



Universidad
Zaragoza

Proyecto Fin de Carrera
Ingeniería en Informática

Diseño e implementación de un sistema de ejecución de trabajos distribuidos

David Ceresuela Palomera

Director: Javier Celaya

Departamento de Informática e Ingeniería de Sistemas
Escuela de Ingeniería y Arquitectura
Universidad de Zaragoza

Curso 2011/2012
Junio 2012

Resumen

A la hora de ejecutar trabajos en un entorno distribuido la aproximación clásica ha sido bien el uso de un *cluster* de ordenadores o bien el uso de la computación en malla o *grid*. Con la proliferación de entornos *cloud* durante estos últimos años y su facilidad de uso, parece que una nueva opción se abre para la ejecución de este tipo de trabajos.

La computación en *cloud* proporciona capacidad de cálculo, aplicaciones *software* y acceso, gestión y almacenamiento de datos sin requerir del usuario un conocimiento de los detalles internos de la infraestructura del *cloud*. Asimismo, frente a las dos aproximaciones clásicas de ejecución de trabajos, la computación en *cloud* ofrece la capacidad de añadir nodos para la ejecución de trabajos de forma más dinámica. Esta capacidad de aprovisionamiento de nodos de ejecución de manera tan dinámica supone todo un reto a la hora de administrar el *cloud*. Además de la administración, la puesta en marcha de una infraestructura de tipo *cloud* es también un proceso laborioso.

En vista de lo cual, en este proyecto se ha diseñado una solución capaz de automatizar tanto la puesta en marcha como la administración y el mantenimiento de un sistema de ejecución de trabajos distribuidos. Para ello se han estudiado entornos clásicos de ejecución de trabajos como Condor y Torque, entornos de ejecución de trabajos en *cloud* como AppScale y herramientas clásicas de administración de sistemas como Puppet y CFEngine. El objetivo principal de estas herramientas de administración de sistemas es la gestión del nodo. En este proyecto se ha extendido la funcionalidad de una de estas herramientas – Puppet – añadiéndole la capacidad de gestión del *cloud*. Para verificar la solución diseñada se ha hecho uso del laboratorio 1.03b del Departamento de Informática e Ingeniería de Sistemas. Dicho laboratorio ofrece un entorno el que simular, a pequeña escala, funcionalidades similares a las que obtendríamos en un *cloud* a gran escala.

Como resultado de este proyecto se presenta una extensión a la herramienta de configuración Puppet como solución para simplificar de manera notable la puesta en marcha de un sistema de ejecución de trabajos distribuidos así como la administración del mismo.

Índice general

Resumen	i
1 Introducción	1
1.1 Contexto del proyecto	2
1.2 Objetivos	3
1.3 Tecnología utilizada	3
1.4 Organización de la memoria	3
1.5 Agradecimientos	3
2 Metodología	5
2.1 Elección de la herramienta de virtualización <i>hardware</i>	5
2.2 Análisis de las infraestructuras de ejecución de trabajos distribuidos	5
2.3 Elección de la herramienta de gestión de configuración	5
2.4 Extensión de la herramientas de configuración elegida	6
3 Extensión de Puppet para el modelado de una infraestructura distribuida	7
3.1 Modelado del recurso <i>cloud</i>	7
3.2 Funcionamiento del proveedor	7
4 Uso de la extensión aplicado a la infraestructura AppScale	9
4.1 Metamanifiesto	9
4.2 Fichero de roles	9
5 Uso de la extensión aplicado a la infraestructura web de tres niveles	11
5.1 Metamanifiesto	11
5.2 Fichero de roles	12
6 Uso de la extensión aplicado a la infraestructura Torque	13
6.1 Metamanifiesto	13
6.2 Fichero de roles	13
7 Conclusiones	15
Bibliografía	16
A Balanceador de carga	19
A.1 Instalación	19
A.2 Configuración	19
A.3 Ejecución	21
A.4 Versiones	21

