo un proceso recogida de datos y extracción de conocimiento a partir de métodos estadísticos. El análisis de los rasgos estructurales de una comunidad ha demostrado ser un aspecto fundamental para la comprensión de su comportamiento y funcionamiento. La teoría de las redes sociales ofrece una gran potencialidad en este sentido puesto que permite un conocimiento en detalle de las relaciones de un usuario con su comunidad.

El punto 5.1 hace un estudio social de la comunidad del observatorio Montegancedo. El análisis de la red social ha sido importante para entender el comportamiento de los usuarios. Se ha podido averiguar los usuarios más importantes según diferentes medidas, como el número de interacciones de entrada y salida, intermediación y centralidad, entre otros.

Las métricas descriptivas de centralización y variabilidad han sido también utilizadas para extraer información de la red global.

Se ha demostrado que las herramientas de visualización son de gran ayuda para determinar fácilmente las posiciones de los usuarios dentro de la estructura de la comunidad. Estas herramientas son especialmente útiles cuando se trabaja con gran cantidad de datos. Además de visualizar las interacciones entre usuarios, es posible analizar gráficamente ciertos parámetros, como el karma, la intermediación, el sexo, etc. Estas visualizaciones han utilizado el color, el tamaño de los nodos y de los enlaces para representar la información extraída del análisis matemático.

Se ha podido comprobar que el estudio socio-demográfico de los usuarios es útil para extraer un patrón de usuario. El punto 5.3 presenta la información extraída de la comunidad del observatorio Montegancedo, analizando el perfil de los usuarios en cuanto a edad y sexo de los usuarios.

En el punto 5.4 se han aplicado métodos estadísticos para extraer resultados interesantes de la utilización del observatorio Montegancedo, como el número de usuarios totales, el número de fotografías, el número de etiquetas, la frecuencia de acceso, votos, reservas, participación anónima, etc. También se han expuesto las distribuciones de actividad de los miembros del proyecto.

6.2. Discusión: contraste de hipótesis

Una hipótesis no se considera una explicación razonadamente cierta hasta que no se evalúa empíricamente y se somete a pruebas estrictas. A continuación, se explica el proceso realizado para contrastar las hipótesis mediante la observación de los hechos y el análisis de la información. Toda la metodología y algoritmos propuestos han sido probados en el contexto del observatorio astronómico Montegancedo. Los resultados obtenidos han demostrado las hipótesis expuestas en la introducción de la tesis:

- *Hipótesis 1. Los entornos de experimentación real basados en el aprendizaje informal se pueden desarrollar bajo Webs 2.0.*

El capítulo 3 demuestra la posibilidad de coexistir webs 2.0 con experimentación real que aprovechen los servicios colaborativos de este nuevo fenómeno de Internet. El observatorio Montegancedo es una Web 2.0 que permite el control de dispositivos astronómicos profesionales además de integrar una red social, wikis, sistemas de votación, clasificación por etiquetas y otros servicios colaborativos.

Los resultados extraídos del análisis de la red han sido notablemente satisfactorios dado el número de participantes y del contenido generado hasta la fecha, como se ha visto en el capítulo 5. Gracias al análisis social se ha podido conocer en profundidad aspectos intrínsecos relativos a la estructura de la red y del núcleo de usuarios más activos.

- *Hipótesis 2. La meritocracia social aplicada a la experimentación real permite la planificación de recursos en línea.*

Se ha demostrado que es posible asignar recursos en línea en función del valor de los usuarios en una comunidad de aprendizaje informal. Se ha visto que para determinar los méritos de los usuarios en un laboratorio con experimentación real, se deben establecer previamente los criterios que determinan su importancia.

De este modo, recursos como los observatorios astronómicos accesibles a través de Internet, pueden planificar su tiempo de un modo más motivador para los usuarios. Repartir el tiempo de utilización de un recurso en función de las contribuciones, les obliga a los usuarios a competir entre ellos. Y si el modo de competir es generando contenido de calidad, que requiere la revisión y la aceptación por el resto de la comunidad, es beneficioso para el proyecto y para la comunidad en general. La meritocracia social como base para el funcionamiento de un sistema en línea, se ha aplicado eficazmente a la planificación del observatorio Montegancedo, como se ha visto en el punto 5.2.3.

- *Hipótesis 3. El hecho de ofrecer acceso libre a un recurso vía web que permita la experimentación real motiva y entusiasma a la sociedad.*

Esta investigación ha obtenido diversos resultados acerca de este factor. Se ha observado en el análisis del capítulo 5 que la participación anónima ha sido en ocasiones más alta que la registrada por parte de los miembros de la comunidad. Una muestra de ello es el punto 5.2.2, el cual explica el experimento realizado para elegir el nombre del observatorio de forma colaborativa. El hecho de permitir identidades virtuales y dar la opción a visitantes anónimos de participar en la mayor medida posible en el sistema, es fundamental para que crear sistemas de colaboración dinámicos, con multitud de contenido e interacciones entre usuarios.

Presumiblemente, se ha conseguido la promoción del observatorio Montegancedo gracias al marketing viral realizada por los propios usuarios. Éstos han difundido la existencia del observatorio y algunas de las fotografías a través de sus propios blogs o a través de artículos en periódicos digitales. En otras ocasiones, los eventos del observatorio Montegancedo también han sido eco de los diferentes medios electrónicos. El apéndice B recoge un buen número de estos enlaces. Sin apenas tiempo dedicado a dar publicidad del observatorio, ha sido gracias al marketing viral lo que ha provocado que a fecha de 24 de abril de 2009 existieran 383 usuarios dados de alta en el sistema. Un número elevado si se tiene en cuenta que el primer experimento solar se lanzó en diciembre de 2008 y el observatorio fue inaugurado oficialmente en enero de 2009. Los datos concretos del análisis se han expuesto en el capítulo 5.

Gracias a este proyecto y a la experiencia demostrada en la realización de laboratorios web, el Instituto Astrofísica de Canarias (IAC) se interesó por el sistema desarrollado y en 2008 se firmó un contrato para adaptar el software Ciclope Astro a uno de sus observatorios. El proyecto se conoce como "*TAD: Telescopio Abierto Divulgación*" y está enfocado a la divulgación de la astronomía. De esta colaboración surgió también otro importante acontecimiento, la retransmisión del eclipse de Sol del 1 de Agosto de 2008¹. Esta retransmisión fue realizada por la expedición *Shelios*², que se desplazó a Siberia para observar el evento y emitió vía satélite a la Facultad de Informática la señal de vídeo y audio. Ésta fue recibida por el grupo de trabajo y repetida vía Internet por el Centro de Supercomputación y Visualización de Madrid CeSViMA³.

La Consejería de los Jóvenes y del Deporte de la Junta de Extremadura⁴ también se ha interesado por el software para crear observatorios de divulgación y ha significado un gran lazo de colaboración. La Junta de Extremadura ha financiado el viaje a China a un miembro del grupo de trabajo para la retransmisión del eclipse del Sol del 22 de Julio de 2009.

¹Web de la retransmisión del eclipse de sol del 1 de agosto 2008: <http://eclipse.cesvima.upm.es>

²Web de la asociación Shelios: www.shelios.com

³CeSViMa: Centro de Supercomputación y Visualización de Madrid: www.cesvima.upm.es

⁴Web de la Consejería de los Jóvenes y del Deporte de la Junta de Extremadura: www.juntaex.es/consejerias/jovenes-deporte/

El año 2009 es el "*Año Internacional de la Astronomía*"⁵ (AIA), acontecimiento que el grupo ha aprovechado para realizar actividades divulgativas entorno al observatorio Montegancedo. El proyecto ASTROCAM creó una actividad dentro del programa AIA para observar la Estación Espacial Internacional (EEI) en su paso por España. Por su parte, el observatorio Montegancedo ha organizado un concurso para elegir la fotografía más espectacular de la EEI⁶. Los premios han sido financiados por el IAC, la Junta de Extremadura y la Facultad de Informática de la U.P.M.

6.3. Publicaciones derivadas de la tesis

Entre los resultados obtenidos durante estos años de investigación, destaca la publicación de dos artículos en revistas de impacto en el ámbito educativo y de los laboratorios web:

- El primer artículo [Cedazo et al., 2008] figura en el "Journal Citation Reports" del Science Citation Index con un índice de impacto de 2,216 en el año 2007. Está incluido en la siguiente lista de categorías: "*Engineering, Electrical & Electronic*", en el puesto 18 de 227, y "*Automation & Control Systems*", en el puesto 5 de 55.
- El segundo artículo [López et al., 2009] figura con un índice de impacto de 0,815 en el 2007. Está incluido en las siguientes categorías: "*Education, Scientific Disciplines*", en el puesto 11 de 23, y "*Engineering, Electrical & Electronic*", en el puesto 109 de 227.

6.4. Líneas de trabajo futuro

Esta sección final expone futuras líneas de investigación las cuales la autora considera objeto de estudio y trabajo a corto plazo.

Se ha demostrado que el observatorio Montegancedo es un claro ejemplo de aprendizaje informal y hace una gran labor en interesar a la gente en el campo de la astronomía. Sin embargo, surge un nuevo campo de estudio: involucrar a la sociedad en tareas de investigación que impliquen experimentación real. Un modo innovador y eficaz de hacerlo es aplicar la metodología de la presente tesis a proyectos concretos de ciencia ciudadana.

A lo largo de la presente investigación se ha trabajado con astrónomos profesionales quienes han ayudado a determinar las líneas punteras de la astronomía en las que sería útil la colaboración ciudadana. Se han planteado tres líneas de trabajo. La primera corresponde al descubrimiento de nuevos exoplanetas y monitorización de tránsitos ya conocidos. En segundo lugar, el descubrimiento de objetos próximos a la tierra (NEOs), entre los que se pueden encontrar asteroides potencialmente peligrosos (PHAs), cometas, basura espacial y bólidos. Por último, la tercera línea es la detección y observación de estallidos cósmicos de rayos-gamma (GRBs). Tareas como observación, detección, seguimiento, registro, análisis y estudio de estos cuerpos ocasionales, pueden estar en manos de multitud de aficionados y voluntarios. Se pretende desarrollar sistemas de experimentación real con instrumentación, objetivos e interfaces específicos para cada una de las

⁵Web del Año Internacional de la Astronomía 2009: www.astronomia2009.es

⁶Web con la descripción del concurso de fotografía de la Estación Espacial Internacional: <http://www.astrocam.es/index.php?id=54>

líneas propuestas. Será un modo de aprovechar la sinergia de miles de usuarios colaborando por el avance de la ciencia.

A partir de los proyectos y eventos en los que se ha participado durante la tesis, se está trabajando para formar un grupo multidisciplinar e internacional en el que participen científicos astrónomos especialistas. Éstos serán los encargados de diseñar los experimentos, las tareas de análisis de datos y el proceso de reporte de resultados que deberán realizar los usuarios. Se involucrará a empresas interesadas en el desarrollo de la tecnología hardware y software necesaria para telescopios robóticos así como a entidades divulgativas, museos de ciencia, planetarios, asociaciones de aficionados, etc., interesadas en la divulgación de la astronomía a la ciudadanía. El grupo de investigación de la autora aportará su experiencia en experimentación real y aprendizaje colaborativo a través de Internet.

Finalmente, se tiene intención de construir una red de observatorios astronómicos en línea por todo el mundo en lugares donde el cielo sea de mayor calidad, idea que se recoge en la figura 6.1. El 100 % del tiempo de observación de los telescopios será puesto a disposición de los internautas.



Figura 6.1: Red de observatorios por todo el mundo

Apéndice A

Grafos del observatorio Montegancedo

Este apéndice recoge los grafos utilizados en el punto 5.1 y que ayudan a extraer características de las redes sociales analizadas. Estos grafos han sido extraídos con una herramienta de visualización de redes sociales desarrollada para la presente tesis doctoral. Esta herramienta permite realizar el estudio de la red del observatorio utilizando métodos de análisis de redes sociales [Hanneman y Riddle, 2005].

Estos grafos permiten visualizar unos u otros aspectos según diferentes parámetros preestablecidos. En este caso se visualizan métricas descriptivas de los individuos de la red asociadas al análisis social: karma, grados de entrada y salida, cercanía de entrada y salida e intermediación. La definición de estos términos así como el modo de calcularlos están debidamente detallados en el punto 4.2. Además, permiten visualizar otros parámetros propios del perfil de los usuarios, tales como sexo, nacionalidad, avatar y cualquier otra información añadida por el propio usuario.

A.1. Grafos de la subred del álbum fotográfico

Los grafos incluidos en este punto son diferentes representaciones de la subred del observatorio relativa únicamente a las fotografías del álbum colaborativo expuesto en el punto 3.6.1.

