Tecnologías Grid

Condor

Master en Sistemas y Servicios Informáticos para Internet
Área de Arquitectura y Tecnología de Computadores
Universidad de Oviedo

Condor

Conceptos previos

Conceptos previos

- Antes de empezar…
  - ¿Se entiende el concepto de Grid?
    - La definición no es sencilla (distintas personas definen Grid de formas distintas)
  - Definición comúnmente aceptada:
    - Un sistema distribuido formado por un conjunto de recursos geográficamente dispersos y poco acoplados (loosely coupled) que actúan de forma conjunta para realizar grandes tareas

Conceptos previos

- Todo es un grid…
  - Marketing hype
    - Demasiado bueno para ser cierto…
  - Buzzword
    - Ciertos conceptos se ponen de moda y la gente los empieza a utilizar de forma indiscriminada
    - Típico ejemplo: framework
    - Nuevo ejemplo: cloud

Conceptos previos

- Todo es un grid…
  - Un cluster no es un grid
    - En un cluster los recursos son homogéneos, estáticos, dedicados y muy acoplados (tightly coupled). La gestión de recursos en un cluster se encuentra centralizada.
    - La tecnología grid, entre otras muchas cosas, permite interconectar clusters y compartir sus recursos (computacionales y de almacenamiento)

Conceptos previos

- Computación distribuida
  - Objetivo:
    - Permitir a una comunidad de usuarios ejecutar tareas sobre un conjunto de recursos distribuidos compartidos
  - Problema:
    - En general el número de tareas es mayor que el número de recursos disponibles
  - Solución:
    - Mecanismo que gestione de forma eficiente los recursos (la idea de un sistemas operativo y los recursos de ordenador pero distribuidos)

Conceptos previos

- Tipo de tareas que se ejecutan en un grid
  - Principalmente los denominados *Embarrassingly parallel*
    - No existen dependencias o comunicaciones entre las tareas
    - Fácil de paralelizar
  - Paralelización
    - Descomposición de las tareas
    - Descomposición de los datos

Conceptos previos

- High Throughput Computing (HTC)
  - Definición:
    - Sistema de gestión de gran cantidad de potencia computacional tolerante a fallos sobre largos periodos de tiempo mediante la utilización eficiente de los recursos disponibles
    - HTC es HPC (High Performance Computing) diseñado para trabajos que se ejecutan durante mucho tiempo

Condor

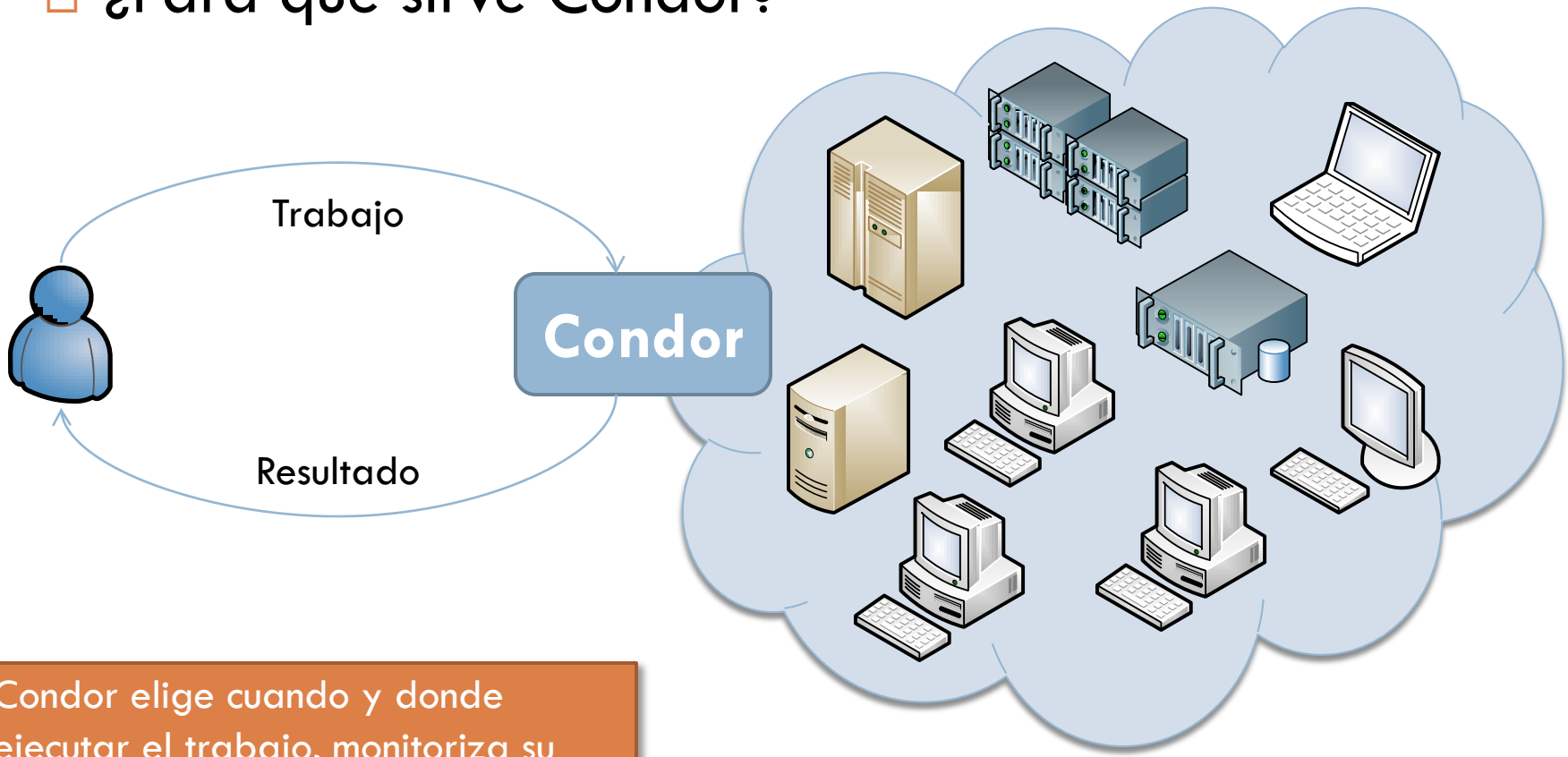
Introducción

Introducción a Condor

- Condor:
  - Un sistema especializado de gestión de carga computacional
    - Se puede utilizar como *batch system* o *job scheduler*
  - Funcionalidad que ofrece:
    - Gestión de recursos
    - Gestión de trabajos
    - Políticas de planificación
    - Sistema de prioridades
    - Monitorización de recursos y trabajos

Introducción a Condor

- ¿Para qué sirve Condor?



Condor elige cuando y donde ejecutar el trabajo, monitoriza su progreso y, finalmente, informa al usuario de su terminación

Introducción a Condor

- Condor = HTC + *opportunistic computing*:
  - ClassAd: encaje de los requisitos de los trabajos con las características de los recursos disponibles
  - Checkpoint y migración: los trabajos se puede mover de máquina durante su se ejecución
  - Las llamadas al sistema de E/S se redirigen a la máquina que lanzó el trabajo

Introducción a Condor

- Terminología utilizada por Condor
  - Cluster de ordenadores:
    - Un conjunto de ordenadores dedicados para uso no interactivo
  - Pool
    - Un conjunto de ordenadores donde se ejecuta Condor. **Pueden ser dedicados o no**
  - Flock
    - Un conjunto de Pools
  - Trabajo (Job)
    - La representación de Condor de una tarea

Introducción a Condor

- Gestión de la computación distribuida en un Grid
  - La planificación no se puede hacer de forma centralizada: hay muchos dueños
    - Planning:
      - Adquisición de recursos de los usuarios
    - Scheduling:
      - Gestión de los recursos
  - Condor utiliza un mecanismo llamado Matchmaking sobre ClassAds

Introducción a Condor

- Conceptos sobre Matchmaking
  - Objetivo:
    - Encajar los trabajos sobre las maquinas disponibles
  - Ejemplo:
    - Trabajo
      - Se debe ejecutar sobre Linux con 2 GB de RAM
    - Máquina
      - Windows con 512 MB de RAM
      - Sólo ejecutar trabajos del Departamento de Informática
  - También se permiten preferencias
    - Para ejecutar un trabajo se prefieren máquinas con mucha memoria

Introducción a Condor

- Preferencias de cada tipo de usuario
  - Los usuarios de Condor se dividen en tres grupos
    - Usuario que envía trabajo
    - Dueños de máquinas
    - Administradores del Pool

    Pueden ser o no las mismas personas

    Tipos de usuario ↓ Tipos de máquinas
  - Cada grupo tiene sus preferencias
    - Preferencias del dueño de una máquina
      - Prefiero ejecutar tareas del Departamento de Informática
      - En esta máquina sólo se ejecutarán tareas de 22:00 a 06:00
    - Preferencias del administrador de un Pool
      - Prioridad de usuarios
      - Cuando un trabajo puede desalojar a otro trabajo

Introducción a Condor

- ClassAds (Classified Advertisements)
  - Mecanismo para encajar tareas con máquinas:
    - Es la forma que utiliza Condor para que los trabajos y los recursos anuncien sus características y requisitos

ClassAD de un trabajo

```
MyType       = "Job"
TargetType   = "Machine"
Owner        = "ruf"
Requirements =
   (Arch == "INTEL")
&& (OpSys == "LINUX")
&& (Disk >= DiskUsage)
&& ((Memory * 1024)>=ImageSize)
...
```

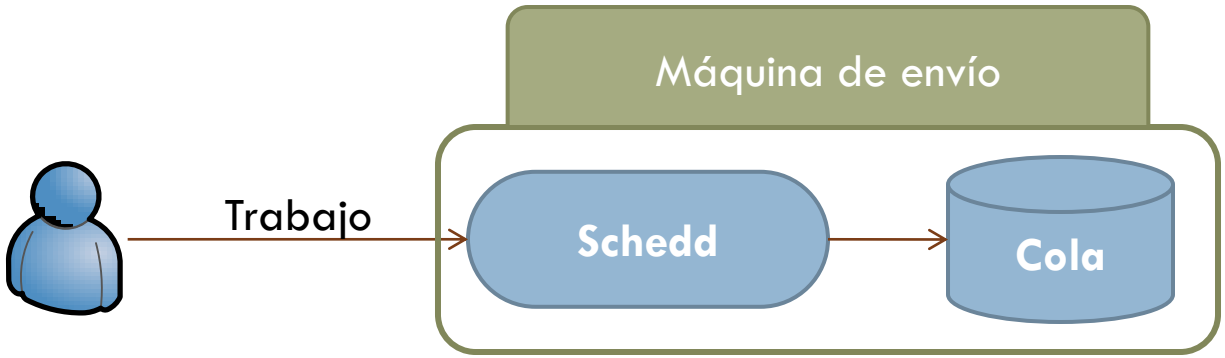
ClassAD de una máquina

```
MyType = "Machine"
TargetType = "Job"
Name = "servidor.uniovi.es"
Machine = "servidor.uniovi.es"
Rank = 0.000000
OpSys = "LINUX"
Arch = "X86_64"
Activity = "Idle"
...
```

Introducción a Condor

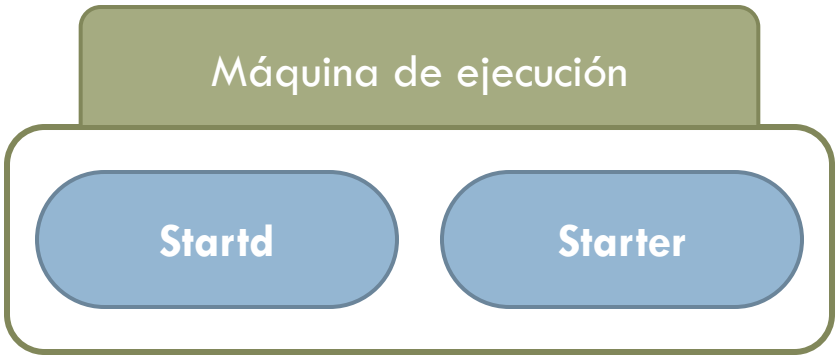
- Envío de un trabajo (*job submission*):
  - Un trabajo se describe mediante un ClassAd
  - El trabajo se envía desde una máquina que lo permita (máquina de envío o *submission machine*)
  - Cada máquina de envío, una o varias, tiene su propia cola trabajos (colas distribuidas)
  - El envío lo gestiona el servicio Schedd

