Tema 4. Despliegue de Servicios. Docker

Tecnologías de los Sistemas de Información en la Red

Índice

1. Objetivos

- Introducir el concepto de despliegue de una aplicación distribuida.
- Analizar los problemas derivados de la existencia de dependencias.
- Discutir cómo tratar el despliegue y sus problemas en un sistema genérico.
- Proporcionar herramientas para facilitar el despliegue.
- Aplicación a un caso concreto.

Índice

2. Concepto de despliegue

- **Despliegue:** Actividades que hacen que un sistema software esté preparado para su uso.

  ➡ Actividades relacionadas con la *instalación*, *activación*, *actualización* y *eliminación* de componentes o del sistema completo.

2.1. Despliegue de una aplicación distribuida

- Una aplicación distribuida es una colección de componentes heterogéneos dispersos sobre una red de computadores
  - Muchos componentes, creados por desarrolladores distintos
  - Pueden cambiar de forma rápida e independiente (p.ej., nuevas versiones, etc.)
- Los componentes de la aplicación deben cooperar → existen dependencias entre ellos
- Los nodos pueden ser heterogéneos (distintos equipos, sistemas operativos, etc.), pero cada componente tiene ciertos requisitos para su ejecución.
- Podemos tener requisitos adicionales de seguridad (privacidad, autenticación, etc.)

2.2. Ejemplo de despliegue

Suponemos el patrón *broker* desarrollado en la práctica 2

- Formado por 3 componentes (*client*, *broker*, *worker*) básicamente autónomos
  - Podrían estar desarrollados en lenguajes distintos, por programadores diferentes
- Número variable de instancias de cada componente (ej. varios clientes, o varios trabajadores). Cada instancia:
  - Puede iniciarse/detenerse/reiniciarse con independencia del resto de instancias
  - Falla de forma independiente del resto
  - Tiene una ubicación propia (independiente del resto)

2.2. Ejemplo de despliegue: dependencias y requisitos

- Un cliente
  - Debe conocer la ubicación del *broker* (IP y puerto *frontend*)
  - Debe poseer una identidad única
- Un trabajador
  - Debe conocer la ubicación del *broker* (IP y puerto *backend*)
  - Debe poseer una identidad única
- Todos los componentes requieren determinado entorno de ejecución (NodeJS y ZeroMQ)

2.2. Ejemplo de despliegue: despliegue manual

- Copiar el código fuente de cada componente en aquellas máquinas donde debe ejecutarse una instancia
  - Debemos garantizar que en cada uno de esos nodos está correctamente instalado el software base (NodeJS, ZeroMQ, zmq) con las versiones correctas
- Lanzar las instancias de los distintos componentes en el orden correcto (*broker*, trabajadores, clientes)
  - En la línea de órdenes usada para lanzar cada instancia, indicar los argumentos necesarios (ej. IP y puerto para conectar con el *broker*, identidad, etc.)

