

## 4. RMI Avanzado

Copyright (c) 2025 Adrián Quiroga Linares Lectura y referencia permitidas; reutilización y plagio prohibidos

### Info

La mayoría de cosas de este tema a día de hoy están obsoletas y no se usan. Java RMI tampoco se suele usar mucho.

## Era Clásica (la puta mierda de la que hablan las diapositivas)

Esta es la metodología original (JDK 1.1 - 1.4) y la que se detalla explícitamente en el material de estudio.

- **¿Qué se usaba?** Se utilizaban **Archivos Físicos Generados**. Era obligatorio pre-compilar clases auxiliares específicas para cada objeto remoto.
- **El Proceso Manual:**
  1. Escribías tu implementación del servidor (ej. `SomeImpl.java`).
  2. Ejecutabas una herramienta de línea de comandos llamada `rmic` (RMI Compiler) contra tu clase compilada.
  3. Esta herramienta generaba dos nuevos archivos `.class` en tu disco duro:
    - `SomeImpl_Stub.class` (Para el cliente).
    - `SomeImpl_Skel.class` (Para el servidor).
- **¿Cómo funcionaba?**
  - **En el Cliente:** Necesitabas tener físicamente el archivo `_Stub.class` (copiado a mano o descargado vía web). El cliente invocaba métodos sobre este objeto físico.
  - **En el Servidor:** Existía un objeto **Skeleton** real interpuesto. El flujo era rígido: `Red -> Objeto Skeleton -> Objeto Real`. El Skeleton era el único que sabía cómo desempaquetar los datos para esa clase específica.

## La Era Moderna

Con la evolución del lenguaje, Java eliminó la necesidad de generar código "sucio" intermedio, haciendo el proceso transparente.

- **¿Qué se usa ahora?** Se usan **Proxies Dinámicos** y **Reflexión**. Los archivos físicos `_Stub` y `_Skel` han desaparecido del flujo de trabajo diario.
- **El Proceso Automático:**
  1. Escribe tu implementación.

2. Lanzas el servidor. **No ejecutas `rmic`**.
3. Java se encarga del resto en tiempo de ejecución.

- **¿Cómo funciona ahora?**

- **Adiós al Skeleton:** El servidor RMI moderno es genérico. Ya no necesita una clase `_Skel` intermedia. Usa la **Reflexión** de Java para inspeccionar el objeto real y llamar al método adecuado directamente al recibir la petición de red.
- **El Stub Fantasma:** Cuando el cliente busca el objeto (`lookup`), la Máquina Virtual detecta que es una interfaz remota y **genera el código del Stub en la memoria RAM** al instante (Proxy Dinámico). El cliente cree que usa una clase compilada, pero es un objeto sintético creado "al vuelo".

## 4.1 Distribución Dinámica de Código: Stub Downloading

En el modelo básico que vimos en el tema anterior, tenías que copiar manualmente el archivo `Stub.class` del servidor. Esto es un problema de mantenimiento: si cambias el servidor, tienes que redistribuir el stub a todos los clientes.

### 4.1.1 El Concepto

Imagina que quieres pedir comida a un restaurante (el Servidor). Para saber qué pedir, necesitas su carta o menú (el Stub/Interfaz).

- **Sin Stub Downloading (Forma manual):** Tú tienes una copia impresa del menú en tu casa. Si el restaurante cambia sus platos o precios, tu menú de papel queda obsoleto. Llamarás pidiendo algo que ya no existe o con el precio equivocado. Para arreglarlo, tendrás que ir físicamente al restaurante, recoger el nuevo menú y volver a casa.
  - *En Informática:* Esto equivale a tener que copiar manualmente el archivo `Stub.class` en cada ordenador de cada cliente cada vez que actualizas el código del servidor. Si tienes 100 clientes, es inviable.
- **Con Stub Downloading (Forma dinámica):** Tú no guardas el menú. Cuando quieres pedir, entras en la web del restaurante y ves el menú actual en ese preciso instante. Si el restaurante cambia el menú, tú ves el cambio automáticamente la próxima vez que entres.
  - *En Informática:* El cliente no necesita tener el archivo `Stub.class` instalado en su disco duro. Cuando se conecta, el sistema le dice: "Oye, para hablar conmigo necesitas este código, descárgalo de aquí ahora mismo".