- La figura A.1 muestra los avatares de los usuarios. En este caso se observa la proporción de usuarios que han personalizado su perfil modificando el avatar que establece el sistema por defecto.
- La figura A.2 visualiza el sexo de los usuarios por medio de colores: color rosa para mujeres, azul para hombres y blanco para aquellos que no han indicado el sexo en su perfil. Se observa que hay un mayor número de hombres que de mujeres, y sólo hay un usuario cuyo sexo es desconocido porque no lo ha identificado en su perfil.
- Las figuras A.3 y A.4 visualizan el tamaño de los nodos según el grado de entrada y de salida, respectivamente. Se ha asignado además un color diferente para cada uno de los grados, de modo que a simple vista se puede determinar qué usuarios tienen el mismo grado. Los usuarios considerados más prominentes son tres: *Celso Frade* (6 enlaces de entrada), *junco* y *marques* (5 enlaces de entrada). El usuario *sts-128* es el único que destaca sobre los demás como el más influyente con un total de 10 enlaces de salida, y por delante del usuario en segunda posición que tiene 6.

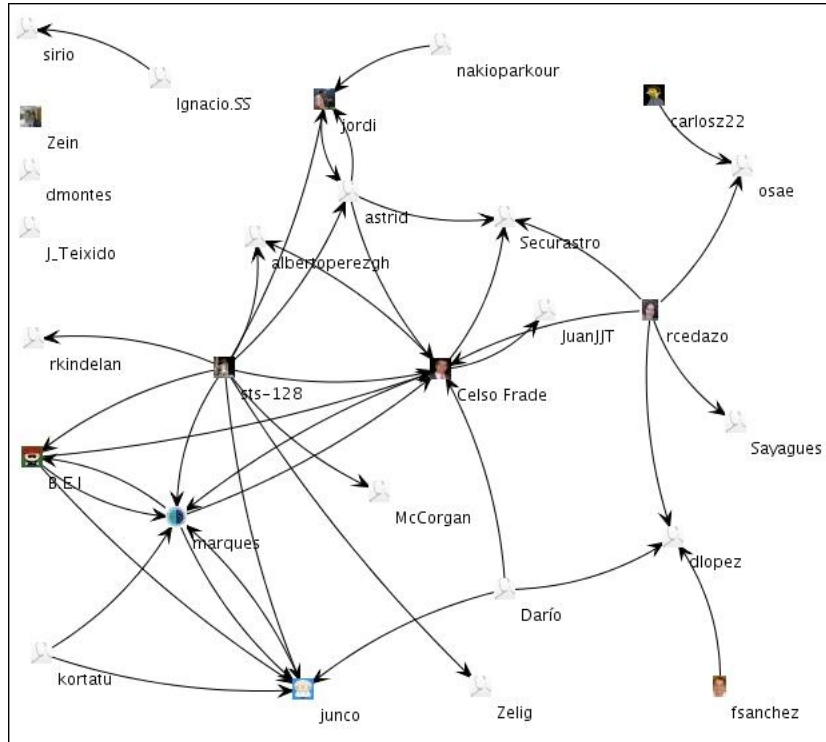


Figura A.1: Visualización de los avatares de los usuarios de la subred.

- Las figuras A.5 y A.6 visualizan el tamaño de los nodos según la cercanía de entrada y de salida, respectivamente. Los actores más centrales según la distancia geodésica desde otros actores a ellos (cercanía de entrada) son estos siete: *Securaastro*, *albertoperezgh*, *JuanJJT*, *Celso Frade*, *marques*, *junco* y *B.E.I.*, por orden de mayor a menor centralidad. Por otro lado, según la distancia geodésica de estos actores a otros (cercanía de salida), los más centrales son dos principalmente: *sts-128* y *rcedazo*.
- La figura A.7 visualiza la red asociando un tamaño diferente a cada nodo según el valor de intermediación. Se representa además diferentes grosores para las aristas según la intermediación de cada conexión. A mayor intermediación, mayor grosor. Se distinguen tres usuarios considerados brokers, *Celso Frade*, *marques* y *astrid*. Sus posiciones son privilegiadas por encontrarse entre los caminos geodésicos de muchos de los pares. Hay otros dos usuarios, *jordi* y *junco*, que aunque con un porcentaje mucho menor, también actúan de puentes entre las comunicaciones.
- La figura A.8 representa los usuarios asignando un tamaño a cada nodo proporcional según su karma. Los actores más importantes según su karma son principalmente cuatro, por orden mayor a menor: *marques*, *Celso Frade*, *sts-128* y *junco*.

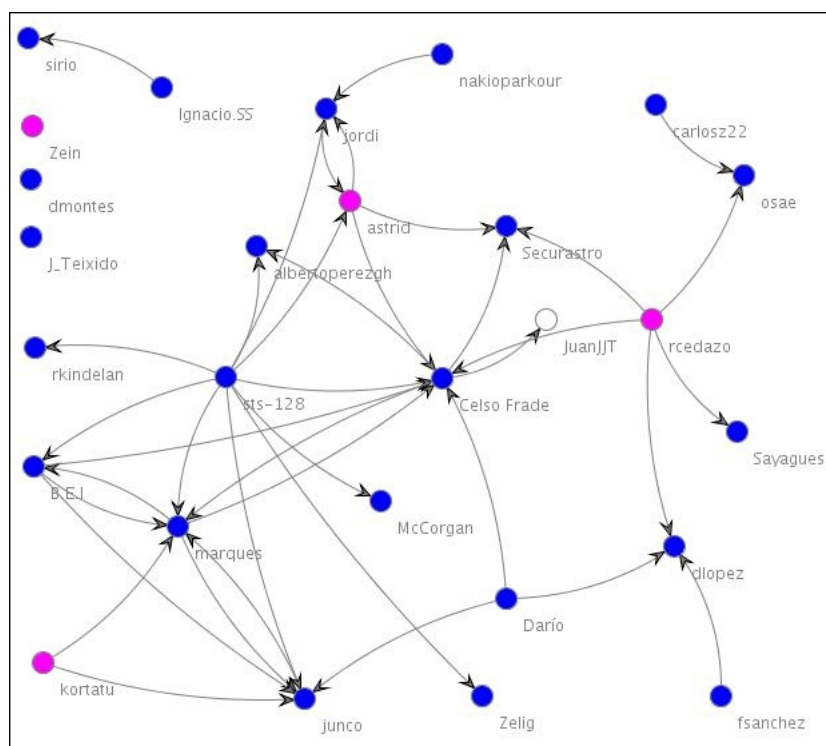


Figura A.2: Visualización del sexo de los usuarios de la subred. El color azul representa sexo masculino, el rosa femenino y el blanco corresponde a usuarios que no lo han identificado.