Hay un servicio Schedd en cada máquina de envío



Introducción a Condor

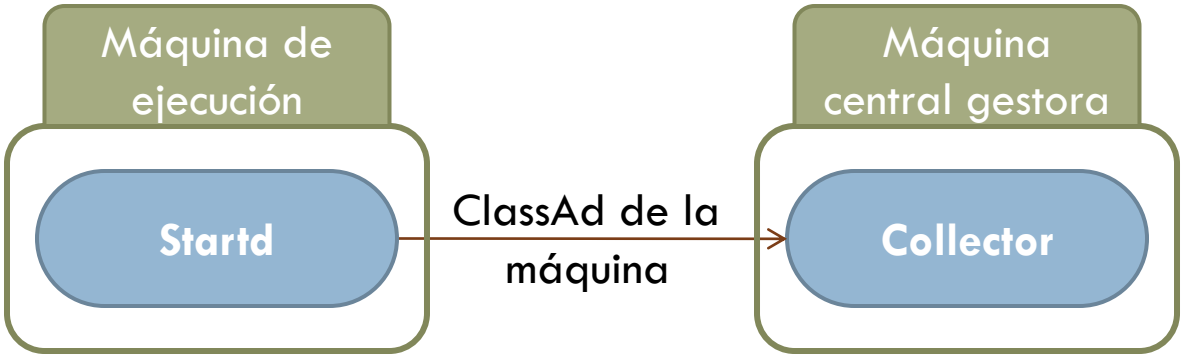
- Ejecución de trabajos:
  - La ejecución la realizan las máquinas de ejecución
  - Se responsabilizan de arrancar, pausar, y reanudar los trabajos
  - Aseguran el cumplimiento de las políticas de sus dueños
  - La ejecución se gestiona a través del servicio Startd
    - Arranca el servicio Starter para cada trabajo que ejecuta



Hay un servicio Startd en cada máquina de ejecución

Introducción a Condor

- Hay una máquina central gestora
  - Una por pool que se encarga de realizar la gestión de trabajos y recursos
- Las máquinas de ejecución se anuncian a la máquina central gestora:
  - Información estática y dinámica:
    - Fichero de configuración con características y preferencias
    - Uso de la CPU, memoria libre…



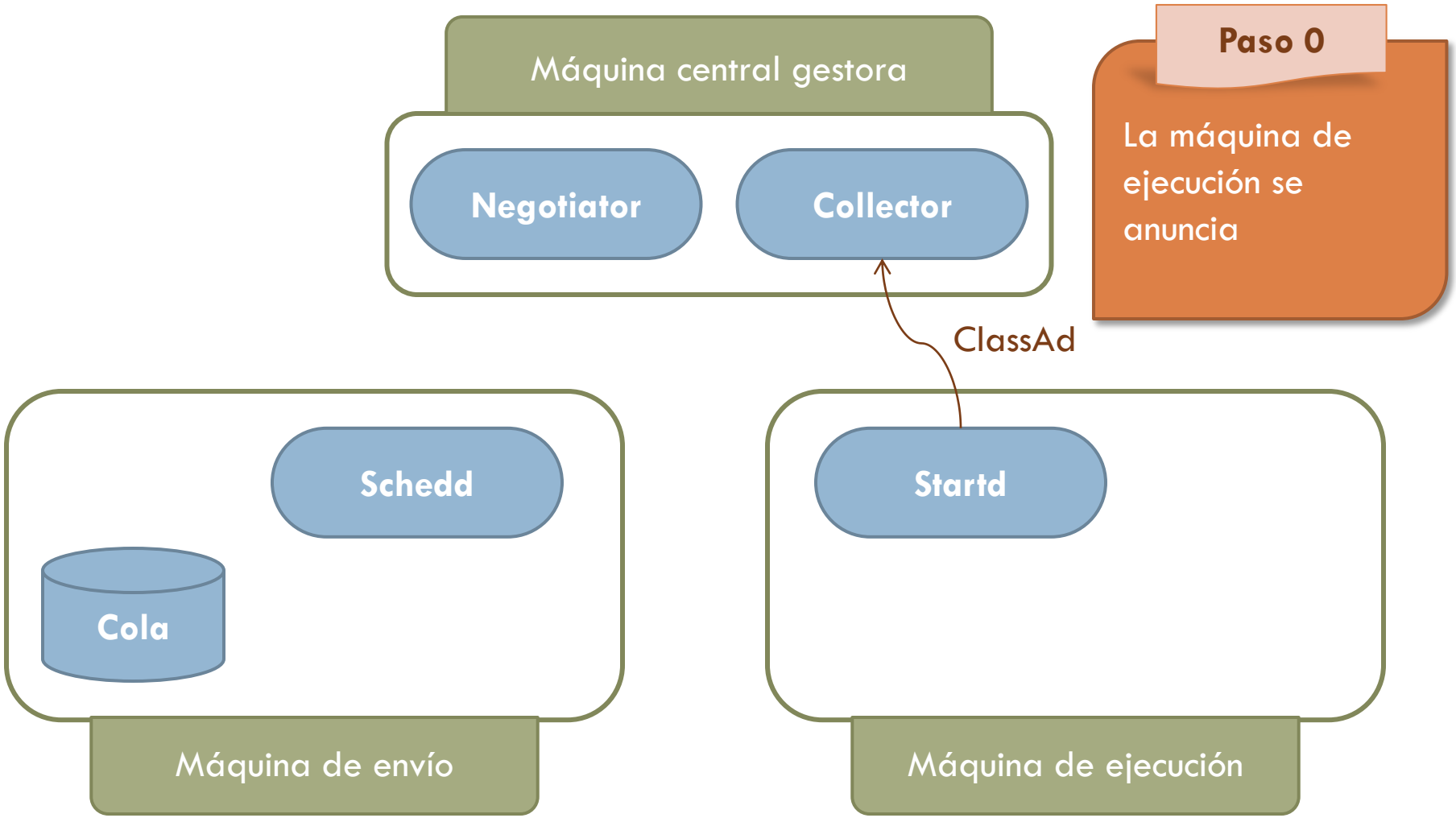
Hay un servicio Collector en la máquina central gestoria

Introducción a Condor

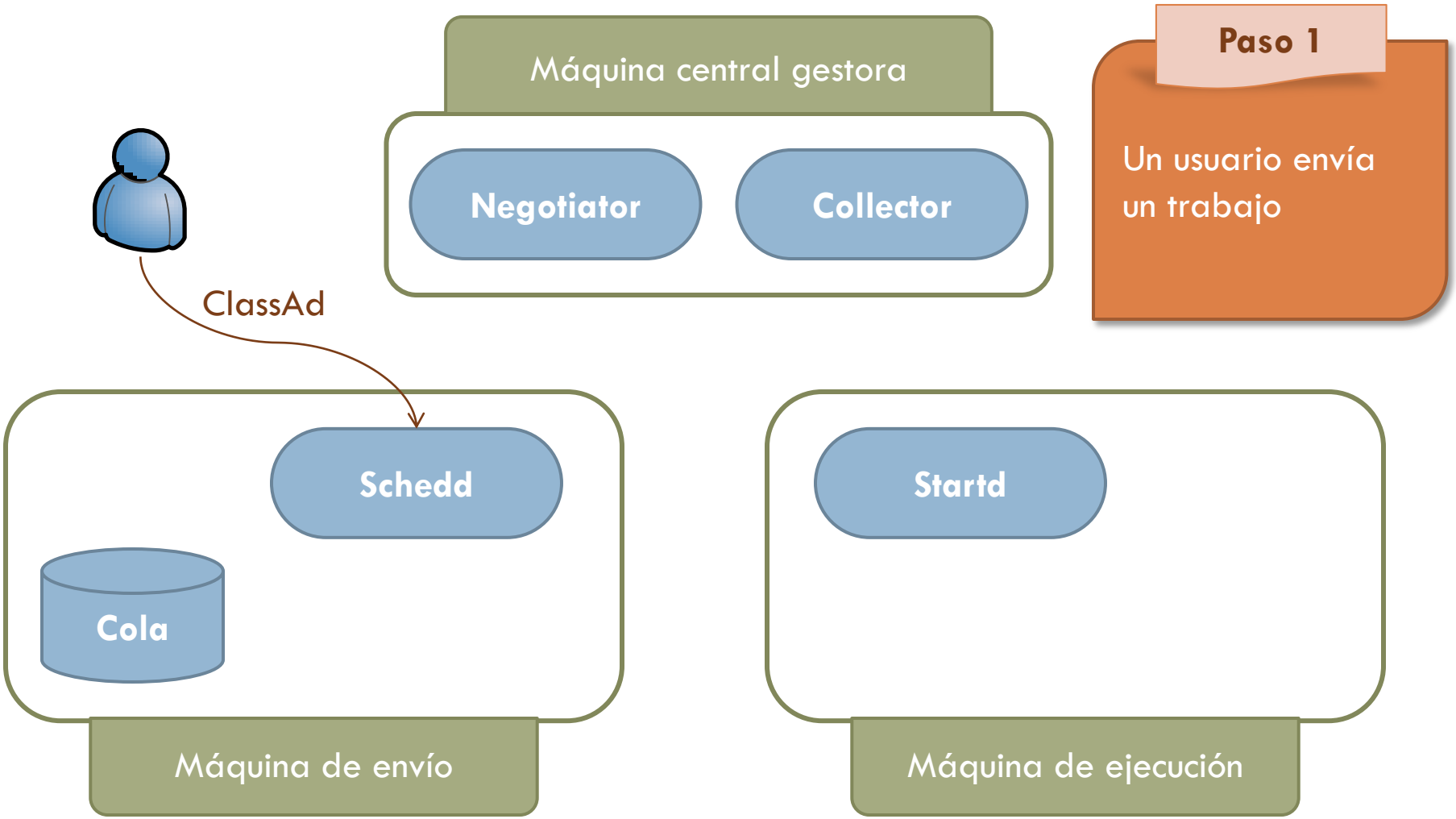
- Funcionamiento del Matchmaking:
  - Lo realiza el servicio Negotiator en la máquina central gestora
  - En cada ciclo de negociación (*Negotiation Cycle*)
    - El Negotiator contacta el servicio Collector
      - Pregunta por la información de las máquinas
    - El Negotiator contacta con cada Scheed
      - Pregunta por las caracteristicas del trabajo
    - El Negotiator compara trabajos y máquinas:
      - Evalua requisitos de ambos
      - Busca un matching