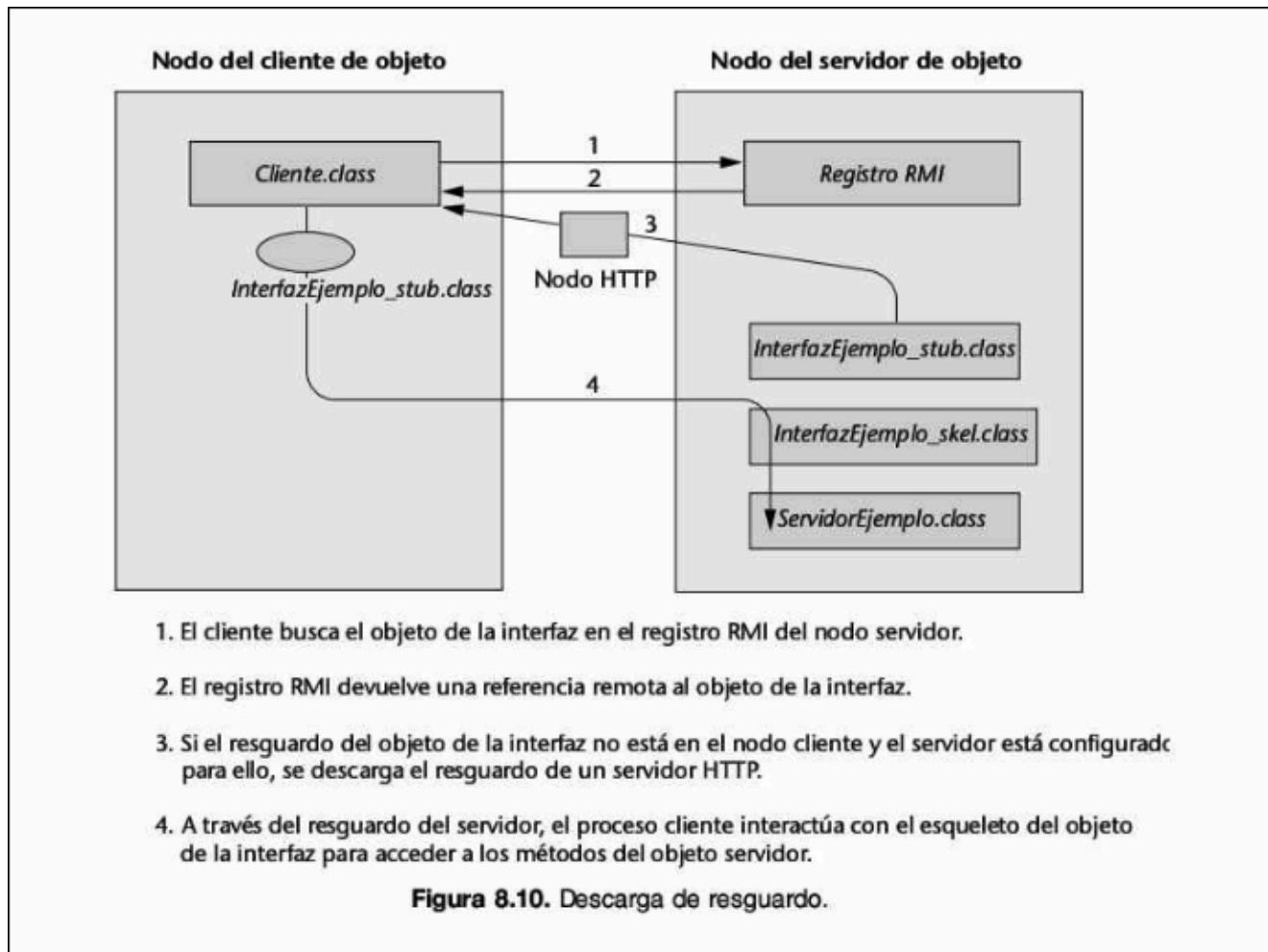
### 4.1.2 Implementación Técnica

Para que esto funcione, el servidor RMI debe decirle al cliente "donde buscar" las clases que no tiene. Esto se hace mediante propiedades del sistema al lanzar el servidor:

- **Codebase:** Indica la URL donde están los stubs. `-Djava.rmi.server.codebase=http://www.miservidor.com/clases/`
- **Hostname:** la IP pública o nombre del servidor. `-Djava.rmi.server.hostname=mi.ip.publica`
- **Policy:** archivo de permisos de seguridad. `-Djava.security.policy=java.policy`

## Funcionamiento

- **El Servidor se prepara:** Cuando arrancas el servidor, le indicas una propiedad llamada `codebase`. Le estás diciendo a RMI: "*Si alguien te pide el Stub y no lo tiene, dile que lo descargue de esta dirección web*" (por ejemplo, un servidor HTTP).
- **El Cliente busca:** El cliente llama al Registro RMI buscando el objeto (`lookup`).
- **Detección de falta:** Si el cliente comprueba que **no tiene** la clase del Stub en su disco duro local....
- **Descarga automática:** ...automáticamente usa la URL que proporcionó el servidor (el `codebase`) para descargar el archivo `.class` a través de HTTP, cargarlo en memoria y usarlo.



## 4.2 El Gestor de Seguridad (Security Manager)

Al permitir **Stub Downloading**, tu programa cliente está descargando y ejecutando código de una red externa. Esto es un riesgo de seguridad enorme.

## 4.2.1 RMISecurityManager

Es una clase que restringe lo que el código descargado puede hacer.

- Es **obligatorio** instanciarlo tanto en el cliente como en el servidor si vas a usar carga dinámica de clases.
- Se activa en el código con: `System.setSecurityManager(new RMISecurityManager());`

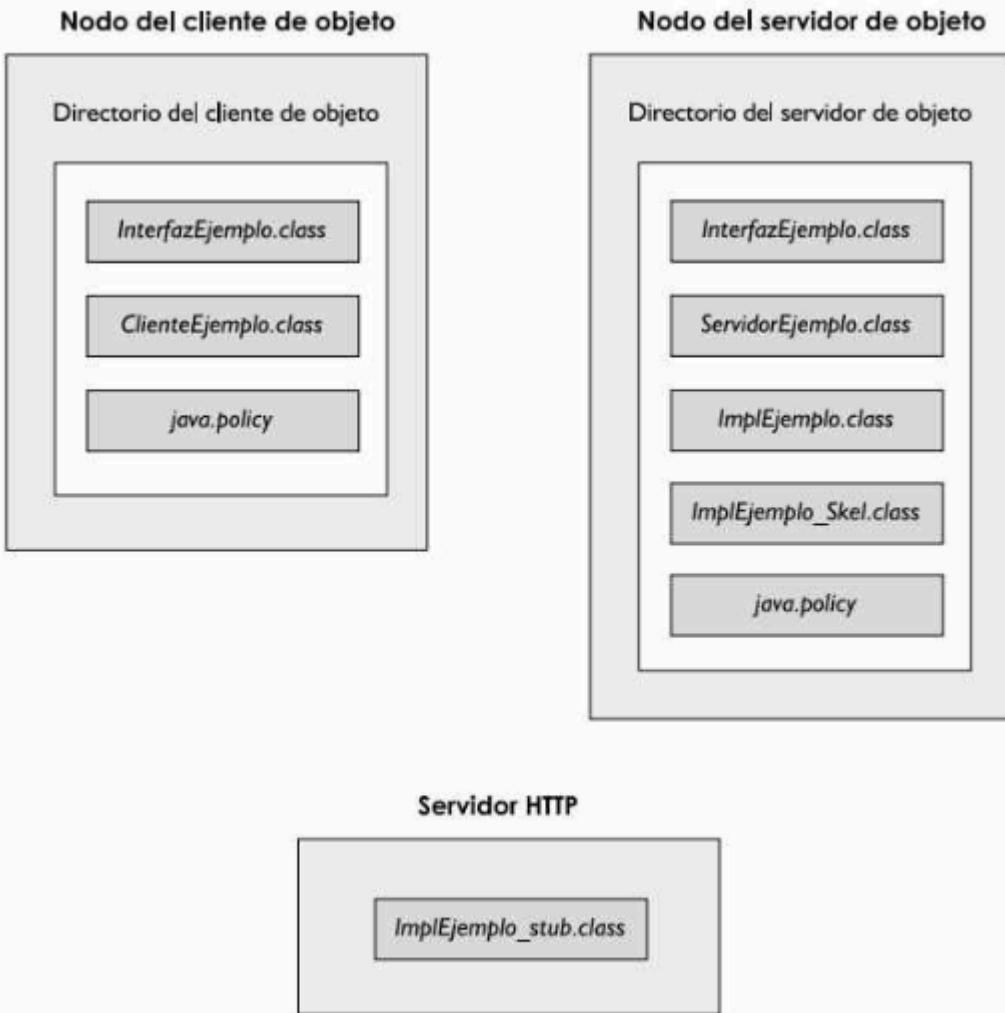
## 4.2.2 El Fichero de Políticas (`java.policy`)