B	Servidor web	23
B.1	Instalación	23
B.2	Ejecución	24
B.3	Añadiendo soporte para la base de datos	24
B.4	Versiones	25
C	Base de datos	27
C.1	Instalación	27
C.2	Configuración	27
C.3	Ejecución	28
C.4	Versiones	28

Capítulo 1

Introducción

[Revisar]

La computación en la nube es un nuevo paradigma que pretende transformar la computación en un servicio. Durante estos últimos años la computación en la nube ha ido ganando importancia de manera progresiva ya que la posibilidad de usar la computación como un servicio permite a los usuarios de una aplicación acceder a ésta a través de un navegador web, una aplicación móvil o un cliente de escritorio mientras que la lógica de la aplicación y los datos se encuentran en servidores situados en una localización remota. Esta facilidad de acceso a la aplicación sin necesitar de un profundo conocimiento de la infraestructura es la que, por ejemplo, brinda a las empresas la posibilidad de ofrecer servicios web sin tener que hacer una gran inversión inicial en infraestructura propia. Las aplicaciones alojadas en la nube tratan de proporcionar al usuario el mismo servicio y rendimiento que las aplicaciones instaladas localmente en su ordenador.

A lo largo de este proyecto se han usado tres ejemplos de infraestructuras distribuidas. La primera de ellas es la infraestructura de ejecución de trabajos. Este tipo de infraestructuras está especializada en la ejecución de grandes cargas de trabajo paralelizable e intensivo en computación. Son por lo tanto idóneas para ser usadas en la computación de altas prestaciones. Dentro de esta infraestructura distribuida los ejemplos más claros que podemos encontrar son Condor y Torque.

La segunda infraestructura es la de servicios web en tres capas. Este tipo de infraestructura tiene tres niveles claramente diferenciados: balanceo o distribución de carga, servidor web y base de datos. El balanceador de carga es el encargado de distribuir las peticiones web a los servidores web que se encuentran en el segundo nivel de la infraestructura. Éstos procesarán las peticiones web y para responder a los clientes puede que tengan que consultar o modificar ciertos datos. Los datos de la aplicación se encuentran en el tercer nivel de la estructura, y por consiguiente, cada vez que uno de los elementos del segundo nivel necesite leer información de la base de datos o modificarla, accederá a este nivel. En esta infraestructura no hay un ejemplo de uso que destaque sobre los demás, pero es tan común que cualquier página web profesional de hoy en día se sustenta en una infraestructura similar a ésta.

La tercera y última es AppScale, una implementación *open source* del App Engine de Google. App Engine permite alojar aplicaciones web en la infraestructura que Google posee. Además de presentar esta funcionalidad AppScale también ofrece las APIs de EC2, MapReduce y Neptune. La API de EC2 añade a las aplicaciones la capacidad de interactuar con máquinas alojadas en Amazon EC2. La API de MapReduce permite escribir aplicaciones que hagan uso del *framework* (o paradigma?) MapReduce. La última API, Neptune, añade a App Engine la capacidad de usar los nodos de la infraestructura para ejecutar trabajos. Los trabajos más representativos que

puede ejecutar son: de entrada, de salida y MPI. El trabajo de entrada sirve para subir ficheros (generalmente el código que se ejecutará) a la infraestructura, el de salida para traer ficheros (generalmente los resultados obtenidos después de la ejecución) y el de MPI para ejecutar un trabajo MPI.

La infraestructura necesaria para dar soporte a todas estas APIs ya no es tan sencilla como en los dos casos anteriores. De hecho, las anteriores infraestructuras estarían contenidas en ésta. Hay dos maneras de definir la infraestructura de AppScale. En la primera de ellas se define un despliegue por defecto, en el que un nodo toma el rol de *controller* y el resto de nodos toman el rol de *servers*. El nodo *controller* es el que carga con la responsabilidad de la coordinación y los nodos *servers* son los que llevan cabo la mayor parte del trabajo. La segunda manera de definir la infraestructura es hacerlo a través de un despliegue personalizado. En este despliegue podemos definir con más precisión los roles que queremos que desempeñe un nodo. Entre todos los posibles roles que AppScale ofrece, los más interesantes desde nuestro punto de vista son: *master*, *appengine*, *database*, *login* y *open*.