Hay un servicio Negotiator en la máquina central gestora

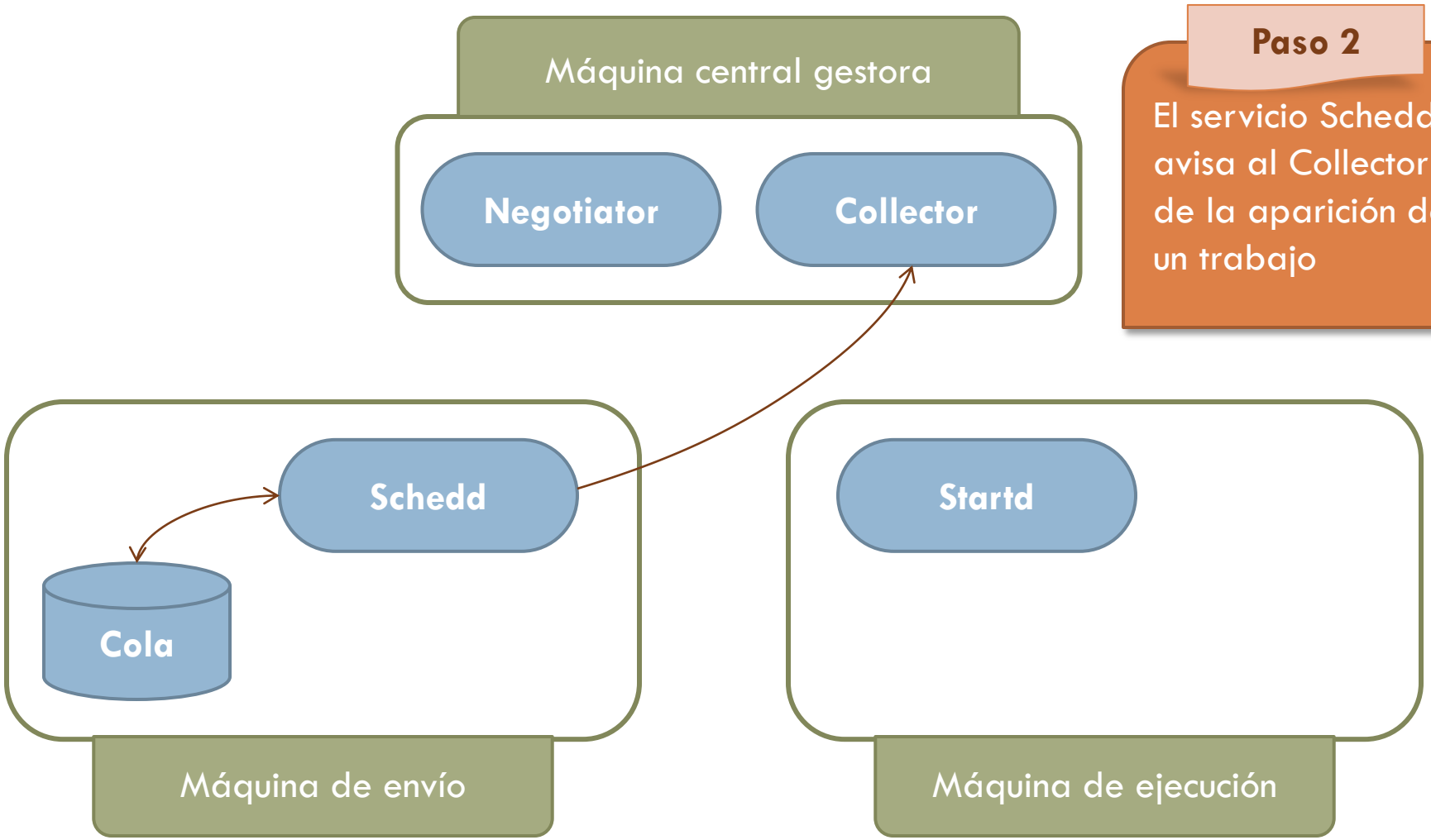
Introducción a Condor



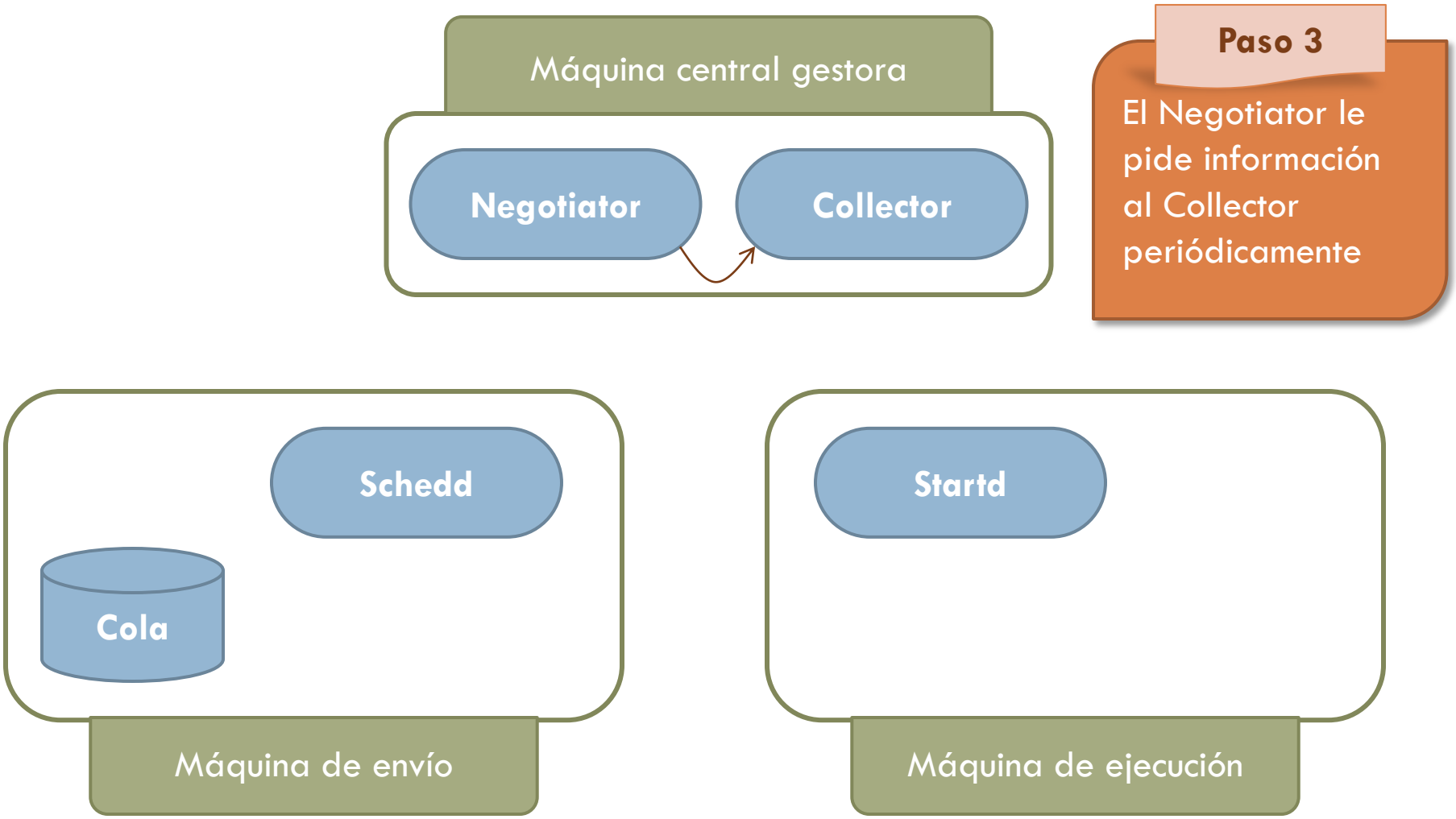
Introducción a Condor



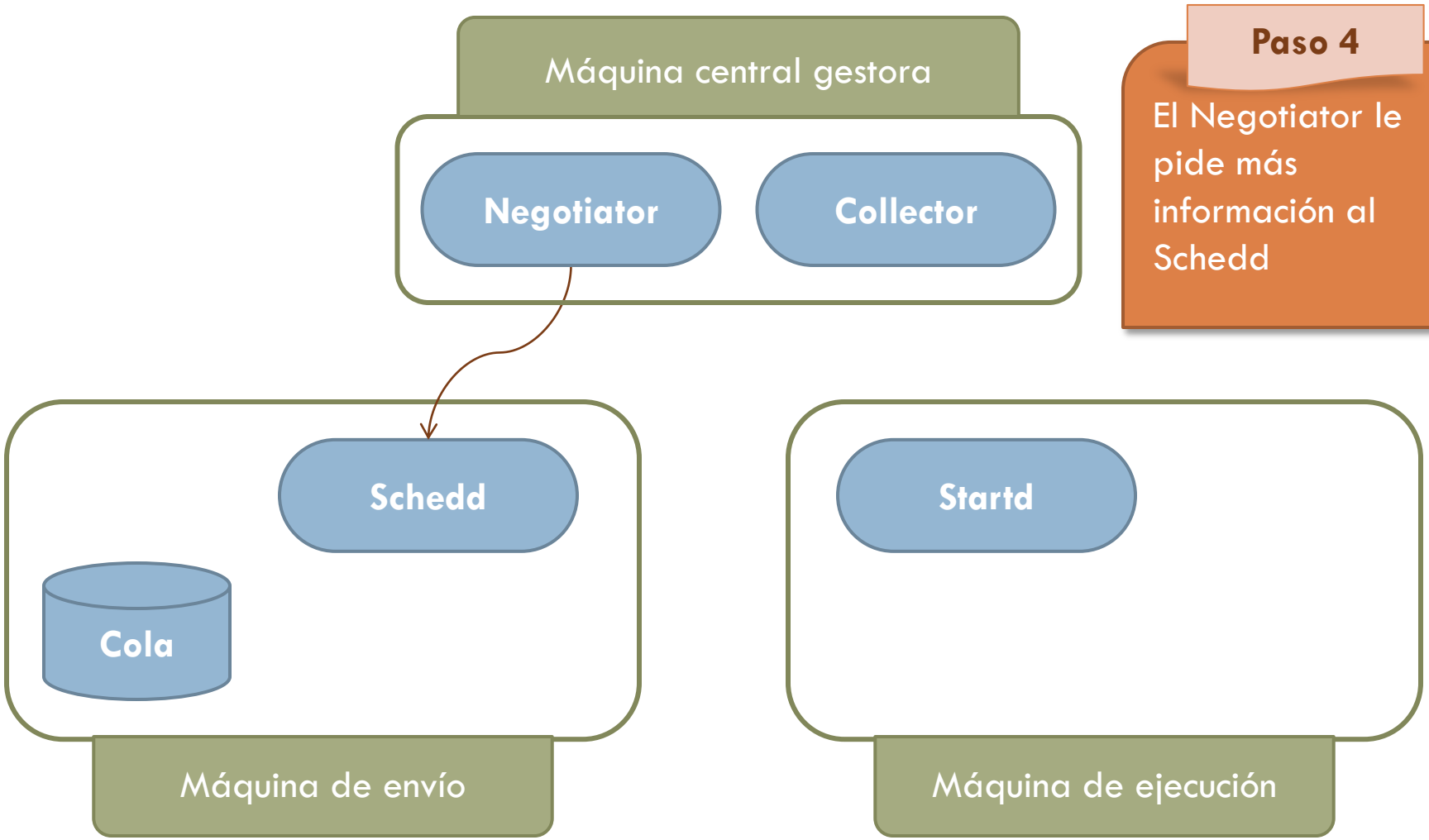
Introducción a Condor



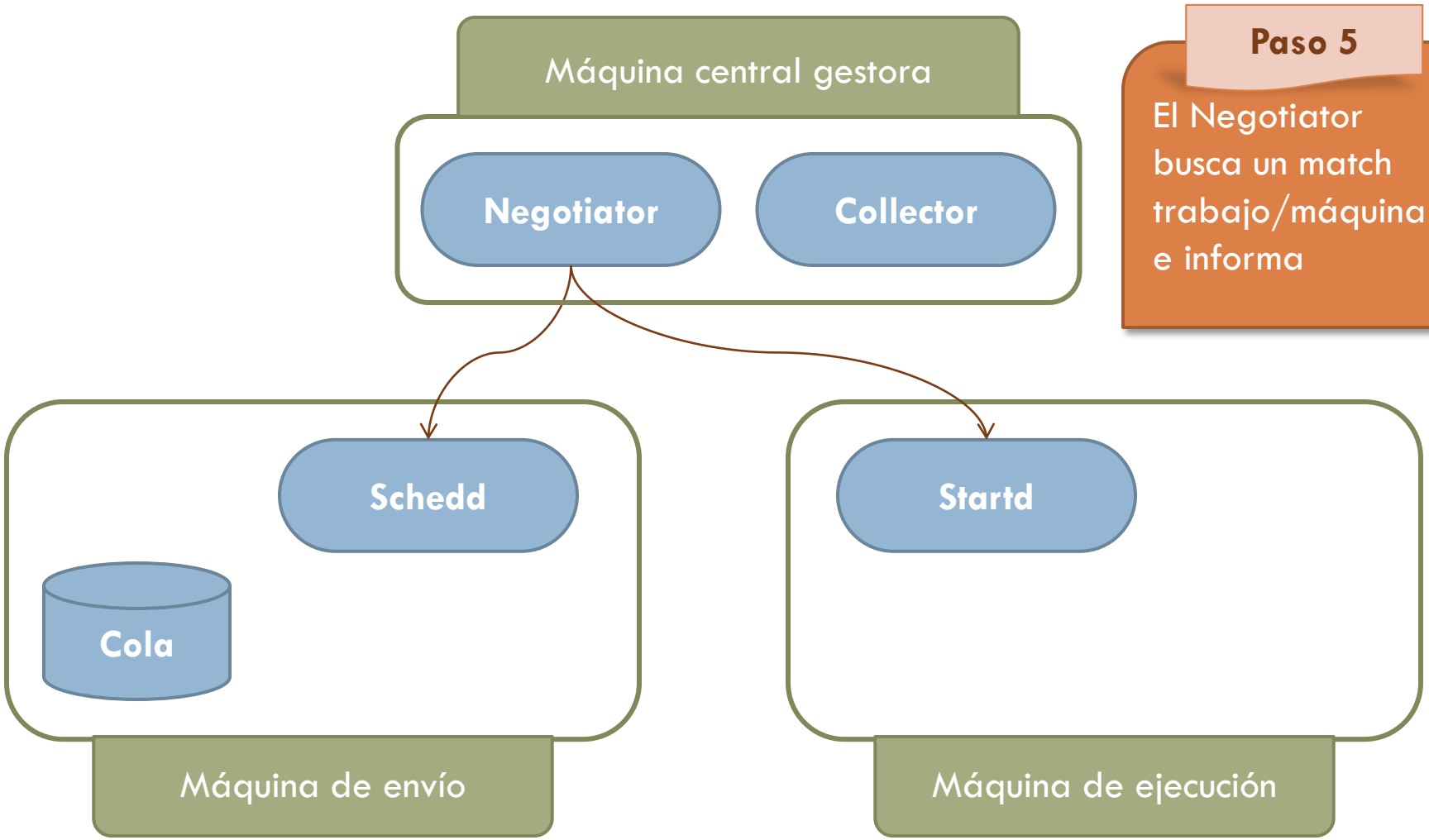
Introducción a Condor



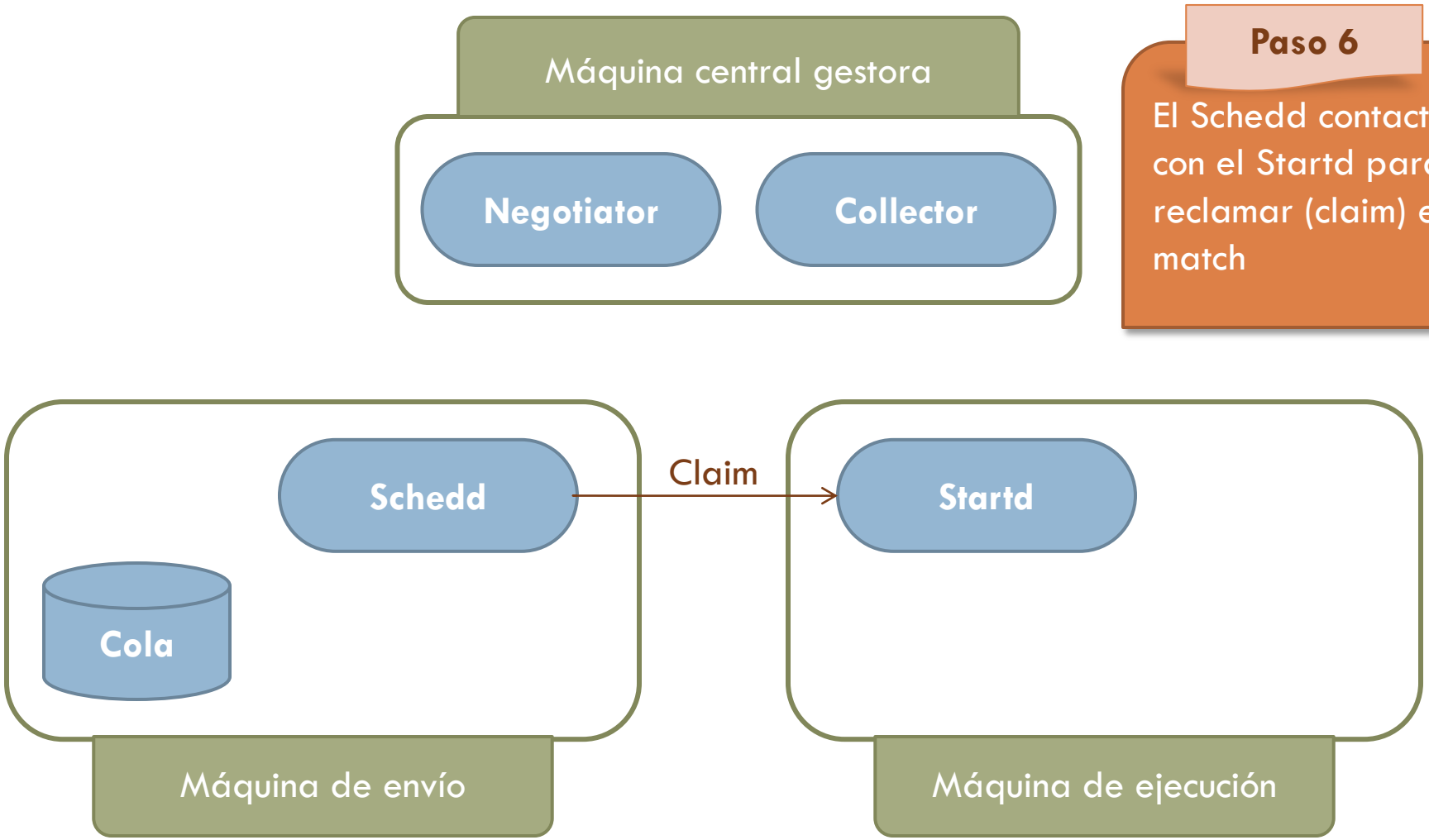
Introducción a Condor



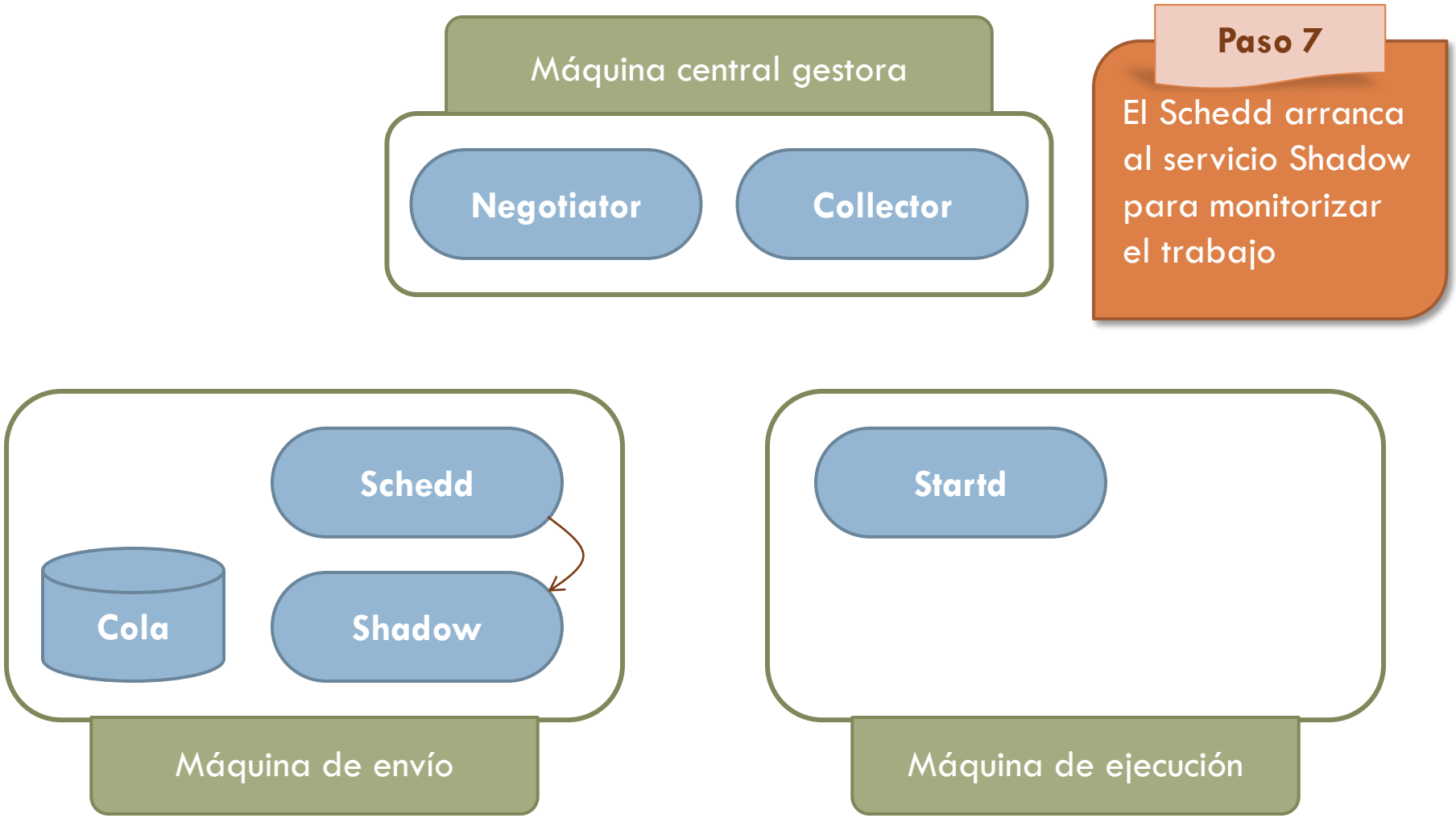
Introducción a Condor



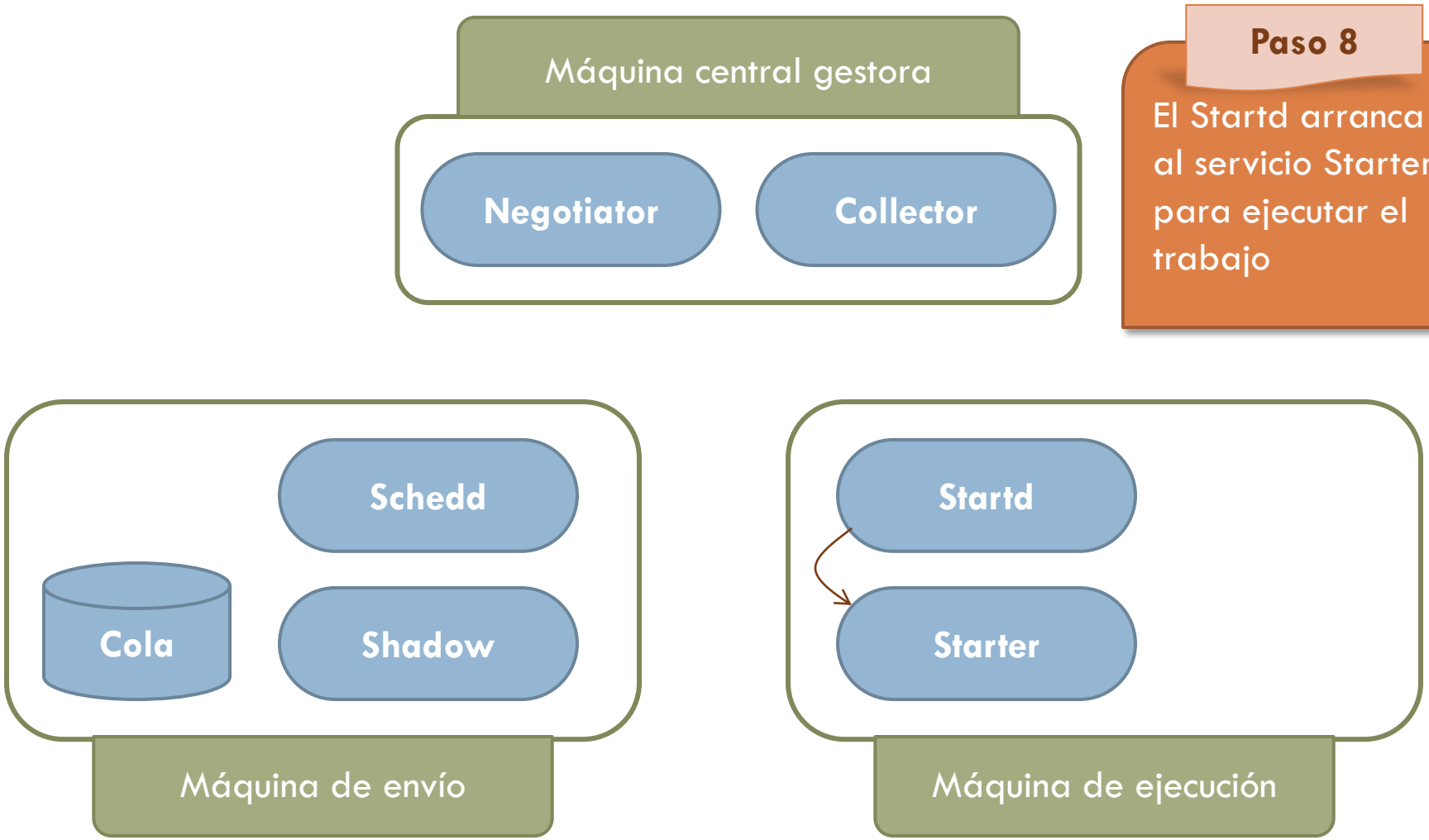
Introducción a Condor



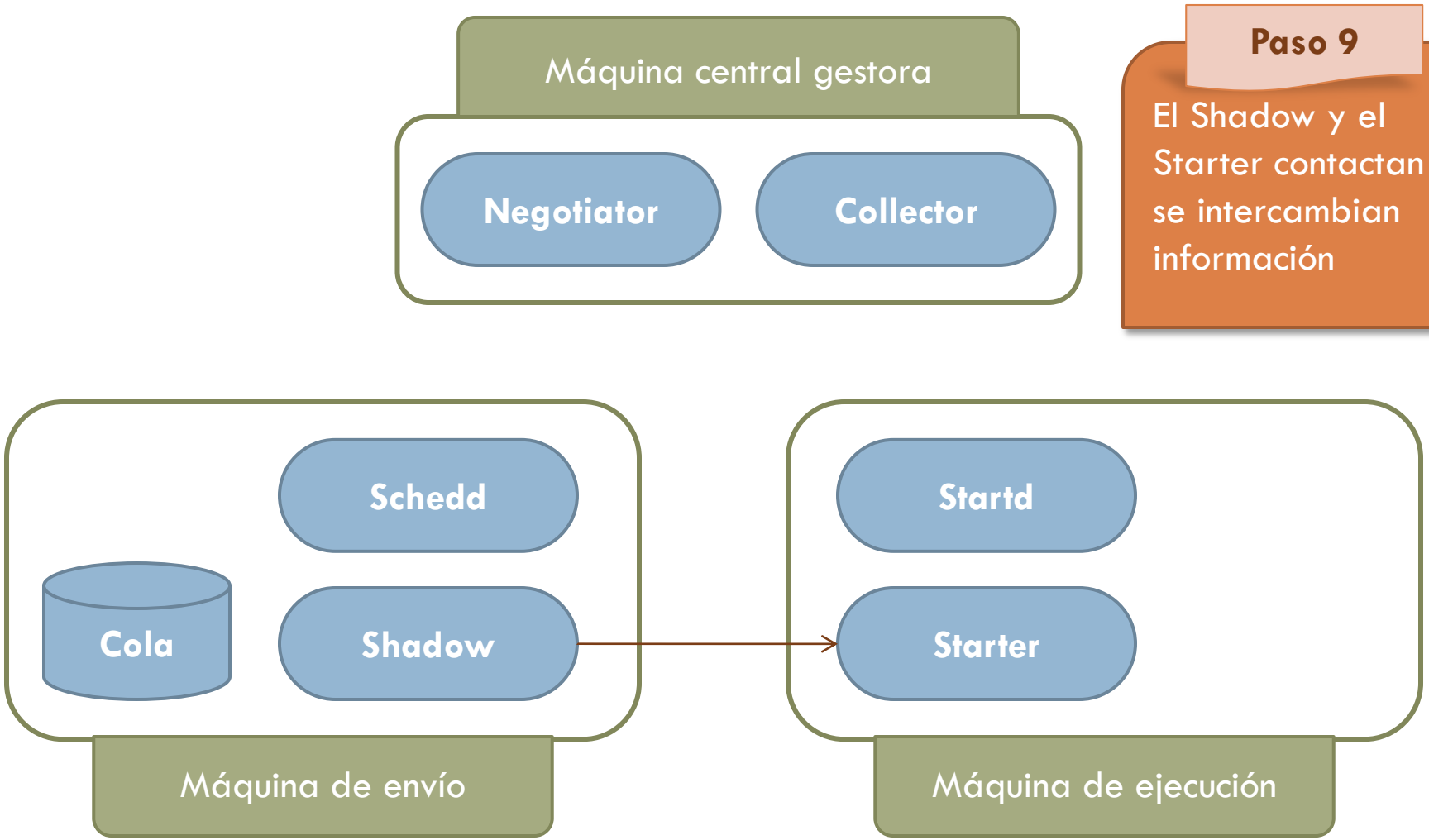
Introducción a Condor



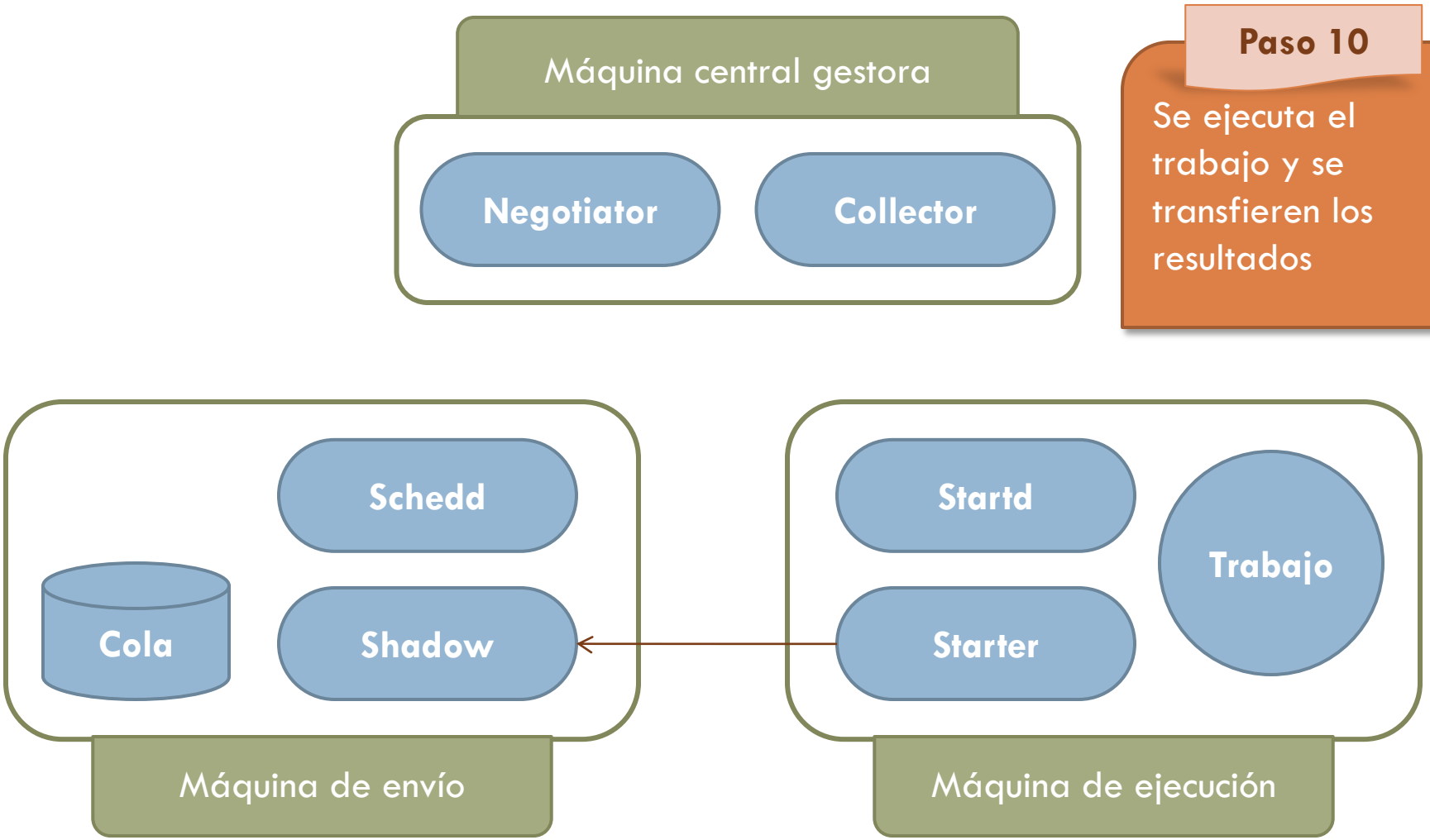
Introducción a Condor



Introducción a Condor



Introducción a Condor



Introducción a Condor

- Procesos de Condor:
  - Master:
    - Se encarga de arrancor los procesos Condor de esa máquina. Depende del rol de la máquina
  - Collector:
    - Almacena los ClassAds
  - Negotiator:
    - Realiza el matchmaking

Introducción a Condor

- Procesos de Condor:
  - Schedd:
    - Gestiona la cola de trabajos
  - Shadow:
    - Monitoriza la ejecución de un trabajo
  - Startd:
    - Gestiona la ejecución de trabajos sobre una máquina
  - Starter:
    - Gestiona la ejecución de un trabajo

Introducción a Condor

- Procesos Condor:
  - Necesarios en un pool:
    - Un Collector/Negotiator por pool
    - Uno o muchos Schedd
    - Unos o muchos Startd
  - Algunas posibilidades de infraestructura:
    - Todos los procesos en la misma máquina: pool de Condor personal
    - Una máquina central gestora y muchas máquinas que sirven para enviar y para ejecutar
    - Una máquina central gestora, muchas máquinas de envío y muchás máquinas de ejecución

Condor

Ejecución de trabajos

Ejecución de trabajos en Condor

- Pasos para ejecutar un trabajo en Condor:
  1. Elegir un universo
  2. Hacer el trabajo *batch-ready*
  3. Crear el fichero de descripción del trabajo
  4. Enviar el trabajo

Ejecución de trabajos en Condor

1. Elección del universo:
   - El universo indica la forma en la que Condor debe gestionar el trabajo
   - Tipos:
     - *Vanilla: para casi cualquier tipo de trabajo secuencial*
     - *Standard: para trabajos con checkpoints y migración*
     - *Java: para trabajos programados en Java*
     - *VM: para máquinas virtuales*
     - *Grid: para trabajos que se ejecutan en un grid externo*
     - *Parallel: para trabajos paralelos (MPI)*
     - …

Ejecución de trabajos en Condor

2. Hacer el trabajo *batch-ready*:
   - Tiene que ejecutarse en background:
     - Sin E/S interactiva, interfaz, etc.
   - Se puede usar STDIN, STDOUT y STDERR:
     - Con redirección a ficheros
   - Se puede acceder a otros ficheros de datos

```
$ programa < entrada.txt > salida.txt 2>errores.txt &