Índice

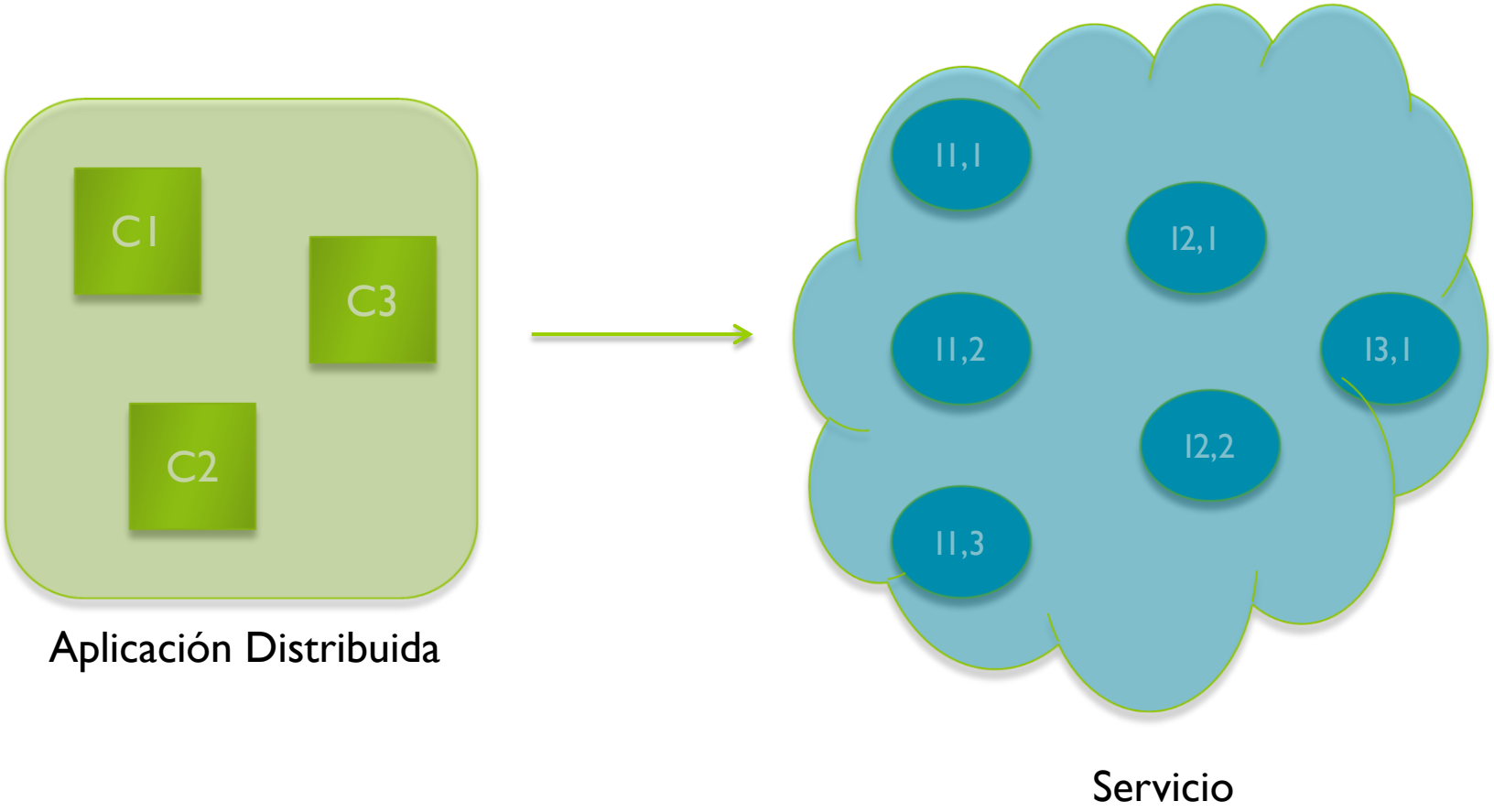
3. Despliegue de un servicio

- Desarrollamos sistemas distribuidos para ofrecer **servicios** (funcionalidad) a clientes remotos
  - Aplicación + Despliegue = Servicio
- Todo servicio establece un SLA (*Service Level Agreement*)
  - Definición funcional (qué hace)
  - Rendimiento (qué capacidad tiene, tiempos esperados de respuesta, ...)
  - Disponibilidad (porcentaje de tiempo en que el acceso al servicio está garantizado)
    - Aunque existen servicios efímeros (disponibles durante cortos periodos de tiempo), nos centramos en los persistentes (disponibilidad continua) Ej. Gmail, Dropbox, ...
- **Desplegar un servicio** = instalación, activación, actualización y adaptación del servicio

3. Despliegue de un servicio

- Instalación y activación.- ejecución del *software*
  - Resolver las dependencias del *software* (ej. bibliotecas, etc.)
  - Configurar el *software* (versiones compatibles, etc.)
  - Determinar el número de instancias de cada componente y su reparto entre los distintos nodos
  - Resolver las dependencias entre agentes (ej. puertos)
  - Establecer el orden en que arrancan los componentes
- Desactivación.- detener el sistema de forma ordenada
- Actualización.- reemplazar componentes (ej. nueva versión)
- Adaptación (sin detener el servicio) tras:
  - Fallo/recuperación de un agente
  - Cambios en la configuración de los agentes
  - Escalado (reacción ante cambios en la carga)

3. Despliegue de un servicio



Aplicación Distribuida

Servicio

Índice

4. Automatización del despliegue

Un despliegue a gran escala no puede hacerse a mano → necesitamos automatización (herramienta)

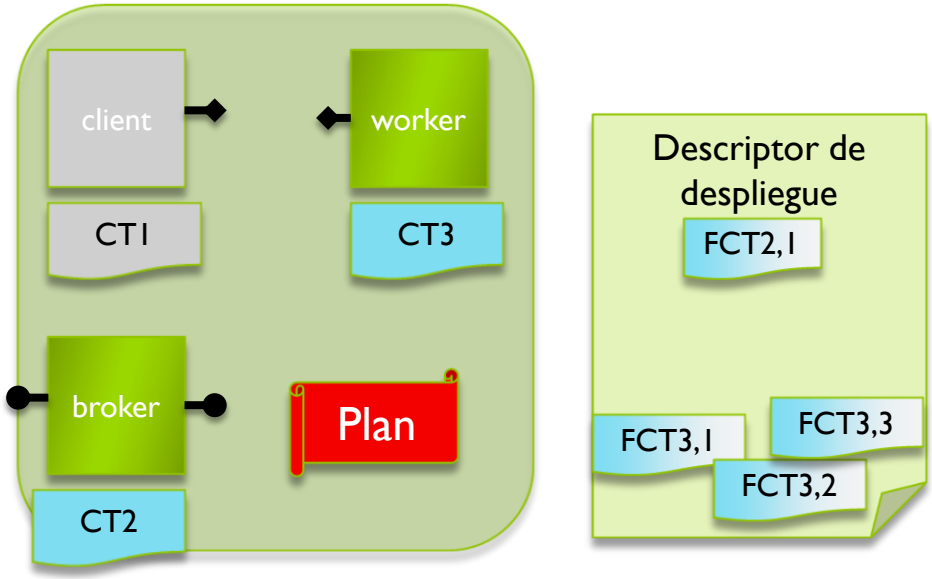
- Configuración para cada componente
  - Fichero con lista de parámetros de configuración y descripciones de dependencias
  - La herramienta genera una configuración específica para cada instancia de dicho componente
- Plan de configuración global
  - Plan de conexión entre componentes (lista *endpoints* expuestos, lista dependencias)
  - Decide dónde colocar cada instancia
  - Enlace ('*binding*') de dependencias (asocia entre *endpoints*, incluyendo dependencias con servicios externos)

4. Automatización: Ejemplo

- Varias instancias de *client*
  - Argumentos frontendURL, id
  - Dependencia respecto a *broker*
- Una instancia de *broker*
  - Argumentos frontendPort, backendPort
- Varias instancias de *worker*
  - Argumentos backendURL, id
  - Dependencia respecto a *broker*
- Plan
  - El orden de arranque es *broker*, *workers*, *clients*
  - Los endpoints son el frontend (externo) y el backend (interno)
  - No habrá dependencias respecto a servicios externos