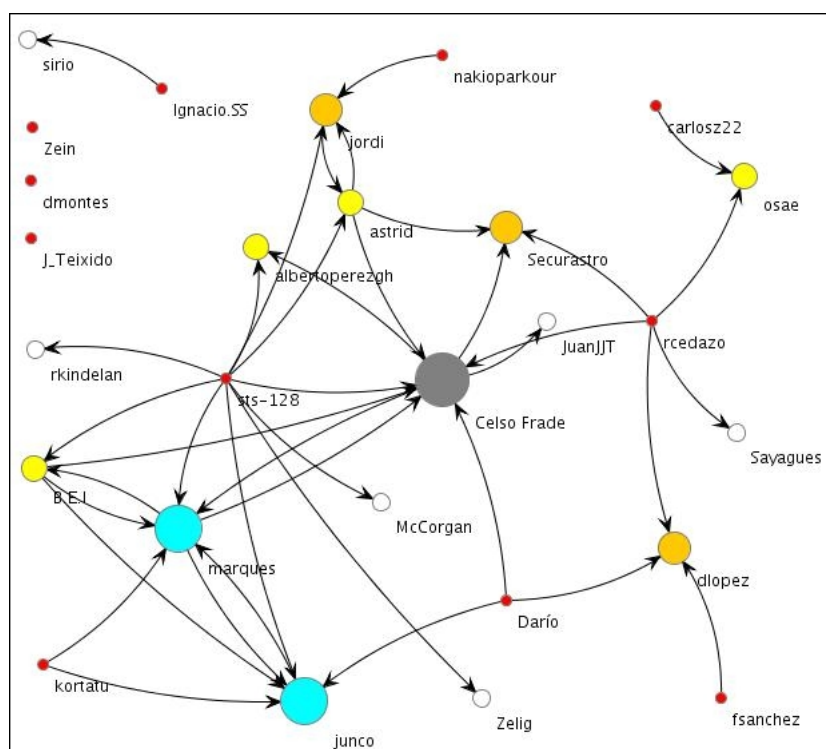


Figura A.3: Visualización del grado de entrada

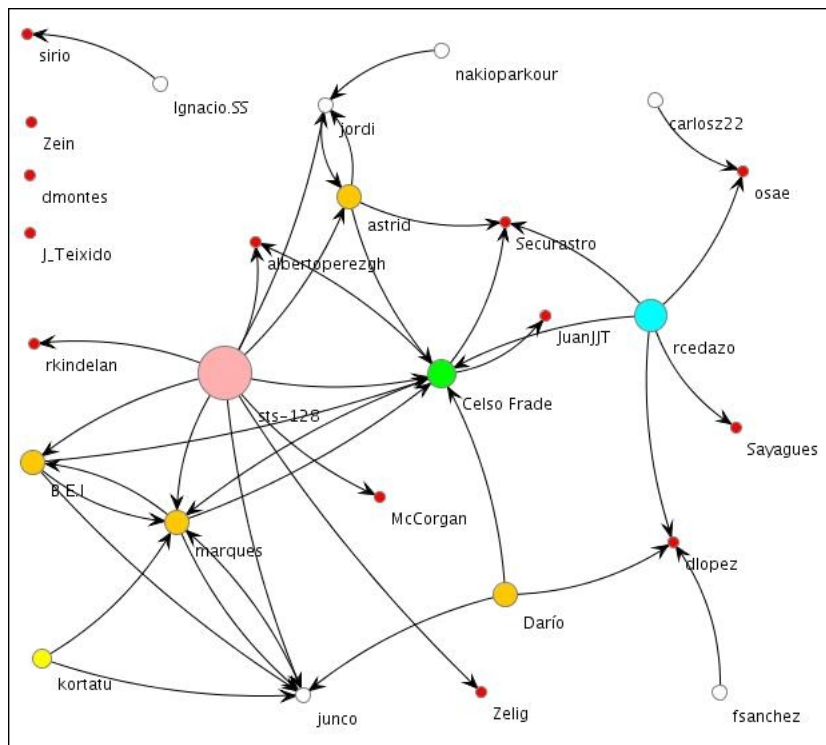


Figura A.4: Visualización del grado de salida

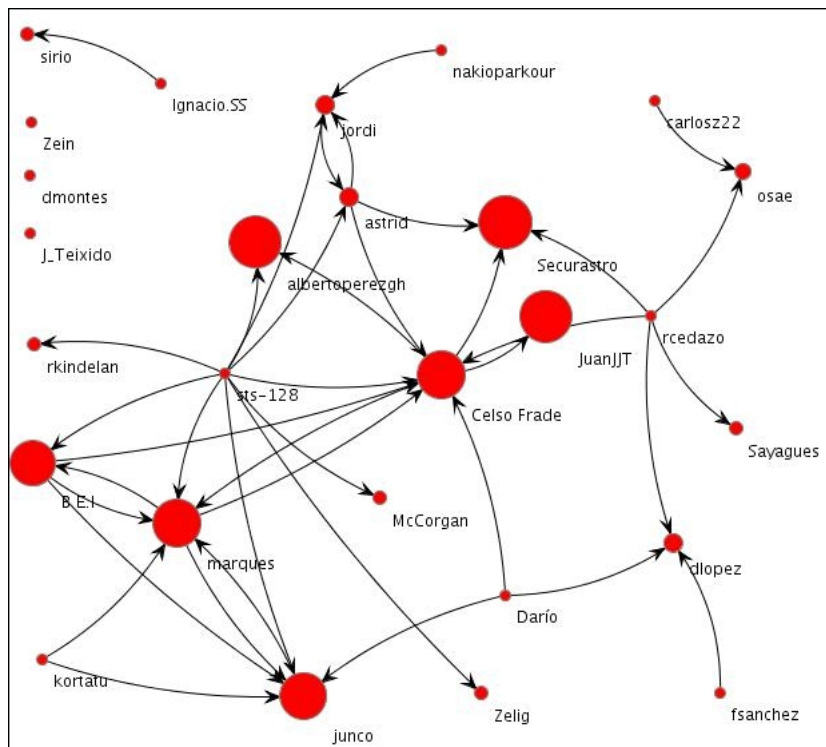


Figura A.5: Visualización de la cercanía de entrada

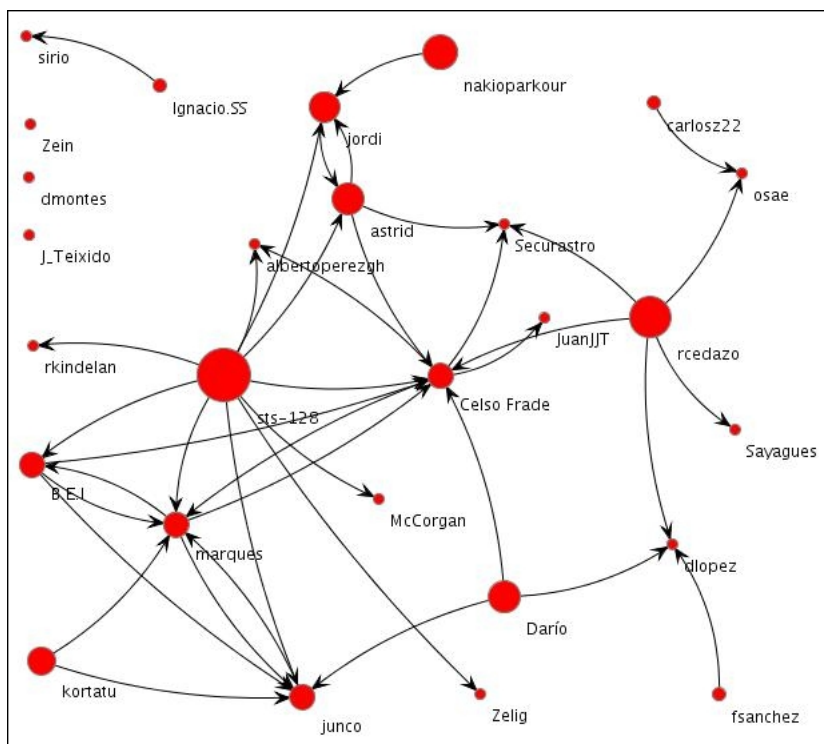


Figura A.6: Visualización de la cercanía de salida

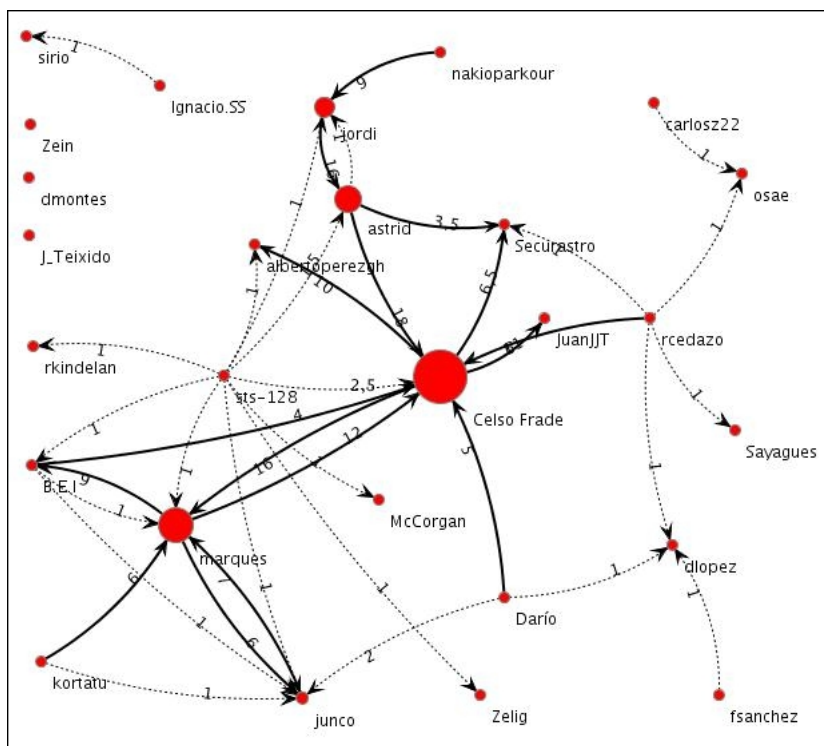


Figura A.7: Visualización de la intermediación

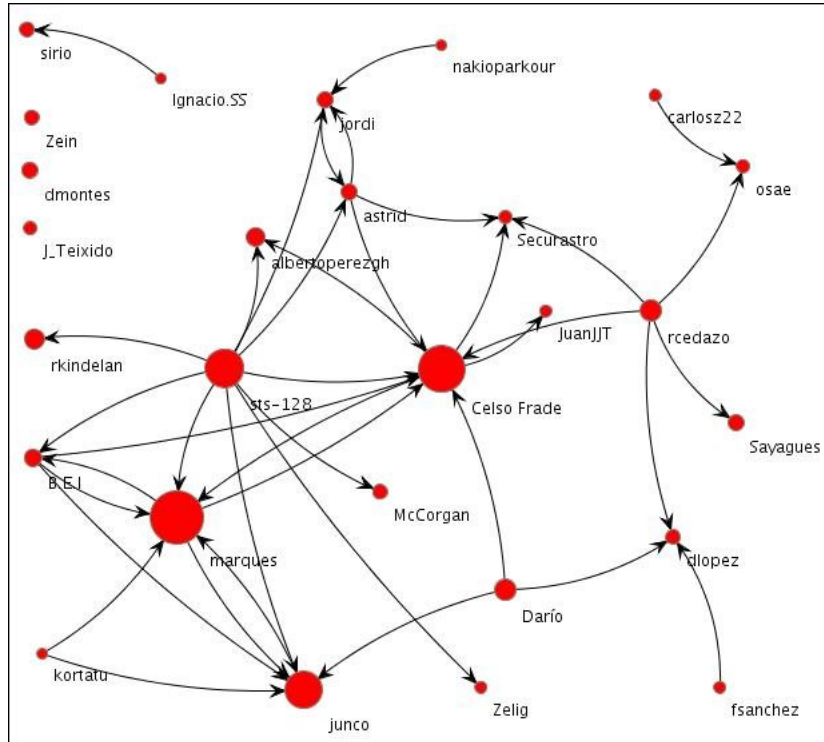


Figura A.8: Visualización del PageRank

A.2. Grafos de la red global del observatorio

Este punto recoge los grafos asociados al estudio de la comunidad de usuarios del observatorio realizado en el punto 5.1.2. Los nodos son todos los usuarios registrados en el sistema y que han accedido al menos una vez. Las aristas representan cualquier relación que implica interacción entre dos usuarios.

- La figura A.9 representa por medio de colores el sexo de cada usuario: color rosa para mujeres, azul para hombres y blanco para aquellos que no han identificado el sexo en su perfil. Se aprecia una escasa proporción de mujeres en la red.
- La figura A.10 visualiza aquellos usuarios que se han identificado como españoles en su perfil, nacionalidad más predominante en la comunidad. La herramienta asigna un color a aquellos usuarios que cumplen un determinado filtro, en este caso nacionalidad española. Los nodos coloreados representan que no cumplen ese criterio. De forma similar, se puede buscar por otros criterios: ciudad, nombre, o cualquier información del perfil del usuario.
- La figura A.11 muestra los avatares de los usuarios. Es curioso como hay nodos aislados que lo han modificado, aunque no hayan interactuado con el resto. Más detalles y estadísticas sobre los perfiles de los usuarios se presentan en el punto 5.3 de este capítulo.
- En las figuras A.12 y A.13 se ve claramente que estos usuarios, los dos de mayor tamaño en ambos casos, reúnen el mayor número de enlaces a su alrededor. Los usuarios más populares o prominentes son dos, *Celso Frade* y *fsanchez*, con 12 y 11 enlaces de entrada, respectivamente. En cuanto a la influencia, destacan dos usuarios, *Celso Frade* y *sts-128*, con 10 enlaces de salida en ambos.

- En el grafo de la figura A.16 se puede localizar rápidamente al broker más importante de la red, *Celso Frade*, el nodo de mayor tamaño. Los nodos aislados, así como los que no tienen ningún enlace de entrada o de salida, son los de menor tamaño, puesto que no comunican a ningún par de nodos.
- De forma visual, a partir de las figuras A.14 y A.15, se puede intuir la observación 8. Como se ve, existe poca graduación en el tamaño de los nodos dado que el rango apenas varía en ninguno de los casos. En el caso de la cercanía de entrada el mínimo es 0,444 y el máximo 0,502; y en el de la cercanía de salida el mínimo es 0,444 y el máximo 0,492. Es más, se comprueba que los nodos de menor tamaño corresponden a los nodos aislados o a aquellos que, estando en la zona central, poseen un único enlace. Por el contrario, el resto de nodos de la zona central, con mayor número de conexiones, son los nodos de mayor dimensión. Por tanto, no se puede concluir que existan nodos más centrales que otros.
- En el grafo de la figura A.16 se puede localizar rápidamente al broker más importante de la red, *Celso Frade*, el nodo de mayor tamaño. Los nodos aislados, así como los que no tienen ningún enlace de entrada o de salida, son los de menor tamaño, puesto que no comunican a ningún par de nodos. se ve que hay nodos que hacen de puentes entre muchos caminos geodésicos. No obstante, predomina un usuario, *Celso Frade*, con un total de 326,5. Éste se considera el broker al distanciarse en gran número con los siguientes de la tabla, *sts-128* y *junco*, con 135 y 114,7 caminos, respectivamente.
- Los actores más importantes según su karma son cuatro, por orden mayor a menor: *marques*, *Celso Frade*, *sts-128* y *junco*. En cualquier caso, se ha visualizado la red en base al karma de los usuarios en la figura A.17. Dada la distribución de la red, estos usuarios ocupan la zona central de la red.

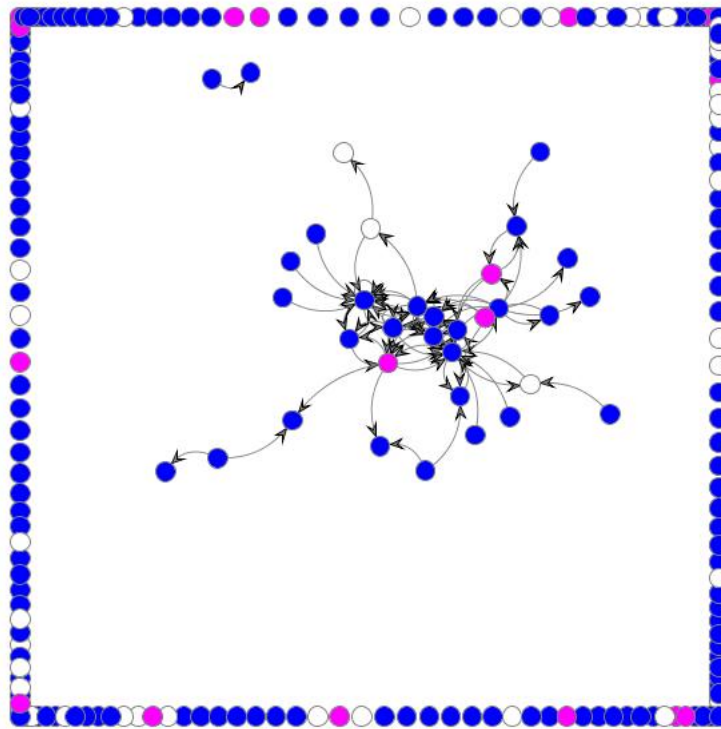


Figura A.9: Visualización del sexo de los usuarios del observatorio

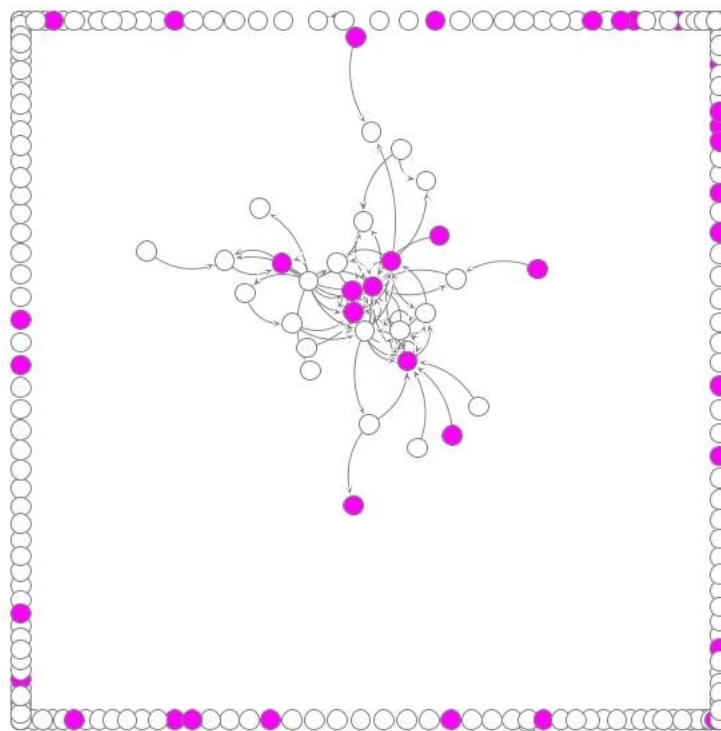


Figura A.10: Visualización de los usuarios españoles de los usuarios del observatorio