A lo largo de los últimos años las herramientas de administración de sistemas (o herramientas de gestión de configuración) también han experimentado un considerable avance: con entornos cada vez más heterogéneos y complejos la administración de sistemas complejos de manera manual ya no es una opción. Entre todo el conjunto de herramientas destacan de manera especial Puppet y CFEngine. Puppet es una herramienta de gestión de configuración basada en un lenguaje declarativo: el usuario especifica qué estado debe alcanzarse y Puppet se encarga de hacerlo. CFEngine, también con un lenguaje declarativo, permite al usuario un control más detallado de cómo se hacen las cosas, mejorando el rendimiento a costa de perder abstracciones de más alto nivel.

Sin embargo, estas herramientas de gestión de la configuración carecen de la funcionalidad requerida para administrar infraestructuras distribuidas. Son capaces de asegurar que cada uno de los nodos se comporta de acuerdo a la configuración que le ha sido asignada pero no son capaces de administrar una infraestructura distribuida como una entidad propia. Si tomamos la administración de un *cloud* como la administración de las máquinas virtuales que forman los nodos del mismo nos damos cuenta de que la administración es puramente *software*. Únicamente tenemos que asegurarnos de que para cada nodo de la infraestructura distribuida hay una máquina virtual que está cumpliendo con su función.

1.1 Contexto del proyecto

Para la realización de este proyecto de fin de carrera se ha hecho uso del laboratorio 1.03b de investigación que el Departamento de Informática e Ingeniería de Sistemas posee en la Escuela de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de Zaragoza. Los ordenadores que forman este laboratorio poseen procesadores con soporte de virtualización, lo que permite la creación de diversas máquinas virtuales. La creación de los distintos tipos de cloud que representan cada una de las infraestructuras distribuidas se ha llevado a cabo a través de máquinas virtuales alojadas en distintos ordenadores del laboratorio.

En este laboratorio se ha comprobado la validez de la extensión introducida en la herramienta de gestión de configuraciones Puppet para administración de infraestructuras distribuidas que se ha desarrollado a lo largo de este proyecto de fin de carrera.

1.2 Objetivos

El objetivo de este proyecto es proporcionar una herramienta que facilite la puesta en marcha de infraestructuras distribuidas y su posterior mantenimiento. Las tareas principales en las que se puede dividir este proyecto son:

1. Análisis de las herramientas de administración de virtualización *hardware*.
2. Estudio de algunas de las infraestructuras distribuidas existentes profundizando en la parte relativa a la ejecución de trabajos distribuidos.
3. Investigación de las herramientas de gestión de configuración existentes más relevantes y elección de aquella que mayor facilidad de integración y uso proporcione.
4. Extensión de la herramienta de gestión de configuración para que soporte la puesta en marcha y el mantenimiento de un sistema de ejecución de trabajos distribuidos.

1.3 Tecnología utilizada

Para la elaboración de este proyecto se ha hecho uso de las siguientes tecnologías:

- KVM, QEMU, libvirt y virsh para el soporte y la gestión de las máquinas virtuales.
- Ruby como lenguaje de programación para la extensión de Puppet.
- Shell como lenguaje de programación de los *scripts* de configuración de las máquinas virtuales.
- Sistema operativo Debian para las máquinas del laboratorio y Ubuntu para las máquinas virtuales.
- L^AT_EX [6] para la redacción de esta memoria.

1.4 Organización de la memoria

El resto de este documento queda organizado de la siguiente manera:

Capítulo 2 Metodología seguida durante la realización del proyecto.

Capítulo 3 Extensión de Puppet para gestión de infraestructuras distribuidas.

Capítulo 4 Uso de la extensión de Puppet para gestión de infraestructura AppScale.