4. Automatización: Ejemplo

Aplicación distribuida

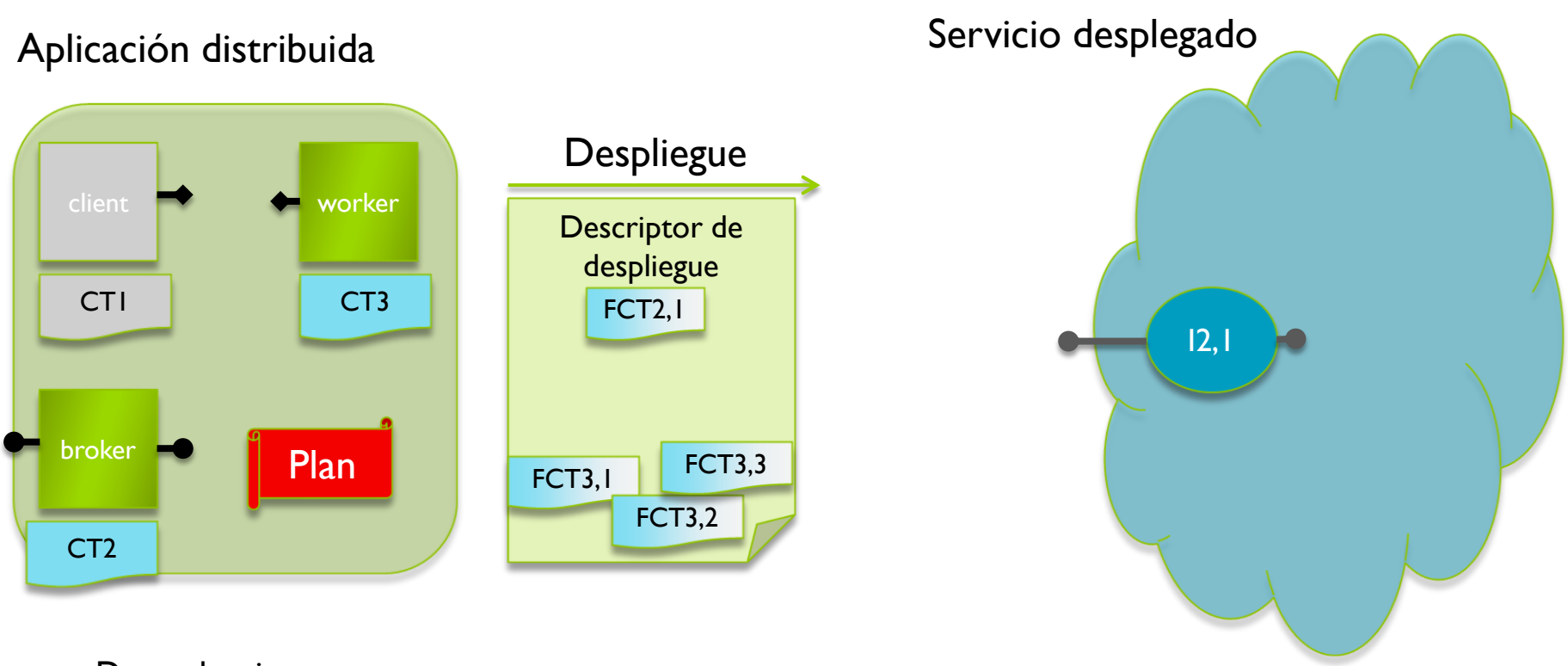


- Dependencia
- Endpoint
- Dependencia resuelta
- Endpoint resuelto
- Endpoint expuesto del servicio

CTi — Plantilla de configuración del componente i

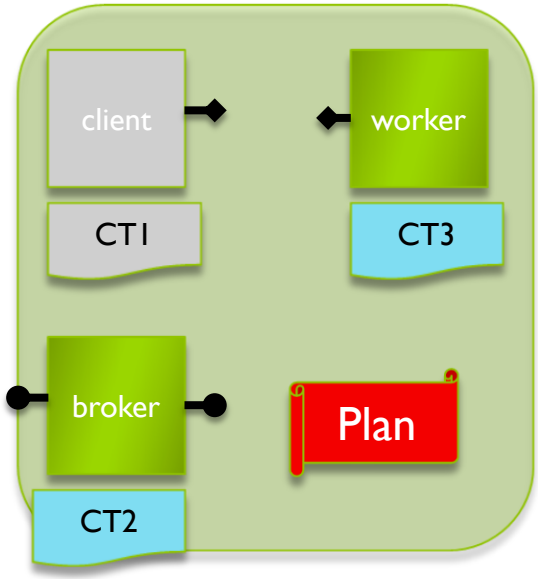
FCTi,j — Plantilla de configuración cumplimentada para la instancia j del componente i