```

batch-ready
≈
programa clásico de shell

Ejecución de trabajos en Condor

3. Crear el fichero de descripción del trabajo:
   - Fichero de texto con la información sobre el trabajo:
     - Nombre del programa ejecutable
     - Argumentos del programa
     - Universo
     - Ficheros de entrada/salida
     - Variables de entorno
     - Requisitos
     - Preferencias

Fichero de descripción
≠
ClassAd

```
Executable = programa
Universe = vanilla
Input = entrada.txt
Output = salida.txt
Error = errores.txt
Log = log.txt
Queue
```

programa.sub

Ejecución de trabajos en Condor

4. Enviar el trabajo:
   - El trabajo se envía utilizando el comando condor_submit
   - El comando condor_submit:
     - Procesa el fichero de descripción y crea el ClassAd
     - Envía el ClassAd al Schedd
   - El Schedd almacena el trabajo en la cola
     - El comando condor_q permite ver el estado de la cola

Ejecución de trabajos en Condor

- Antes del enviar un trabajo se puede comprobar el estado del pool:

```
[ruf@glite-tutor ruf]$ condor_status

Name               OpSys      Arch   State     Activity LoadAv Mem   ActvtyTime

slot1@iceage-wn-01 LINUX      INTEL  Unclaimed Idle     0.000  1012  0+00:03:29
slot2@iceage-wn-01 LINUX      INTEL  Unclaimed Idle     0.000  1012  0+01:48:25
slot3@iceage-wn-01 LINUX      INTEL  Unclaimed Idle     0.000  1012191+16:48:32
slot4@iceage-wn-01 LINUX      INTEL  Unclaimed Idle     0.000  1012  0+02:05:07

...

slot3@iceage-wn-14 LINUX      INTEL  Unclaimed Idle     0.000  1012 16+21:19:09
slot4@iceage-wn-14 LINUX      INTEL  Unclaimed Idle     0.000  1012 16+21:19:10

                     Total Owner Claimed Unclaimed Matched Preempting Backfill

        INTEL/LINUX     56     0       0        56       0          0        0

               Total    56     0       0        56       0          0        0
```

Ejecución de trabajos en Condor

- Ejemplo de envío:

```
[ruf@glite-tutor ruf]$ condor_submit programa.sub
Submitting job(s).
Logging submit event(s).
1 job(s) submitted to cluster 111.

[ruf@glite-tutor ruf]$ condor_q


-- Submitter: glite-tutor.ct.infn.it : <193.206.208.141:9674> : glite-tutor.ct.infn.it
 ID      OWNER            SUBMITTED     RUN_TIME ST PRI SIZE CMD
 111.0   ruf             1/24 13:48   0+00:00:00 R  0   0.0  programa

1 jobs; 0 idle, 1 running, 0 held

[ruf@glite-tutor ruf]$ condor_q


-- Submitter: glite-tutor.ct.infn.it : <193.206.208.141:9674> : glite-tutor.ct.infn.it
 ID      OWNER            SUBMITTED     RUN_TIME ST PRI SIZE CMD

0 jobs; 0 idle, 0 running, 0 held
```

Ejecución de trabajos en Condor

- Log del trabajo:

```
[ruf@glite-tutor ruf]$ more log.txt