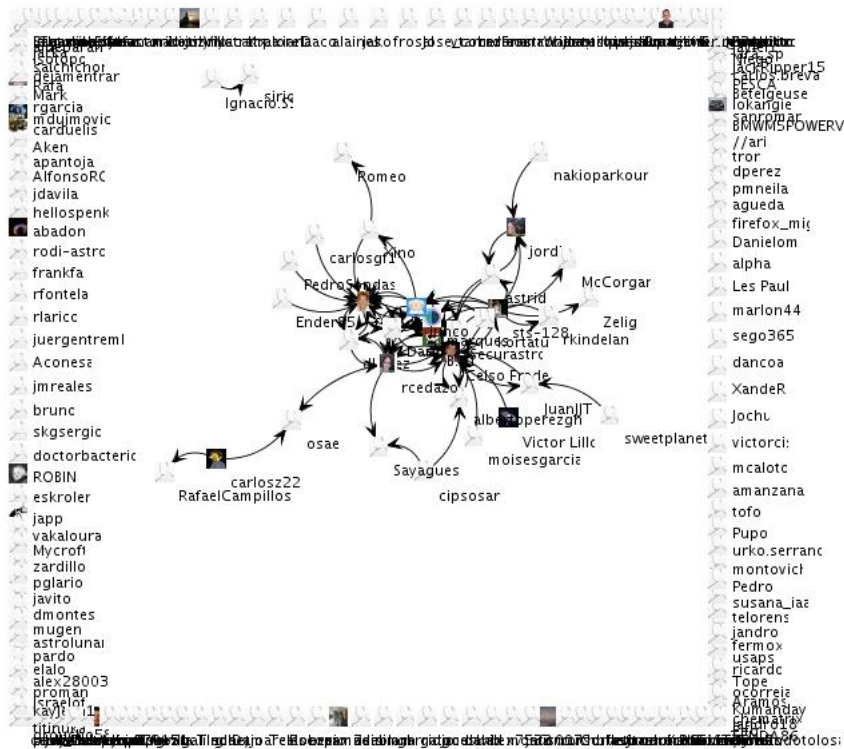


Figura A.11: Visualización de los avatares de los usuarios del observatorio

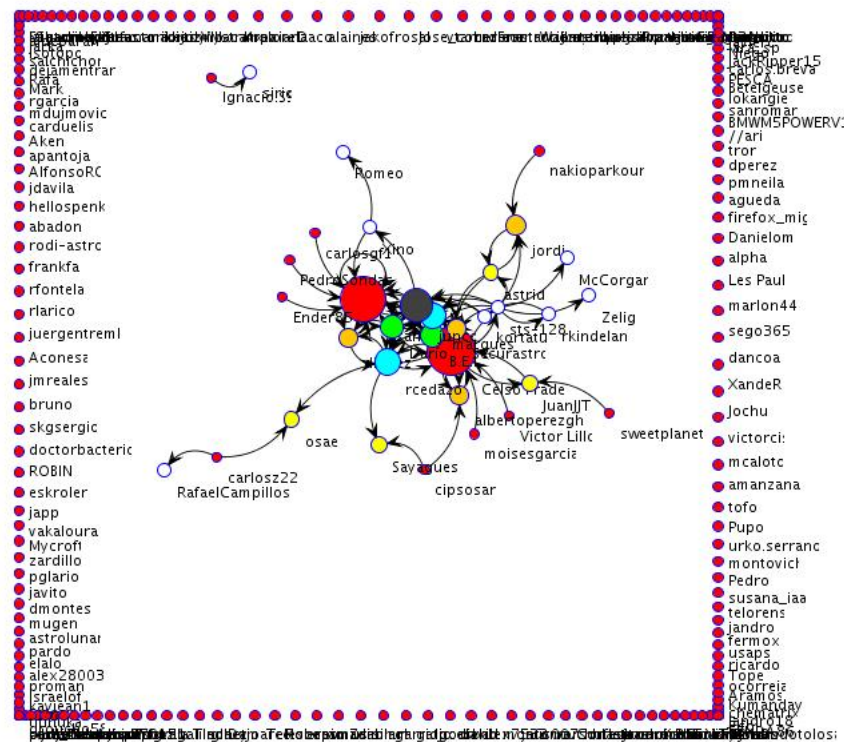


Figura A.12: Visualización de la red del observatorio en función del grado de entrada de los usuarios

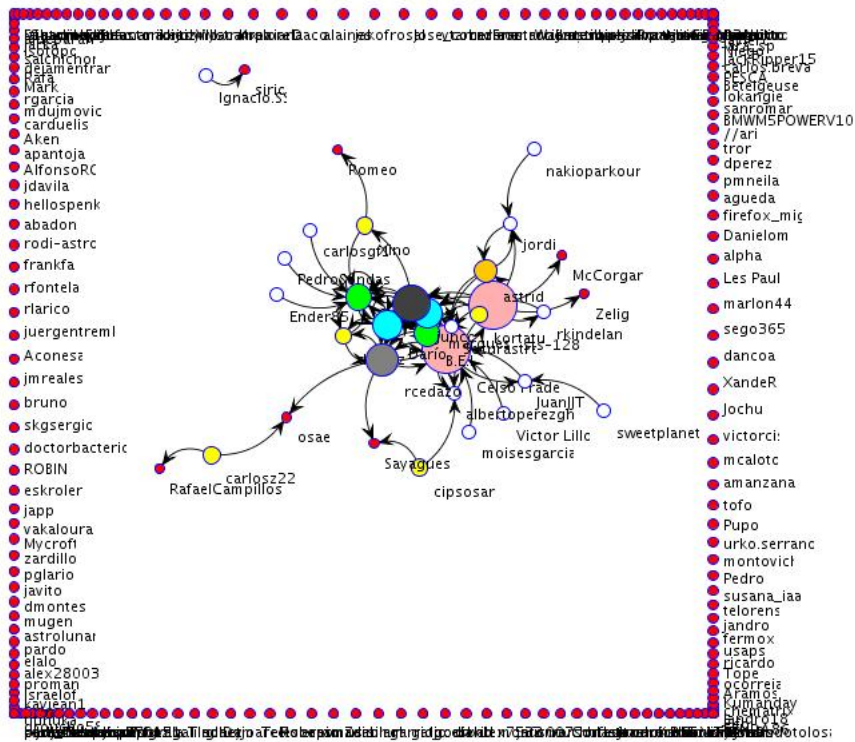


Figura A.13: Visualización de la red del observatorio en función del grado de entrada de los usuarios

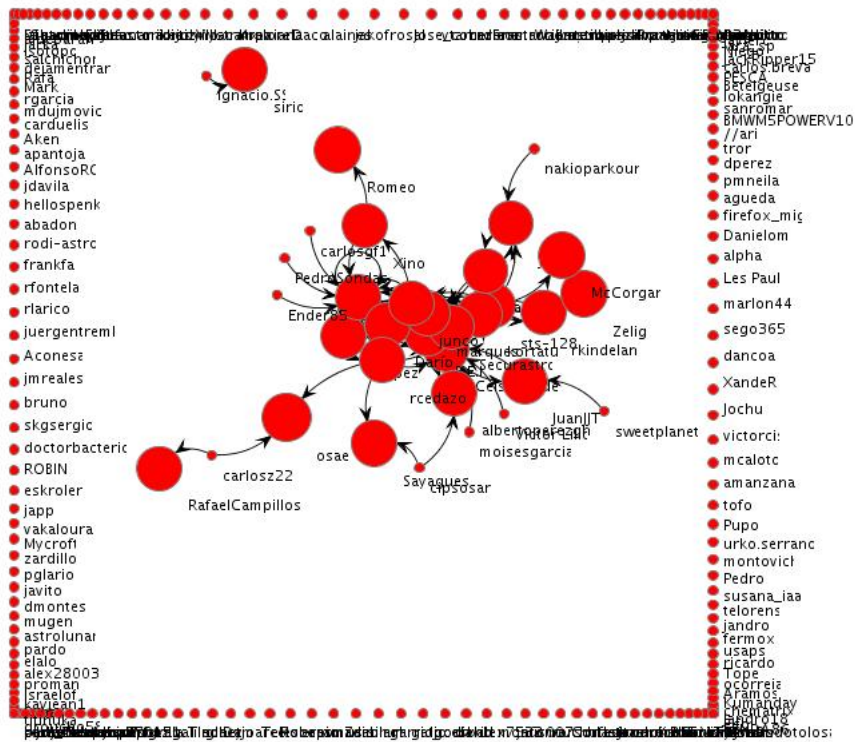


Figura A.14: Visualización de la cercanía de entrada de los usuarios del observatorio

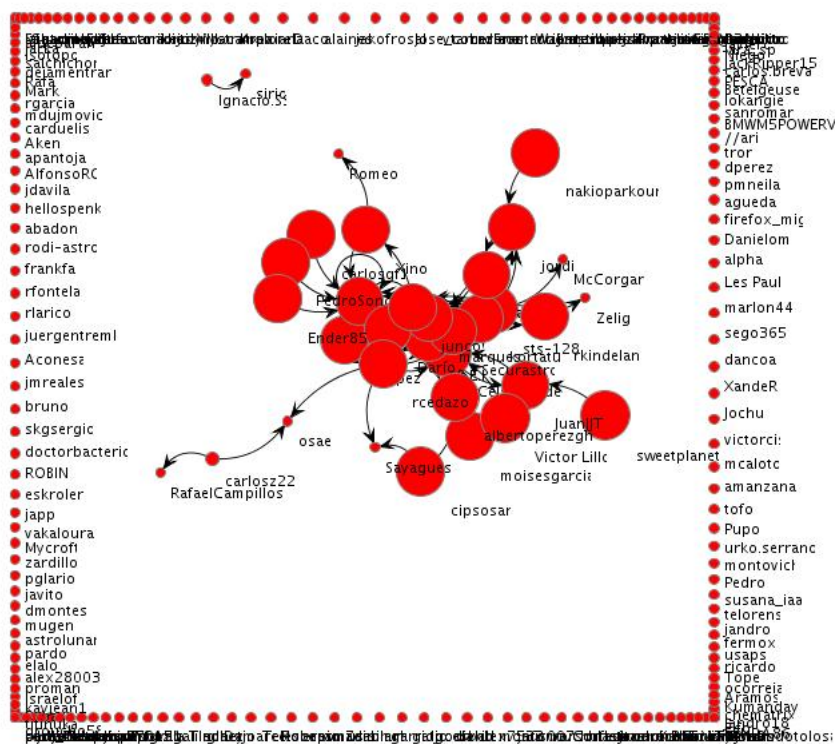


Figura A.15: Visualización de la cercanía de salida de los usuarios del observatorio

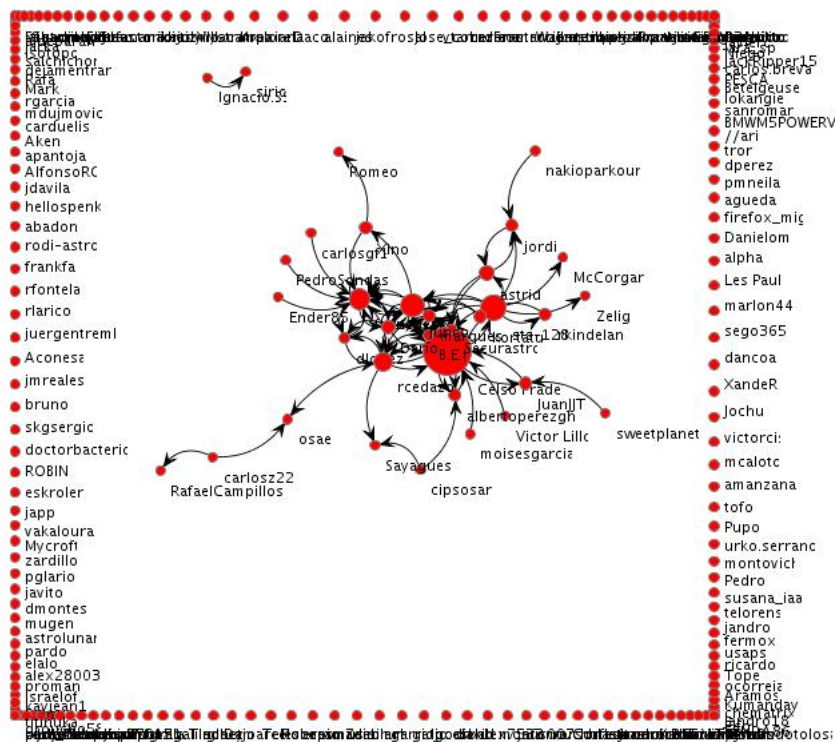


Figura A.16: Visualización de la red del observatorio en función de la intermediación de los usuarios

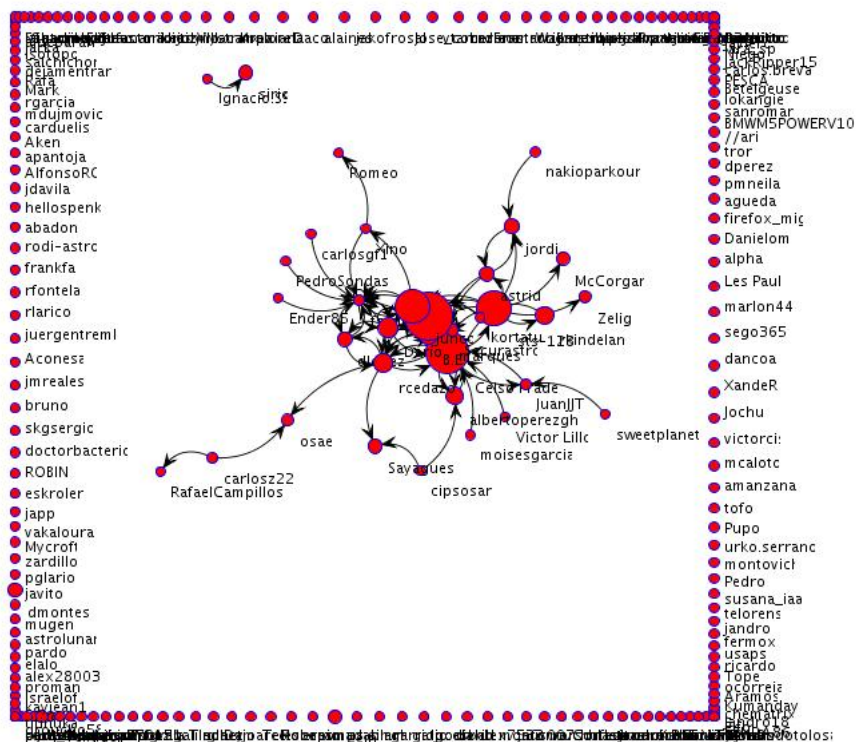


Figura A.17: Visualización del karma de los usuarios del observatorio

Apéndice B

Notas de prensa

En este apéndice se incluyen las notas de prensa de periódicos digitales y blogs que hacen referencia a alguno de los acontecimientos relacionados con los proyectos de investigación de la autora. Están ordenados por orden cronológico del más reciente al más antiguo:

- Artículo "Observatorio Montegancedo" en Wikipedia (España).
URL: http://es.wikipedia.org/wiki/Observatorio_Montegancedo
- "*Eclipse total del 1 de agosto de 2008*". Última consulta: 21/05/2009.
Medio: Wikipedia (España).
URL: http://es.wikipedia.org/wiki/Eclipse_total_del_1_de_agosto_de_2008#Seguimiento
- "*Blog ASTROINGENIO, Observatorio Astronómico de Juan Moreno (OAIJM)*". Última consulta: 21/05/2009.
URL: <http://astroingenio.blogspot.com/>
- "*Blog de Celso Frade Jiménez*". Última consulta: 03/05/2009.
URL: <http://celsofradejimenez.googlepages.com/>
- "*La Estación Espacial Internacional será visible en España a simple vista*". 11/03/2009.
Medio: SINC: Servicio de Información y Noticias Científicas.
URL: <http://www.plataformasinc.es/index.php/esl/Noticias/La-Estacion-Espacial-Internacional-sera-visible-en-Espana-a-simple-vista>
- "*Observatorio en el aula. El primer observatorio astronómico del mundo gratuito acaba de ser inaugurado en Madrid*". 19/02/2009.
Medio: YoPeriodista. ElPais.com
URL: http://www.elpais.com/yoperiodista/articulo/Periodista/Espana_Madrid/Celso/Frade/Jimenez/Montegancedo/Politecnica/Protuberancia/Sol/Tierra/Zazuar/elpepyop/20090217elpyop_2/Ies
- "*Madrid alberga o primeiro observatorio astronómico do mundo de acceso libre e gratuito*". 02/02/2009.
Medio: mancomun, Centro de Referencia e Servizos de Software Libre. Xunta de Galicia.
URL: http://www.mancomun.org/no_cache/actualidade/detalledenova/nova/madrid-alberga-o-primeiro-observatorio-astronomico-do-mundo-de-acceso-libre-e-gratuito/

- *"Primer observatorio astronómico de acceso libre en el mundo"*. 27/01/2009.
 Medio: Blog de los miembros de Mensa en México.
 URL: <http://www.mensa.org.mx/blog/primer-observatorio-astronomico-de-acceso-libre-en-el-mundo/>
- *"Ya está operativo el primer observatorio astronómico del mundo de acceso libre y gratuito"*. 27/01/2009.
 Medio: Menéame.net
 URL: <http://meneame.net/story/retransmision-directo-internet-eclipse-solar-1-agosto>
- *"Inaugurado el primer observatorio astronómico del mundo de acceso libre y gratuito"*. 26/01/2009.
 Medio: AlphaGalileo.org, The world's leading resource for European research news.
 URL: <http://www.alphagalileo.org/ViewItem.aspx?ItemId=149&CultureCode=en>
- *"Inaugurado el primer observatorio astronómico del mundo de acceso libre y gratuito"*. 26/01/2009.
 Medio: Facultad de Informática, U.P.M.
 URL: <http://www.fi.upm.es/?pagina=827>
- *"Inauguración Observatorio Montegancedo (UPM)"*. 23/01/2009.
 Medio: Blog del IYA-AIA 2009 Universidad Complutense de Madrid.
 URL: <http://iya2009.fis.ucm.es/?q=node/24>
- *"El Proyecto Cíclope Astro gana el segundo premio 2008 de Nuevas Aplicaciones para Internet"*. 16/12/2008.
 Medio: Facultad de Informática, U.P.M.
 URL: <http://www.fi.upm.es/?pagina=807>
- *"Una pantalla al universo"*. 06/09/2008.
 Medio: madridiario.es
 URL: <http://www.madridiario.es/2008/Septiembre/ciencia-tecnologia/noticias/96184/universo-pantalla-ordenador.html>
- *"Colapso en la web de la UPM durante la retransmisión en directo del eclipse"*. 01/08/2008.
 Medio: ElPais.com
 URL: http://www.elpais.com/articulo/sociedad/Colapso/web/UPM/durante/retransmision/directo/eclipse/elppgl/20080801elpepusoc_3/Tes
- *"Medio mundo mira al cielo par ver el eclipse total de Sol"*. 01/08/2008.
 Medio: ABC.es
 URL: <http://www.abc.es/20080801/nacional-sociedad/medio-mundo-mira-cielo-200808011356.html>
- *"El sol se oculta en medio mundo"*. 01/08/2008.
 Medio: elmundo.es
 URL: <http://www.elmundo.es/elmundo/2008/07/30/ciencia/1217428963.html>
- *"El sol se oculta en los cielos del Ártico, China y Siberia"*. 01/08/2008.
 Medio: lavanguardia.es
 URL: <http://www.lavanguardia.es/ciudadanos/noticias/20080801/53511618375/el-sol-se-oculta-en-los-cielos-del-artico-china-y-siberia-madrid-artico-universidad-politecnica-cana.html>

- Vídeo: *"Simulación Eclipse Total Sol. 1 Agosto 2008l. Desde el Sol"*.
Medio: YouTube.com
URL: <http://www.youtube.com/watch?v=MYuiFsJoiEI>
- *"El eclipse de sol del día 1 de agosto podrá seguirse a través de Internet"*. 28/07/2008.
Medio: Facultad de Informática, U.P.M.
URL: <http://www.fi.upm.es/?pagina=731>
- *"Investigadores de la Facultad crean el primer observatorio astronómico robotizado de libre acceso"*. 13/01/2008.
Medio: Facultad de Informática, U.P.M.
URL: <http://www.fi.upm.es/?pagina=607>

Apéndice C

Referencias web

Aquí se incluyen todas las referencias web que han aparecido a lo largo de toda la tesis en los pies de página, separadas por capítulos:

Capítulo 1: Introducción

- ¹Web del proyecto Ciclope: www.ciclope.info
- ²Web de la asignatura Diseño de Sistemas de Control Discreto de Ingeniería Informática: <http://laurel.datsi.upm.es/~ssoo/DSCD/>

Capítulo 2: Estado del arte

- ¹Proyecto BONC: <http://boinc.berkeley.edu>
- ²Proyecto Scientific Commons www.scientificcommons.org
- ³Proyecto Christmas Bird Count www.audubon.org/Bird/cbc/
- ⁴Proyecto Galaxy Zoo www.galaxyzoo.org
- ⁵Proyecto Monarch Larva Monitoring www.mlmp.org
- ⁶Proyecto World Water Monitoring Day www.worldwatermonitoringday.org
- ⁷Laboratorio de Ornitología Cornell <http://www.birds.cornell.edu/>
- ⁸Proyecto Community Collaborative Rain, Hail and Snow Network www.cocorahs.org
- ⁹Proyecto NestWatch www.nestwatch.org
- ¹⁰Proyecto FeederWatch www.birds.cornell.edu/pfw/
- ¹¹Proyecto eBird <http://ebird.org>
- ¹²Proyecto Monarch Watch www.monarchwatch.org
- ¹³Proyecto NatureWatch www.naturewatch.ca

- ¹⁴Proyecto Google Earth <http://earth.google.es>
- ¹⁵Proyecto Genoma Humano www.ornl.gov/sci/techresources/Human_Genome/home.shtml
- ¹⁶Proyecto HapMap www.hapmap.org
- ¹⁷Proyecto de los 1000 Genomas www.1000genomes.org
- ¹⁸Proyecto Genoma Personal www.personalgenomes.org
- ¹⁹Proyecto ArtroImagen www.artroimagen.com
- ²⁰Proyecto Neurocommons <http://neurocommons.org>
- ²¹Observatorio Rasante Virtual de Dave Evans www.coleshillastronomy.co.uk/comets/dvso.htm
- ²²Asociación Americana de Observadores de Estrellas Variables www.aavso.org
- ²³Alianza Internacional del Observatorio Virtual www.ivoa.net
- ²⁴Proyecto The Sloan Digital Sky Survey www.sdss.org
- ²⁵Página de colaboración de la NASA www.nasa.gov/collaborate/26<http://clickworkers.arc.nasa.gov>
- ²⁶Proyecto Clickworkers: <http://clickworkers.arc.nasa.gov>
- ²⁷Informe extraído de <http://www.mityc.es/telecomunicaciones/Espectro/radioacionados>
- ²⁸Estadísticas extraídas de www.ah0a.org
- ²⁹The Radio Amateur Satellite Corporation (AMSAT) www.amsat.org
- ³⁰Amateur Radio aboard the International Space Station www.ariss-eu.org
- ³¹Proyecto GIMPS www.mersenne.org
- ³²Proyecto BOINC <http://boinc.berkeley.edu>
- ³³Web de los 500 mejores supercomputadores www.top500.org
- ³⁴Proyecto SETI@Home <http://setiathome.ssl.berkeley.edu>
- ³⁵Proyecto Einsten@Home <http://einstein.phys.uwm.edu>
- ³⁶Política oficial de Wikipedia <http://es.wikipedia.org/wiki/Wikipedia:Políticas>
- ³⁷Web del Instituto para la Información Científica (ISI) <http://isiwebofknowledge.com>
- ³⁸Fuente: <http://alexa.com/topsites/global> (21 de Abril de 2009)
- ³⁹Proyecto Google Docs <http://docs.google.com>
- ⁴⁰Proyecto Writeboard www.writeboard.com
- ⁴¹Iniciativa de Accesibilidad Web www.w3.org/WAI/
- ⁴²Feed Validator <http://beta.feedvalidator.org>

- ⁴³Servicio de validación de feeds del W3C <http://validator.w3.org/feed/>
- ⁴⁴Plataforma de aprendizaje en línea Moodle <http://moodle.org>
- ⁴⁵Plataforma de aprendizaje en línea .LRN <http://dotlrn.org>
- ⁴⁶Grupo de Sistemas Inteligentes y Cooperativos de la ETSIT de Valladolid <http://gsic.tel.uva.es>
- ⁴⁷Página del proyecto COLLAGE <http://ulises.tel.uva.es/collage/>
- ⁴⁸Herramienta de diseño de entornos CSCL Bersatide <http://hera.fed.uva.es/~ivan/bersatide/>
- ⁴⁹Portal del sitio de noticias Slashdot <http://slashdot.org>
- ⁵⁰Wikibooks, wiki con libros de contenido libre: <http://wikibooks.org>
- ⁵¹Wikiversity, wiki de contenido académico libre: <http://en.wikiversity.org>
- ⁵²Wiktionary, diccionario colaborativo de contenido libre: <http://en.wiktionary.org>
- ⁵³Proyecto National Schools' Observatory www.schoolsobservatory.org.uk
- ⁵⁴Telescopio Robótico Bradford www.telescope.org
- ⁵⁵Telescopio EUDOXOS www.wseas.com/eudoxos/
- ⁵⁶Proyecto Faulkes Telescope <http://faulkes-telescope.com>
- ⁵⁷Proyecto MicroObservatory <http://mo-www.harvard.edu/MicroObservatory/>
- ⁵⁸Proyecto SLOOH <http://www.slooh.com>

Capítulo 3: Observatorio astronómico Montegancedo

- ¹Página web del proyecto TAD: www.ot-tad.com
- ²Página web de la estación meteorológica: www.ciclope.info/weather/
- ³Página de la retransmisión del eclipse de sol del 1 de Agosto de 2008: <http://eclipse.cesvima.upm.es/>
- ⁴Página con el desglose de la financiación del proyecto Ciclope: www.ciclope.info/finance_es
- ⁵Página con las condiciones del observatorio Montegancedo: www.ciclope.info/CiclopeAstro/html/conditions.html
- ⁶Página oficial de Google Web Toolkit: <http://code.google.com/webtoolkit/>
- ⁷Una guía de usuario está accesible en: www.ciclope.info/CiclopeAstro/html/manual-astrophotography-es.html
- ⁸La imagen de la figura 3.22 está accesible en la dirección www.ciclope.info/CiclopeAstro/?locale=es#album=44
- ⁹Proyecto MediaWiki www.mediawiki.org Dirección web del wiki del observatorio <http://om.fi.upm.es/wiki/>