4. Automatización: Ejemplo

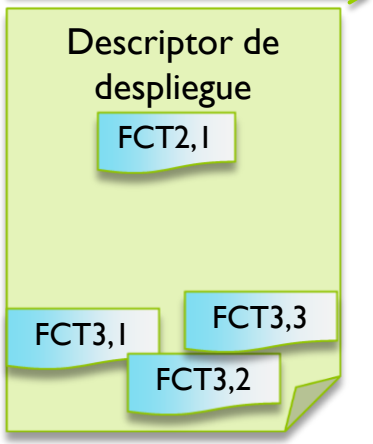


4. Automatización: Ejemplo

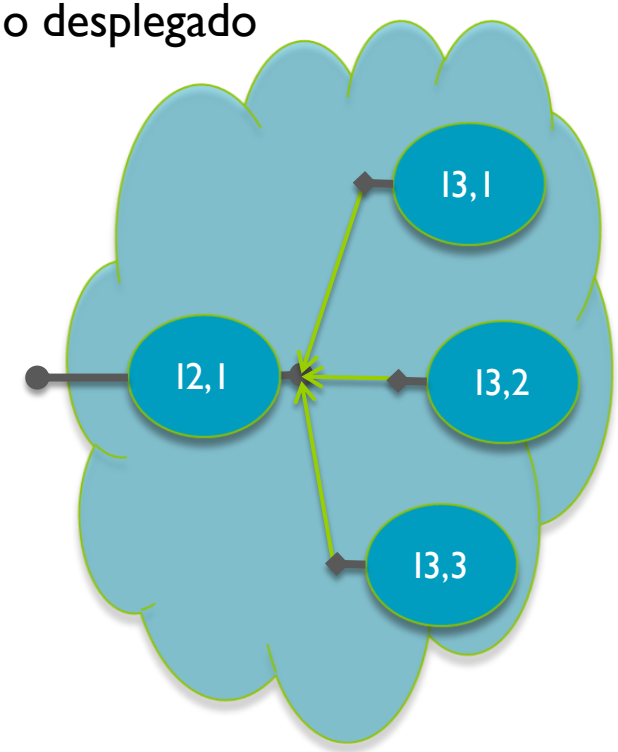
Aplicación distribuida



Despliegue



Servicio desplegado

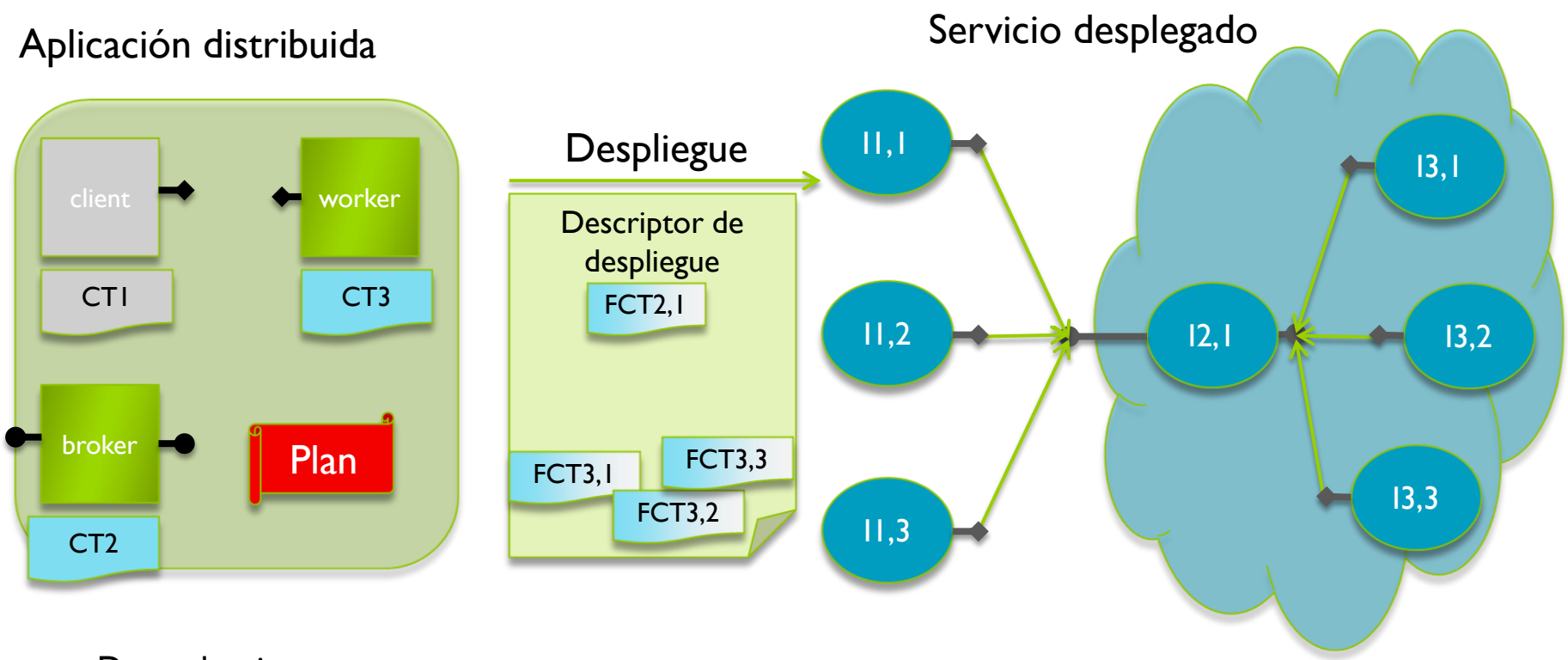


- Dependencia
- Endpoint
- Dependencia resuelta
- Endpoint resuelto
- Endpoint expuesto del servicio

CTi — Plantilla de configuración del componente i

FCTi,j — Plantilla de configuración cumplimentada para la instancia j del componente i

4. Automatización: Ejemplo



4. Automatización del despliegue

Resolución de dependencias. Opciones:

1. El código define la forma de resolver las dependencias
   - Ej. leyendo datos de un fichero, o recibiendo datos en un socket
   - Bajo nivel
2. **Inyección de dependencias** (recomendado)
   - El código de la aplicación expone nombres locales para sus interfaces relevantes
   - El contenedor rellena las variables con instancias de objetos
     - Crea un grafo de las instancias de los componentes del servicio
     - Los arcos del grafo son enlaces dependencia-*endpoint*

Índice

5.1. Despliegue en la nube: IaaS

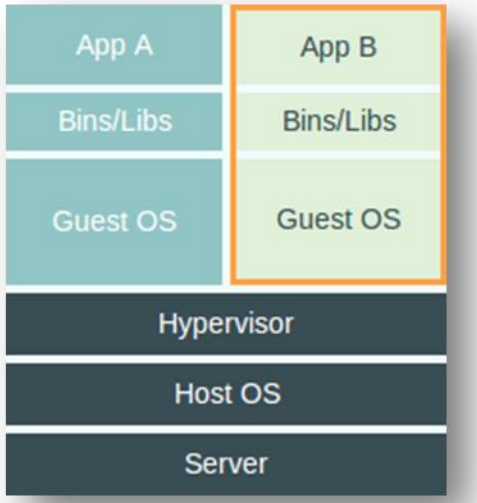
- Se basa en virtualización
  - Máquinas virtuales de distintos tamaños
  - Flexibilidad en la asignación de recursos
- Presenta limitaciones en el despliegue
  - Decisiones de asignación no automáticas (bajo nivel)
    - Número de instancias por componente, ubicación, tipo de MV
  - No permite elegir características red (retardo, ancho de banda)
  - Modelo de fallo insuficiente
    - Los modos de fallo no son realmente independientes
    - Ayuda limitada a la recuperación

