
Programación de Servicios y Procesos

Publicación 1.0

Oscar Gomez

Curso 2016/2017

1. Ejecutables. Procesos. Servicios.	3
1.1. Ejecutables	3
1.2. Procesos	3
1.3. Servicios	4
2. Hilos.	5
3. Programación concurrente.	7
4. Programación paralela y distribuida.	9
5. Creación de procesos.	11
6. Comunicación entre procesos.	15
7. Ejercicio	17
8. Gestión de procesos.	21
9. Comandos para la gestión de procesos en sistemas libres y propietarios.	23
9.1. Prioridades	24
10. Sincronización entre procesos.	25
10.1. Mecanismos para controlar secciones críticas	25
11. Documentación	27
12. Depuración.	29
13. Examen	31
14. Programación multihilo	33
14.1. Recursos compartidos por los hilos.	33
14.2. Estados de un hilo. Cambios de estado.	33
14.3. Elementos relacionados con la programación de hilos. Librerías y clases. . . .	34
14.4. Gestión de hilos.	35

14.5. Creación, inicio y finalización.	37
14.6. Sincronización de hilos.	38
14.7. Información entre hilos.	38
14.8. Prioridades de los hilos.	38
14.9. Gestión de prioridades.	38
14.10. Programación de aplicaciones multihilo.	38
14.11. Problema	41
14.12. Solución completa al problema de los filósofos	42
14.13. Problema	45
14.14. Una (mala) solución al problema de los barberos	46
14.15. Problema: productores y consumidores.	51
14.16. Solución	51
14.17. Ejercicio	55
14.18. Documentación.	55
14.19. Depuración.	55
15. Programación de comunicaciones en red	57
15.1. Comunicación entre aplicaciones.	57
15.2. Roles cliente y servidor.	57
15.3. Recordatorio de los flujos en Java	58
15.4. Elementos de programación de aplicaciones en red. Librerías.	59
15.5. Funciones y objetos de las librerías.	60
15.6. Sockets.	61
15.7. Creación de sockets.	61
15.8. Enlazado y establecimiento de conexiones.	62
15.9. Utilización de sockets para la transmisión y recepción de información.	63
15.10. Programación de aplicaciones cliente y servidor.	64
15.11. Utilización de hilos en la programación de aplicaciones en red.	69
16. Generación de servicios en red	77
16.1. Protocolos estándar de comunicación en red a nivel de aplicación	78
16.2. Librerías de clases y componentes.	78
16.3. Utilización de objetos predefinidos.	78
16.4. Propiedades de los objetos predefinidos.	78
16.5. Métodos y eventos de los objetos predefinidos.	78
16.6. Establecimiento y finalización de conexiones.	78
16.7. Transmisión de información.	78
16.8. Programación de aplicaciones cliente.	78
16.9. Programación de servidores.	78
16.10. Implementación de comunicaciones simultáneas.	78
16.11. Documentación.	78
16.12. Depuración.	78
16.13. Monitorización de tiempos de respuesta.	78
17. Utilización de técnicas de programación segura	79
17.1. Introducción	79
17.2. Prácticas de programación segura.	79
17.3. Criptografía de clave pública y clave privada.	81
17.4. Principales aplicaciones de la criptografía.	81

17.5. Protocolos criptográficos.	81
17.6. Encriptación de información.	81
17.7. Protocolos seguros de comunicaciones.	84
17.8. Programación de aplicaciones con comunicaciones seguras.	84
17.9. Firmado de aplicaciones	89
17.10. Verificado de aplicaciones	90
17.11. Ejercicio	90
17.12. Recordatorio	90
17.13. Política de seguridad.	91
17.14. Programación de mecanismos de control de acceso.	91
17.15. Pruebas y depuración.	91

===== Programacion de servicios y
procesos =====

Ejecutables. Procesos. Servicios.

1.1 Ejecutables

Un ejecutable es un archivo con la estructura necesaria para que el sistema operativo pueda poner en marcha el programa que hay dentro. En Windows, los ejecutables suelen ser archivos con la extensión .EXE.

Se pueden utilizar “desensambladores” para averiguar la secuencia de instrucciones que hay en un EXE. Incluso existen desensambladores en línea como <http://onlinedisassembler.com>

Sin embargo, Java genera ficheros .JAR o .CLASS. Estos ficheros *no son ejecutables* sino que son archivos que el intérprete de JAVA (el archivo `java.exe`) leerá y ejecutará.

El intérprete toma el programa y lo traduce a instrucciones del microprocesador en el que estemos, que puede ser x86 o un x64 o lo que sea. Ese proceso se hace “al instante” o JIT (Just-In-Time).

Un archivo .CLASS puede desensamblarse utilizando el comando `javap -c <archivo.class>`. Cuando se hace así, se obtiene un listado de “instrucciones” que no se corresponden con las instrucciones del microprocesador, sino con “instrucciones virtuales de Java”. El intérprete Java (el archivo `java.exe`) traducirá en el momento del arranque dichas instrucciones virtuales Java a instrucciones reales del microprocesador.

Este último aspecto es el esgrimido por Java para defender que su ejecución puede ser más rápida que la de un EXE, ya que Java puede averiguar en qué microprocesador se está ejecutando y así generar el código más óptimo posible.

Un EXE puede que no contenga las instrucciones de los microprocesadores más modernos. Como todos son compatibles no es un gran problema, sin embargo, puede que no aprovechemos al 100 % la capacidad de nuestro micro.

1.2 Procesos

Es un archivo que está en ejecución y bajo el control del sistema operativo. Un proceso puede atravesar diversas etapas en su “ciclo de vida”. Los estados en los que puede estar son:

- En ejecución: está dentro del microprocesador.

- Pausado/detenido/en espera: el proceso tiene que seguir en ejecución pero en ese momento el S.O tomó la decisión de dejar paso a otro.
- Interrumpido: el proceso tiene que seguir en ejecución pero *el usuario* ha decidido interrumpir la ejecución.
- Existen otros estados pero ya son muy dependientes del sistema operativo concreto.

1.3 Servicios

Un servicio es un proceso que no muestra ninguna ventana ni gráfico en pantalla porque no está pensado para que el usuario lo maneje directamente.

Habitualmente, un servicio es un programa que atiende a otro programa.

Hilos.

Un hilo es un concepto más avanzado que un proceso: al hablar de procesos cada uno tiene su propio espacio en memoria. Si abrimos 20 procesos cada uno de ellos consume 20x de memoria RAM. Un hilo es un proceso mucho más ligero, en el que el código y los datos se comparten de una forma distinta.

Un proceso no tiene acceso a los datos de otro procesos. Sin embargo un hilo sí accede a los datos de otro hilo. Esto complicará algunas cuestiones a la hora de programar.

Programación concurrente.

La programación concurrente es la parte de la programación que se ocupa de crear programas que pueden tener varios procesos/hilos que colaboran para ejecutar un trabajo y aprovechar al máximo el rendimiento de sistemas multinúcleo.

Programación paralela y distribuida.

Dentro de la programación concurrente tenemos la paralela y la distribuida:

- En general se denomina “programación paralela” a la creación de software que se ejecuta siempre en un solo ordenador (con varios núcleos o no)
- Se denomina “programación distribuida” a la creación de software que se ejecuta en ordenadores distintos y que se comunican a través de una red.

Creación de procesos.

En Java es posible crear procesos utilizando algunas clases que el entorno ofrece para esta tarea. En este tema, veremos en profundidad la clase `ProcessBuilder`.

El ejemplo siguiente muestra como lanzar un proceso de Acrobat Reader:

```
public class LanzadorProcesos {
    public void ejecutar(String ruta){

        ProcessBuilder pb;
        try {
            pb = new ProcessBuilder(ruta);
            pb.start();
        } catch (Exception e) {
            // TODO Auto-generated catch block
            e.printStackTrace();
        }

    }
    /**
     * @param args
     */
    public static void main(String[] args) {
        String ruta=
            "C:\\Program Files (x86)\\Adobe\\Reader 11.
↪0\\Reader\\AcroRd32.exe";
        LanzadorProcesos lp=new LanzadorProcesos();
        lp.ejecutar(ruta);
        System.out.println("Finalizado");
    }
}
```

Supongamos que necesitamos crear un programa que aproveche al máximo el número de CPUs para realizar alguna tarea intensiva. Supongamos que dicha tarea consiste en sumar números.

Enunciado: crear una clase Java que sea capaz de sumar todos los números comprendidos entre dos valores incluyendo ambos valores.

Para resolverlo crearemos una clase `Sumador` que tenga un método que acepte dos números `n1` y `n2` y que devuelva la suma de todo el intervalo.

Además, incluiremos un método `main` que ejecute la operación de suma tomando los números de la línea de comandos (es decir, se pasan como argumentos al `main`).

El código de dicha clase podría ser algo así:

```
package com.ies;

public class Sumador {
    public int sumar(int n1, int n2) {
        int resultado=0;
        for (int i=n1; i<=n2; i++) {
            resultado=resultado+i;
        }
        return resultado;
    }
    public static void main(String[] args) {
        Sumador s=new Sumador();
        int n1=Integer.parseInt(args[0]);
        int n2=Integer.parseInt(args[1]);
        int resultado=s.sumar(n1, n2);
        System.out.println(resultado);
    }
}
```

Para ejecutar este programa desde dentro de Eclipse es necesario indicar que deseamos enviar *argumentos* al programa. Por ejemplo, si deseamos sumar los números del 2 al 10, deberemos ir a la ventana “Run configuration” y en la pestaña “Arguments” indicar los argumentos (que en este caso son los dos números a indicar).