Capítulo 5 Uso de la extensión de Puppet para gestión de infraestructura web de tres niveles.

Capítulo 6 Uso de la extensión de Puppet para gestión de infraestructura de trabajos distribuidos.

Capítulo 7 Conclusiones.

1.5 Agradecimientos

Agradecimientos

Capítulo 2

Metodología

[Revisar]

En este capítulo se aborda la metodología seguida a la hora de realizar el proyecto.

2.1 Elección de la herramienta de virtualización *hardware*

A la hora de hacer una virtualización *hardware* hay varias opciones entre las que elegir. Las más ampliamente usadas son Xen y KVM. La principal diferencia entre ambas es que Xen ofrece paravirtualización y KVM ofrece virtualización nativa. La paravirtualización presenta a las máquinas virtuales una interfaz que es similar, pero no idéntica, al hardware de la máquina física en la que se aloja. Todas las llamadas con privilegios deben ser capturadas y traducidas a llamadas al hipervisor. El sistema operativo de la máquina virtual debe ser modificado para hacer estas capturas.

[Figuras, figuras, figuras]

La virtualización nativa permite hacer una virtualización *hardware* completa de manera eficiente. No requiere de ninguna modificación en el sistema operativo de la máquina virtual, pero necesita de un procesador con soporte para virtualización. KVM está incluido como un módulo del núcleo de Linux desde su versión 2.6.20, así que viene incluido por defecto en el sistema operativo de las máquinas del laboratorio.

Como los ordenadores del laboratorio poseen procesadores con extensiones de soporte para virtualización se eligió KVM para dar soporte a las máquinas virtuales. Esto significa que podemos usar cualquier sistema operativo, sin hacer ninguna modificación, para las máquinas virtuales.

2.2 Análisis de las infraestructuras de ejecución de trabajos distribuidos

2.3 Elección de la herramienta de gestión de configuración

Dentro de las herramientas de gestión de configuración, se estudió el uso de CFEngine y Puppet. CFEngine es una herramienta de configuración con un lenguaje declarativo en el que se especifican acciones a realizar para las clases. Está programado en el lenguaje C y ofrece un buen rendimiento y un control detallado de cómo se hacen las cosas. Puppet es una herramienta con un lenguaje declarativo en el que se especifica cuál debe ser el estado de los elementos a configurar. A diferencia de CFEngine, Puppet posee un nivel mayor de abstracción que permite un mejor

modelado de los recursos de un sistema. Por ejemplo, Puppet proporciona tipos para modelar usuarios, grupos, archivos, paquetes y servicios. Está programado en el lenguaje Ruby.

A la hora de realizar una extensión de la funcionalidad, se pensó que sería más fácil hacerla en la herramienta que más abstracción proporcionase y en el lenguaje en el que más fácil fuera modelar esta extensión. Por estas razones se eligió Puppet como la herramienta de gestión de configuración sobre la que hacer la extensión.

2.4 Extensión de la herramientas de configuración elegida

Una vez escogida la herramienta sobre la que se haría la extensión, quedaba por determinar cómo realizarla.

La primera opción que se barajó fue la de usar *Faces* de Puppet. *Faces* es una API para crear subcomandos y acciones dentro de Puppet. Analizada a fondo, esta API no proporcionaba una ventaja muy superior a la ejecución de comandos desde la consola del sistema operativo, y no interesaba crear una abstracción que facilitara el trabajo para posteriormente estar usando continuamente la línea de comandos.

La segunda opción que se barajó fue la de la creación de un tipo y un proveedor para ese tipo. Esta opción sí que presenta una ventaja considerable: podemos usar el tipo para modelar la infraestructura distribuida y podemos usar el proveedor para indicar como iniciar y mantener esa infraestructura. Esta aproximación se acerca más al modelo que usa Puppet, ya que definimos la infraestructura como si fuera un recurso más de los que posee Puppet. Así pues, esta es la aproximación que se tomó para realizar la extensión.