000 (112.000.000) 01/24 13:55:38 Job submitted from host: <193.206.208.141:9674>
...
001 (112.000.000) 01/24 13:55:41 Job executing on host: <193.206.208.205:9680>
...
005 (112.000.000) 01/24 13:55:45 Job terminated.
        (1) Normal termination (return value 0)
                Usr 0 00:00:00, Sys 0 00:00:00  -  Run Remote Usage
                Usr 0 00:00:00, Sys 0 00:00:00  -  Run Local Usage
                Usr 0 00:00:00, Sys 0 00:00:00  -  Total Remote Usage
                Usr 0 00:00:00, Sys 0 00:00:00  -  Total Local Usage
        56  -  Run Bytes Sent By Job
        5101  -  Run Bytes Received By Job
        56  -  Total Bytes Sent By Job
        5101  -  Total Bytes Received By Job
...
```

El log describe la vida del trabajo

Ejecución de trabajos en Condor

- Clusters y procesos:
  - Al conjunto de trabajos que se describen en el fichero de envío se le denomina cluster
    - Un cluster tiene un identificador único
    - Cada trabajo en un cluster se le denomina proceso
      - Se empiezan a numerar en cero
  - El identificador de un trabajo en Condor es el número de cluster seguido del número de proceso
    - ID: 10.0 (cluster 10, proceso 0)
    - ID: 10.0, 10.1, 10.2 (cluster 10, procesos 0, 1 y 2)

Ejecución de trabajos en Condor

- Fichero de envío de dos trabajos:

```
Executable = programa
Universe = vanilla

Input = entrada_0.txt
Output = salida_0.txt
Error = errores_0.txt
Log = log_0.txt
Arguments  = -p 0
Queue

Input = entrada_1.txt
Output = salida_1.txt
Error = errores_1.txt
Log = log_1.txt
Arguments  = -p 1
Queue
```

Cluster 10, proceso 0

Cluster 10, proceso 1

Suponiendo que se le asigna el cluster número 10

Ejecución de trabajos en Condor

- Fichero de envío de dos trabajos:

```
Executable = programa
Universe = vanilla

Input = entrada_$(Process).txt
Output = salida_$(Process).txt
Error = errores_$(Process).txt
Log = log_$(Process).txt
Arguments  = -p $(Process)
InitialDir = prueba_$(Process)
Queue 600
```

Se puede parametrizar

Ejecución de trabajos en Condor

- Envío de los trabajos:

```
griduser@C024222006:~/condor-test$ condor_submit programa600.sub
Submitting
job(s).....................................................................................
.....................................................................................
.....................................................................................
.....................................................................................
.....................................................................................
.....................................................................................
.....................................................
600 job(s) submitted to cluster 11.
```