Una vez hecha la prueba de la clase `sumador`, le quitamos el `main`, y crearemos una clase que sea capaz de lanzar varios procesos. La clase `Sumador` se quedará así:

```
public class Sumador {
    public int sumar(int n1, int n2) {
        int resultado=0;
        for (int i=n1; i<=n2; i++) {
            resultado=resultado+i;
        }
        return resultado;
    }
}
```

Y ahora tendremos una clase que lanza procesos de esta forma:

```
package com.ies;

public class Lanzador {
    public void lanzarSumador(Integer n1,
        Integer n2) {
```

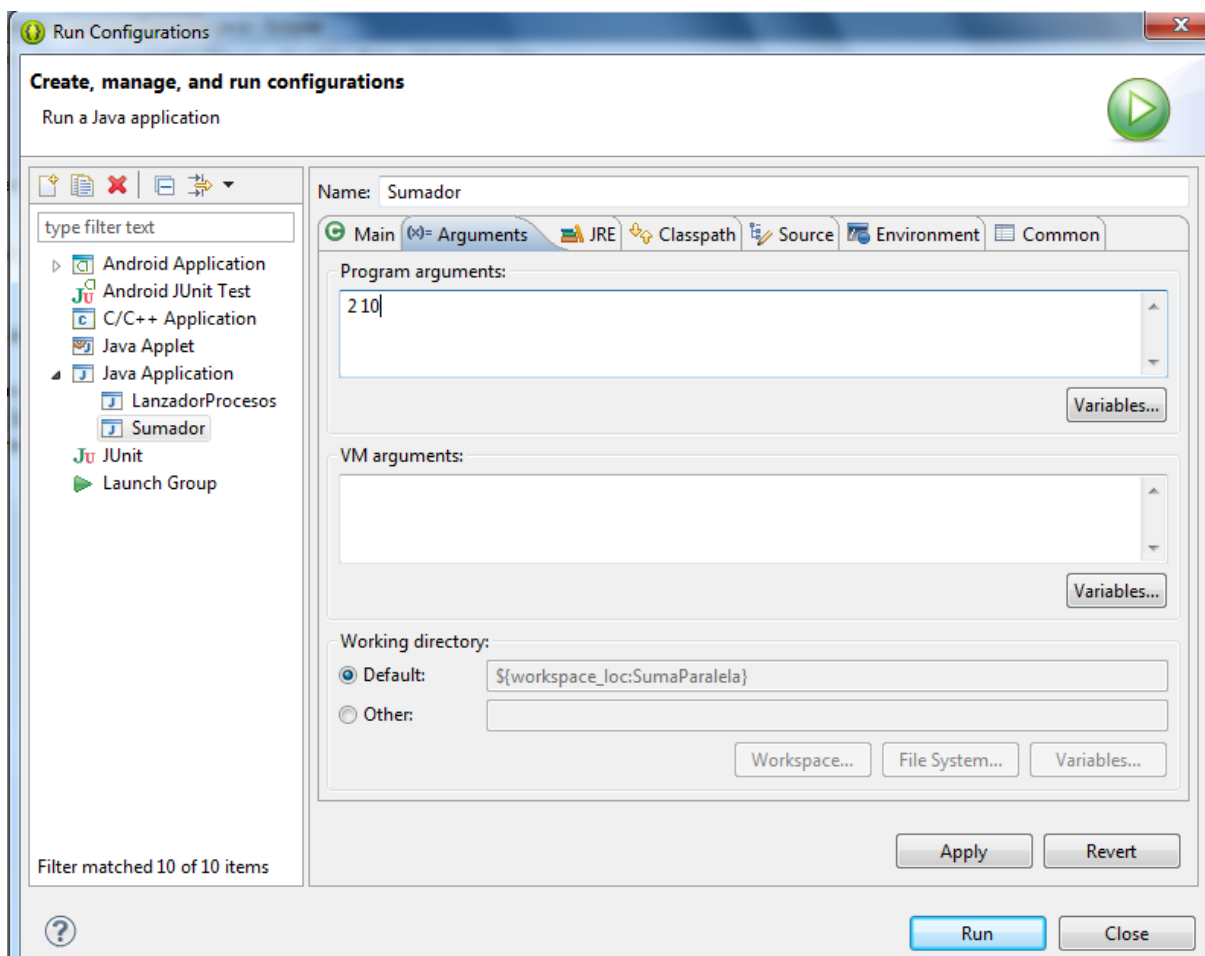


Figura 5.1: Modificando los argumentos del programa

```
String clase="com.ies.Sumador";
ProcessBuilder pb;
try {
    pb = new ProcessBuilder(
        "java",clase,
        n1.toString(),
        n2.toString());
    pb.start();
} catch (Exception e) {
    // TODO Auto-generated catch block
    e.printStackTrace();
}
}
public static void main(String[] args){
    Lanzador l=new Lanzador();
    l.lanzarSumador(1, 51);
    l.lanzarSumador(51, 100);
    System.out.println("Ok");
}
}
```

Comunicación entre procesos.

Las operaciones multiproceso pueden implicar que sea necesario comunicar información entre muchos procesos, lo que obliga a la necesidad de utilizar mecanismos específicos de comunicación que ofrecerá Java o a diseñar alguno separado que evite los problemas que puedan aparecer.

En el ejemplo, el segundo proceso suele sobrescribir el resultado del primero, así que modificaremos el código del lanzador para que cada proceso use su propio fichero de resultados.

```
public class Lanzador {
    public void lanzarSumador(Integer n1,
        Integer n2, String fichResultado){
        String clase="com.ies.Sumador";
        ProcessBuilder pb;
        try {
            pb = new ProcessBuilder(
                "java",clase,
                n1.toString(),
                n2.toString());

            pb.redirectError(new File("errores.txt"));
            pb.redirectOutput(new File(fichResultado));
            pb.start();
        } catch (Exception e) {
            // TODO Auto-generated catch block
            e.printStackTrace();
        }
    }
    public static void main(String[] args){
        Lanzador l=new Lanzador();
        l.lanzarSumador(1, 5, "result1.txt");
        l.lanzarSumador(6,10, "result2.txt");
        System.out.println("Ok");
    }
}
```

Cuando se lanza un programa desde Eclipse no ocurre lo mismo que cuando se lanza desde Windows. Eclipse trabaja con unos directorios predefinidos y puede ser necesario indicar a

nuestro programa cual es la ruta donde hay que buscar algo.

Usando el método `.directory(new File("c:\\dir\\"))` se puede indicar a Java donde está el archivo que se desea ejecutar.

Ejercicio

Crear un programa que permita parametrizar el lanzamiento de sumadores, que vuelque el contenido de las sumas en ficheros y que permita al programa principal recuperar las sumas de los ficheros parciales.

En el listado siguiente se muestra la clase Sumador

```
package es.ies.multiproceso;

public class Sumador {
    /** Suma todos los valores incluidos
     * entre dos valores
     * @param n1 Limite 1
     * @param n2 Limite 2
     * @return La suma de dichos valores
     */
    public static int sumar(int n1, int n2) {
        int suma=0;
        if (n1>n2) {
            int aux=n1;
            n1=n2;
            n2=aux;
        }
        for (int i=n1; i<=n2; i++) {
            suma=suma+i;
        }
        return suma;
    }

    public static void main(String[] args) {
        int n1=Integer.parseInt(args[0]);
        int n2=Integer.parseInt(args[1]);
        int suma=sumar(n1, n2);
        System.out.println(suma);
        System.out.flush();
    }
}
```

En el listado siguiente se muestra la clase Main

```
public class Main {

    static final int NUM_PROCESOS=4;
    static final String PREFIJO_FICHEROS="fich";

    public static void lanzarSumador(
        int n1, int n2,String fichResultados)
        throws IOException{
        String comando;
        comando="es.ies.multiproceso.Sumador";

        File directorioSumador;
        directorioSumador=new File("C:\\Users\\"+
            "ogomez\\workspace\\"+
            "MultiProceso1\\bin\\");
        File fichResultado=new File(fichResultados);
        ProcessBuilder pb;
        pb=new ProcessBuilder("java",
            comando,
            String.valueOf(n1),
            String.valueOf(n2) );
        pb.directory(directorioSumador);
        pb.redirectOutput(fichResultado);
        pb.start();
    }

    public static int getResultadoFichero(
        String nombreFichero){

        int suma=0;
        try {
            FileInputStream fichero=
                new FileInputStream(
                    nombreFichero);

            InputStreamReader fir=
                new InputStreamReader(
                    fichero);
            BufferedReader br=new BufferedReader(fir);
            String linea=br.readLine();
            suma= new Integer(linea);
            return suma;
        } catch (FileNotFoundException e) {
            System.out.println(
                "No se pudo abrir "+nombreFichero);
        } catch (IOException e) {
            System.out.println(
```



```

                                "No hay nada en
↪ "+nombreFichero);
        }
        return suma;
    }

    public static int getSumaTotal(int numFicheros){
        int sumaTotal=0;
        for (int i=1; i<=NUM_PROCESOS;i++){
            sumaTotal+=getResultadoFichero(
                PREFIJO_FICHEROS+String.valueOf(i)
↪ );
        }
        return sumaTotal;
    }

    /* Recibe dos parámetros y hará
     * la suma de los valores comprendidos
     * entre ambos parametros
     */
    public static void main(String[] args) throws IOException,
↪ InterruptedException{
        int n1=Integer.parseInt(args[0]);
        int n2=Integer.parseInt(args[1]);
        int salto=( n2 / NUM_PROCESOS ) - 1;
        for (int i=1;i<=NUM_PROCESOS; i++){
            System.out.println("n1:"+n1);
            int resultadoSumaConSalto=n1+salto;
            System.out.println("n2:
↪ "+resultadoSumaConSalto);
            lanzarSumador(n1, n1+salto ,
                PREFIJO_FICHEROS+String.
↪ valueOf(i));
            n1=n1 + salto + 1;
            System.out.println("Suma lanzada...");
        }
        Thread.sleep(5000);
        int sumaTotal=getSumaTotal(NUM_PROCESOS);
        System.out.println("La suma total es:"+
            sumaTotal);
    }
}

```

Gestión de procesos.

La gestión de procesos se realiza de dos formas **muy distintas** en función de los dos grandes sistemas operativos: Windows y Linux.

- En Windows toda la gestión de procesos se realiza desde el “Administrador de tareas” al cual se accede con Ctrl+Alt+Supr. Existen otros programas algo más sofisticados que proporcionan algo más de información sobre los procesos, como Process Explorer (antes conocido con el nombre de ProcessViewer).

Comandos para la gestión de procesos en sistemas libres y propietarios.

En sistemas Windows, no existen apenas comandos para gestionar procesos. Puede obligarse al sistema operativo a arrancar la aplicación asociada a un archivo con el comando `START`. Es decir, si se ejecuta lo siguiente:

```
START documento.pdf
```

se abrirá el visor de archivos PDF el cual cargará automáticamente el fichero `documento.pdf`

En GNU/Linux se puede utilizar un terminal de consola para la gestión de procesos, lo que implica que no solo se pueden arrancar procesos si no también detenerlos, reanudarlos, terminarlos y modificar su prioridad de ejecución.

- Para arrancar un proceso, simplemente tenemos que escribir el nombre del comando correspondiente. Desde GNU/Linux se pueden controlar los servicios que se ejecutan con un comando llamado `service`. Por ejemplo, se puede usar `sudo service apache2 stop` para parar el servidor web y `sudo service apache2 start` para volver a ponerlo en marcha. También se puede reiniciar un servicio (tal vez para que relea un fichero de configuración que hemos cambiado) con `sudo service apache2 restart`.
- Se puede detener y/o terminar un proceso con el comando `kill`. Se puede usar este comando para **terminar un proceso** sin guardar nada usando `kill -SIGKILL <numproceso>` o `kill -9 <numproceso>`. Se puede pausar un proceso con `kill -SIGPAUSE <numproceso>` y reanuncarlo con `kill -SIGCONT`
- Se puede enviar un proceso a segundo plano con comandos como `bg` o al arrancar el proceso escribir el nombre del comando terminado en `&`.
- Se puede devolver un proceso a primer plano con el comando `fg`.