Capítulo 3

Extensión de Puppet para el modelado de una infraestructura distribuida

Extensión de Puppet.

3.1 Modelado del recurso *cloud*

Gramática simple

3.2 Funcionamiento del proveedor

Explicación de lo que hace el proveedor y los problemas que soluciona

Capítulo 4

Uso de la extensión aplicado a la infraestructura AppScale

Extensión de Puppet aplicada a AppScale.

4.1 Metamanifiesto

4.2 Fichero de roles

Capítulo 5

Uso de la extensión aplicado a la infraestructura web de tres niveles

[Revisar]

Una típica arquitectura de servicios web consta de al menos tres niveles: balanceo de carga, servidores web y base de datos. Cada uno de estos niveles está compuesto por al menos un elemento clave: el balanceador de carga, el servidor web y el servidor de base de datos, respectivamente. El balanceador de carga es el punto de entrada al sistema y el que se encarga, como su nombre indica, de repartir las peticiones de los clientes a los distintos servidores web. Los servidores web se encargan de servir las páginas web a los clientes y para ello, dependiendo de las peticiones que hagan los clientes, podrán leer o almacenar información en la base de datos. Para manipular dicha información los servidores web tendrán que comunicarse con el servidor de base de datos, que es el que hará efectiva la lectura y modificación de la información. La arquitectura puede complicarse añadiendo más niveles y añadiendo más elementos a los niveles existentes.

[Figura de la arquitectura]

Para demostrar la validez del modelo desarrollado, además de AppScale también se puede controlar una infraestructura de servicios web. En el ejemplo se ha validado una arquitectura que consta de un balanceador de carga, dos servidores web y un servidor de bases de datos. Como balanceador de carga se ha usado nginx y como servidor de base de datos se ha usado MySQL. La creación de la página web se ha hecho usando el framework Sinatra sobre el servidor web WEBrick. Todos ellos corren sobre máquinas con sistema operativo Ubuntu.

5.1 Metamanifiesto

La sintaxis en el metamanifiesto es fundamentalmente similar a la utilizada en el ejemplo de AppScale: el único campo que cambia sustancialmente es el `type`, que pasa de tener valor `appscale` a tener valor `web`. El resto de campos se comportan como lo hacían en el ejemplo de AppScale: el campo `file` contiene el fichero de descripción de roles, el campo `images` contiene los discos duros de las máquinas virtuales, el campo `domain` contiene el fichero de descripción de la máquina virtual, el campo `pool` contiene el conjunto de máquinas físicas a usar y el campo `ensure` contiene el estado en el que queremos que quede el cloud.

```
| cloud {'mycloud':
```

```
type      => "web",
file      => "/etc/puppet/modules/cloud/files/web-simple.yaml",
images    => ["/var/tmp/dceresuela/lucid-web.img", "/var/tmp/dceresuela
  /lucid-db.img"],
domain    => "/etc/puppet/modules/cloud/files/mycloud-template.xml",
pool      => ["155.210.155.70"],
ensure    => running,
}
```

5.2 Fichero de roles

El contenido del fichero de especificación de roles sí que poseerá valores distintos a los que tenía el ejemplo de AppScale ya que estamos describiendo una arquitectura distribuida distinta. Los nuevos roles que pueden desempeñar las máquinas son:

balancer La máquina que desempeñará el rol de balanceador de carga.

server La lista de máquinas que desempeñarán el rol de servidor web.

database La máquina que desempeñará el rol de servidor de base de datos.

Un ejemplo completo del fichero de especificación de roles tendría un contenido similar a éste:

```
---
:balancer: 155.210.155.175
:server:
- 155.210.155.73
- 155.210.155.178
:database: 155.210.155.177
```

Capítulo 6

Uso de la extensión aplicado a la infraestructura Torque

Extensión de Puppet aplicada a Torque.

6.1 Metamanifiesto

6.2 Fichero de roles

Capítulo 7

Conclusiones

Conclusiones.