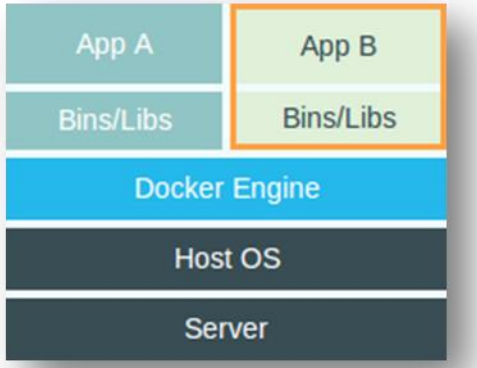
5.2. Despliegue en la nube: PaaS

- SLA como elemento central → parámetros del SLA para todos los componentes
  - Se persigue la automatización del despliegue
    - Planes de despliegue a partir del SLA
    - Planes para actualización/configuración
  - Situación actual
    - Automatización limitada (despliegue inicial, pero no gestión del SLA ni actualizaciones)
    - Microsoft Azure es uno de los más evolucionados

Índice

- **Aprovisionamiento** = reservar la infraestructura necesaria para una aplicación distribuida
  - Recursos para intercomunicación entre instancias
  - Recursos para cada instancia (procesador, memoria, ...). Alternativas:
    - Instancia sobre **MV** → SO + Bibliotecas
    - Instancia sobre **contenedor** (versión ligera de la MV) → Bibliotecas
      - Usa el SO del anfitrión





Suponemos el uso de contenedores en lugar de MV

- Menor flexibilidad
  - El *software* de la instancia ha de ser compatible con SO anfitrión
  - El aislamiento entre contenedores no es perfecto
- Utiliza muchos menos recursos
  - Ej.: desplegamos 100 instancias de un componente cuya ejecución requiere 900MB (SO) + 100MB (resto)
    - con MV: 100*(900MB + 100MB) = 100GB
    - con contenedores: 900MB + 100*100MB = 10.9GB
  - Ahorramos espacio y tiempo (ej. para instalar la imagen)
- Mayor facilidad de despliegue (fichero de configuración)
- Aplicable en casi todos los escenarios

6. Contenedores: Docker

- El fichero de configuración Dockerfile automatiza el despliegue de cada instancia
- Soporta control de versiones (Git)
- Además del sistema de ficheros nativo, define un sistema ficheros de solo lectura para compartición entre contenedores
- Permite cooperación en el desarrollo mediante depósitos públicos

NOTA.- Asumimos que el SO del huésped es Linux (aunque existe Docker para Windows)

Índice

7. Docker: Componentes

1. **Imagen**.- plantilla de solo lectura con las instrucciones para crear un contenedor
   - Ej.- podemos crear una imagen para proporcionar Linux+NodeJS+zmq, a la que denominamos `centos-zmq`
2. **Contenedor**.- Conjunto de recursos que necesita una instancia para ejecutarse. Se crea al ejecutar una imagen
   - Ej.- para probar el código de la práctica 2, ejecutamos cada instancia sobre un contenedor creado a partir de `centos-zmq`
3. **Depósito**.- lugar donde podemos dejar/obtener imágenes (espacio para compartir imágenes)
   - Ej.- Podemos subir la imagen `centos-zmq`, y cualquiera puede bajarla y usarla para crear contenedores

7.1. Docker: Imagen

- En el depósito existen imágenes predefinidas para las distintas distribuciones Linux (ej. imagen `Centos:7.4.1708`)
- Nueva imagen = imagenBase + instrucciones. Ejemplo:
  - `Centos:7.4.1708` + instr. para instalar node → `centos-nodejs`
  - `centos-nodejs` + instr. para instalar zmq → `centos-zmq`
  - `centos-zmq` + … → creamos imágenes para cada componente (*client*, *broker*, *worker*)
- Docker utiliza órdenes desde consola
- Estructura general: **`docker`** `acción opciones argumentos`
  - Información sobre las imágenes a nivel local: **`docker images`**
  - Información sobre una imagen: **`docker history`** `nombreImag`

7.2. Docker. Contenedor

- Crear e iniciar contenedor desde imagen

```
docker run opciones imagen progInicial
```

- Ej. `docker run -i -t centos bash` descarga la imagen `centos`, crea el contenedor, reserva sistema de ficheros, reserva interfaz de red y dirección IP interna, y ejecuta `bash`
  - Las opciones `-i -t` indican modo interactivo (la consola queda abierta y conectada al contenedor)
- Modificamos el contenedor mediante órdenes en modo interactivo desde consola
- Crear nueva imagen a partir del estado actual del contenedor

```
docker commit nombreContenedor nombreImagen
```

7.2. Docker: Contenedor

Operaciones más importantes:

- Arrancar (`start`), detener (`stop`), o reiniciar (`restart`) la ejecución del contenedor
- Eliminar un contenedor ya detenido: `docker rm idContenedor`
- Información sobre los contenedores activos: `docker ps`
- Información sobre un contenedor: `docker inspect idContenedor`