9.1 Prioridades

En sistemas como GNU/Linux se puede modificar la prioridad con que se ejecuta un proceso. Esto implica dos posibilidades

- Si pensamos que un programa que necesitamos ejecutar es muy importante podemos darle más prioridad para que reciba “más turnos” del planificador.
- Y por el contrario, si pensamos que un programa no es muy necesario podemos quitarle prioridad y reservar “más turnos de planificador” para otros posibles procesos.

El comando `nice` permite indicar prioridades entre -20 y 19. El -20 implica que un proceso reciba la **máxima prioridad**, y el 19 supone asignar la **mínima prioridad**

Sincronización entre procesos.

Cuando se lanza más de un proceso de una misma sección de código no se sabe qué proceso ejecutará qué instrucción en un cierto momento, lo que es muy peligroso:

```
int i;  
i=0;  
if (i==0) {  
    i=i+1;  
    j=j+1;  
}  
System.out.println("Ok");  
i=i*2;  
j=j-1;
```

Si dos o más procesos avanzan por esta sección de código es perfectamente posible que unas veces nuestro programa multiproceso se ejecute bien y otras no.

En todo programa multiproceso pueden encontrarse estas zonas de código “peligrosas” que deben protegerse especialmente utilizando ciertos mecanismos. El nombre global para todos los lenguajes es denominar a estos trozos “secciones críticas”.

10.1 Mecanismos para controlar secciones críticas

Los mecanismos más típicos son los ofrecidos por UNIX/Windows:

- Semáforos.
- Colas de mensajes.
- Tuberías (pipes)
- Bloques de memoria compartida.

En realidad algunos de estos mecanismos se utilizan más para intercomunicar procesos, aunque para los programadores Java la forma de resolver el problema de la “sección crítica” es más simple.

En Java, si el programador piensa que un trozo de código es peligroso puede ponerle la palabra clave `synchronized` y la máquina virtual Java protege el código automáticamente.

```
/* La máquina virtual Java evitará que más de un proceso/hilo
↪acceda a este método*/
synchronized
    public void actualizarPension(int nuevoValor) {
        /*..trozo de código largo omitido*/
        this.pension=nuevoValor
    }

/* Otro ejemplo, ahora no hemos protegido un método entero,
sino solo un pequeño trozo de código.*/
for (int i=0; i=i+1; i++){
    /* Código omitido*/
    synchronized {
        i=i*2;
        j=j+1;
    }
}
```

Documentación

Para hacer la documentación tradicionalmente hemos usado JavaDOC. Sin embargo, las versiones más modernas de Java incluyen las **anotaciones**.

Una anotación es un texto que pueden utilizar otras herramientas (no solo el Javadoc) para comprender mejor qué hace ese código o como documentarlo.

Cualquiera puede crear sus propias anotaciones simplemente definiéndolas como un interfaz Java. Sin embargo tendremos que programar nuestras propias clases para extraer la información que proporcionan dichas anotaciones.

Depuración.

¿Como se depura un programa multiproceso/multihilo? Por desgracia puede ser muy difícil:

1. No todos los depuradores son capaces.
2. A veces cuando un depurador interviene en un proceso puede ocurrir que el resto de procesos consigan ejecutarse en el orden correcto y dar lugar a que el programa parezca que funciona bien.
3. Un error muy típico es la `NullPointerException`, que en muchos casos se deben a la utilización de referencias Java no inicializadas o incluso a la devolución de valores `NULL` que luego no se comprueban en alguna parte del código.

En general todos los fallos en un programa multiproceso vienen derivado de no usar `synchronized` de la forma correcta.

Examen

Se realizará el 24 de octubre.

Programación multihilo

14.1 Recursos compartidos por los hilos.

Cuando creamos varios objetos de una clase, puede ocurrir que varios hilos de ejecución accedan a un objeto. Es importante recordar que **todos los campos del objeto son compartidos entre todos los hilos**.

Supongamos una clase como esta:

```
public class Empleado() {  
    int numHorasTrabajadas=0;  
    public void incrementarHoras() {  
        numHorasTrabajadas++;  
    }  
}
```

Si varios hilos ejecutan sin querer el método `incrementar` ocurrirá que el número se incrementará tantas veces como procesos.

14.2 Estados de un hilo. Cambios de estado.

Aunque no lo vemos, un hilo cambia de estado: puede pasar de la nada a la ejecución. De la ejecución al estado “en espera”. De ahí puede volver a estar en ejecución. De cualquier estado se puede pasar al estado “finalizado”.

El programador no necesita controlar esto, lo hace el sistema operativo. Sin embargo un programa multihilo mal hecho puede dar lugar problemas como los siguientes:

- **Interbloqueo.** Se produce cuando las peticiones y las esperas se entrelazan de forma que ningún proceso puede avanzar.
- **Inanición.** Ningún proceso consigue hacer ninguna tarea útil y por lo tanto hay que esperar a que el administrador del sistema detecte el interbloqueo y mate procesos (o hasta que alguien reinicie el equipo).

14.3 Elementos relacionados con la programación de hilos. Librerías y clases.

Para crear programas multihilo en Java se pueden hacer dos cosas:

1. Heredar de la clase Thread.
2. Implementar la interfaz Runnable.

Los documentos de Java aconsejan el segundo. Lo único que hay que hacer es algo como esto.

```
class EjecutorTareaCompleja implements Runnable{
    private String nombre;
    int numEjecucion;
    public EjecutorTareaCompleja(String nombre){
        this.nombre=nombre;
    }
    @Override
    public void run() {
        String cad;
        while (numEjecucion<100){
            for (double i=0; i<4999.99; i=i+0.04)
            {
                Math.sqrt(i);
            }
            cad="Soy el hilo "+this.nombre;
            cad+=" y mi valor de i es "+numEjecucion;
            System.out.println(cad);
            numEjecucion++;
        }
    }
}

public class LanzaHilos {

    /**
     * @param args
     */
    public static void main(String[] args) {
        int NUM_HILOS=500;
        EjecutorTareaCompleja op;
        for (int i=0; i<NUM_HILOS; i++)
        {
            op=new EjecutorTareaCompleja ("Operacion
↪ "+i);

            Thread hilo=new Thread(op);
            hilo.start();
        }
    }
}
```


Advertencia: Este código tiene un problema **muy grave** y es que no se controla el acceso a variables compartidas, es decir **HAY UNA SECCIÓN CRÍTICA QUE NO ESTÁ PROTEGIDA** por lo que el resultado de la ejecución no muestra ningún sentido aunque el programa esté bien.

14.4 Gestión de hilos.

Con los hilos se pueden efectuar diversas operaciones que sean de utilidad al programador (y al administrador de sistemas a veces).

Por ejemplo, un hilo puede tener un nombre. Si queremos asignar un nombre a un hilo podemos usar el método `setName("Nombre que sea")`. También podemos obtener un objeto que represente el hilo de ejecución con `getCurrentThread` que nos devolverá un objeto de la clase `Thread`.

Otra operación de utilidad al gestionar hilos es indicar la prioridad que queremos darle a un hilo. En realidad esta prioridad es indicativa, el sistema operativo no está obligado a respetarla aunque por lo general lo hacen. Se puede indicar la prioridad con `setPriority(10)`. La máxima prioridad posible es `MAX_PRIORITY`, y la mínima es `MIN_PRIORITY`.

Cuando lanzamos una operación también podemos usar el método `Thread.sleep(numero)` y poner nuestro hilo “a dormir”.

Cuando se trabaja con prioridades en hilos **no hay garantías de que un hilo termine cuando esperemos**.

Podemos terminar un hilo de ejecución llamando al método `join`. Este método devuelve el control al hilo principal que lanzó el hilo secundario con la posibilidad de elegir un tiempo de espera en milisegundos.

El siguiente programa ilustra el uso de estos métodos:

```
class Calculador implements Runnable{
    @Override
    public void run() {
        int num=0;
        while (num<5) {
            System.out.println("Calculando...");
            try {
                long tiempo=(long) (1000*Math.
↳random()*10);

                if (tiempo>8000){
                    Thread hilo=Thread.
↳currentThread();

                    System.out.println(
                        "Terminando_
↳hilo:"+

                    hilo.getName()
↳
```

```

        );
        hilo.join();
    }
    Thread.sleep(tiempo);
} catch (InterruptedException e) {
    // TODO Auto-generated catch block
    e.printStackTrace();
}
System.out.println("Calculado y reiniciando.
↪");

    num++;
}
Thread hilo=Thread.currentThread();
String miNombre=hilo.getName();
System.out.println("Hilo terminado:"+miNombre);
}
}

public class LanzadorHilos {
    public static void main(String[] args) {
        Calculador vHilos[]=new Calculador[5];
        for (int i=0; i<5;i++){
            vHilos[i]=new Calculador();
            Thread hilo=new Thread(vHilos[i]);
            hilo.setName("Hilo "+i);
            if (i==0){
                hilo.setPriority(Thread.MAX_
↪PRIORITY);
            }
            hilo.start();
        }
    }
}

```

Ejercicio: crear un programa que lance 10 hilos de ejecución donde a cada hilo se le pasará la base y la altura de un triángulo, y cada hilo ejecutará el cálculo del área de dicho triángulo informando de qué base y qué altura recibió y cual es el área resultado.

Una posibilidad (quizá incorrecta) sería esta:

```

package com.ies;

import java.util.Random;

class CalculadorAreas implements Runnable{
    int base, altura;
    public CalculadorAreas(int base, int altura){
        this.base=base;
        this.altura=altura;
    }
    @Override

```

```

        public void run() {
            float area=this.base*this.altura/2;
            System.out.print("Base:"+this.base);
            System.out.print("Altura:"+this.altura);
            System.out.println("Area:"+area);
        }
    }

    public class AreasEnParalelo {

        public static void main(String[] args) {
            Random generador=new Random();
            int numHilos=10000;
            int baseMaxima=3;
            int alturaMaxima=5;
            for (int i=0; i<numHilos; i++){
                //Sumamos 1 para evitar casos como base=0
                int base=1+generador.nextInt(baseMaxima);
                int altura=1+generador.
↳nextInt(alturaMaxima);
                CalculadorAreas ca=
                    new CalculadorAreas(base,
↳altura);

                Thread hiloAsociado=new Thread(ca);
                hiloAsociado.start();
            }
        }
    }
}

```

Las secciones siguientes sirven como resumen de como crear una aplicación multihilo

14.5 Creación, inicio y finalización.

- Podemos heredar de Thread o implementar Runnable. Usaremos el segundo recordando implementar el método `public void run()`.
- Para crear un hilo asociado a un objeto usaremos algo como:

```
Thread hilo=new Thread(objetoDeClase)
```

Lo más habitual es guardar en un vector todos los hilos que hagan algo, y no en un objeto suelto.

- Cada objeto que tenga un hilo asociado debe iniciarse así:

```
hilo.start();
```

- Todo programa multihilo tiene un “hilo principal”, el cual deberá esperar a que terminen los hilos asociados ejecutando el método `join()`.