Bibliografía

- [1] Puppet labs: The leading open source data center automation solution. <http://www.puppetlabs.com/>.
- [2] J. Arundel. *Puppet 2.7 Cookbook*. PACKT PUB, 2011.
- [3] Navraj Chohan, Chris Bunch, and Sydney Pang. Appscale design and implementation. *Science*, pages 1–17, 2009.
- [4] Navraj Chohan, Chris Bunch, Sydney Pang, Chandra Krintz, Nagy Mostafa, Sunil Soman, and Richard Wolski. Appscale: Scalable and open appengine application development and deployment. In Dimiter R. Avresky, Michel Diaz, Arndt Bode, Bruno Ciciani, and Eliezer Dekel, editors, *CloudComp*, volume 34 of *Lecture Notes of the Institute for Computer Sciences, Social Informatics and Telecommunications Engineering*, pages 57–70. Springer, 2009.
- [5] J. Loope. *Managing Infrastructure With Puppet*. O’Reilly Media, 2011.
- [6] L^AT_EX project team. *L^AT_EX documentation*. <http://www.latex-project.org/guides/>.
- [7] J. Turnbull. *Pulling Strings with Puppet: Configuration Management Made Easy*. Apress Series. Apress, 2008.
- [8] J. Turnbull and J. McCune. *Pro Puppet*. Pro to Expert Series. Apress, 2011.

Apéndice A

Balancedor de carga

Usaremos nginx como balancedor de carga, y no como servidor web, que es la manera más habitual de verlo en funcionamiento.

A.1 Instalación

Para instalar nginx, haz lo siguiente:

```
_ : apt-get update
_ : apt-get upgrade
_ : apt-get install nginx
```

A.2 Configuración

Para configurar nginx debemos añadir la parte de balanceo de carga al fichero de configuración `/etc/nginx/nginx.conf`. Como este fichero no es excesivamente grande, se muestra en su totalidad con la parte modificada resaltada:

```
user www-data;
worker_processes 1;

error_log /var/log/nginx/error.log;
pid /var/run/nginx.pid;

events {
    worker_connections 1024;
    # multi_accept on;
}

http {
    include /etc/nginx/mime.types;

    access_log /var/log/nginx/access.log;

    sendfile on;
    #tcp_nopush on;

    #keepalive_timeout 0;
    keepalive_timeout 65;
    tcp_nodelay on;

    gzip on;
    gzip_disable "MSIE [1-6]\.(?!.*SV1)";

    include /etc/nginx/conf.d/*.conf;
    include /etc/nginx/sites-enabled/*;

    ### Modified
    upstream web_servers {
        server 155.210.155.73:4567;
        server 155.210.155.178:4567;
    }

    server {
        listen 155.210.155.175:80;
        location / {
            proxy_pass http://web_servers;
        }
    }
    ### End of modification
}
```

A.3 Ejecución

Para iniciar nginx haremos uso del script localizado em `/etc/init.d`. Dicho script puede ser usado tanto como para iniciarlo:

```
_ : /etc/init.d/nginx start
```

como para pararlo:

```
_ : /etc/init.d/nginx stop
```

A.4 Versiones

Software	Versión
nginx	0.7.65

Apéndice B

Servidor web

Como servidor web usaremos WEBrick, que es el servidor web que viene por defecto con la instalación de Ruby. Instalando Ruby instalaremos a la vez el servidor web.

B.1 Instalación

Lo primero que hay que hacer es instalar Ruby y rubygems. Para ello, consulta el apéndice (de instalación de Ruby)

Una vez instalado Ruby y rubygems, instalaremos ruby-dev:

```
_ : apt-get install ruby1.8-dev
```

Y ahora instalaremos el soporte necesario para interactuar con la base de datos:

```
_ : apt-get install libmysqlclient-dev
_ : gem install mysql
```

La aplicación web será desarrollada usando Sinatra. Antes de comenzar con la instalación, comprueba que tu versión de rubygems es igual o superior a la 1.3.6. Esto puede hacerse fácilmente de la siguiente manera:

```
_ : gem --version
1.3.6
```