Capítulo 4: Descripción de la metodología de la investigación

- ¹Recursos analíticos que utiliza el Journal Citation Report (JCR) para ordenar las revistas científicas. http://isiwebofknowledge.com/products_tools/analytical/jcr/
- ²Explicación del algoritmo de cálculo del karma de Menéame.net y de sus implicaciones en los privilegios de los usuarios. <http://meneame.wikispaces.com/Karma>

Capítulo 6: Conclusiones

- ¹Web de la retransmisión del eclipse de sol del 1 de agosto 2008: <http://eclipse.cesvima.upm.es>
- ²Web de la asociación Shelios: www.shelios.com
- ³CeSViMa: Centro de Supercomputación y Visualización de Madrid: www.cesvima.upm.es
- ⁴Web de la Consejería de los Jóvenes y del Deporte de la Junta de Extremadura: www.juntaex.es/consejerias/jovenes-deporte/
- ⁵Web del Año Internacional de la Astronomía 2009: www.astronomia2009.es
- ⁶Web con la descripción del concurso de fotografía de la Estación Espacial Internacional: <http://www.astrocam.es/index.php?id=54>

Bibliografía

- [Al-Yahya, 2009] Al-Yahya, M., *Using Wikis to Support Teamwork Skills in Software Engineering Courses*, CSEET '09. 22nd Conference on Software Engineering Education and Training, pp. 142-149, 17-20 febrero 2009.
- [Anderson, 2004] Anderson, D.P., *BOINC: a system for public-resource computing and storage*, Proceedings. Fifth IEEE/ACM International Workshop on Grid Computing, pp. 4-10, 8 noviembre 2004.
- [Anderson y Reed, 2009] Anderson, D.P.; Reed, K., *Celebrating Diversity in Volunteer Computing*, HICSS '09. 42nd Hawaii International Conference on System Sciences, pp. 1-8, 5-8 enero 2009.
- [Anderson C., 2006] Anderson, C., *The Long Tail: How Endless Choice is Creating Unlimited Demand*. Random House Business Books, London, Great Britain, 2006.
- [ASF, 2009] Funcionamiento de la fundación de software Apache. [Online] Disponible: <http://www.apache.org/foundation/how-it-works.html>
- [Astrocam, 2009] Web de la Red de Astrofísica de la Comunidad de Madrid. [Online] Disponible: <http://www.astrocam.es>
- [Astrónomos, 2009] Artículo en el Periódico.com: "*Astrónomos domésticos*". Última consulta: 12-12-2008. [Online] Disponible: http://www.elperiodico.com/default.asp?idpublicacio_PK=46&idioma=CAS&idnoticia_PK=570921&idseccio_PK=1021
- [Barbosa et al., 2008] Barbosa, J.; Hahn, R.; Barbosa, D.N.F.; Geyer, C.F.R., *Learning in Small and Large Ubiquitous Computing Environments*, EUC '08. IEEE/IFIP International Conference on Embedded and Ubiquitous Computing, vol. 1, pp. 401-407, 17-20 diciembre 2008.
- [Barchini, 2005] Barchini G., *Métodos "I + D" de la Informática*. Revista de Informática Educativa y Medios Audiovisuales, año 1, vol. 2, nº 5. pp: 9, 2005.
- [Bhattacharya y Hartnett, 2007] Bhattacharya, M.; Hartnett, M., *E-portfolio assessment in higher education*, FIE '07. 37th Annual Frontiers In Education Conference - Global Engineering: Knowledge Without Borders, Opportunities Without Passports, pp. T1G-19-T1G-24, 10-13 octubre 2007.
- [Berners-Lee, 1989] Berners-Lee, T. (1989). *Information management: A proposal*. CERN. [Online] Disponible: <http://www.w3.org/History/1989/proposal.html>

- [Beyene et al., 2008] Beyene, Y.; Faloutsos, M.; Duen Horng Chau; Faloutsos, C., *The eBay graph: How do online auction users interact?*, IEEE INFOCOM Workshops, pp. 1-6, 13-18 abril 2008.
- [Bianchini et al., 2003] Bianchini, M.; Gori, M.; Scarselli, F., "PageRank and Web communities," WI 2003. Proceedings. IEEE/WIC International Conference on Web Intelligence, pp. 365-371, 13-17 octubre 2003.
- [BOINC, 2009] Web del proyecto BOINC: Berkeley Open Infrastructure for Network Computing. Software open-source para computación voluntaria y computación grid. [Online] Disponible: <http://boinc.berkeley.edu/>
- [Bonacich, 1987] Bonacich, P. (1987). *Power and centrality: A family of measures*. American Journal of Sociology, 92, pp. 1170-1182.
- [Brandes, 2008] Brandes, U., *Social network analysis and visualization [Applications Corner]*, IEEE Signal Processing Magazine, vol. 25, nº 6, pp. 147-151, noviembre 2008.
- [Brin y Page, 1998] Brin, S. and Page, L. (1998) *The Anatomy of a Large-Scale Hypertextual Web Search Engine*. Seventh International World-Wide Web Conference (WWW 1998), April 14-18, 1998, Brisbane, Australia. [Online] Disponible: <http://infolab.stanford.edu/~backrub/google.html>
- [Bru et al., 2005] Bru, R.; Pedroche, F.; Szyld, D., *Cálculo del vector pagerank de Google mediante el método aditivo de Schwarz*. Congreso de Métodos Numéricos en Ingeniería, Granada, 4 a 7 de julio, 2005.
- [Bruckman, 2008] Bruckman, A., *Social Support for Creativity and Learning Online*, 2008 Second IEEE International Conference on Digital Games and Intelligent Toys Based Education, pp. 3-7, 17-19 noviembre 2008.
- [Caballe et al., 2008] Caballe, S.; Feldman, J.; Thaw, D., *Supporting Communities of Learning Practice by the Effective Embedding of Information and Knowledge into Group Activity*, CISIS 2008. International Conference on Complex, Intelligent and Software Intensive Systems, pp. 493-498, 4-7 marzo 2008.
- [Carretero et al., 2001] Carretero, J.; García, F.; De Miguel, P.; Pérez, F., *Sistemas Operativos: una visión aplicada. Capítulo 3.7: Planificación*, pp. 102-109. ISBN: 8448130014, año de publicación 2001.
- [Caschera et al., 2009] Caschera, M.C.; Ferri, F.; Grifoni, P.; Guzzo, T., *Multidimensional Visualization System for Travel Social Networks*, ITNG '09. Sixth International Conference on Information Technology: New Generations, pp. 1510-1516, 27-29 abril 2009.
- [Cedazo et al., 2005] Cedazo, R.; Sánchez, F.M., *Ciclope Robot: a remote laboratory for managing an industrial robot in real time*. ICECE05: International Conference on Engineering and Computer Education, 13-16 noviembre 2005.
- [Cedazo et al., 2006a] Cedazo, R.; Sánchez, F.M.; Sebastián, J.M.; Pinazo, A.; Barros, B.; Read, T., *Ciclope Chemical: a remote laboratory to control a spectrograph*. ACE06: Advances in Control Education, 21-23 junio 2006.

- [Cedazo et al., 2006b] Cedazo, R.; López, D.; Sánchez, F.M.; Sebastián, J.M., *Ciclope Astro: Observatorio astronómico robotizado controlado vía web*. XXVII Jornadas de Automática, pp. 454-460, 6-9 septiembre 2006.
- [Cedazo et al., 2007a] Cedazo, R.; López, D.; Sánchez, F.M.; Sebastián, J.M., *Ciclope Astro, el observatorio astronómico libre*. II Congreso Español de Informática. V Jornadas de Enseñanza a través de Internet/Web de la Ingeniería de Sistemas y Automática, pp. 103-108, 11-14 septiembre 2007.
- [Cedazo et al., 2007b] Cedazo, R.; López, D.; Sánchez, F.M.; Sebastián, J.M., *Ciclope Astro, el primer observatorio astronómico robotizado online de libre acceso*. CSCiencia'07: IV Congreso Comunicación Social de la Ciencia, 21-23 noviembre 2007.
- [Cedazo et al., 2008] Cedazo, R.; López, D.; Sánchez, F.M.; Sebastián, J.M., *Ciclope: FOSS for Developing and Managing Educational Web Laboratories*. The IEEE Transactions on Education Special Issue "Open-Source Software", vol. 50, nº 4, pp. 325-359.
- [Chao, 2007] Chao, J., *Student Project Collaboration Using Wikis*, CSEET '07. 20th Conference on Software Engineering Education & Training, pp. 255-261, 3-5 julio 2007.
- [Chao Wu, 2008] Chao Wu, *Visualization of Tag Sequence*, 2008 International Conference on Computer Science and Software Engineering, vol. 5, pp. 341-344, 12-14 diciembre 2008.
- [Chatti et al., 2007] Chatti, M.A.; Klamma, R.; Jarke, M.; Naeve, A., *The Web 2.0 Driven SECI Model Based Learning Process*, ICALT 2007. Seventh IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies, 2007. pp. 780-782, 18-20 julio 2007.
- [Choi et al., 2008] Choi, J.Y.; Rosen, J.; Maini, S.; Pierce, M.E.; Fox, G.C., *Collective Collaborative Tagging System*, GCE '08 Grid Computing Environments Workshop, pp. 1-7, 12-16 noviembre 2008.
- [Wagner et al, 2007] Wagner, C.; Prasarnphanich, P., *Innovating Collaborative Content Creation: The Role of Altruism and Wiki Technology*, HICSS 2007. 40th Annual Hawaii International Conference on System Sciences, pp. 18-18, enero 2007.
- [Chung-Yi et al., 2007] Chung-Yi Weng; Wei-Ta Chu; Ja-Ling Wu, *Movie Analysis Based on Roles' Social Network*, IEEE International Conference on Multimedia and Expo, pp. 1403-1406, 2-5 julio 2007.
- [CiclopeAstro, 2009] Página de desarrollo del proyecto Ciclope Astro. Web 2.0 para controlar un Observatorio Astronómico. [Online] Disponible: <http://sourceforge.net/projects/castro>
- [COLDEX, 2009] Proyecto europeo COLDEX: Collaborative Learning and Distributed Experimentation. [Online] Disponible: <http://www.coldex.info>
- [ComScore, 2009] Nota de prensa. Fuente: ComScore. *Tuentsi Most Popular Social Networking Site in Spain*. [Online] Disponible: <http://www.comscore.com/press/release.asp?press=2733>
- [Cross, 2009] Cross J., *Informal Learning: Rediscovering the Natural Pathways That Inspire Innovation and Performance*. [Online] Disponible: <http://internettime.pbwiki.com/The%20Book>

- [Dawn, 1997] Dawn, A. *Fossil marine reptiles of the Peterborough brick pits*. *Merican Geologist*, 14, (2), 90-93.
- [de Kool et al., 2008] de Kool, D.; van Wamelen, J., *Web 2.0: A New Basis for E-Government?*, ICTTA 2008. 3rd International Conference on Information and Communication Technologies: From Theory to Applications, pp. 1-7, 7-11 abril 2008.
- [Dezhen et al., 2008] Dezhen Song; Ni Qin; Yiliang Xu; Chang Young Kim; Luneau, D.; Goldberg, K., *System and algorithms for an autonomous observatory assisting the search for the Ivory-Billed Woodpecker*, CASE 2008. IEEE International Conference on Automation Science and Engineering, pp. 200-205, 23-26 agosto 2008.
- [DMK, 2009] *Instrucciones de uso de la cámara DMK a través de la interfaz web*. [Online] Disponible: <http://om.fi.upm.es/html/manual-astrophotography-es.html>
- [Dormido et al., 2005] Dormido, S.; Farias, G.; Sanchez, J.; Esquembre, F., *Adding interactivity to existing Simulink models using Easy Java Simulations*, CDC-ECC '05. 44th IEEE Conference on Decision and Control European Control Conference, pp. 4163-4168, 12-15 diciembre 2005.
- [Downes, 2005] Downes, S., *E-Learning 2.0*. October 16, 2005. eLearn Magazine (C - Publications in Trade Journals (invited article)) Association for Computing Machinery. [Online] Disponible: <http://www.elearnmag.org/subpage.cfm?section=articles&article=29-1>
- [Du y Wagner, 2007] Du, H.S.; Wagner, C., *Learning With Weblogs: Enhancing Cognitive and Social Knowledge Construction*, IEEE Transactions on Professional Communication, vol. 50, n^o 1, pp. 1-16, marzo 2007.
- [Duro et al., 2008] Duro, N.; Dormido, R.; Vargas, H.; Dormido-Canto, S.; Sanchez, J.; Farias, G.; Dormido, S.; Esquembre, F., *An Integrated Virtual and Remote Control Lab: The Three-Tank System as a Case Study*, Computing in Science & Engineering, vol. 10, n^o 4, pp. 50-59, julio - agosto 2008.
- [Dwyer, 2007] Dwyer, C., *Digital Relationships in the "MySpace" Generation: Results From a Qualitative Study*, HICSS 2007. 40th Annual Hawaii International Conference on System Sciences, pp. 19, enero 2007.
- [Ebner, 2007] Ebner, Martin. *E-Learning 2.0 = e-Learning 1.0 + Web 2.0?*, ARES 2007. The Second International Conference on Availability, Reliability and Security, pp. 1235-1239, 10-13 abril 2007.
- [EIAA, 2009] Asociación Europea de Publicidad Interactiva. *Estudio europeo anual Mediascope*. [Online] Disponible: <http://eiaa.net/news/eiaa-articles-details.asp?id=188&lang=5>
- [Encarta, 2009] Noticia sobre el cierre de Encarta. [Online] Disponible: http://encarta.msn.com/guide_page_FAQ/FAQ.html
- [Ermecke y Mayrhofer, 2009] Ermecke, R.; Mayrhofer, P.; Wagner, S., *Agents of Diffusion - Insights from a Survey of Facebook Users*, HICSS '09. 42nd Hawaii International Conference on System Sciences, pp. 1-10, 5-8 enero 2009.