14.6 Sincronización de hilos.

Cuando un método acceda a una variable miembro que esté compartida deberemos proteger dicha sección crítica, usando `synchronized`. Se puede poner todo el método `synchronized` o marcar un trozo de código más pequeño.

14.7 Información entre hilos.

Todos los hilos comparten todo, así que obtener información es tan sencillo como consultar un miembro. En realidad podemos comunicar los hilos con otro mecanismo llamado `sockets de red`, pero se ve en el tema siguiente.

14.8 Prioridades de los hilos.

Podemos asignar distintas prioridades a los hilos usando los campos estáticos `MAX_PRIORITY` y `MIN_PRIORITY`. Usando valores entre estas dos constantes podemos hacer que un hilo reciba más procesador que otro (se hace en contadas ocasiones).

Para ello se usa el método `setPriority(valor)`

14.9 Gestión de prioridades.

En realidad un sistema operativo no está obligado a respetar las prioridades, sino que se lo tomará como “recomendaciones”. En general hasta ahora todos respetan hasta cierto punto las prioridades que pone el programador pero no debe tomarse como algo absoluto.

14.10 Programación de aplicaciones multihilo.

La estructura típica de un programa multihilo es esta:

```
class TareaCompleja implements Runnable{
    @Override
    public void run() {
        for (int i=0; i<100;i++){
            int a=i*3;
        }
        Thread hiloActual=Thread.currentThread();
        String miNombre=hiloActual.getName();
        System.out.println(
            "Finalizado el hilo"+miNombre);
    }
}
```

```
public class LanzadorHilos {
    public static void main(String[] args) {
        int NUM_HILOS=100;
        Thread[] hilosAsociados;

        hilosAsociados=new Thread[NUM_HILOS];
        for (int i=0;i<NUM_HILOS;i++){
            TareaCompleja t=new TareaCompleja();
            Thread hilo=new Thread(t);
            hilo.setName("Hilo: "+i);
            hilo.start();
            hilosAsociados[i]=hilo;
        }

        /* Despues de crear todo, nos aseguramos
        * de esperar que todos los hilos acaben. */

        for (int i=0; i<NUM_HILOS; i++){
            Thread hilo=hilosAsociados[i];
            try {
                //Espera a que el hilo acabe
                hilo.join();
            } catch (InterruptedException e) {
                System.out.print("Algun hilo acabó
↳");
                System.out.println(" antes de
↳tiempo!");
            }
        }
        System.out.println("El principal ha terminado");
    }
}
```

Supongamos que la tarea es más compleja y que el bucle se ejecuta un número al azar de veces. Esto significaría que nuestro bucle es algo como esto:

```
Random generador= new Random();
int numAzar=(1+generador.nextInt(5))*100;
for (int i=0; i<numAzar;i++){
    int a=i*3;
}
```

¿Como podríamos modificar el programa para que podamos saber cuantas multiplicaciones se han hecho en total entre todos los hilos?

Aquí entra el problema de la sincronización. Supongamos una clase contador muy simple como esta:

```
class Contador{
    int cuenta;
    public Contador() {
```

```
        cuenta=0;
    }
    public void incrementar() {
        cuenta=cuenta+1;
    }
    public int getCuenta() {
        return cuenta;
    }
}
```

De esta forma podríamos construir un objeto contador y pasárselo a todos los hilos para que en ese único objeto se almacene el recuento final. El problema es que en la programación multihilo **SI EL OBJETO CONTADOR SE COMPARTE ENTRE VARIOS HILOS LA CUENTA FINAL RESULTANTE ES MUY POSIBLE QUE ESTÉ MAL**

Esta clase debería tener protegidas sus secciones críticas

```
class Contador{
    int cuenta;
    public Contador() {
        cuenta=0;
    }
    public synchronized void incrementar() {
        cuenta=cuenta+1;
    }
    public synchronized int getCuenta() {
        return cuenta;
    }
}
```

Se puede aprovechar todavía más rendimiento si en un método marcamos como sección crítica (o sincronizada) exclusivamente el código peligroso:

```
public void incrementar() {
    System.out.println("Otras cosas");
    synchronized(this) {
        cuenta=cuenta+1;
    }
    System.out.println("Mas cosas...");
    synchronized(this) {
        if (cuenta>300) {
            System.out.println("Este hilo trabaja mucho
↪");
        }
    }
}
```

14.11 Problema

En una mesa hay procesos que simulan el comportamiento de unos filósofos que intentan comer de un plato. Cada filósofo tiene un cubierto a su izquierda y uno a su derecha y para poder comer tiene que conseguir los dos. Si lo consigue, mostrará un mensaje en pantalla que indique “Filósofo 2 comiendo”.

Después de comer, soltará los cubiertos y esperará al azar un tiempo entre 1000 y 5000 milisegundos, indicando por pantalla “El filósofo 2 está pensando”.

En general todos los objetos de la clase Filósofo están en un bucle infinito dedicándose a comer y a pensar.

Simular este problema en un programa Java que muestre el progreso de todos sin caer en problemas de sincronización ni de inanición.

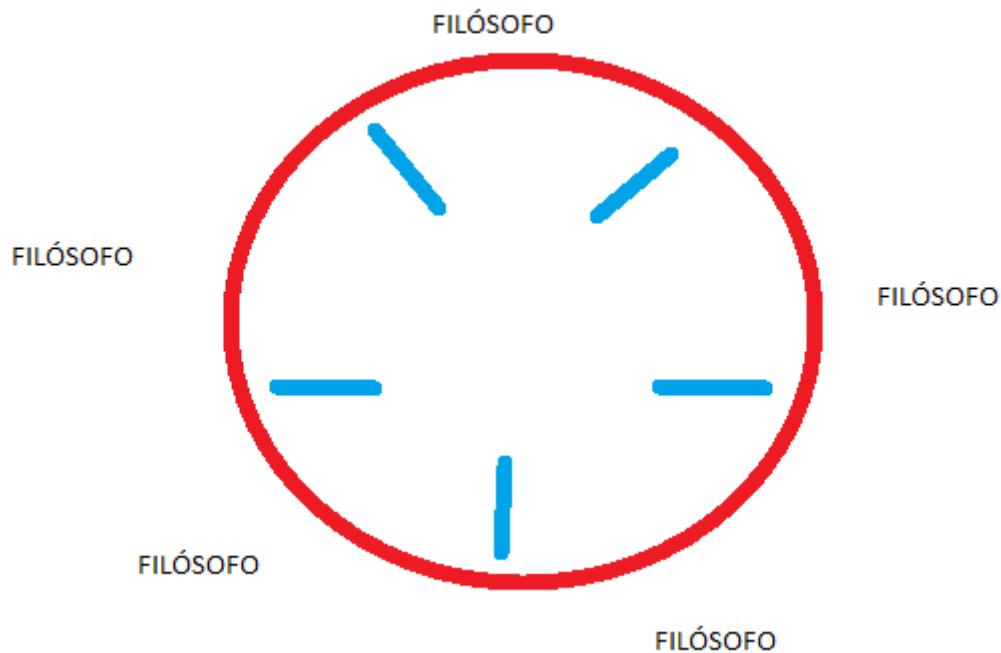


Figura 14.1: Esquema de los filósofos

14.11.1 Boceto de solución

```
import java.util.Random;

public class Filosofo implements Runnable{
    public void run() {
        String miNombre=Thread.currentThread().getName();
```

```

        Random generador=new Random();
        while (true) {
            /* Comer*/
            /* Intentar coger palillos*/
            /* Si los coge:*/
            System.out.println(miNombre+" comiendo...");
            int milisegs=(1+generador.nextInt(5))*1000;
            esperarTiempoAzar(miNombre, milisegs);
            /* Pensando...*/
            //Recordemos soltar los palillos
            System.out.println(miNombre+" pensando...
↪");
            milisegs=(1+generador.
↪nextInt(5))*1000;

            esperarTiempoAzar(miNombre, milisegs);

        }
    }

private void esperarTiempoAzar(String miNombre, int milisegs) {
    try {
        Thread.sleep(milisegs);
    } catch (InterruptedException e) {
        System.out.println(
            miNombre+" interrumpido!!. Saliendo.
↪..");

        return ;
    }
}
}

```

14.12 Solución completa al problema de los filósofos

14.12.1 Gestor de recursos compartidos (palillos)

```

public class GestorPalillos {
    /* False significa que no están cogidos*/
    private boolean[] palillos;
    public GestorPalillos(int num_filosofos){
        palillos=new boolean[num_filosofos];
        for (int i=0;i<palillos.length;i++){
            palillos[i]=false;
        }
    }
    public synchronized boolean
        sePuedenCogerAmbosPalillos(
            int num1,int num2){
        if ( (palillos[num1]==false) &&
            (palillos[num2]==false) ) {

```



```

        palillos[num1]=true;
        palillos[num2]=true;
        System.out.println(
            "Alguien consiguio los palillos "
            +num1+" y "+num2);
        return true;
    }
    return false;
}
}

public synchronized void soltarPalillos(int num1, int num2){
    palillos[num1]=false;
    palillos[num2]=false;
    System.out.println(
        "Alguien liberó los palillos "+
        num1+" y "+num2);
}
}
}

```

14.12.2 Simulación de un filósofo

```

import java.util.Random;
public class Filosofo implements Runnable{
    int num_palillo_izq;
    int num_palillo_der;
    GestorPalillos gestorPalillos;
    public Filosofo(GestorPalillos gp,
        int p_izq, int p_der){
        this.gestorPalillos=gp;
        this.num_palillo_der=p_der;
        this.num_palillo_izq=p_izq;
    }
    public void run(){
        String miNombre=Thread.currentThread().getName();
        Random generador=new Random();
        while (true){
            /* Comer*/
            /* Intentar coger palillos*/
            while(!gestorPalillos.
↪sePuedenCogerAmbosPalillos
                (
                    num_palillo_izq,
                    num_palillo_der
                ))
            {
            }
            /* Si los coge:*/

```

```

        int milisegs=(1+generador.nextInt(5))*1000;
        esperarTiempoAzar(miNombre, milisegs);
        /* Pensando...*/
        //Recordemos soltar los palillos
        gestorPalillos.soltarPalillos(
            num_palillo_izq,
            num_palillo_der);

        milisegs=(1+generador.nextInt(5))*1000;
        esperarTiempoAzar(miNombre, milisegs);
    }
}

private void esperarTiempoAzar(String miNombre, int milisegs) {
    try {
        Thread.sleep(milisegs);
    } catch (InterruptedException e) {
        System.out.println(
            miNombre+
            " interrumpido!! Saliendo...");
        return ;
    }
}
}

```

14.12.3 Lanzador de hilos

```

public class LanzadorFilosofos {
    public static void main(String[] args) {
        int MAX_FILOSOFOS=5;
        Filosofo[] filosofos=new Filosofo[MAX_FILOSOFOS];
        Thread[] hilosAsociados=new Thread[MAX_FILOSOFOS];
        GestorPalillos gestorCompartido=
            new GestorPalillos(MAX_FILOSOFOS);
        for (int i=0; i<MAX_FILOSOFOS; i++){
            if (i==0){
                filosofos[i]=
                    new Filosofo(
                        gestorCompartido,
                        i,MAX_FILOSOFOS-1);
            }
            else {
                filosofos[i]=new Filosofo(
                    gestorCompartido,
                    i, i-1);
            }
            Thread hilo=new Thread(filosofos[i]);
            hilo.setName("Filosofo "+i);
        }
    }
}

```

```

        hilosAsociados[i]=hilo;
        hilo.start();
    }
    /* Un poco inútil*/
    for (int i=0; i<MAX_FILOSOFOS;i++){
        try {
            hilosAsociados[i].join();
        } catch (InterruptedException e) {
            // TODO Auto-generated catch block
            e.printStackTrace();
        }
    }
}

```

14.13 Problema

En una peluquería hay barberos y sillas para los clientes (siempre hay más sillas que clientes). Sin embargo, en esta peluquería no siempre hay trabajo por lo que los barberos duermen cuando no hay clientes a los que afeitar. Un cliente puede llegar a la barbería y encontrar alguna silla libre, en cuyo caso, el cliente se sienta y esperará que algún barbero le afeite. Puede ocurrir que el cliente llegue y no haya sillas libres, en cuyo caso se marcha. Simular el comportamiento de la barbería mediante un programa Java.