Para instalar Sinatra, haremos lo siguiente:

```
_ : gem install sinatra
Successfully installed rack-1.4.1
Successfully installed rack-protection-1.2.0
Successfully installed tilt-1.3.3
Successfully installed sinatra-1.3.2
4 gems installed
Installing ri documentation for rack-1.4.1...
...
Installing ri documentation for sinatra-1.3.2...
Installing RDoc documentation for rack-1.4.1...
...
Installing RDoc documentation for sinatra-1.3.2...
```

Nota: Puede llevar un tiempo hasta que el proceso de instalación muestre cosas por pantalla.

B.2 Ejecución

Una vez que la instalación ha finalizado, vamos a crear la primera aplicación web. Guarda el siguiente fichero como `web.rb`:

```
1 require 'rubygems'
2 require 'sinatra'
3
4 get '/' do
5   'Hello world!'
6 end
```

y lanza el servidor web:

```
_ : ruby web.rb
```

Nota: Para salir Ctrl + C.

En tu navegador web preferido ve a la dirección `http://localhost:4567` y encontrarás la aplicación web que acabamos de crear.

B.3 Añadiendo soporte para la base de datos

Para interactuar con la base de datos usaremos ActiveRecord. Este componente es parte de Ruby On Rails, pero también existe como una *gem* independiente. Vamos a instalarla:

```
_ : gem install activerecord
```

Ahora vamos a crear una segunda aplicación web. Guarda el siguiente fichero como `web2.rb`:

```
1 require 'rubygems'
2 require 'sinatra'
3 require 'active_record'
4
5 class Article < ActiveRecord::Base
6 end
7
8 get '/' do
9   'Hello there!'
10 end
```

y lanza el servidor web como antes:

```
_ : ruby web2.rb
```

En tu navegador web ve a la dirección `http://localhost:4567` y encontrarás la aplicación web. Muestra lo mismo que la primera aplicación web, pero hemos incluido (aunque no usado) el soporte para la base de datos.

B.4 Versiones

Software	Versión
Ruby	1.8.7
rubygems	1.8.21
Sinatra	1.3.2
ActiveRecord	3.2.3

Apéndice C

Base de datos

Como servidor de base de datos usaremos MySQL.

C.1 Instalación

Para instalar MySQL, haz lo siguiente:

```
_ : apt-get install mysql-server
```

C.2 Configuración

Para configurar los ajustes básicos hay que editar el fichero `/etc/mysql/my.cnf`. Por ejemplo, si vamos a aceptar conexiones de otra máquina, hay que modificar el parámetro `bind_address`. En nuestro caso, lo modificaremos para aceptar conexiones del servidor web:

```
bind_address = 155.210.155.73
```

Nota: Si estás usando Ubuntu 10.04 debido a un bug es mejor que comentes toda la línea `http://ubuntuforums.org/showthread.php?t=1479310`. Además nosotros usaremos dos servidores web, así que mejor la comentamos:

```
#bind_address = 155.210.155.73
```

Vamos a reiniciar el servidor para que los cambios surtan efecto:

```
_ : /usr/bin/service mysql restart
```

Para comprobar que ha sido instalado correctamente, podemos hacer lo siguiente:

```
_ : mysql -u root -p      # Introduce MySQL's root password
Welcome to the MySQL monitor.  Commands end with ; or \g.
Your MySQL connection id is 34
Server version: 5.1.61-0ubuntu0.10.04.1 (Ubuntu)
...
Type 'help;' or '\h' for help. Type '\c' to clear the current input statement.

mysql> CREATE DATABASE mydb;
```

C.3 Ejecución

Para ejecutar el servidor de bases de datos usaremos el programa **service** localizado en **/usr/bin/service**. Sirve tanto como para iniciarlo:

```
_ : /usr/bin/service mysql start
```

como para pararlo:

```
_ : /usr/bin/service mysql stop
```

C.4 Versiones

Software	Versión
mysql	5.1.61