- [Facebook, 2009] Artículo: *La democracia llega a Facebook*. [Online] Disponible: http://www.elpais.com/articulo/internet/democracia/llega/Facebook/elpeputec/20090226elpepunet_4/Tes
- [Fielding y Kaiser, 1997] Fielding, R.T.; Kaiser, G., *The Apache HTTP Server Project*, IEEE Internet Computing, vol. 1, n^o 4, pp. 88-90, julio/agosto Aug 1997.
- [Viegas et al., 2007] Viegas, F.B.; Wattenberg, M.; Kriss, J.; van Ham, F., *Talk Before You Type: Coordination in Wikipedia*, HICSS 2007. 40th Annual Hawaii International Conference on System Sciences, pp. 78-78, enero 2007.
- [Freeman, 1979] Freeman, L. C.. *Centrality in social networks: Conceptual clarification*. Social Networks, vol. 1, n^o 3, pp. 215-239, 1979. [Online]. Available: [http://dx.doi.org/10.1016/0378-8733\(78\)90021-7](http://dx.doi.org/10.1016/0378-8733(78)90021-7)
- [Garrido et al., 2008] Garrido, F.; Lara, T., *Perfil del blogger hispano. III Encuesta a Bloggers*. Revista Diálogos de la Comunicación, n^o 76, enero-abril 2008. [Online] Disponible: <http://tiscar.com/2008/02/20/perfil-blogger-hispano/>
- [Giurgiu et al., 2008] Giurgiu, L.; Barsan, G.; Mosteanu, D., *Web syndication in educational environment*, 50th International Symposium ELMAR, vol. 2, pp. 353-356, 10-12 septiembre 2008.
- [Gloor y Yan, 2006] Gloor, P.A.; Yan Zhao, *Analyzing Actors and Their Discussion Topics by Semantic Social Network Analysis*, IV 2006. Tenth International Conference on Information Visualization, pp. 130-135, 5-7 julio 2006.
- [Gonzalez-Barbone et al., 2007] Gonzalez-Barbone, V.; Llamas-Nistal, M., *eAssessment: Trends in content reuse and standardization*, FIE '07. 37th Annual Frontiers In Education Conference - Global Engineering: Knowledge Without Borders, Opportunities Without Passports, pp. T1G-11-T1G-16, 10-13 octubre 2007.
- [Grau y Bolea, 2006] Grau, A.; Bolea, Y., *Virtual Laboratory for Modeling Systems: A Sustainable Approach*, IECON 2006 - 32nd Annual Conference on Industrial Electronics, pp. 478-483, 6-10 noviembre 2006.
- [Guozhen et al., 2005] Guozhen Zhang; Qun Jin; Man Lin, *A framework of social interaction support for ubiquitous learning*, AINA 2005. 19th International Conference on Advanced Information Networking and Applications, vol. 2, pp. 639-643 vol. 2, 28-30 marzo 2005.
- [Hamburg y Hall, 2008] Hamburg, I.; Hall, T., *Informal learning and the use of Web 2.0 withing SME training strategies*. eLearning Papers, N^o. 11, 2008. [Online] Disponible: <http://www.elearningeuropa.info/files/media/media17541.pdf>
- [Hanneman y Riddle, 2005] Hanneman R.; Riddle M., *Introduction to Social Network Methods*. Riverside, CA: Universidad de California. [Online] Disponible: <http://www.faculty.ucr.edu/~hanneman/nettext/>
- [Heer y Boyd, 2005] Heer J.; Boyd, D., *Vizster: Visualizing Online Social Networks*, INFOVIS 2005. IEEE Symposium on Information Visualization, pp. 32-39, 23-25 octubre 2005.

- [Hernández et al., 2007] Hernández Leo, D., Bote Lorenzo, M.L., Asensio Pérez, J.I., Gómez Sánchez, E., Villasclaras Fernández, E.D., Jorrín Abellán, I.M., Dimitriadis, Y. *Free and Open Source Software for a Course on Network Management: Authoring and Enactment of Scripts based on Collaborative Learning Strategies*. IEEE Transactions on Education, vol. 50, n^o 4, pp. 292-301, noviembre 2007.
- [Ho et al., 2009] Ho, Ai; Maiga, Abdou; Aimeur, Esma, *Privacy protection issues in social networking sites*, AICCSA 2009. IEEE/ACS International Conference on Computer Systems and Applications, pp. 271-278, 10-13 mayo 2009.
- [Hoyer et al., 2008] Hoyer, V.; Stanoesvka-Slabeva, K.; Janner, T.; Schroth, C., *Enterprise Mashups: Design Principles towards the Long Tail of User Needs*, SCC '08. IEEE International Conference on Services Computing, vol. 2, pp. 601-602, 7-11 julio 2008.
- [Hui, 2008] Hui Deng, *A Case Study on Undergraduates' Informal Learning Supported by QQ*, 2008 International Conference on Computer Science and Software Engineering, vol. 5, pp. 649-654, 12-14 diciembre 2008.
- [Hy-Jeong et al., 2008] Hyo-Jeong Kwon; Hwa-Sei Lee; Doo-Heon Song; Chee-Yong Kim, *Toward a Linkography Design Visualization Tool on Web 2.0 Social Network Type Interface*, WI-IAT '08. IEEE/WIC/ACM International Conference on Web Intelligence and Intelligent Agent Technology, vol. 3, pp. 377-380, 9-12 diciembre 2008.
- [INE, 2008] Instituto Nacional de Estadística. Encuesta sobre equipamiento y uso de TIC en los hogares. [Online] Disponible: <http://www.ine.es/prensa/np517.pdf>
- [Ishikawa et al., 2008] Ishikawa, M.; Geczy, P.; Izumi, N.; Yamaguchi, T., *Long Tail Recommender Utilizing Information Diffusion Theory*, WI-IAT '08. IEEE/WIC/ACM International Conference on Web Intelligence and Intelligent Agent Technology, vol.1, pp. 785-788, 9-12 diciembre 2008.
- [Jai y Rajiv, 2007] Jai Asundi; Rajiv Jayant, *Patch Review Processes in Open Source Software Development Communities: A Comparative Case Study*, HICSS 2007. 40th Annual Hawaii International Conference on System Sciences, pp. 166c, enero 2007.
- [Jalil et al., 2006] Jalil, R.I.; Arancibia D.B.; Simons M.B.; Paz S.; Aguilar O.D.; Torrejón E.S., *Learning Objects. Evolución Histórica*. IV Conferencia Internacional en Tecnologías de Comunicación e Información y Multimedia en la Educación. Current Developments in Technology-Assisted Education. Badajoz, España, 2006.
- [Jara et al., 2009] Jara, C.; Candelas, F. A.; Torres, F.; Dormido, S.; Esquembre, F.; Reinoso, O., *Real-Time collaboration of virtual laboratories through the Internet*. Computers & Education, 52, pp. 126-140, 2009.
- [Javanmardi y Lopes, 2007] Javanmardi, S.; Lopes, C.V., *Modeling trust in collaborative information systems*, CollaborateCom 2007. International Conference on Collaborative Computing: Networking, Applications and Worksharring, pp. 299-302, 12-15 noviembre 2007.
- [Jensen y Scacchi, 2005] Jensen, C.; Scacchi, W., *Collaboration, Leadership, Control, and Conflict Negotiation and the Netbeans.org Open Source Software Development Community*, HICSS '05. Proceedings of the 38th Annual

- Hawaii International Conference on System Sciences, pp. 196b, 3-6 enero 2005.
- [Jia et al., 2008] Jia Zhang; Karim, M.; Akula, K.; Ariga, R., *Design and Development of a University-Oriented Personalizable Web 2.0 Mashup Portal*, ICWS '08. IEEE International Conference on Web Services, pp. 417-424, 23-26 septiembre 2008.
- [Jianping et al., 2009] Jianping Fan; Keim, D.A.; Yuli Gao; Hangzai Luo; Zongmin Li, *Just-Click: Personalized Image Recommendation via Exploratory Search From Large-Scale Flickr Images*, IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, vol. 19, nº 2, pp. 273-288, febrero 2009.
- [Kafensky, 2005] Kafensky B., *Mars clickworkers results*, 2005. [Online] Disponible: <http://clickworkers.arc.nasa.gov/results>
- [Karampiperis et al., 2005] Karampiperis, P.; Sampson, D., *Towards next generation activity-based Web-based educational systems*, ICALT 2005. Fifth IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies, pp. 868-872, 5-8 julio 2005.
- [Ketterl et al., 2008] Ketterl, M.; Mertens, R.; Vornberger, O., *Web Lectures and Web 2.0*, ISM 2008. Tenth IEEE International Symposium on Multimedia, pp. 720-725, 15-17 diciembre 2008.
- [Klein, 2007] Klein, M., *Achieving Collective Intelligence via Large-Scale On-line Argumentation*, ICIW '07. Second International Conference on Internet and Web Applications and Services, pp. 58-58, 13-19 mayo 2007.
- [Koren et al., 2007] Koren Y.; North S.; Volinsky C., *Measuring and extracting proximity graphs in networks*. International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining, vol. 1, nº 3, diciembre 2007.
- [Koris et al., 2008] Koris, N.J.; Hoddinott, A.P.; Kok Leong Ong, *Using Web 2.0 applications to deliver innovative services on the internet*, 2008 International Conference on Service Systems and Service Management, pp. 1-4, 30 junio - 2 julio 2008.
- [Lam y Wu, 2009] Lam, Hon Wai; Wu, Chen, *Finding Influential eBay Buyers for Viral Marketing A Conceptual Model of BuyerRank*, AINA '09. International Conference on Advanced Information Networking and Applications, pp. 778-785, 26-29 mayo 2009.
- [Land et al., 2008] Land, K.; Slosar, A.; Lintott, C.; Andreescu, D.; Bamford, S.; Murray, P.; Nichol, R.; Raddick, M. J.; Schawinski, K.; Szalay, A.; Thomas, D.; Vandenberg, J., *Galaxy Zoo: The large-scale spin statistics of spiral galaxies in the Sloan Digital Sky Survey*. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society (Aceptado para publicación).
- [Langville y Meyer, 2006] Langville, A.; Meyer, C., *Google's PageRank and Beyond. The science of search engine rankings*. Capítulos 4-6. Princeton. 2006.
- [Leitner y Grechenig, 2009] Leitner, P.; Grechenig, T., *Scalable Social Software Services: Towards a Shopping Community Model Based on Analyses of Established Web Service Components and Functions*, HICSS '09. 42nd Hawaii International Conference on System Sciences, pp. 1-10, 5-8 enero 2009.