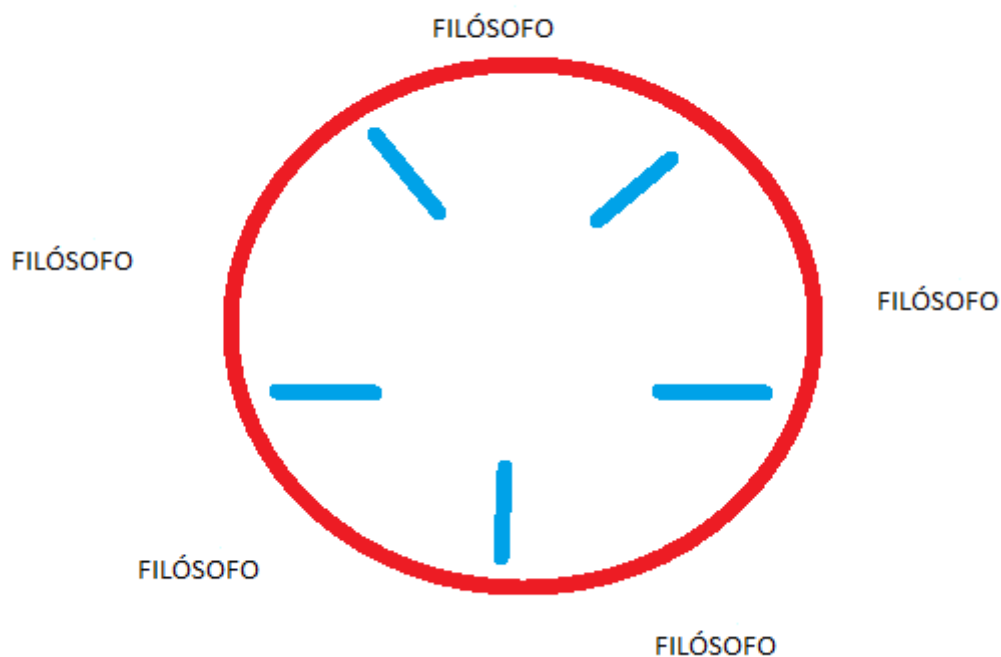


Figura 14.2: Los barberos dormilones

14.14 Una (mala) solución al problema de los barberos

Prueba la siguiente solución:

14.14.1 Clase Barbero

```
public class Barbero implements Runnable {
    private String nombre;
    private GestorConcurrencia gc;
    private Random generador;
    private int MAX_ESPERA_SEGS=5;
    ↪SEGS=5;
    public Barbero(GestorConcurrencia gc, String nombre) {
        this.nombre = nombre;
        this.gc = gc;
        this.generador = new Random();
    }

    public void esperarTiempoAzar(int max) {
        /* Se calculan unos milisegundos al azar*/
        int msgs=(1+generador.nextInt(max))*1000;
        try {
            Thread.currentThread().sleep(msgs);
        } catch (InterruptedException e) {
            // TODO Auto-generated catch block
            e.printStackTrace();
        }
    }

    public void run() {
        while (true) {
            int num_silla=gc.atenderAlgúnCliente();
            while (num_silla!=-1) {
                /* Mientras no haya nadie a quien
                 * atender, dormimos
                 */
                esperarTiempoAzar(MAX_ESPERA_SEGS);
                num_silla=gc.atenderAlgúnCliente();
            }
            ↪cliente
            /* Si llegamos aquí es que había algún
             * Simulamos un tiempo de afeitado
             */
            esperarTiempoAzar(MAX_ESPERA_SEGS);
            /* Tras ese tiempo de afeitado se
             * libera la silla
             */
            gc.liberarSilla(num_silla);
            /* Y vuelta a empezar*/
        }
    }
}
```

```
}
}
```

14.14.2 Clase Cliente

```
public class Cliente implements Runnable{
    GestorConcurrencia    gc;
    public Cliente(GestorConcurrencia gc){
        this.gc          =gc;
    }
    public void run(){
        /* Los clientes no esperan que haya
         * sillas libres, no hay bucle infinito.
         * Si no hay sillas libres se van...
         */
        gc.getSillaLibre();
    }
}
```

14.14.3 Clase GestorConcurrencia

```
public class GestorConcurrencia {
    /* Vector que indica cuantas sillas hay y
     * si están libres o no
     */
    boolean[] sillasLibres;
    /* Indica si el cliente sentado en esa
     * silla está atendido por un barbero o no
     */
    boolean[] clienteEstaAtendido;

    public GestorConcurrencia(int numSillas){
        /*Construimos los vectores...*/
        sillasLibres          =new boolean[numSillas];
        clienteEstaAtendido  =new boolean[numSillas];
        /* ... los inicializamos*/
        for (int i=0; i<numSillas;i++){
            sillasLibres[i]          =true;
            clienteEstaAtendido[i]  =false;
        }
    }

    /**
     * Permite obtener una silla libre, usado por la
     * clase Cliente para saber si puede sentarse
     * en algún sitio o irse
     * @return Devuelve el número de la primera silla
     */
}
```

```

        * que está libre o -1 si no hay ninguna
        */
    public synchronized int getSillaLibre(){
        for (int i=0; i<sillasLibres.length; i++){
            /* Si está libre la silla ...*/
            if (sillasLibres[i]) {
                /* ...se marca como ocupada*/
                sillasLibres[i]=false;
                System.out.println(
                    "Cliente sentado en silla
↪"+i

                                );
                /*.. y devolvemos i...*/
                return i;
            }
        }
        /* Si llegamos aquí es que no había nada libre*/
        return -1;
    }

    /**
     * Nos dice qué silla tiene algun cliente
     * que no está atendido
     * @return un número de silla o -1 si no
     * hay clientes sin atender
     */
    public synchronized int atenderAlgúnCliente(){
        for (int i=0; i<sillasLibres.length; i++){
            /* Si una silla está ocupada (no libre,
↪false)

                * y está marcado como "sin atender" (false)
                * entonces la marcamos como atendida
                */
            if (clienteEstaAtendido[i]==false){
                clienteEstaAtendido[i]=true;
                System.out.println(
                    "Afeitando cliente
↪en silla "+i);

                return i;
            }
        }
        return -1;
    }

    /* El cliente de esa silla, se marcha, por lo
     * que se marca esa silla como "libre"
     * y como "sin atender"
     */
    public synchronized void liberarSilla(int i){
        sillasLibres[i]
                                =true;

```

```

        clienteEstaAtendido[i] =false;
        System.out.println(
            "Se marcha el cliente de la silla
↪"+i);
    }
}

```

14.14.4 Clase Lanzador

```

public class Lanzador {

    public static void main(String[] args) {

        int MAX_BARBEROS          =2;
        int MAX_SILLAS             =MAX_BARBEROS+1;
        int MAX_CLIENTES           =MAX_BARBEROS*10;
        int MAX_ESPERA_SEGS        = 3;
        GestorConcurrencia gc;
        gc=new GestorConcurrencia(MAX_SILLAS);

        Thread[] vhBarberos        =new Thread[MAX_BARBEROS];
        for (int i=0; i<MAX_BARBEROS;i++){
            Barbero b=new Barbero(gc, "Barbero "+i);
            Thread hilo=new Thread(b);
            vhBarberos[i]=hilo;
            hilo.start();
        }

        /* Generamos unos cuantos clientes
         * a intervalos aleatorios
         */
        Random generador=new Random();
        for (int i=0; i<MAX_CLIENTES; i++){
            Cliente c                                =new ↪
↪Cliente(gc);

            Thread hiloCliente                        =new Thread(c);
            hiloCliente.start();

            int msecs=generador.nextInt(3)*1000;
            try {
                Thread.sleep(msecs);
            } catch (InterruptedException e) {
                // TODO Auto-generated catch block
                e.printStackTrace();
            }
        } /* Fin del for*/
    }
}

```

14.14.5 Críticas a la solución anterior

¿Cual es el problema?

El problema está en que la forma que tiene el gestor de concurrencia de decirle a un barbero qué silla tiene un cliente sin afeitar es incorrecta: como siempre se empieza a buscar por el principio del vector, los clientes sentados al final **nunca son atendidos**. Hay que corregir esa asignación para *evitar que los procesos sufrán de inanición*.

14.14.6 Método corregido

```
public synchronized int atenderAlgunCliente() {
    for (int pasos=0;
        pasos<clienteEstaAtendido.length;
        pasos++)
    {
        if (
            clienteEstaAtendido
            [numUltimaSillaExaminada]
            == false
        )
        {
            /*Atendemos a ese cliente*/
            clienteEstaAtendido
                [numUltimaSillaExaminada]=true;
            System.out.println(
                "Afeitando cliente en silla
↪ "+
                numUltimaSillaExaminada);
            return numUltimaSillaExaminada;
        } else {
            numUltimaSillaExaminada=
                (numUltimaSillaExaminada+1)%
                clienteEstaAtendido.length;
        } //Fin del else
    } //Fin del for
    /* Si llegamos aquí hemos dado toda
    * una vuelta al vector y no había nadie sin
    * atender devolver -1
    */
    return -1;
} //Fin del método
```


14.15 Problema: productores y consumidores.

En un cierto programa se tienen procesos que producen números y procesos que leen esos números. Todos los números se introducen en una cola (o vector) limitada.

Todo el mundo lee y escribe de/en esa cola. Cuando un productor quiere poner un número tendrá que comprobar si la cola está llena. Si está llena, espera un tiempo al azar. Si no está llena pone su número en la última posición libre.