Un contenedor puede acceder a recursos del anfitrión

- Sistema de ficheros

```
docker run ... -v pathAnfitrion:pathContenedor
```

- Puerto

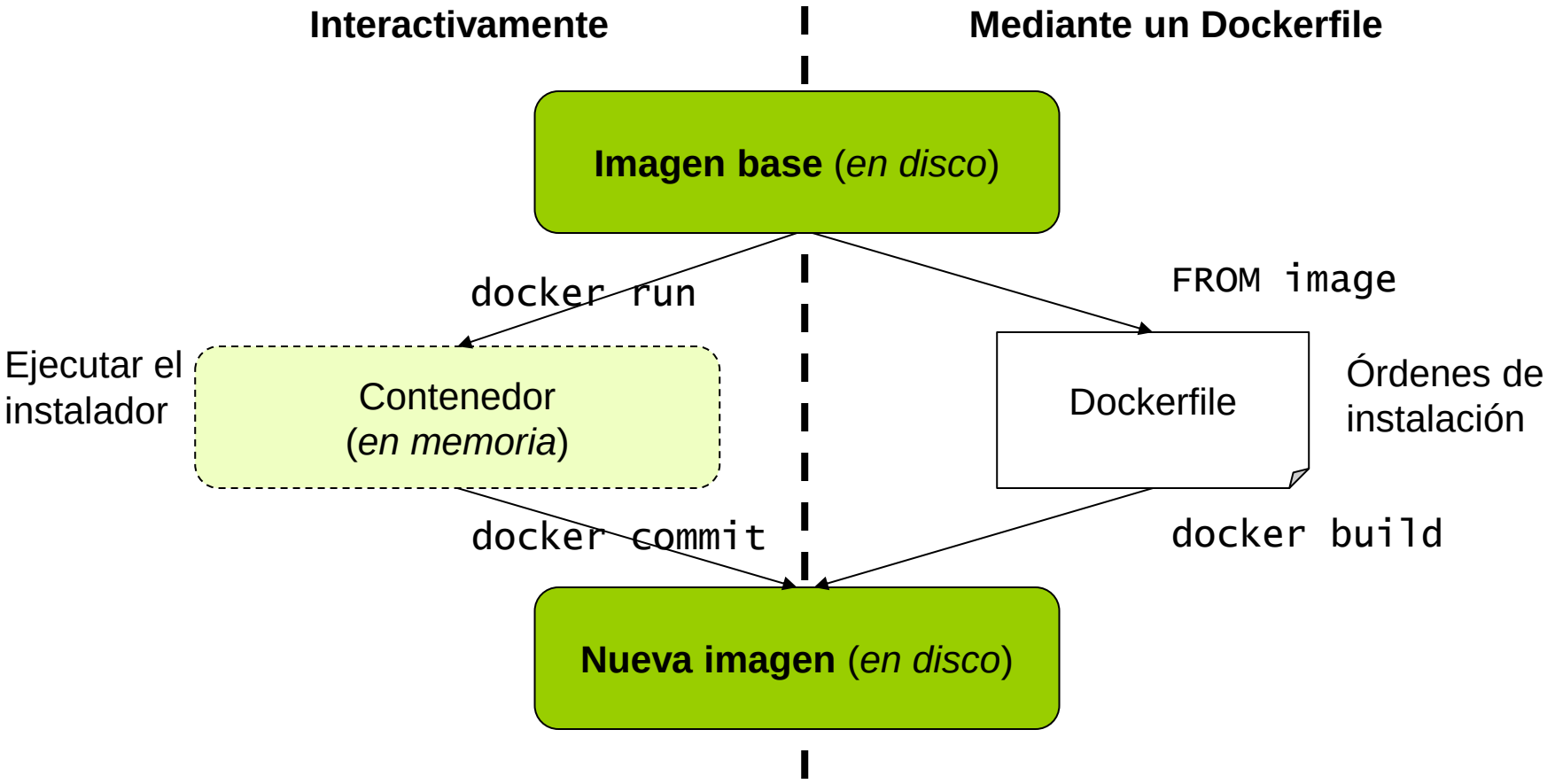
```
docker run ... -p portAnfitrion:portContenedor
```

7.3. Docker: Depósito

- Bajar imagen desde el depósito
  - `docker pull imagen`
- Subir imagen al depósito
  - `docker push imagen`

Índice

8. Creación de una imagen



8. Creación de una imagen

- Dos alternativas para crear una imagen:
- Interactivamente
  - Tomar una imagen base y crear el contenedor:

    ```
    docker run imagen -i -t progInicial
    ```
  - Modificar interactivamente el contenedor
  - Guardar ese estado como una nueva imagen:

    ```
    docker commit idContenedor nuevaImagen
    ```
- Crear una nueva imagen a partir de las instrucciones de un fichero de texto denominado Dockerfile

  ```
  docker build -t nombreNuevaImagen pathDockerfile
  ```

8.1. Creación interactiva de imagen. Ejemplo

- Imagen que permite ejecutar programas NodeJS usando zmq.
  - Paso 1: Lanzar Docker seleccionando una imagen CentOS interactiva que ejecute el shell:

```
$ docker run –i –t centos:7.4.1708 bash
```

  - Paso 2: Lanzamos las siguientes órdenes en el contenedor:

```
$ curl --silent --location https://rpm.nodesource.com/setup_8.x | bash -
$ yum install –y nodejs
$ yum install –y epel-release
$ yum install –y zeromq-devel
$ yum install –y make python gcc-c++
$ npm install zmq
$ exit
```

  - Desde línea de órdenes del anfitrión, obtenemos nombre e ID del contenedor: `docker ps –a`
  - Creamos la nueva imagen:
    - `docker commit IDoNombreContenedor nombreNuevaImagen`

8.2. Creación de imagen con Dockerfile. Ejemplo

1. Escribimos el fichero de texto llamado Dockerfile:

```
FROM centos:7.4.1708
RUN curl --silent --location https://rpm.nodesource.com/setup_8.x | bash -
RUN yum install -y nodejs
RUN yum install -y epel-release
RUN yum install -y zeromq-devel make python gcc-c++
RUN npm install zmq
```

2. Nos situamos en el directorio donde está ese Dockerfile
3. Ejecutamos esta orden:
   - `docker build -t tsr1718/centos-zmq .`

8.3. Docker. Fichero Dockerfile

- Cada línea empieza con una instrucción en mayúsculas
- La primera instrucción (primera línea) debe ser

  `FROM imagenBase`
- `RUN orden` ejecuta dicha orden en el shell
- `ADD origen destino`
  - Copia ficheros de un lugar (URL, directorio, o archivo) a un path en el contenedor
  - Si el origen es un directorio, lo copia completo. Si es un fichero comprimido, lo expande al copiar
- `COPY origen destino` es igual que `ADD`, pero no expande los ficheros comprimidos
- `EXPOSE puerto` indica el puerto en el que el contenedor atenderá peticiones