Ejecución de trabajos en Condor

- Envío de los trabajos:

```
griduser@C024222006:~/condor-test$ condor_q


-- Submitter: C024222006.ipop : <242.24.222.6:9501> : C024222006.ipop
 ID      OWNER            SUBMITTED     RUN_TIME ST PRI SIZE CMD
  11.0   griduser        1/26 08:01   0+00:00:00 I  0   0.0  programa -p 0
  11.1   griduser        1/26 08:01   0+00:00:00 I  0   0.0  programa -p 1
  11.2   griduser        1/26 08:01   0+00:00:00 I  0   0.0  programa -p 2
  11.3   griduser        1/26 08:01   0+00:00:00 I  0   0.0  programa -p 3
  11.4   griduser        1/26 08:01   0+00:00:00 I  0   0.0  programa -p 4
  11.5   griduser        1/26 08:01   0+00:00:00 I  0   0.0  programa -p 5

...

  11.595 griduser        1/26 08:01   0+00:00:00 I  0   0.0  programa -p 595
  11.596 griduser        1/26 08:01   0+00:00:00 I  0   0.0  programa -p 596
  11.597 griduser        1/26 08:01   0+00:00:00 I  0   0.0  programa -p 597
  11.598 griduser        1/26 08:01   0+00:00:00 I  0   0.0  programa -p 598
  11.599 griduser        1/26 08:01   0+00:00:00 I  0   0.0  programa -p 599

600 jobs; 600 idle, 0 running, 0 held
```

Ejecución de trabajos en Condor

- Eliminar trabajos:
  - Para eliminar trabajos se puede utilizar el comando condor_rm:
    - Sólo aquellos que te pertecezcan
  - Ejemplos:
    - condor_rm 11
      - Elimina todo el cluster 11
    - condor_rm 11.1
      - Elimina el proceso 1 del cluster 11
    - condor_rm –all
      - Los elimina todos

Ejecución de trabajos en Condor

- Acceso a ficheros durante la ejecución:
  - Opción 1: usar un sistema de ficheros distribuidos:
    - No forma parte de Condor
  - Opción 2: dejar que Condor transfiera los ficheros:
    - Puede transferir ficheros de entrada y de salida de forma explicita
    - En el universo standard las llamadas al sistema de E/S se redirigen, no es necesario indicar la transferencia

Ejecución de trabajos en Condor

- Acceso a ficheros durante la ejecución:
  - Parámetro del fichero de descripción del trabajo:
    - ShouldTransferFiles:
      - YES: transferir ficheros a la máquina de ejecución
      - NO: se supone que la máquina de ejecución y la de envío comparten un sistema de ficheros
      - IF_NEEDED: transferir sólo si es necesario

```
Universe   = vanilla
Executable = histo.py
Arguments  = libro.txt
Output     = histo.txt
should_transfer_files   = YES
when_to_transfer_output = ON_EXIT
transfer_input_files = libro.txt
Queue
```

Ejecución de trabajos en Condor

- Más opciones del fichero de descripción:
  - Requisitos:
    - Memory >= 256 OpSys == “LINUX” && Arch ==“INTEL”
  - Preferencias:
    - Rank = KFLOPS + Memory

Por defecto, Condor asume que se requiere la misma arquitectura que la máquina de envío

```
Executable = programa
Universe = vanilla
Input = entrada_$(Process).txt
Output = salida_$(Process).txt
Error = errores_$(Process).txt
Log = log_$(Process).txt
Arguments  = -parametro $(Process)
InitialDir = prueba_$(Process)
Requirements = Memory >= 256 OpSys == "LINUX" && Arch =="INTEL"
Rank = KFLOPS + Memory
Queue 600
```

Ejecución de trabajos en Condor

- Envío de trabajos a un pool heterogéneo:

```
universe      = vanilla
Executable    = povray.$$(OpSys).$$(Arch)
Log           = povray.log
Output        = povray.out.$(Process)
Error         = povray.err.$(Process)

Requirements = (Arch == "INTEL" && OpSys == "LINUX") || \
               (Arch == "INTEL" && OpSys =="SOLARIS26") || \
               (Arch == "SUN4u" && OpSys == "SOLARIS28")

Arguments     = +W1024 +H768 +Iimage1.pov
Queue

Arguments     = +W1024 +H768 +Iimage2.pov
Queue

Arguments     = +W1024 +H768 +Iimage3.pov
Queue
```

Ejecución de trabajos en Condor

- Universo Standard:
  - Proporciona los mecasnimos necesarios para crear checkpoints, para pausar y para reanudar un proceso
  - Un checkpoint almacena el estado de un proceso:
    - Memoria, CPU, E/S
  - Dado un checkpoint un proceso puede ser reanudado desde el instante en el que el checkpoint se creó
  - Es necesario enlazar el programa con librerías de Condor

```
$ condor_compile gcc -o programa programa.c
```

No está disponible sobre windows

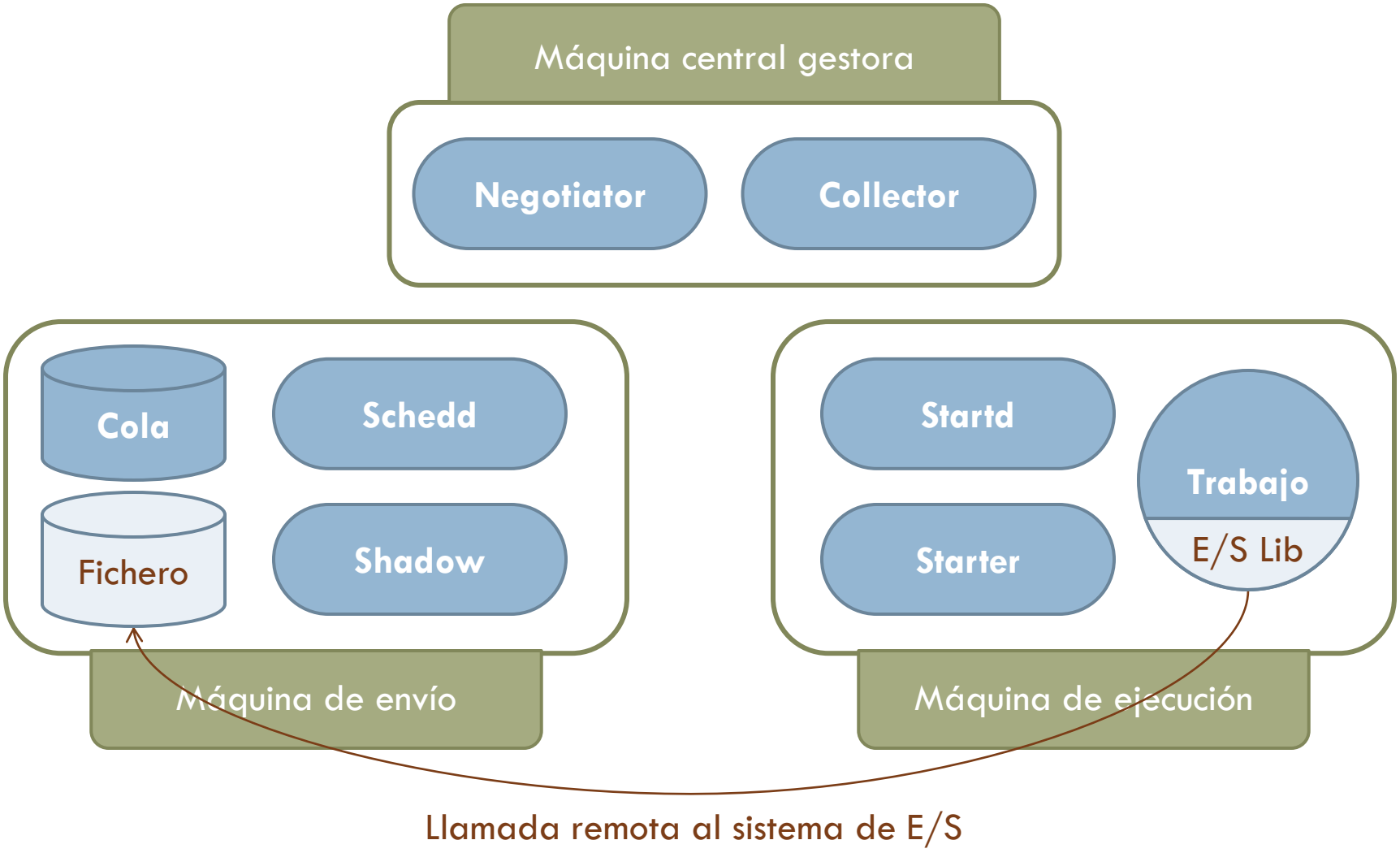
Ejecución de trabajos en Condor

- Limitaciones de los checkpoints:
  - Un proceso no puede crear subprocesos (fork)
  - Un proceso no puede crear hilos
  - No se pueden utilizar mecasnimo de IPC: pipes, memoria compartida
- ¿Cuando se hace un checkpoint?
  - Periodicamente, si se desea
  - Cuando el trabajo es deslojado por otro de prioridad superior
  - Cuando la máquina de ejecución deja de estar libre
  - Con comandos:
    - condor_checkpoint, condor_vacate, condor_off, condor_restart

Ejecución de trabajos en Condor

- Llamadas remotas al sistema:
  - Las llamadas al sistema de E/S son redirigidas de forma transparente desde la máquina de ejecución a la máquina de envío
    - Se pueden leer o escribir ficheros como si fueran locales
  - Permite la migración de trabajos de forma transparente:
    - Se hace un checkpoint cuando el trabajo se ejecuta en la máquina A y se continua la ejecución en la máquina B

Ejecución de trabajos en Condor



Condor

Administración

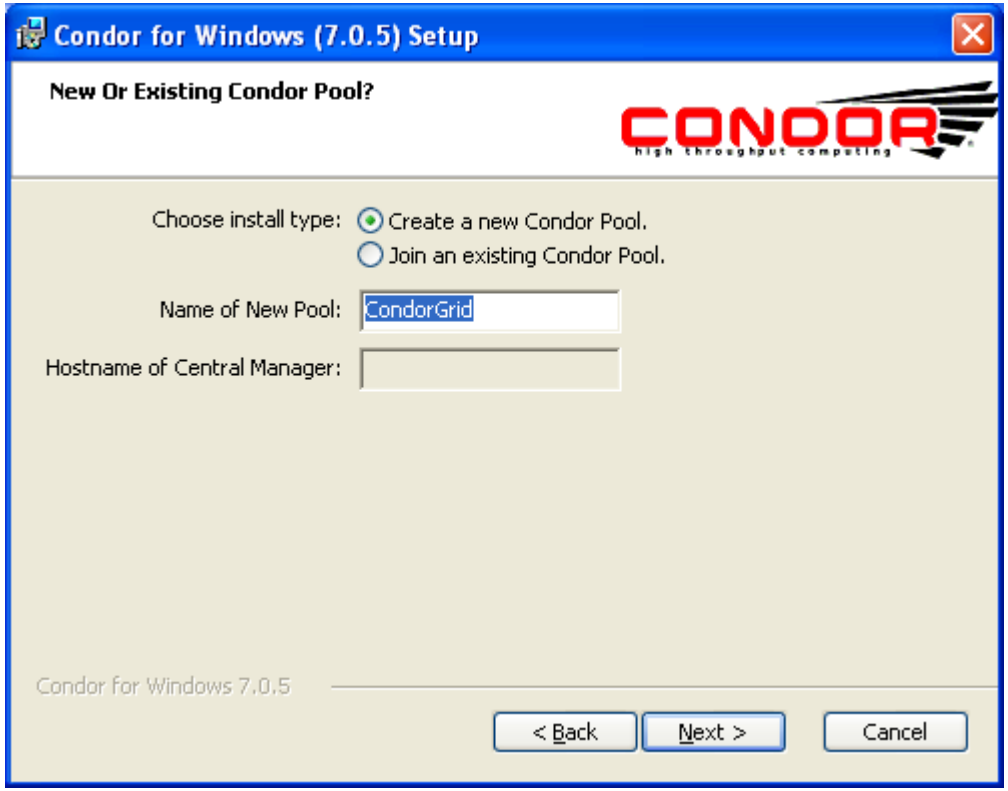
Administración de Condor

- Instalación en Unix:
  - VDT:
    - pacman -get http://vdt.cs.wisc.edu/vdt_1101_cache:Condor
  - Fuentes:
    - ./configure
    - make
    - make install
  - Binarios
    - rpm –i condor…