Cuando un lector quiere leer, examina si la cola está vacía. Si lo está espera un tiempo al azar, y sino coge el número que haya al principio de la cola y ese número *ya no está disponible para el siguiente*.

Crear un programa que simule el comportamiento de estos procesos evitando problemas de entrelazado e inanición.

14.16 Solución

14.16.1 Una cola limitada en tamaño

```
public class ColaLimitada {
    int[] cola;
    int posParaEncolar;
    public ColaLimitada(int numElementos) {
        cola=new int[numElementos];
        posParaEncolar=0;
    }
    public void ponerEnCola(int numero) {
        if (posParaEncolar==cola.length) {
            System.out.println(
                "Cola llena, debe Vd.
↳esperar");
            //Cola llena.
            return ;
        }
        //Aún queda sitio
        cola[posParaEncolar]=numero;
        posParaEncolar++;
    }
    public int sacarPrimero() {
        if (posParaEncolar==0) {
            System.out.println(
                "Warning:cola vacía,
↳devolviendo 0"
            );
            return 0;
        }
        int elementoInicial=cola[0];
```

```

        /*Movemos los elementos hacia delante*/
        for (int pos=1; pos<cola.length; pos++){
            cola[pos-1]=cola[pos];
        }
        /* Ahora la posParaEncolar ha disminuido*/
        posParaEncolar--;
        return elementoInicial;
    }
    public String toString(){
        String cadenaCola="";
        for (int pos=0; pos<posParaEncolar; pos++){
            cadenaCola+=cola[pos]+"-";
        }
        cadenaCola+="FIN";
        return cadenaCola;
    }
}

```

14.16.2 Un gestor de concurrencia para la cola

```

public class GestorColasConcurrentes {
    private ColaLimitada colaProtegida;
    public GestorColasConcurrentes(int numElementos){
        colaProtegida=new ColaLimitada(numElementos);
    }
    public synchronized
        void ponerEnCola(int elemento){
            colaProtegida.ponerEnCola(elemento);
        }
    public synchronized int sacarDeCola(){
        return colaProtegida.sacarPrimero();
    }
}

```

14.16.3 La clase Productor

```

public class Productor implements Runnable{
    private Random
    ↪ generadorAzar;
    private GestorColasConcurrentes gc;
    public Productor(GestorColasConcurrentes gc){
        this.gc=gc;
        this.generadorAzar=new Random();
    }
    public void run(){
        while (true){
            int numero=generadorAzar.nextInt(20);

```

```

        gc.ponerEnCola(numero);
        int milisegs=generadorAzar.nextInt(2);
        try {
            Thread.currentThread().
↪sleep(milisegs*1000);
        } catch (InterruptedException e) {
            System.out.println(
                "Productor_
↪interrumpido"

            );
            return;
        }
    }
}

```

14.16.4 La clase consumidor

```

public class Consumidor implements Runnable {
    private Random
↪    generadorAzar;
    private GestorColasConcurrentes gc;

    public Consumidor(GestorColasConcurrentes gc){
        this.gc=gc;
        this.generadorAzar=new Random();
    }
    public void run() {
        while (true) {
            int num=gc.sacarDeCola();
            int milisegs=generadorAzar.nextInt(2);
            try {
                Thread.currentThread().
↪sleep(milisegs*1000);
            } catch (InterruptedException e) {
                // TODO Auto-generated catch block
                System.out.println(
                    "Consumidor_
↪interrumpido");
            }
            return ;
        }
    }
}

```

14.16.5 Un lanzador

```

public class Lanzador {
    public void test() {
        ColaLimitada c=new ColaLimitada(5);
        if (c.sacarPrimero()!=0) {
            System.out.println(
                "Error, no se comprueba el caso cola vacía
↪"
            );
        }
        c.ponerEnCola(10);
        c.ponerEnCola(20);
        String cadenaCola=c.toString();
        if (!cadenaCola.equals("10-20-FIN")) {
            System.out.println("Fallos al encolar");
        }
    }

    public static void main(String[] argumentos) {
        Lanzador l=new Lanzador();
        GestorColasConcurrentes gcl=
            new GestorColasConcurrentes(10);

        int NUM_PRODUCTORES=5;
        Productor[] productores;
        Thread[] hilosProductores;

        productores =
            new Productor[NUM_PRODUCTORES];
        hilosProductores =
            new Thread[NUM_PRODUCTORES];

        for (int i=0; i<NUM_PRODUCTORES; i++) {
            productores[i]=new Productor(gcl);
            hilosProductores[i]=new Thread(
                productores[i]);
            hilosProductores[i].start();
        }

        int NUM_CONSUMIDORES=10;
        Consumidor[] consumidores;
        Thread[] hilosConsumidores;

        consumidores =
            new Consumidor[NUM_CONSUMIDORES];
        hilosConsumidores =
            new Thread[NUM_CONSUMIDORES];

        for (int i=0; i<NUM_CONSUMIDORES; i++) {
            consumidores[i]=new Consumidor(gcl);

```

```

        hilosConsumidores[i]=
            new Thread(consumidores[i]);
        hilosConsumidores[i].start();
    }

    /* Se debería esperar a que todos terminen*/
    for (int i=0; i<NUM_PRODUCTORES; i++){
        try {
            hilosProductores[i].join();
        } catch (InterruptedException e) {
            e.printStackTrace();
        }
    }
    for (int i=0; i<NUM_CONSUMIDORES; i++){
        try {
            hilosConsumidores[i].join();
        } catch (InterruptedException e) {
            // TODO Auto-generated catch block
            e.printStackTrace();
        }
    }
}

```

14.17 Ejercicio

En unos grandes almacenes hay 300 clientes agolpados en la puerta para intentar conseguir un producto del cual solo hay 100 unidades.

Por la puerta solo cabe una persona, pero la paciencia de los clientes es limitada por lo que solo se harán un máximo de 10 intentos para entrar por la puerta. Si después de 10 intentos la puerta no se ha encontrado libre ni una sola vez, el cliente desiste y se marcha.

Cuando se consigue entrar por la puerta el cliente puede encontrarse con dos situaciones:

1. Quedan productos: el cliente cogerá uno y se marchará.
2. No quedan productos: el cliente simplemente se marchará.

Realizar la simulación en Java de dicha situación.

14.18 Documentación.

14.19 Depuración.

Programación de comunicaciones en red

15.1 Comunicación entre aplicaciones.

En Java toda la comunicación vista en primer curso de DAM consiste en dos cosas

- Entrada/salida por consola: con las clases `System.in` o `System.out`.
- Lectura/escritura en ficheros: con las clases `File` y similares.

Se puede avanzar un paso más utilizando Java para enviar datos a través de Internet a otro programa Java remoto, que es lo que haremos en este capítulo.

15.2 Roles cliente y servidor.

Cuando se hacen programas Java que se comuniquen lo habitual es que uno o varios actúen de cliente y uno o varios actúen de servidores.

- Servidor: espera peticiones, recibe datos de entrada y devuelve respuestas.
- Cliente: genera peticiones, las envía a un servidor y espera respuestas.

Un factor fundamental en los servidores es que tienen que ser capaces de procesar varias peticiones a la vez: **deben ser multihilo**.

Su arquitectura típica es la siguiente:

```
while (true) {  
    peticion=esperarPeticion();  
    hiloAsociado=new Hilo();  
    hiloAsociado.atender(peticion);  
}
```

15.3 Recordatorio de los flujos en Java

15.3.1 InputStreams y OutputStreams

Manejan bytes a secas. Por ejemplo, si queremos leer un fichero byte a byte usaremos `FileInputStream` y si queremos escribir usaremos `FileOutputStream`.

Son operaciones a muy bajo nivel que usaremos muy pocas veces (por ejemplo, solo si quisiéramos cambiar el primer byte de un archivo). En general usaremos otras clases más cómodas de usar.

15.3.2 Readers y Writers

En lugar de manejar *bytes* manejan *caracteres* (recordemos que hoy en día y con Unicode una letra como la ñ en realidad podría ocupar más de un byte).

Así, cuando queramos leer letras de un archivo usaremos clases como `FileReader` y `FileWriter`.

Las clases `Readers` y `Writers` en realidad se apoyan sobre las `InputStreams` y `OutputStreams`.

A veces nos interesará mezclar conceptos y por ejemplo poder tener una clase que use caracteres cuando a lo mejor Java nos ha dado una clase que usa bytes. Así, por ejemplo `InputStreamReader` puede coger un objeto que lea bytes y nos devolverá caracteres. De la misma forma `OutputStreamWriter` coge letras y devuelve los bytes que la componen.

15.3.3 BufferedReaders y PrintWriters

Cuando trabajamos con caracteres (que recordemos pueden tener varios bytes) normalmente no trabajamos de uno en uno. Es más frecuente usar **líneas** que se leen y escriben de una sola vez. Así por ejemplo, la clase `PrintWriter` tiene un método `print(ln)` que puede imprimir elementos complejos como `floats` o cadenas largas.

Además, Java ofrece clases que gestionan automáticamente los *buffers* por nosotros lo que nos da más comodidad y eficiencia. Por ello es muy habitual hacer cosas como esta:

```
lectorEficiente = new
    BufferedReader(new FileReader("fich1.txt"));
escritorEficiente = new
    BufferedWriter(new FileWriter("fich2.txt"));
```

En el primer caso creamos un objeto `FileReader` que es capaz de leer caracteres de `fich1.txt`. Como esto nos parece poco práctico creamos otro objeto a partir del primero de tipo `BufferedReader` que nos permitirá leer bloques enteros de texto.

De hecho, si se comprueba la ayuda de la clase `FileReader` se verá que solo hay un método `read` que devuelve un `int`, es decir el siguiente **carácter** disponible, lo que hace que el método sea muy incómodo. Sin embargo `BufferedReader`

15.4 Elementos de programación de aplicaciones en red. Librerías.

En Java toda la infraestructura de clases para trabajar con redes está en el paquete `java.net`.

En muchos casos nuestros programas empezarán con la sentencia `import java.net.*` pero muchos entornos (como Eclipse) son capaces de importar automáticamente las clases necesarias.

15.4.1 La clase URL

La clase `URL` permite gestionar accesos a URLs del tipo `http://marca.com/fichero.html` y descargar cosas con bastante sencillez.

Al crear un objeto `URL` se debe capturar la excepción `MalformedURLException` que sucede cuando hay algún error en la URL (como escribir `htp://marca.com`).