8.3. Docker. Fichero Dockerfile

- `WORKDIR path` indica el directorio de trabajo para las órdenes `RUN`, `CMD`, `ENTRYPOINT`
- `ENV variable valor` asigna valor a una variable de entorno accesible por los programas dentro del contenedor
- `CMD orden arg1 arg2 ...` proporciona valores por defecto para la ejecución del contenedor
- `ENTRYPOINT orden arg1 arg2 ...` ejecuta dicha orden al crear el contenedor (termina al finalizar la orden)

Sólo debería haber como máximo una orden `CMD` o `ENTRYPOINT` (si hay mas, sólo ejecuta la última)

Índice

9. Múltiples componentes en un nodo. Ejemplo

- Ejemplo: Servicio implantado mediante un programa "broker" y otro programa "worker", que podrá replicarse tantas veces como sea necesario.

```
// ROUTER-ROUTER request-reply broker in NodeJS
const zmq = require('zmq')
let cli=[], req=[], workers=[]

let args = process.argv.slice(2)
let fePortNbr = args[0] || 9998
let bePortNbr = args[1] || 9999

let sc = zmq.socket('router') // frontend
let sw = zmq.socket('router') // backend

sc.bind('tcp://*:'+fePortNbr)
sw.bind('tcp://*:'+bePortNbr)
```

```
sc.on('message',(c,sep,m)=> {
  if (workers.length==0) {
    cli.push(c); req.push(m)
  } else {
    sw.send([workers.shift(),'',c,'',m])
  }
})

sw.on('message',(w,sep,c,sep2,r)=> {
  if (c=='') {workers.push(w); return}
  if (cli.length>0) {
    sw.send([w,'',
      cli.shift(),'',req.shift()])
  } else {
    workers.push(w)
  }
  sc.send([c,'',r])
})
```

9. Múltiples componentes en un nodo. Ejemplo

- Código del worker y del cliente.

```
// worker in NodeJS with URL & id arguments
const zmq = require('zmq')
let req = zmq.socket('req')

let args = process.argv.slice(2)
let backendURL = args[0] ||
'tcp://localhost:9999'

let myID = args[1] || 'NONE'
let replyText = args[2] || 'resp'

req.identity = myID
req.connect(backendURL)
req.on('message', (c,sep,msg)=> {
  setTimeout(()=> {
    req.send([c,'',replyText])
  }, 1000)
})
req.send(['','',''])
```

```
// client in NodeJS with URL & id arguments
const zmq = require('zmq')
let req = zmq.socket('req')

let args = process.argv.slice(2)
let brokerURL = args[0] ||
'tcp://localhost:9998'

let myID = args[1] || 'NONE'
let myMsg = args[2] || 'Hello'

req.identity = myID
req.connect(brokerURL)
req.on('message', (msg)=> {
  console.log('resp: '+msg)
  process.exit(0);
})
req.send(myMsg)
```

9. Múltiples componentes en un nodo. Ejemplo

- Si hay varios componentes aparecen dependencias
  - El cliente necesita conocer la URL del frontend (IP y puerto)
  - El worker necesita conocer la URL del backend (IP y puerto)
- Pero no conocemos la IP hasta lanzar el contenedor del *broker*
- Alternativa manual
  - Una vez lanzado el *broker* en su contenedor, obtenemos la IP del contenedor
  - Modificamos manualmente esos valores en los Dockerfile de clientes y trabajadores para crear correctamente sus imágenes
  - Lanzamos trabajadores y clientes
- Automatización:
  - Definimos un Plan de trabajo = Descripción de componentes, propiedades y relaciones
  - Usamos una herramienta que hace el despliegue a partir del plan de trabajo

9.1. Método manual: *Broker*

- En un directorio copiamos broker.js y este Dockerfile

```
FROM tsr1718/centos-zmq
RUN mkdir /zmq
COPY ./broker.js /zmq/broker.js
WORKDIR /zmq
EXPOSE 9998 9999
CMD node broker
```

  - El frontend es el puerto 9998 y el backend el 9999.
- Ejecutamos: `docker build -t broker .`
- Lanzamos el broker: `docker run -d broker`
- Averiguamos la URL del contenedor que ejecuta el broker
  - `docker ps -a` para conocer el ID del contenedor
  - `docker inspect ID` para obtener su dirección IP

9.1. Método manual: *Worker*

- En otro directorio copiamos worker.js y el siguiente Dockerfile (asumiendo que la IP del broker es a.b.c.d):

```
FROM tsr1718/centos-zmq
RUN mkdir /zmq
COPY ./worker.js /zmq/worker.js
WORKDIR /zmq
CMD node worker  tcp://a.b.c.d:9999
```

  - **¡La dirección `a.b.c.d` debe averiguarse <u>después</u> de iniciar el broker!** Podemos consultarla con **`docker inspect`**
  - En este directorio ejecutamos `docker build -t worker .`
  - Lanzamos el trabajador con `docker run -d worker`
    - Podemos lanzar tantas instancias como consideremos necesario

9.1. Método manual: Cliente local

- En otro directorio copiamos client.js y el siguiente Dockerfile:

```
FROM tsr1718/centos-zmq
RUN mkdir /zmq
COPY ./client.js /zmq/client.js
WORKDIR /zmq
CMD node client tcp://a.b.c.d:9998
```

  - En este directorio ejecutamos `docker build -t client .`
  - Lanzamos el cliente con `docker run -d client`
    - Podemos lanzar tantas instancias como consideremos necesario

9.1. Método manual: Cliente remoto

- Lanzamos el broker con `docker run -p 8000:9998 -d broker`
  - La opción `-p portAnfitrion:portContenedor` permite acceso al frontend desde el exterior (puerto 8000 del anfitrión)
  - La opción `-d` lanza el contenedor en segundo plano
- No es necesario gestionar los clientes con contenedores Deben conectar a `tcp://ipDelAnfitrion:8000`

9.2. Método automático: Ejemplo

- Crea subdir. broker, copia broker.js y el Dockerfile

```
FROM tsr1718/centos-zmq
RUN mkdir /zmq
COPY ./broker.js /zmq/broker.js
EXPOSE 9998 9999
CMD node zmq/broker
```