VDT: Virtual Data Toolkit

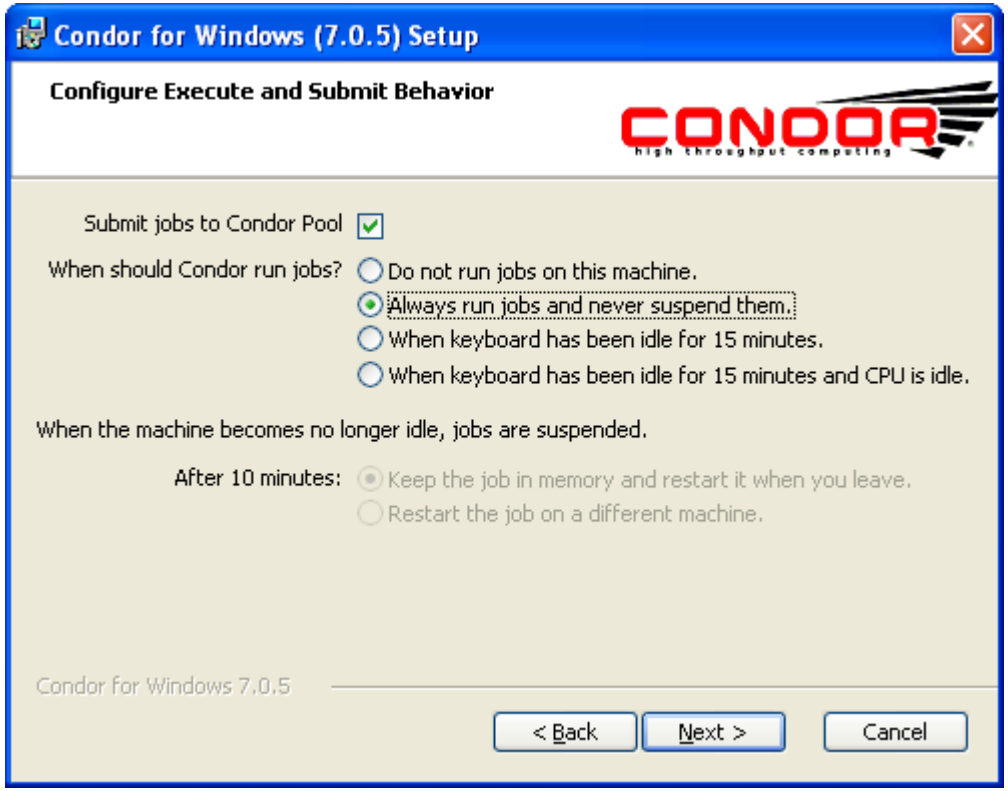
Administración de Condor

- Instalación en Windows:



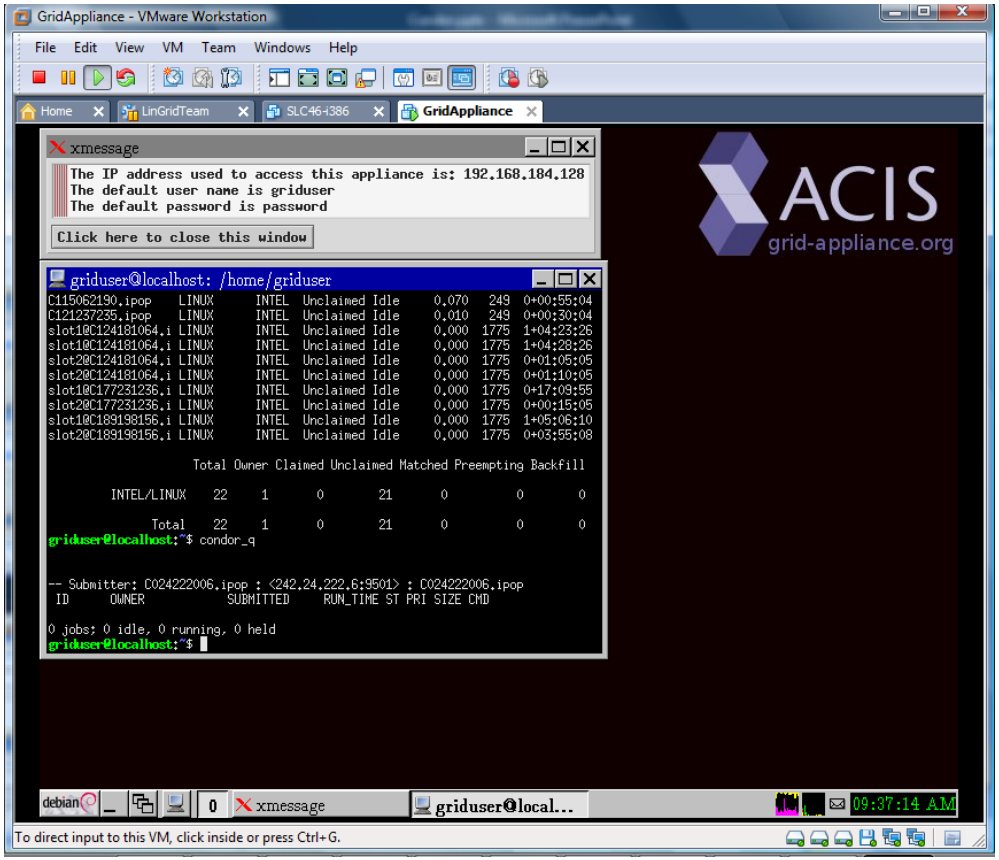
Administración de Condor

- Instalación en Windows:



Administración de Condor

- Instalación con Grid Appliance:



Listo para usar sin instalación

Administración de Condor

- Configuración:
  - Se realiza mediante ficheros de texto
  - Dos tipos:
    - Globales
      - /opt/condor/etc/condor_config
    - Locales
      - /var/condor/condor_config.local

La configuración local tiene prioridad sobre la global

Administración de Condor

- Algunas variables configurables:
  - DAEMON_LIST
    - Máquina de envío:
      - DAEMON_LIST=MASTER, SCHEDD
    - Máquina de ejecución:
      - DAEMON_LIST=MASTER, STARTD
    - Máquina central gestora:
      - DAEMON_LIST=MASTER, COLLECTOR, NEGOTIATOR
  - CONDOR_HOST
    - Nombre de la máquina central gestora

Administración de Condor

- Algunas variables configurables:
  - HOSTALLOW_ADMINISTRATOR
    - Nombre de las máquinas con permisos de administración
  - HOSTALLOW_READ
    - Nombre de las máquinas con permisos para comprobar el estado del pool
  - HOSTALLOW_WRITE
    - Nombre de las máquinas con permisos para unirse al pool

Administración de Condor

- Algunas variables configurables:
  - START
    - Cuando ejecutar trabajos
  - PERIODIC_CHECKPOINT
    - Cada cuanto crear checkpoints
  - WANT_VACATE
    - Cuando desalojar
  - CONTINUE
    - Cuando reanudar trabajos

Forma de indicar la creación de checkpoints cada tres horas ± 30 min:

```
(LastCkpt) > (3 * $(HOUR) + $RANDOM_INTEGER(-30,30,1) * $(MINUTE) )
```

Administración de Condor

- Ejemplos de configuración:

```
...
MINUTE              = 60
ActivityTimer       = (CurrentTime - EnteredCurrentActivity)
ContinueIdleTime    =  5 * $(MINUTE)

# Only start jobs if:
# 1) the keyboard has been idle long enough, AND
# 2) the load average is low enough OR the machine is currently
#    running a Condor job
START     = ( (KeyboardIdle > $(StartIdleTime)) \
           && ( $(CPUIdle) || (State != "Unclaimed" && State != "Owner")) )

# Continue jobs if:
# 1) the cpu is idle, AND
# 2) we've been suspended more than 10 seconds, AND
# 3) the keyboard hasn't been touched in a while
CONTINUE = ( $(CPUIdle) && ($(ActivityTimer) > 10) \
                  && (KeyboardIdle > $(ContinueIdleTime)) )
...
```

Condor

Virtualización

Virtualización

- Universos en Condor
  - *Vanilla: para casi cualquier tipo de trabajo secuencial*
  - *Standard: para trabajos con checkpoints y migración*
  - *Java: para trabajos programados en Java*
  - *VM: para máquinas virtuales*
  - *Grid: para trabajos que se ejecutan en un grid externo*
  - *Parallel: para trabajos paralelos (MPI)*
  - …

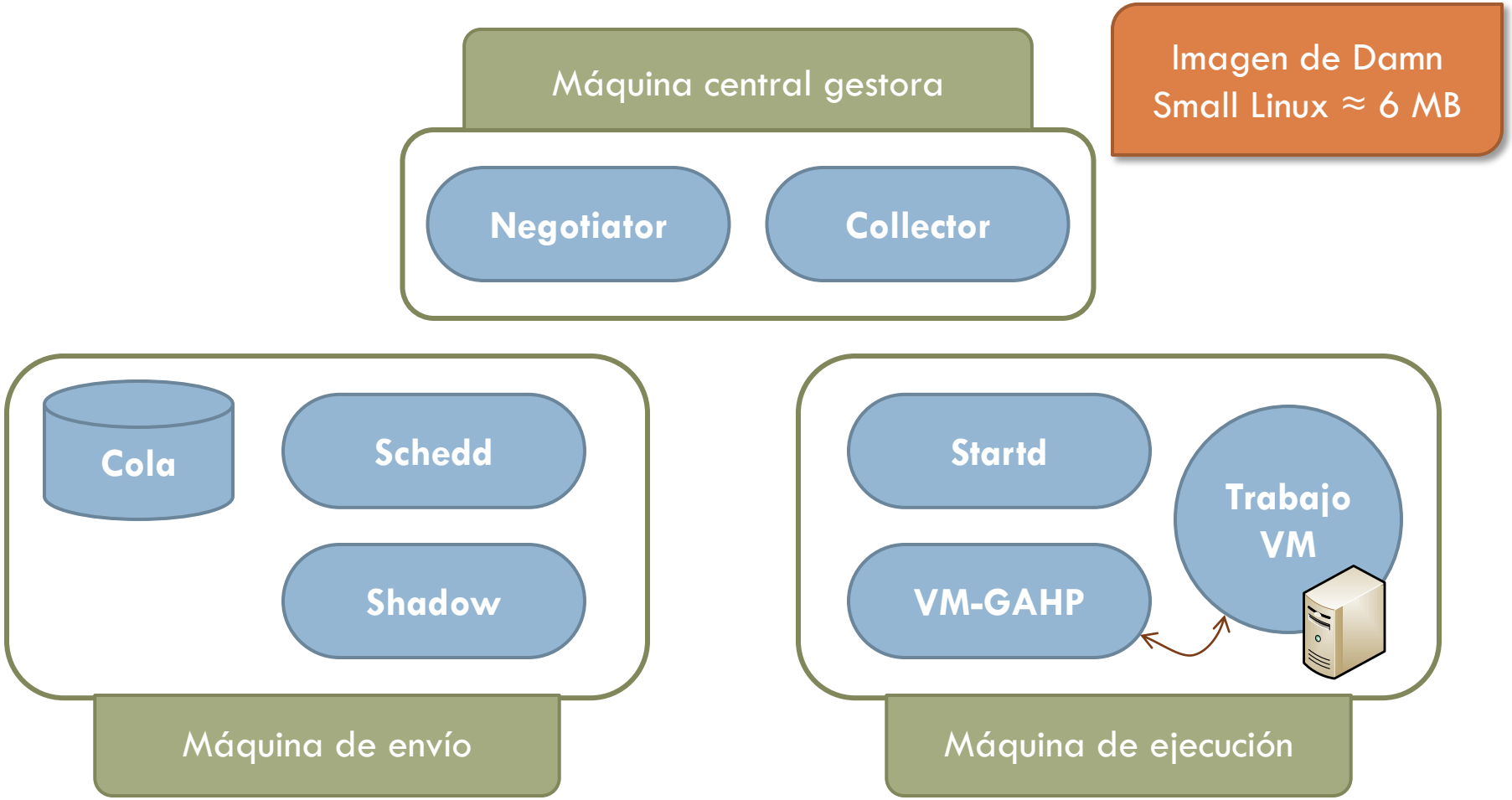
Virtualización

- Máquinas virtuales
  - *Simulan el hardware y el software cree que se ejecuta sobre una máquina real*
  - *Ventajas*
    - *Sandboxing*
      - *Protegen a las máquinas de los trabajos*
    - *Checkpoints y migración*
      - *Se guarda el estado completo de la máquina*
    - *Elevación de privilegios*
      - *Un trabajo puede ejecutarse como root*
    - *Independencia de plataforma*
      - *Un programa windows se puede ejecutar sobre linux y viceversa*

Virtualización

- Universo VM
  - La imagen de la máquina virtual es el trabajo
  - La salida del trabajo es la imagen modificada
  - En la máquina de ejecución, el Stard inicia el servicio VM-GAHP
    - VM-GAHP interactua con la máquina virtual (vmware, xen)

Virtualización



Virtualización

- Checkpoints y migración
  - No es necesario enlazar con las librerías de Condor
  - Tiene menos limitaciones que el universo Standard
    - Se pueden crear hilos y procesos
  - No hay E/S remota
- Configuración del SO
  - La aplicación se debe ejecutar cuando al SO arranque
  - El SO debe terminar cuando termine la aplicación

Condor

Trabajos con dependencias

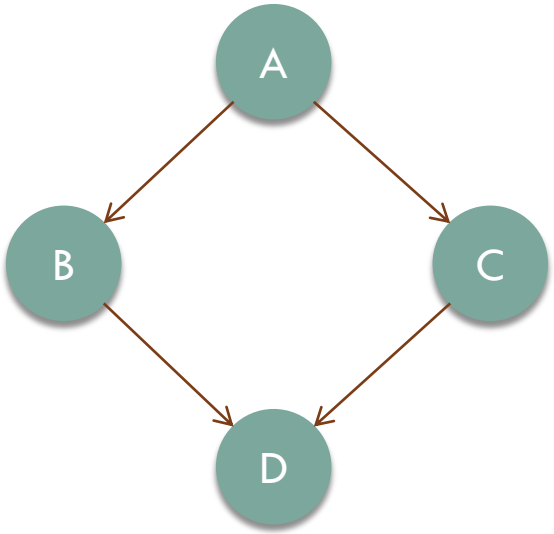
Trabajos con dependencias

- DAG (Directed Acyclic Graph)
  - Un DAG se utiliza para representar un conjunto de trabajos mediante un esquema lógico donde la entrada, salida o ejecución de un trabajo dependen de otros trabajos
- DAGMan (DAG Manager)
  - Mecanismo que implementa Condor para gestionar las dependencias entre trabajos