La clase `URL` nos ofrece un método `openStream` que nos devuelve un flujo básico de bytes. Podemos crear objetos más sofisticados para leer bloques como muestra el programa siguiente:

```
public class GestorDescargas {
    public void descargarArchivo(
        String url_descargar,
        String nombreArchivo){
        System.out.println("Descargando "
            +url_descargar);

        try {
            URL laUrl=new URL(url_descargar);
            InputStream is=laUrl.openStream();
            InputStreamReader reader=
                new InputStreamReader(is);
            BufferedReader bReader=
                new BufferedReader(reader);
            FileWriter escritorFichero=
                new FileWriter(nombreArchivo);
            String linea;
            while ((linea=bReader.readLine())!=null){
                escritorFichero.write(linea);
            }
            escritorFichero.close();
            bReader.close();
            reader.close();
            is.close();
        } catch (MalformedURLException e) {
            System.out.println("URL mal escrita!");
            return ;
        } catch (IOException e) {
            System.out.println(
                "Fallo en la lectura del_
↪ fichero");
        }
    }
}
```

```
        return ;
    }
}

public static void main (String[] argumentos) {
    GestorDescargas gd=new GestorDescargas();
    String base=
        "http://10.13.0.20:8000"+
        "/ServiciosProcesos/textos/";

    for (int i=1; i<=5; i++){
        String url=base+"tema"+i+".rst";
        gd.descargarArchivo(url);
    }
}
```

15.5 Funciones y objetos de las librerías.

La clase URL proporciona un mecanismo muy sencillo pero por desgracia completamente atado al protocolo de las URL.

Java ofrece otros objetos que permiten tener un mayor control sobre lo que se envía o recibe a través de la red. Por desgracia esto implica que en muchos casos tendremos solo flujos de bajo nivel (streams).

En concreto Java ofrece dos elementos fundamentales para crear programas que usen redes

- Sockets
- ServerSockets

15.5.1 Repaso de redes

En redes el protocolo IP es el responsable de dos cuestiones fundamentales:

- Establecer un sistema de direcciones universal (direcciones IP)
- Establecer los mecanismos de enrutado.

Como programadores el segundo no nos interesa, pero el primero será absolutamente fundamental para contactar con programas que estén en una ubicación remota.

Una ubicación remota *siempre* tendrá una dirección IP pero *solo a veces tendrá un nombre DNS*. Para nosotros no habrá diferencia ya que si es necesario el sistema operativo traducirá de nombre DNS a IP.

Otro elemento necesario en la comunicación en redes es el uso de un puerto de un cierto protocolo:

- TCP: ofrece fiabilidad a los programas.

- UDP: ofrece velocidad sacrificando la fiabilidad.

A partir de ahora cuando usemos un número de puerto habrá que comprobar si ese número ya está usado.

Por ejemplo, es mala idea que nuestros programas usen el puerto 80 TCP, probablemente ya esté en uso. Antes de usar un puerto en una aplicación comercial deberíamos consultar la lista de “IANA assigned ports”.

En líneas generales se pueden usar los puertos desde 1024 TCP a 49151 TCP, pero deberíamos comprobar que el número que elegimos no sea un número usado por un puerto de alguna aplicación que haya en la empresa.

En las prácticas de clase usaremos el 9876 TCP. Si se desea conectar desde el instituto con algún programa ejecutado en casa se deberá “abrir el puerto 9876 TCP”. Abrir un puerto consiste en configurar el router para que **SÍ ACEPTE TRÁFICO INICIADO DESDE EL EXTERIOR** cosa que no hace nunca por motivos de protección.

15.6 Sockets.

Un *socket* es un objeto Java que nos permite contactar con un programa o servidor remoto. Dicho objeto nos proporcionará flujos de entrada y/o salida y podremos comunicarnos con dicho programa.

Existe otro tipo de sockets, los *ServerSocket*. Se utilizan para crear programas que acepten conexiones o peticiones.

Todos los objetos mencionados en este tema están en el paquete `java.net`.

15.7 Creación de sockets.

En el siguiente código puede verse el proceso básico de creación de un socket. En los párrafos siguientes explicaremos el significado de los bloques de código.:

```
public class Conector {
    public static void main(String[] args) {
        String destino="www.google.com";
        int puertoDestino=80;
        Socket socket=new Socket();
        InetAddress direccion=new InetAddress(
            destino, puertoDestino);

        try {
            socket.connect(direccion);
            //Si llegamos aquí es que la conexión
            //sí se hizo.

            InputStream is=socket.getInputStream();
            OutputStream os=socket.getOutputStream();
        }
    }
}
```

```

        } catch (IOException e) {
            System.out.println(
                "No se pudo establecer la conexion
↪ "+"
                " o hubo un fallo al leer datos."
            );
        }
    }
}

```

Para poder crear un socket primero necesitamos una dirección con la que contactar. Toda dirección está formada por dirección IP (o DNS) y un puerto. En nuestro caso intentaremos contactar con `www.google.com:80`.

```

String destino="www.google.com";
int puertoDestino=80;
Socket socket=new Socket();
InetSocketAddress direccion=new
    InetSocketAddress(
        destino, puertoDestino);

```

15.8 Enlazado y establecimiento de conexiones.

El paso crítico para iniciar la comunicación es llamar al método `connect`. Este método puede disparar una excepción del tipo `IOException` que puede significar dos cosas:

- La conexión no se pudo establecer.
- Aunque la conexión se estableció no fue posible leer o escribir datos.

Así, la conexión debería realizarse así:

```

try {
    socket.connect(direccion);
    //Si llegamos aquí es que la conexión
    //sí se hizo.

    InputStream is=socket.getInputStream();
    OutputStream os=socket.getOutputStream();

} //Fin del try
catch (IOException e) {
    System.out.println(
        "No se pudo establecer la conexion "+
        " o hubo un fallo al leer datos."
    );
} //Fin del catch IOException

```

15.9 Utilización de sockets para la transmisión y recepción de información.

La clase `Socket` tiene dos métodos llamados `getInputStream` y `getOutputStream` que nos permiten obtener *flujos orientados a bytes*. Recordemos que es posible crear nuestros propios flujos, con más métodos que ofrecen más comodidad.

15.9.1 El ejemplo completo

Podemos contactar con un programa cualquiera escrito en cualquier lenguaje y enviar las peticiones de acuerdo a un protocolo. Nuestro programa podrá leer las respuestas independientemente de como fuera el servidor.

```
public class Conector {
    public static void main(String[] args) {
        System.out.println("Iniciando...");
        String destino="10.8.0.253";
        int puertoDestino=80;
        Socket socket=new Socket();
        InetAddress direccion=new InetAddress(
            destino, puertoDestino);

        try {
            socket.connect(direccion);
            //Si llegamos aquí es que la conexión
            //sí se hizo.

            InputStream is=socket.getInputStream();
            OutputStream os=socket.getOutputStream();

            //Flujos que manejan caracteres
            InputStreamReader isr=
                new InputStreamReader(is);
            OutputStreamWriter osw=
                new OutputStreamWriter(os);

            //Flujos de líneas
            BufferedReader bReader=
                new BufferedReader(isr);
            PrintWriter pWriter=
                new PrintWriter(osw);

            pWriter.println("GET /index.html");
            pWriter.flush();
            String linea;
            FileWriter escritorArchivo=
                new FileWriter("resultado.
↵txt");
```

```

        while ((linea=bReader.readLine()) != null ) {
            escritorArchivo.write(linea);
        }
        escritorArchivo.close();
        pWriter.close();
        bReader.close();
        isr.close();
        osw.close();
        is.close();
        os.close();
    } catch (IOException e) {
        System.out.println(
            "No se pudo establecer la conexion
            " o hubo un fallo al leer datos."
        );
    } //Fin del catch
} //Fin del main
} //Fin de la clase Conector

```

15.10 Programación de aplicaciones cliente y servidor.

Al crear aplicaciones cliente y servidor puede ocurrir que tengamos que implementar varias operaciones:

- Si tenemos que programar el servidor **debemos definir un protocolo** de acceso a ese servidor.
- Si tenemos que programar solo el cliente **necesitaremos conocer el protocolo de acceso** a ese servidor.
- Si tenemos que programar los dos tendremos que empezar por **definir el protocolo de comunicación entre ambos**.

En el ejemplo siguiente puede verse un ejemplo para Python 3 que implementa un servidor de cálculo. El servidor tiene un protocolo muy rígido (demasiado) que consiste en lo siguiente:

1. El servidor espera que primero envíen la operación que puede ser + o -. La operación debe terminar con un fin de línea UNIX (\n)
2. Después acepta un número de dos cifras (ni una ni tres) terminado en un fin de línea UNIX.
3. Después acepta un segundo número de dos cifras terminado en un fin de línea UNIX.

```

import socketserver
TAM_MAXIMO_PARAMETROS=64
PUERTO=9876
class GestorConexion(
    socketserver.BaseRequestHandler):

```

```

def leer_cadena(self, LONGITUD):
    cadena=self.request.recv(LONGITUD)
    return cadena.strip()

def convertir_a_cadena(self, bytes):
    return bytes.decode("utf-8")

def calcular_resultado(
    self, n1, op, n2):
    n1=int(n1)
    n2=int(n2)

    op=self.convertir_a_cadena(op)
    if (op=="+"):
        return n1+n2
    if (op=="-"):
        return n1-n2
    return 0

"""Controlador de evento 'NuevaConexion'"""
def handle(self):
    direccion=self.client_address[0]
    operacion = self.leer_cadena(2)
    num1      = self.leer_cadena(3)
    num2      = self.leer_cadena(3)
    print (direccion+" pregunta:"+str(num1)+"
↪"+str(operacion)+" "+str(num2))

    resultado=self.calcular_resultado(num1, operacion,
↪num2)

    print ("Devolviendo a " + direccion+" el resultado
↪"+str(resultado))
    bytes_resultado=bytearray(str(resultado), "utf-8");
    self.request.send(bytes_resultado)
servidor=socketserver.TCPServer(("10.13.0.20", 9876),
↪GestorConexion)
print ("Servidor en marcha.")
servidor.serve_forever()

```

La comunicación Java con el servidor sería algo así:

```

byte[] bSuma="+\n".getBytes();
byte[] bOp1="42\n".getBytes();
byte[] bOp2="34\n".getBytes();

os.write(bSuma);
os.write(bOp1);
os.write(bOp2);
os.flush();

```

```
InputStreamReader isr=
    new InputStreamReader(is);
BufferedReader br=
    new BufferedReader(isr);
String cadenaRecibida=br.readLine();
System.out.println("Recibido:"+
    cadenaRecibida);

is.close();
os.close();
socket.close();
```

15.10.1 Ejemplo de servidor Java

Supongamos que se nos pide crear un servidor de operaciones de cálculo que sea menos estricto que el anterior:

- Cualquier parámetro que envíe el usuario debe ir terminado en un fin de línea UNIX (“\n”).
- El usuario enviará primero un símbolo “+”, “-”, “*” o “/”.
- Después se puede enviar un positivo de 1 a 8 cifras. El usuario podría equivocarse y enviar en vez de “3762” algo como “37a62”. En ese caso se asume que el parámetro es 0.
- Después se envía un segundo positivo de 1 a 8 cifras igual que el anterior.
- Cuando se haya procesado todo el servidor contestará al cliente con un positivo de 1 a 12 cifras.