- [Li Yan et al., 2008] Li Yan; Jiumin Yang; Weijun Wang, *Using Web 2.0 for Knowledge Management in Higher Education*, KAM '08. International Symposium on Knowledge Acquisition and Modeling, pp. 419-423, 21-22 diciembre 2008.
- [Ling-Ling et al., 2009] Ling-Ling Wu; Luesukprasert, L.; Lee, L., *Research and the Long Tail: A Large-Scale Citation Analysis*, HICSS '09. 42nd Hawaii International Conference on System Sciences, pp. 1-10, 5-8 enero 2009.
- [Longo et al., 2007] Longo, Luca; Dondio, Pierpaolo; Barrett, Stephen, *Temporal factors to evaluate trustworthiness of virtual identities*, SecureComm 2007. Third International Conference on Security and Privacy in Communications Networks and the Workshops, pp. 11-19, 17-21 septiembre 2007.
- [López et al., 2006] López, D.; Cedazo, R.; Sánchez, F.M.; Sebastián, J.M., *Ciclope Astro CCD: A Webcam Astrophotography Tool for a Remote Astronomical Observatory*. m-ICTE2006: IV International Conference on Multimedia and ICTs in Education. Sevilla, España, 22-25 Noviembre 2006.
- [López et al., 2007] López, D.; Cedazo, R.; Sánchez, F.M.; Sebastián, J.M., *Ciclope Robot: A Remote Laboratory for Teaching Embedded Real Time Systems*. IEEE International Symposium on Industrial Electronics. Vigo, España, 4-7 Junio 2007.
- [López et al., 2009] López, D.; Cedazo, R.; Sánchez, F.M.; Sebastián, J.M., *Ciclope Robot: Web-based System to Remote Programming an Embedded Real Time System*. The IEEE Transactions on Industrial Electronics Special Issue "e-Learning and Remote Laboratories within Engineering Education".
- [Lopez-Nores et al., 2008] Lopez-Nores, M.; Pazos-Arias, J.J.; Blanco-Fernandez, Y.; Garcia-Duque, J.; Tubio-Pardavila, R.; Casquero-Villacorta, E., *MiSPOT: Enhanced Availability and Quality in Delivering Personalized M-Learning Linked to TV Programs*, ICALT '08. Eighth IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies, 2008, pp. 617-619, 1-5 julio 2008.
- [LX200, 2002] Meade Telescope Serial Command Protocol, revisión L, octubre 2002. [Online] Disponible: www.meade.com/support/LX200CommandSet.pdf
- [Mohammed et al., 2008] Mohammed, S.; Orabi, A.; Fiaidhi, J.; Passi, K., *Developing a Web 2.0 RESTful Cocoon Web Services for Telemedical Education*, International Symposium on Applications and the Internet, pp. 309-312, 28 julio-1 agosto 2008.
- [NASA, 2009] Página web con los proyectos colaborativos de la NASA. [Online] Disponible: <http://www.nasa.gov/collaborate/index.html>
- [Nasr et al., 2008] Nasr, Amir Ahmad; Ariffin, Mazeyanti M., *Blogging as a means of knowledge sharing: Blog communities and informal learning in the blogosphere*, ITSIM 2008. International Symposium on Information Technology, vol. 2, pp. 1-5, 26-28 agosto 2008.
- [Netcraft, 2009] Estudio de Netcraft. *March 2009 Web Server Survey*. [Online] Disponible: http://news.netcraft.com/archives/2009/03/15/march_2009_web_server_survey.html

- [Newman, 2004] M. E. J. Newman. *Fast algorithm for detecting community structure in networks*. Physics and Society. 2004.
- [Ohta et al., 2005] Ohta, Y.; Nakano, H.; Suzuki, K.; Kiyama, T.; Shimizu, T.; Noguchi, C.; Kita, T.; Akiyama, H., *Practical study of instructional environments for lifelong e-learning*, ITHET 2005. 6th International Conference on Information Technology Based Higher Education and Training, pp. T4B/6-T4B11, 7-9 julio 2005.
- [Okoli, 2009] Okoli, C., *A Brief Review of Studies of Wikipedia in Peer-Reviewed Journals*, ICDS '09. Third International Conference on Digital Society, pp. 155-160, 1-7 febrero 2009.
- [Olleros, 2008] Olleros, F.X., *Learning to Trust the Crowd: Some Lessons from Wikipedia*, International MCETECH Conference on e-Technologies, pp. 212-216, 23-25 enero 2008.
- [O'Reilly, 2004] O'Reilly, Tim. *What Is Web 2.0. Design Patterns and Business Models for the Next Generation of Software*. 2005. [Online]. Disponible: <http://www.oreillynet.com/pub/a/oreilly/tim/news/2005/09/30/what-is-web-20.html>
- [Ortega et al., 2008] Ortega, F.; Gonzalez-Barahona, J.M.; Robles, G., "On the Inequality of Contributions to Wikipedia," Hawaii International Conference on System Sciences, Proceedings of the 41st Annual , vol., no., pp.304-304, 7-10 Jan. 2008
- [Ortega et al., 2009] Ortega, F.; Izquierdo-Cortazar, D.; Gonzalez-Barahona, J.M.; Robles, G., *On the Analysis of Contributions from Privileged Users in Virtual Open Communities*, HICSS '09. 42nd Hawaii International Conference on System Sciences, pp. 1-10, 5-8 enero 2009.
- [Panitz, 2001] Panitz T. (2001), Collaborative versus cooperative learning- a comparison of the two concepts which will help us understand the underlying nature of interactive learning. [Online] Disponible: <http://www.capecod.net/tpanitz/tedspage/tedsarticles/coopdefinition.htm>
- [Paolillo, 2008] Paolillo, J.C., *Structure and Network in the YouTube Core*, Proceedings of the 41st Annual Hawaii International Conference on System Sciences, pp. 156-156, 7-10 enero 2008.
- [Pawlak et al., 2009] Pawlak, P.; Sakowicz, B.; Mazur, P.; Napieralski, A., *Social network application based on Google Web Toolkit*, CADSM 2009. 10th International Conference - The Experience of Designing and Application of CAD Systems in Microelectronics, pp. 461-464, 24-28 febrero 2009.
- [Pentland, 2006] Pentland, A., *Collective intelligence*, IEEE Computational Intelligence Magazine, vol. 1, n^o 3, pp. 9-12, agosto 2006.
- [Phillips et al., 2006] Phillips, T. B., B. Lewenstein, and R. Bonney. 2006. *A Case Study of Citizen Science*. In (C. Donghong, J. Metcalfe, B. Schiele, eds.) *At the Human Scale, International Practices in Science Communication*. Science Press, Beijing.
- [Pierce et al., 2008] Pierce, M.E.; Fox, G.C.; Rosen, J.; Maini, S.; Choi, J.Y., *Social networking for scientists using tagging and shared bookmarks: a Web 2.0 application*, CTS 2008. International Symposium on Collaborative Technologies and Systems, pp. 257-266, 19-23 mayo 2008.

- [Poh-Hean et al., 2008] Poh-Hean Yap; Kok-Leong Ong; Xungai Wang, *Business 2.0: A novel model for delivery of business services*, 2008 International Conference on Service Systems and Service Management, pp. 1-5, 30 junio - 2 julio 2008.
- [Poole, 2004] Poole, D., *Álgebra Lineal. Una Introducción moderna*. Thomson, 2004.
- [Puttaswamy et al., 2008] Puttaswamy, K.; Sala, A.; Zhao, B.Y., *Improving anonymity using social links*, NPSec 2008. 4th Workshop on Secure Network Protocols, pp. 15-20, 19 octubre 2008.
- [Raymond, 1997] Raymond, Eric. *La catedral y el bazar*. Congreso Linux. 22 mayo 1997. Würzburg, Alemania.
- [Resnick et al., 2006] Resnick, P.; Zeckhauser, R.; Swanson, J.; Lockwood, K., *The value of reputation on e-Bay: A controlled experiment*. Experimental Economics, vol. 9, nº 2, junio 2006.
- [Robles, 2006] Robles, G., *Empirical Software Engineering Research on Free/Libre/Open Source Software*, ICSM '06. 22nd IEEE International Conference on Software Maintenance, pp. 347-350, 24-27 septiembre 2006.
- [Rogers, 2004] Rogers, A., *Looking again at non-formal and informal education, towards a new paradigm, the encyclopaedia of informal education*. [Online] Disponible: www.infed.org/biblio/non_formal_paradigm.htm
- [Rollema, 2004] Rollema, D., *Amateur radio emergency network during 1953 flood*. Proceeding of the IEEE, vol. 92, n. 4, pp. 759-762, abril 2004.
- [Sánchez et al., 2003] Sánchez, F.M.; Pinazo, A.; Martínez, R.; Martín, C.; Sebastián, J.M., *Teleoperación de un Telescopio Vía Web*. XXIV Jornadas de Automática. León, España. Septiembre de 2003.
- [Sánchez et al., 2003] Sánchez, F.M.; Ángel, L.; García, D.; Sebastián, J.M., *Realización de Prácticas de Visión por Computador a través de Internet*. Jornada sobre Nuevas Tecnologías en la Innovación Educativa. 25 de Septiembre de 2003.
- [Santamaría, 2005] Santamaría, F. *Herramientas colaborativas para la enseñanza usando tecnologías web: weblogs, redes sociales, wikis, web 2.0*. Octubre 2005. [Online] Disponible: http://www.gabinetedeinformatica.net/descargas/herramientas_colaborativas2.pdf
- [Sebastián et al., 2003] Sebastián, J.M.; García, D.; Sánchez, F.M., *Remote-Access Education Based on Image Acquisition and Processing Through the Internet*. IEEE Transactions on Education, vol. 46, nº 1, pp. 142- 148, febrero 2003.
- [Segaran, 2007] Segaran, T., *Programming collective intelligence : building smart web 2.0 applications*. O'Reilly, 2007. ISBN: 978-0-596-52932-1.
- [Skoric, 2004] Skoric, M., *The amateur radio as a learning technology in developing countries*, Proceedings. IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies, pp. 1029-1033, 30 agosto - 1 septiembre 2004.
- [Stallman, 1996] Stallman, R., *Definición de Software Libre*. 1996. [Online] Disponible: <http://www.gnu.org/philosophy/free-sw.html>

- [Stallman, 2009] Stallman, R., *Filosofía del Proyecto GNU*. Última consulta: 20 mayo 2007. [Online] Disponible: <http://www.gnu.org/philosophy/philosophy.es.html>
- [Sun y Qiu, 2008] Sun Wen-jun; Qiu Hang-ming, *A social network analysis on Blogospheres*, ICMSE 2008. 15th Annual Conference Proceedings., International Conference on Management Science and Engineering, pp. 1769-1773, 10-12 septiembre 2008.
- [Taufe et al., 2006] Taufe, M.; An, C.; Kerstens, A.; Brooks, C.L., *Predictor@Home: A "Protein Structure Prediction Supercomputer" Based on Global Computing*, IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems, vol. 17, nº 8, pp. 786-796, agosto 2006.
- [Taufe et al., 2007] Taufe, M.; Kerstens, A.; Estrada, T.P.; Flores, D.A.; Zamudio, R.; Teller, P.J.; Armen, R.; Brooks, C.L., *Moving Volunteer Computing towards Knowledge-Constructed, Dynamically-Adaptive Modeling and Scheduling*, IPDPS 2007. IEEE International Parallel and Distributed Processing Symposium, pp. 1-8, 26-30 marzo 2007.
- [Thorpe y Albrecht, 2004] Thorpe, J.; Albrecht, C.C.; Characteristics of large group support systems. System Sciences. Proceedings of the 37th Annual Hawaii International Conference, pp. 8, 5-8 enero 2004.
- [Tíscar, 2005] Lara, T., *Blogs para educar. Usos de los blogs en una pedagogía constructivista*. Revista Telos, número 65, octubre-diciembre 2005, pp. 86-93. [Online] Disponible: <http://www.telos.es/articulocuaderno.asp?idarticulo=2&rev=65>
- [Uskov, 2003] Uskov, V., "Innovative Web-lecturing technology: towards open learning environments," Proceedings. ITCC 2003. International Conference on Information Technology: Coding and Computing [Computers and Communications], pp. 32-36, 28-30 abril 2003.
- [Van Reusel et al., 2007] Van Reusel, K.; Yde, P.; De Corte, G., *ICT Learning for Life-Long Learning Environments*, EUROCON, 2007. The International Conference on "Computer as a Tool" , pp. 2433-2437, 9-12 septiembre 2007.
- [van Zwol, 2007] van Zwol, R., *Flickr: Who is Looking?*, IEEE/WIC/ACM International Conference on Web Intelligence, pp. 184-190, 2-5 noviembre 2007.
- [Wellman y Potter, 1997] Wellman, B., & Potter, S. (1997). *The elements of personal community*. In B. Wellman (Ed.), *Networks in the global village*. Norwood, NJ: Ablex.
- [Wenhua et al., 2007] Wenhua Huang; Yuhua Ai; Zhenyu Chen; Qinghua Wu; Hanbin Ouyang; Peifeng Jiao; Zhexing Liu; Chihua Fang, *Computer Supported Cooperative Work (CSCW) for Telemedicine*, CSCWD 2007. 11th International Conference on Computer Supported Cooperative Work in Design, pp. 1063-1065, 26-28 abril 2007.
- [Wiley y Edwards, 2002] Wiley D.A.; Edwards E.K., *Online self-organizing social systems: The decentralized future of online learning*. [Online] Disponible: <http://opencontent.org/docs/ososs.pdf>
- [Wu y Dai, 2008] Wu Kebao; Dai Junxun, *Knowledge Management Technologies in Education*, KAM '08. International Symposium on Knowledge Acquisition and Modeling, pp. 93-97, 21-22 diciembre 2008.

- [Xing y Ghorbani, 2004] Xing, W.; Ghorbani, A., *Weighted PageRank algorithm*, Proceedings. Second Annual Conference on Communication Networks and Services Research, pp. 305-314, 19-21 mayo 2004.
- [Xu Cheng et al., 2008] Xu Cheng; Dale, C.; Jiangchuan Liu, *Statistics and Social Network of YouTube Videos*, IWQoS 2008. 16th International Workshop on Quality of Service, pp. 229-238, 2-4 junio 2008.
- [Yuntao et al., 2008] Yuntao Jia; Hoberock, J.; Garland, M.; Hart, J., *On the Visualization of Social and other Scale-Free Networks*, IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, vol. 14, nº 6, pp. 1285-1292, noviembre-diciembre 2008.
- [Zepeda y Chapa, 2007] Zepeda, J.S.; Chapa, S.V., *From Desktop Applications Towards Ajax Web Applications*, ICEEE 2007. 4th International Conference on Electrical and Electronics Engineering, pp. 193-196, 5-7 septiembre 2007.
- [Zuoliang et al., 2007] Zuoliang Chen; Watanabe, S., *A Case Study of Applying SNA to Analyze CSCL Social Network*, ICALT 2007. Seventh IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies, pp. 18-20, 18-20 julio 2007.