El Security Manager es un "portero" que no deja pasar a nadie a menos que esté en la lista de invitados. Esa lista el fichero `java.policy`.

Debes conceder permisos explícitos:

- **Conectar al Registry:** Permiso para hablar al puerto 1099
- **Descargar Stubs:** Permiso para conectar al puerto 80 (HTTP)
- **Conexiones efímeras:** Permiso para que puertos dinámicos ('`1024-65535`) usados en la comunicación de vuelta.

Por buenas prácticas, se recomienda usar gestores de seguridad en **todas** las aplicaciones RMI, incluso si no usas descarga dinámica.



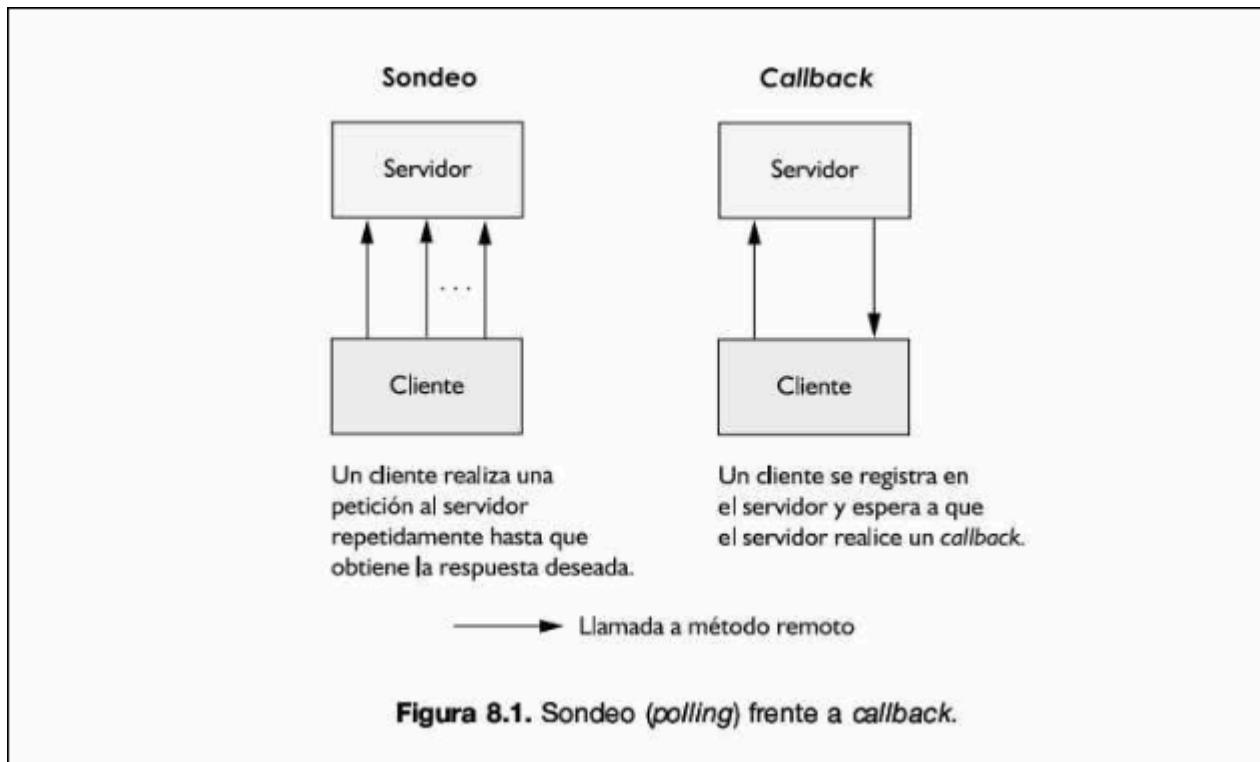
**Figura 8.13.** Colocación de los ficheros RMI en una aplicación que utiliza descarga de resguardo.