DAGMan es un sistema de gestión de flujo de carga computacional (workflow system)

Trabajos con dependencias

- Ejemplo de DAG
  - No ejecutar B hasta que termine A
  - No ejecutar C hasta que termine A
  - No ejecutar D hasta que termine B y C



Cada nodo del DAG es un trabajo

Trabajos con dependencias

- Descripción del DAG
  - Se describe mediante un fichero donde se indican las dependencias de cada trabajo

```
Job A a.sub
Job B b.sub
Job C c.sub
Job D d.sub

Parent A Child B C
Parent B C Child D
```

trabajo.dag

Cada nodo del DAG es un trabajo que tiene su propio fichero de descripción

Trabajos con dependencias

- Envío del DAG
  - Para enviar el DAG se utiliza el comando condor_submit_dag

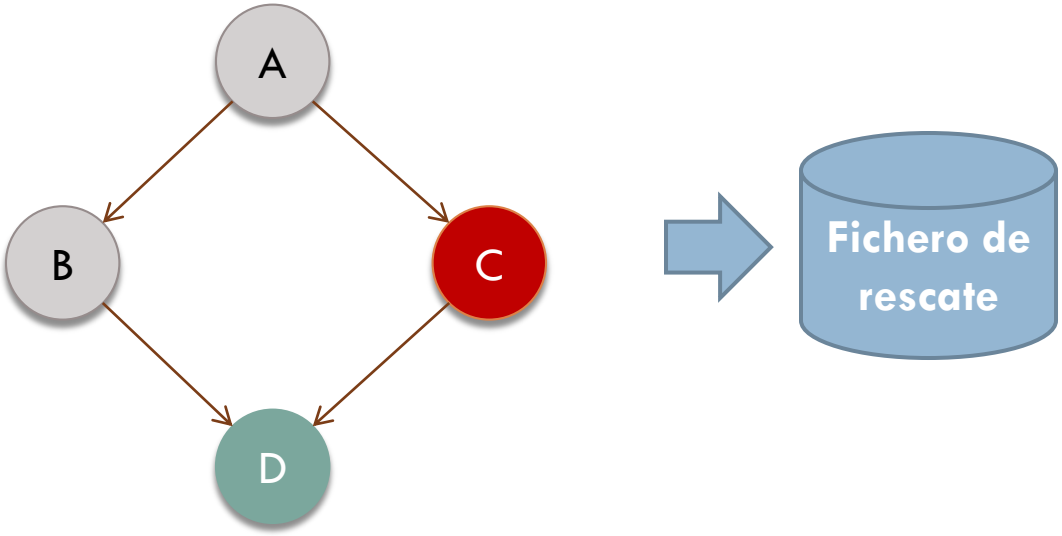
```
$ condor_submit_dag trabajo.dag
```

  - condor_submit_dag envía el ejecutable DAGMan al universo Scheduler
  - DAGMan se encarga de envíar los trabajos indicados en el fichero trabajo.dag en el momento adecuado según las dependencias descritas

Los trabajos en el universo Scheduler se ejecutan sobre la máquina de envío

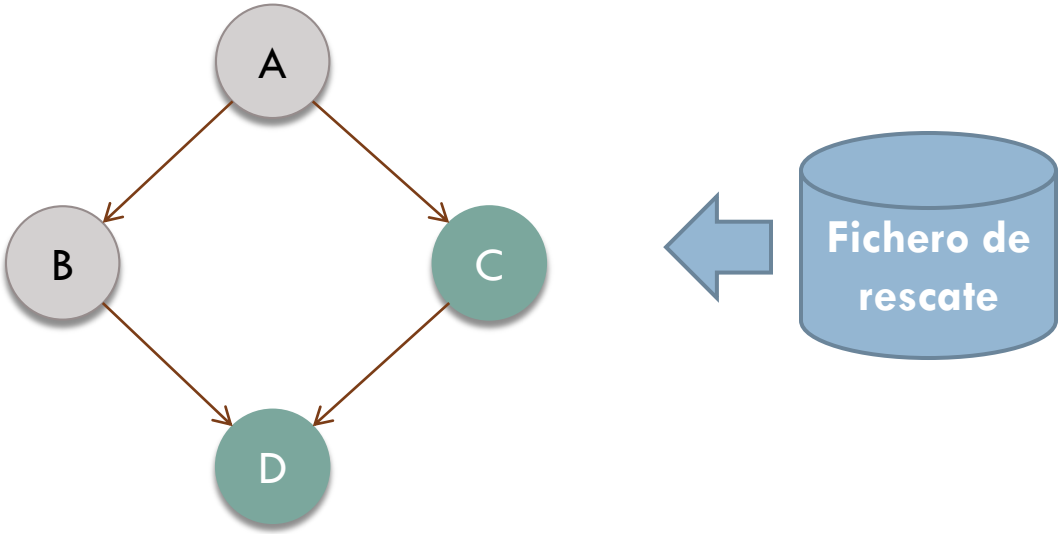
Trabajos con dependencias

- Gestión de errores en el DAG
  - En caso de errores en un trabajo, DAGMan continua hasta que no pueda progresar más y luego crea un fichero de rescate con el estado del DAG



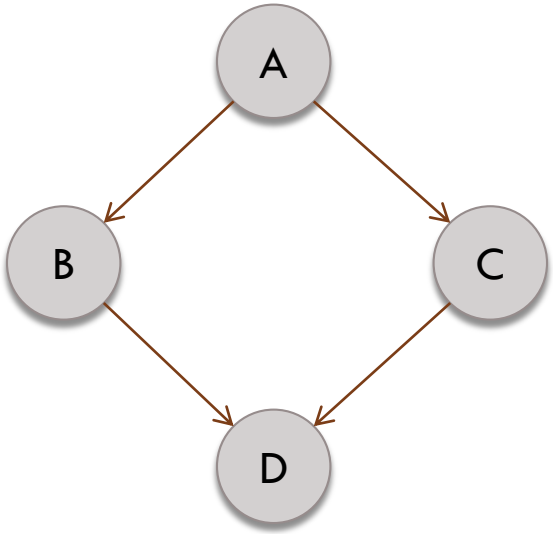
Trabajos con dependencias

- Gestión de errores en el DAG
  - Cuando el trabajo con errores está listo para volver a ejecutarse, se restaura el estado del DAG gracias al fichero de rescate



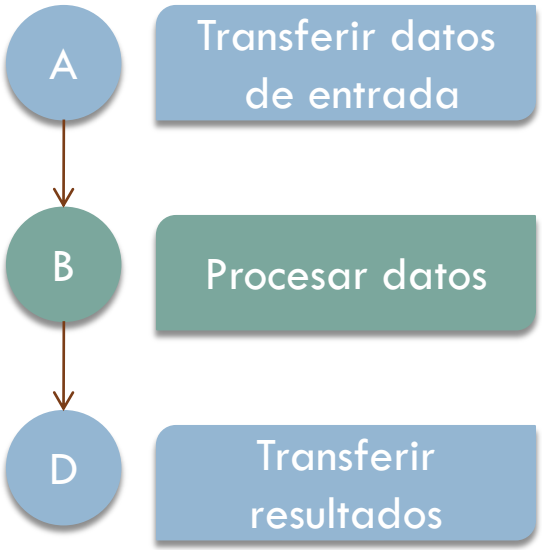
Trabajos con dependencias

- Finalización del DAG
  - Cuando el DAG es completado, el trabajo DAGMan termina



Trabajos con dependencias

- Stork (cigüeña)
  - Sistema de planificación de transferencia de datos
  - Se integra con DAGMan




```
Data Input  transfer_input.stork
Job Proceso trabajo.sub
Data Output transfer_output.stork

Parent Input   Child Proceso
Parent Proceso Child Output
```

trabajo.dag

```
[
  dap_type = transfer;
  src_url = "ftp://servidor/fich.dat";
  dest_url = "file:/tmp/fich.dat";
]
```

transfer_input.stork

Condor

Grid

Grid

- Grid con Condor:
  - Pool Condor distribuido
    - Conjunto de máquinas conectadas a través de internet
    - Requiere coordinación entre las máquinas
  - Condor flocking
  - Universo grid

Un pool de Condor también se puede ver como un cluster

Grid

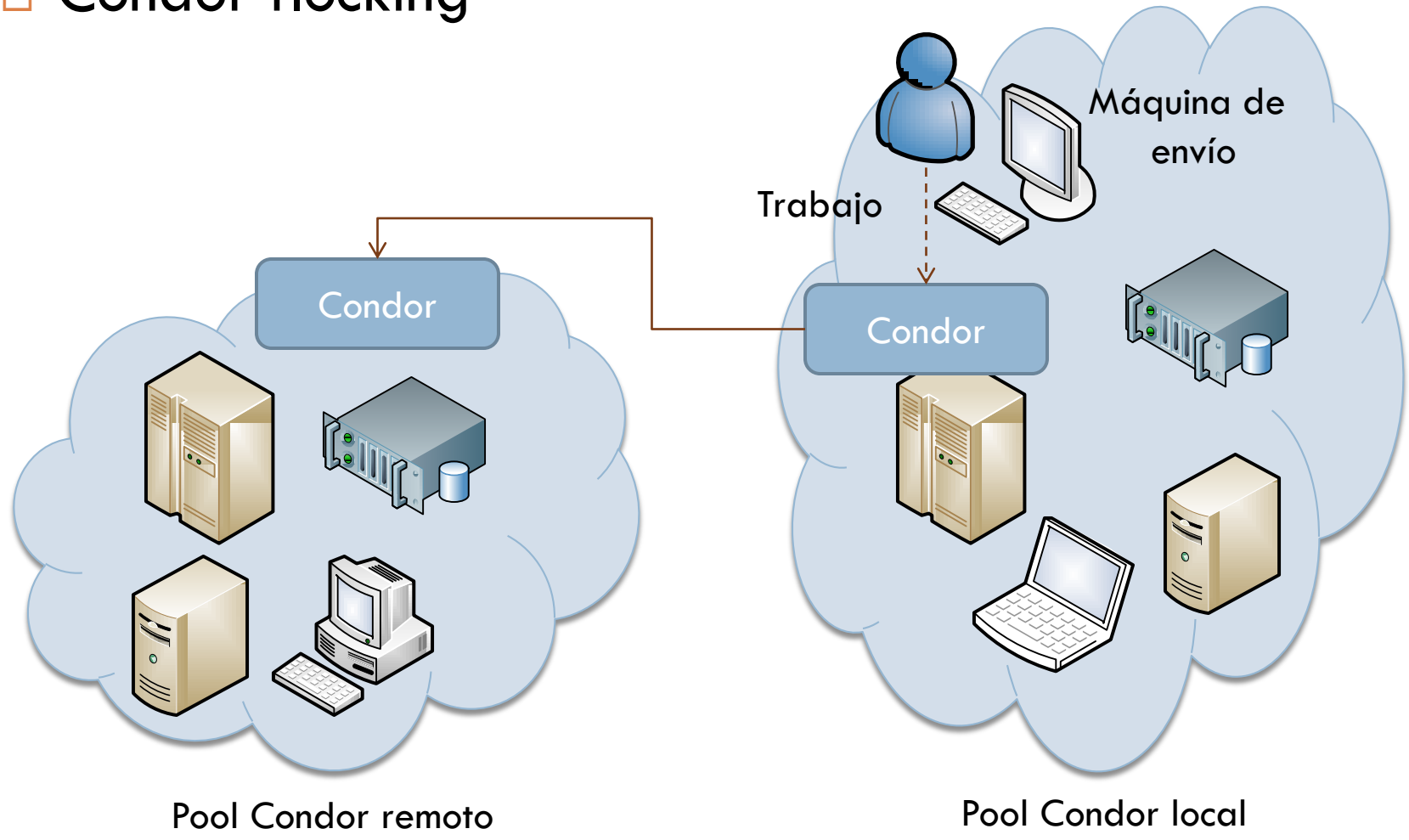
- Condor flocking
  - Una máquina de envío pertenece a un pool
  - Se puede configurar la máquina de envío para que envíe trabajo a otro pool en caso de que su pool no pueda atender sus necesidades
  - Un trabajo se puede ejecutar sobre el pool propio o sobre otro en el que tenga permisos el usuario

```
...

FLOCK_HOSTS = Pool2, Pool3

...
```

condor_config

Grid

- Condor flocking



Grid

- Condor flocking
  - La lista de pools remotos es propiedad del Schedd que se ejecuta en la máquina de envío
    - Cada usuario puede tener acceso a sus pools remotos
    - Cada pool le permite el acceso a un usuario concreto
  - Los pools remotos se contactan en el orden especificado
    - Los usuarios locales del pool tiene prioridad sobre los usuarios que utilizan flocking

Esta presentación ha sido realizada parcialmente a partir de la información publicada por el equipo que desarrolla Condor