- Crea subdir. worker, copia worker.js y el Dockerfile

```
FROM tsr1718/centos-zmq
RUN mkdir /zmq
COPY ./worker.js /zmq/worker.js
CMD node zmq/worker $BROKER_URL
```

- Crea subdir. client, copia client.js y el Dockerfile

```
FROM tsr1718/centos-zmq
RUN mkdir /zmq
COPY ./client.js /zmq/client.js
CMD node zmq/client $BROKER_URL
```

9.2. Método automático: Ejemplo

- Copia el texto de la derecha en el fichero `docker-compose.yml`
- La orden

```
docker-compose up -d
```

  - Construye las tres imágenes
  - Arranca una instancia de cada una en el orden correcto
- Puedes lanzar n instancias del servicio X con

```
docker-compose up -d --scale X=n
```

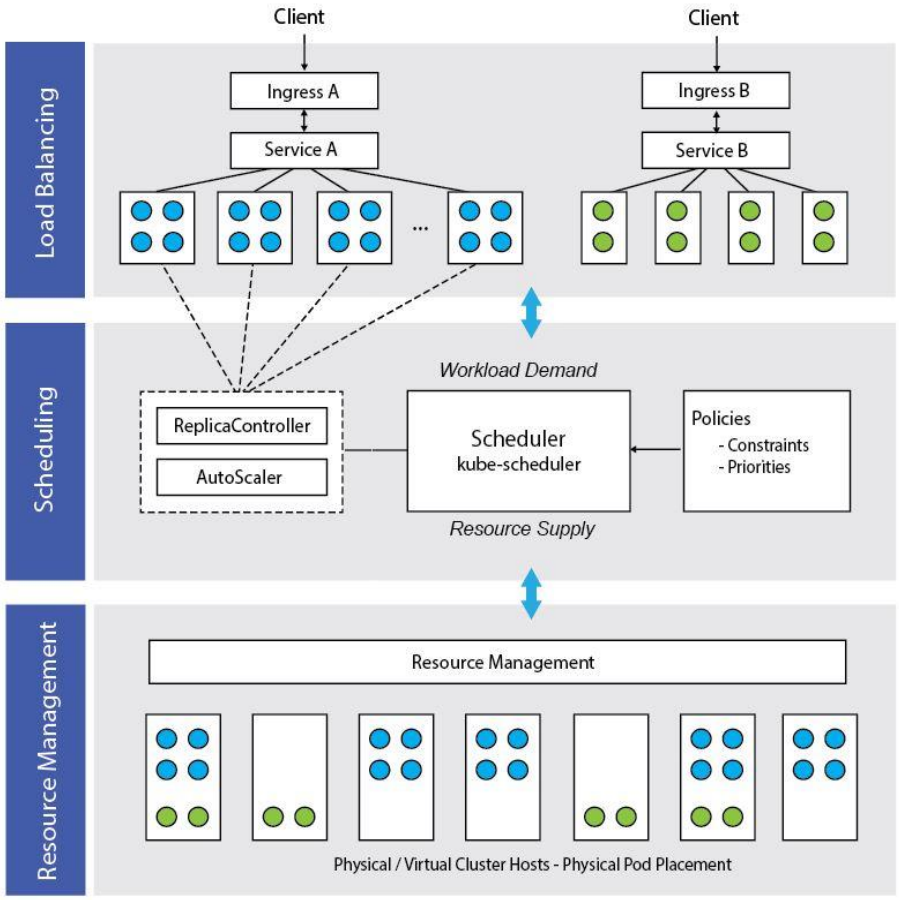
- Hay otras órdenes
  - Documentación en la guía

```
version: '2'
services:
    cli:
        image: client
        build: ./client/
        links:
            - bro
        environment:
            - BROKER_URL=tcp://bro:9998
    bro:
        image: broker
        build: ./broker/
        expose:
            - "9998"
            - "9999"
    wor:
        image: worker
        build: ./worker/
        links:
            - bro
        environment:
            - BROKER_URL=tcp://bro:9999
```

Índice

10. Múltiples componentes en distintos nodos

- Docker-compose se limita a componentes en un único nodo
- Pero queremos distribuir las instancias entre distintos nodos → la propuesta más conocida es **kubernetes**
  - Es un orquestador de contenedores, pero no depende de Docker
    - La guía de este tema proporciona una descripción general de sus elementos



10. Múltiples componentes en distintos nodos

Kubernetes. Elementos principales:

- **Cluster** y nodo (físico o virtual)
- **Pod**: unidad más pequeña desplegable
  - incluye contenedores que comparten *namespace* y volúmenes
- **Controladores de replicación**: encargados del ciclo de vida de un grupo de pods,
  - asegurando que se encuentra en ejecución el número de instancias establecido,
    - escalando, replicando y recuperando pods
- **Controladores de despliegue**: actualizan la aplicación distribuida
- **Servicio**: define un conjunto de pods y la forma de acceso
- **Secretos** (gestión de credenciales)
- **Volúmenes** (persistencia)

Índice

11. Objetivos de aprendizaje

- Al finalizar este tema, el alumno debe ser capaz de:
  - Conocer con cierto nivel de detalle los aspectos a considerar en el despliegue de una aplicación distribuida
  - Entender los problemas derivados de la existencia de dependencias, y algunas alternativas para tratarlos
  - Entender el funcionamiento de una aproximación en el entorno de la nube, con conocimiento acerca de su operativa, posibilidades y limitaciones

Índice

12. Referencias

- Inversión de Control/Inyección de dependencias
  - http://martinfowler.com/articles/injection.html
  - http://www.springsource.org/
- www.docker.com (Website oficial de Docker)
  - docs.docker.com/userguide/ (**Documentación oficial**)
  - docs.docker.com/compose/ (Compose)
- github.com/wsargent/docker-cheat-sheet (Resumen de Docker)
- http://kubernetes.io
- 12factor.net/ (La metodología "*The twelve-factor app*")