## 4.3 Comunicación Bidireccional: RMI Callbacks

Hasta ahora, el modelo era **Pull** (Cliente pide → Servidor Responde). El servidor era pasivo. Pero, ¿y si el servidor necesita avisar al cliente de algo (ej: una subasta ha terminado, un chat, monitorización)?

### 4.3.1 El Problema del Polling

Sin callbacks, el cliente tendría que preguntar constantemente: "¿Ya terminó? ¿Ya terminó?". Esto se llama **Polling** y es ineficiente y satura la red.

**Figura 8.1.** Sondeo (*polling*) frente a callback.

### 4.3.2 La Solución: Callback (Llamada inversa)

El cliente se "registra" en el servidor y espera a que el servidor le llame.

Esto convierte la arquitectura en **Duplex**: ambos lados actúan como cliente y servidor en momentos diferentes.

### 4.3.2 Estructura de un Callback

Para implementar esto, necesitamos **dos interfaces remotas** y **dos juegos de Stubs/Skeletons**.

**Interfaz del Servidor:** Define un método para que el cliente se suscriba.

- Ejemplo: `addCallback(HelloCallbackInterface cliente)`.

**Interfaz del Cliente (CallbackInterface):** Define el método que el servidor invocará.

- Ejemplo: `public void callMe(String msg)`.

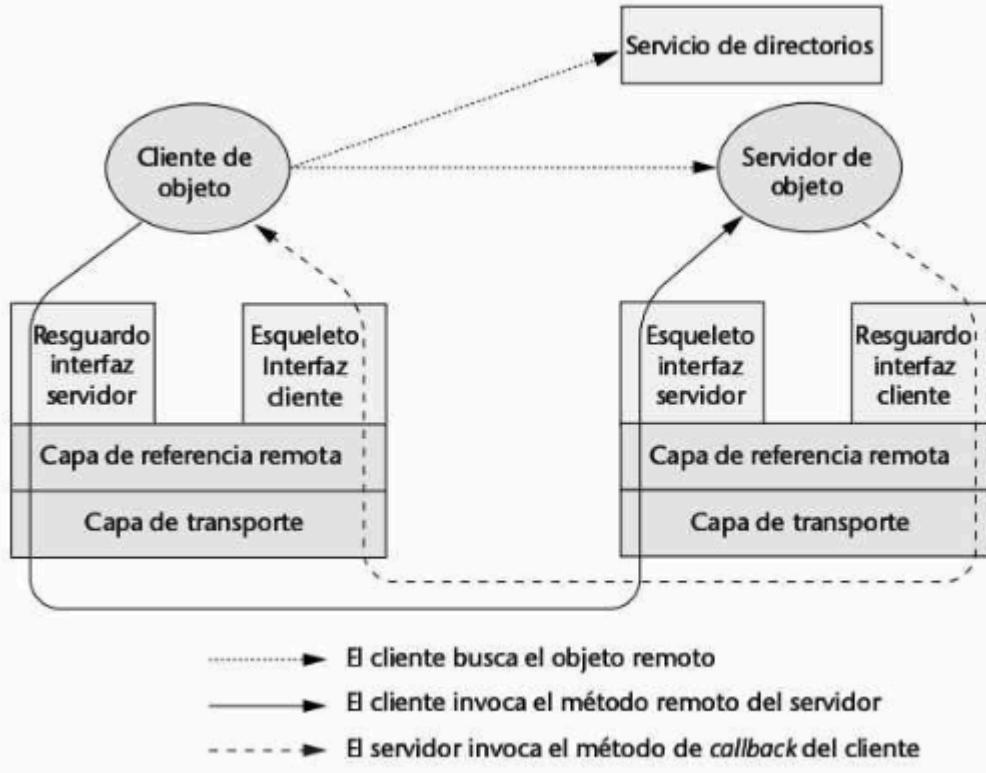


Figura 8.2. La arquitectura de RMI con *callback* de cliente.

### 4.3.4 Flujo de Ejecución

- **Cliente:** crea un objeto que implementa su interfaz de callback y lo **exporta**.
- **Registro:** el cliente llama al servidor (`addCallback`) pasándole una referencia a sí mismo (`this`)
- **Servidor:** guarda al cliente en una lista (ej: un `ArrayList`)
- **Notificación:** cuando ocurre el evento, el servidor recorre la lista e invoca el método `callMe` de cada cliente.

### 4.3.5 Ejemplo

**Interfaz del Callback (Lo que tiene el Cliente)** Define el método que el servidor llamará para notificar.

JAVA

```

import java.rmi.Remote;
import java.rmi.RemoteException;

// Interfaz que implementará el Cliente
public interface InterfaceCallback extends Remote {
    // El servidor usará este método para "gritarle" al cliente
    public void notificar(String mensaje) throws RemoteException;
}

```

**Interfaz del Servidor (El servicio principal)** Define el método para registrarse.

```
import java.rmi.Remote;
import java.rmi.RemoteException;

public interface InterfaceServidor extends Remote {
    // Método clásico del servicio
    public String decirHola() throws RemoteException;

    // MÉTODO CLAVE: El cliente pasa una referencia a sí mismo (su interfaz)
    public void registrarCliente(InterfaceCallback cliente) throws
RemoteException;
}
```

**El Servidor (Implementación).** El servidor debe mantener una lista de los clientes conectados para poder avisarles luego. El PDF sugiere usar un **Vector** para almacenar estas referencia.

```

import java.rmi.server.UnicastRemoteObject;
import java.rmi.RemoteException;
import java.rmi.Naming;
import java.rmi.registry.LocateRegistry;
import java.util.Vector; // Usado en el PDF

public class ServidorImpl extends UnicastRemoteObject implements
InterfaceServidor {

    // Lista para guardar las referencias a los clientes
    private Vector<InterfaceCallback> listaClientes;

    public ServidorImpl() throws RemoteException {
        super();
        listaClientes = new Vector<>();
    }

    @Override
    public String decirHola() throws RemoteException {
        return "Hola desde el Servidor RMI";
    }

    @Override
    public void registrarCliente(InterfaceCallback cliente) throws
RemoteException {
        // Guardamos al cliente en la lista
        System.out.println("Servidor: Nuevo cliente registrado.");
        listaClientes.add(cliente);
    }

    // Método interno para simular un evento y avisar a todos
    public void realizarCallback() {
        System.out.println("Servidor: Iniciando callbacks a " +
listaClientes.size() + " clientes...");

        // Recorremos la lista e invocamos al cliente [cite: 287]
        for (InterfaceCallback cliente : listaClientes) {
            try {
                // AQUÍ OCURRE LA MAGIA: El servidor llama al cliente
                cliente.notificar("¡El evento ha ocurrido! Saludos del
servidor.");
            } catch (RemoteException e) {
                System.out.println("Error al contactar con un cliente: " +
e.getMessage());
            }
        }
    }
}

```

```
e.getMessage());
}

}

public static void main(String[] args) {
    try {
        LocateRegistry.createRegistry(1099);
        ServidorImpl servidor = new ServidorImpl();
        Naming.rebind("rmi://localhost/ServicioCallback", servidor);
        System.out.println("Servidor listo.");

        // Simulamos que pasados 5 segundos, ocurre el evento
        Thread.sleep(5000);
        servidor.realizarCallback();

    } catch (Exception e) {
        e.printStackTrace();
    }
}
```

**El Cliente (Implementación y Registro).** Aquí está la parte crítica: el cliente debe implementar **InterfaceCallback** y **exportarse** para que el servidor pueda llamarle.

```

import java.rmi.server.UnicastRemoteObject;
import java.rmi.RemoteException;
import java.rmi.Naming;

// El cliente DEBE implementar la interfaz de callback [cite: 241]
public class ClienteConCallback extends UnicastRemoteObject implements
InterfaceCallback {

    public ClienteConCallback() throws RemoteException {
        super(); // Esto exporta al cliente automáticamente como objeto
remoto
    }

    // Este es el método que ejecutará el servidor remotamente
    @Override
    public void notificar(String mensaje) throws RemoteException {
        System.out.println("CLIENTE RECIBIÓ NOTIFICACIÓN: " + mensaje);
    }

    public static void main(String[] args) {
        try {
            // 1. Instanciar el cliente (se exporta al nacer por heredar de
UnicastRemoteObject)
            ClienteConCallback miCliente = new ClienteConCallback();

            // 2. Buscar al servidor
            String url = "rmi://localhost/ServicioCallback";
            InterfaceServidor servidor = (InterfaceServidor)
Naming.lookup(url);

            // 3. Registrarse pasando 'this' (nuestra propia referencia
remota) [cite: 334]
            System.out.println("Cliente: Registrándome para callbacks...");
            servidor.registrarCliente(miCliente);

            System.out.println("Cliente: Esperando evento...");

            // Mantenemos el cliente vivo para recibir la llamada
            // (En un caso real, la aplicación seguiría ejecutándose)

        } catch (Exception e) {
            e.printStackTrace();
        }
    }
}

```

}



**Figura 8.9.** Colocación de los ficheros en una aplicación RMI con callback de cliente.

## 4.4 Serialización y Paso de Objetos

A veces no basta con pasar números o texto (`int`, `String`). Necesitamos pasar estructuras de datos complejas u objetos propios.

#### 4.4.1 Concepto de Serialización

Es el mecanismo para convertir un objeto (su código y sus datos) en una secuencia de bytes (stream) para enviarlo por la red y reconstruirlo idéntico en el otro lado.

- Java garantiza que el objeto reconstruido en el servidor funcionará igual que en el cliente.

## 4.4.2 Requisito Fundamental

Para pasar un objeto como argumento en RMI, la clase de ese objeto **debe implementar la interfaz** `java.io.Serializable`. Si no lo hace, RMI lanzará una excepción al intentar enviarlo.

## 4.4.3 Ejemplo Práctico: Integración Numérica

**Problema:** Calcular una integral compleja requiere mucha CPU.

**Solución RMI:**

1. El Cliente crea un objeto `Sin` (Seno) que implementa `Evaluatable` y `Serializable`
2. El Cliente envía este objeto al Servidor a través de un método `integrate(...)`
3. El Servidor recibe el objeto y ejecuta el cálculo intensivo localmente usando el código del objeto recibido