Antes de empezar crear el código que permita procesar estos parámetros complejos.

```
public class ServidorCalculo {
    public int extraerNumero(String linea){
        /* 1. Comprobar si es un número
         * 2. Ver si el número es correcto (32a75)
         * 3. Ver si tiene de 1 a 8 cifras
         */
        int numero;
        try{
            numero=Integer.parseInt(linea);
        }
        catch (NumberFormatException e){
            numero=0;
        }
        /* Si el número es mayor de 100 millones no
         * es válido tampoco
         */
        if (numero>=1000000000){
            numero=0;
        }
    }
}
```



```

        }
        return numero;
    }

    public void escuchar() {
        System.out.println("Arrancado el servidor");

        while (true) {

        }

    }
}

```

Así, el código completo del servidor sería:

```

public class ServidorCalculo {
    public int extraerNumero(String linea) {
        /* 1. Comprobar si es un número
        * 2. Ver si el número es correcto (32a75)
        * 3. Ver si tiene de 1 a 8 cifras
        */
        int numero;
        try{
            numero=Integer.parseInt(linea);
        }
        catch (NumberFormatException e){
            numero=0;
        }
        /* Si el número es mayor de 100 millones no
        * es válido tampoco
        */
        if (numero>=1000000000) {
            numero=0;
        }
        return numero;
    }

    public int calcular(String op, String n1, String n2){
        int resultado=0;
        char simbolo=op.charAt(0);
        int num1=this.extraerNumero(n1);
        int num2=this.extraerNumero(n2);
        if (simbolo=='+') {
            resultado=num1+num2;
        }
        return resultado;
    }

    public void escuchar() throws IOException{
        System.out.println("Arrancado el servidor");
    }
}

```

```

        ServerSocket socketEscucha=null;
        try {
            socketEscucha=new ServerSocket(9876);
        } catch (IOException e) {
            System.out.println(
                "No se pudo poner un socket
↪"+
                "a escuchar en TCP 9876");

            return;
        }
        while (true) {
            Socket conexion=socketEscucha.accept();
            System.out.println("Conexion recibida!");
            InputStream is=conexion.getInputStream();
            InputStreamReader isr=
                new InputStreamReader(is);
            BufferedReader bf=
                new BufferedReader(isr);
            String linea=bf.readLine();
            String num1=bf.readLine();
            String num2=bf.readLine();
            /* Calculamos el resultado*/
            Integer result=this.calcular(linea, num1,
↪num2);

            OutputStream os=conexion.getOutputStream();
            PrintWriter pw=new PrintWriter(os);
            pw.write(result.toString()+"\n");
            pw.flush();
        }
    }
}

```

Y el cliente sería:

```

public class ClienteCalculo {
    public static BufferedReader getFlujo(InputStream is){
        InputStreamReader isr=
            new InputStreamReader(is);
        BufferedReader bfr=
            new BufferedReader(isr);

        return bfr;
    }
    /**
     * @param args
     * @throws IOException
     */
    public static void main(String[] args) throws IOException {
        InetAddress direccion=new
            InetAddress("10.13.0.20",
↪9876);
    }
}

```

```

        Socket socket=new Socket();
        socket.connect(direccion);
        BufferedReader bfr=
            ClienteCalculo.getFlujo(
                socket.
↳getInputStream());
        PrintWriter pw=new
            PrintWriter(socket.
↳getOutputStream());
        pw.print("+\n");
        pw.print("42\n");
        pw.print("84\n");
        pw.flush();
        String resultado=bfr.readLine();
        System.out.println
            ("El resultado fue:"+resultado);
    }
}

```

15.11 Utilización de hilos en la programación de aplicaciones en red.

En el caso de aplicaciones que necesiten aceptar varias conexiones **habrá que mover todo el código de gestión de peticiones a una clase que implemente Runnable**

Ahora el servidor será así:

```

while (true){
    Socket conexion=socketEscucha.accept();
    System.out.println("Conexion recibida");
    Peticion p=new Peticion(conexion);
    Thread hilo=new Thread(p);
    hilo.start();
}

```

Pero ahora tendremos una clase Petición como esta:

```

public class Peticion implements Runnable{
    BufferedReader bfr;
    PrintWriter pw;
    Socket socket;
    public Peticion(Socket socket){
        this.socket=socket;
    }
    public int extraerNumero(String linea){
        /* 1. Comprobar si es un número
        * 2. Ver si el número es correcto (32a75)
        * 3. Ver si tiene de 1 a 8 cifras

```

```

        */
        int numero;
        try{
            numero=Integer.parseInt(linea);
        }
        catch (NumberFormatException e){
            numero=0;
        }
        /* Si el número es mayor de 100 millones no
        * es válido tampoco
        */
        if (numero>=100000000){
            numero=0;
        }
        return numero;
    }

    public int calcular(String op, String n1, String n2){
        int resultado=0;
        char simbolo=op.charAt(0);
        int num1=this.extraerNumero(n1);
        int num2=this.extraerNumero(n2);
        if (simbolo=='+') {
            resultado=num1+num2;
        }
        return resultado;
    }
    public void run(){
        try {
            InputStream is=socket.getInputStream();
            InputStreamReader isr=
                new InputStreamReader(is);
            bfr=new BufferedReader(isr);
            OutputStream os=socket.getOutputStream();
            pw=new PrintWriter(os);
            String linea;
            while (true){
                linea = bfr.readLine();
                String num1=bfr.readLine();
                String num2=bfr.readLine();
                /* Calculamos el resultado*/
                Integer result=this.calcular(linea,
↵num1, num2);

                System.out.println("El servidor dio,
↵resultado:"+result);

                pw.write(result.toString()+"\n");
                pw.flush();
            }
        } catch (IOException e) {

```

```

    }
}

```

15.11.1 Ejercicio: servicio de ordenación

Crear una arquitectura cliente/servidor que permita a un cliente, enviar dos cadenas a un servidor para saber cual de ellas va antes que otra:

- Un cliente puede enviar las cadenas “hola”, “mundo”. El servidor comprobará que en el diccionario la primera va antes que la segunda, por lo cual contestará “hola”, “mundo”.
- Si el cliente enviase “mundo”, “hola” el servidor debe devolver la respuesta “hola”, “mundo”.

Debido a posibles mejoras futuras, se espera que el servidor sea capaz de saber qué versión del protocolo se maneja. Esto es debido a que en el futuro se espera lanzar una versión 2 del protocolo en la que se puedan enviar varias cadenas seguidas.

Crear el protocolo, el código Java del cliente y el código Java del servidor con capacidad para procesar muchas peticiones a la vez (multihilo).

Se debe aceptar que un cliente que ya tenga un socket abierto envíe todas las parejas de cadenas que desee.

15.11.2 Una clase Protocolo

Dado que los protocolos pueden ser variables puede ser útil encapsular el comportamiento del protocolo en una pequeña clase separada:

```

public class Protocolo {
    private final String terminador="\n";
    public String getMensajeVersion(int version){
        Integer i=version;
        return i.toString()+terminador;
    }
    public int getNumVersion(String mensaje){
        Integer num=Integer.parseInt(mensaje);
        return num;
    }
    public String getMensaje(String cadena){
        return cadena+terminador;
    }
}

```

15.11.3 Una clase con funciones de utilidad

Algunas operaciones son muy sencillas, pero muy engorrosas. Alargan el código innecesariamente y lo hacen más difícil de entender. Si además se realizan a menudo puede ser interesante empaquetar toda la funcionalidad en una clase.

```
public class Utilidades {
    /* Obtiene un flujo de escritura
    a partir de un socket*/
    public PrintWriter getFlujoEscritura
        (Socket s) throws IOException{
        OutputStream os=s.getOutputStream();
        PrintWriter pw=new PrintWriter(os);
        return pw;
    }
    /* Obtiene un flujo de lectura
    a partir de un socket*/
    public BufferedReader
        getFlujoLectura(Socket s)
            throws IOException{
        InputStream is=s.getInputStream();
        InputStreamReader isr=
            new InputStreamReader(is);
        BufferedReader bfr=new BufferedReader(isr);
        return bfr;
    }
}
```

15.11.4 La clase Petición

```
public class Peticion implements Runnable {
    Socket conexionParaAtender;

    public Peticion ( Socket s ){
        this.conexionParaAtender=s;
    }
    @Override
    public void run() {
        try{
            PrintWriter flujoEscritura=
                Utilidades.getFlujoEscritura(
                    this.
↵conexionParaAtender
                );
            BufferedReader flujoLectura=
                Utilidades.getFlujoLectura(
                    ↵
↵conexionParaAtender);
            String protocolo=
```

```

                                flujoLectura.readLine();
                                int numVersion=
                                Protocolo.
↪getNumVersion(protocolo);
                                if (numVersion==1){
                                    String linea1=
                                    flujoLectura.
↪readLine();
                                    String linea2=
                                    flujoLectura.
↪readLine();
                                    //Linea 1 va despues en el
                                    if (linea1.compareTo(linea2)>0){
                                        dicc
                                        flujoEscritura.
↪println(linea2);
                                        flujoEscritura.
↪println(linea1);
                                        flujoEscritura.flush();
                                    } else {
                                        flujoEscritura.
↪println(linea1);
                                        flujoEscritura.
↪println(linea2);
                                        flujoEscritura.flush();
                                    }
                                }
                                }
                                catch (IOException e){
                                    System.out.println(
↪flujo");
                                    "No se pudo crear algún_
                                    return ;
                                }
                            }
    }
}

```

15.11.5 La clase Servidor

```

public class ServidorOrdenacion {
    public void escuchar() throws IOException{
        ServerSocket socket;
        try{
            socket=new ServerSocket(9876);
        }
        catch (Exception e){
            System.out.println("No se pudo arrancar");
            return ;
        }
    }
}

```

```

    }
    while (true) {
        System.out.println("Servidor esperando");
        Socket conexionCliente=
            socket.accept();
        System.out.println("Alguien conectó");
        Peticion p=
            new
↪Peticion(conexionCliente);
        Thread hiloAsociado=
            new Thread(p);
        hiloAsociado.start();
    }
} // Fin del método escuchar
public static void main(String[] argumentos) {
    ServidorOrdenacion s=
        new ServidorOrdenacion();

    try {
        s.escuchar();
    } catch (Exception e) {
        System.out.println("No se pudo arrancar");
        System.out.println(" el cliente o el serv");
    }
}
}

```

15.11.6 La clase Cliente

```

public class Cliente {
    public void ordenar(String s1, String s2) throws IOException
↪{
        InetAddress direccion=
            new InetAddress("10.13.0.20",
↪9876);
        Socket conexion=
            new Socket();
        conexion.connect(direccion);
        System.out.println("Conexion establecida");
        /* Ahora hay que crear flujos de salida, enviar
         * cadenas por allí y esperar los resultados.
         */
        try{
            BufferedReader flujoLectura=
                Utilidades.
↪getFlujoLectura(conexion);
            PrintWriter flujoEscritura=
                Utilidades.
↪getFlujoEscritura(conexion);

```



```

        flujoEscritura.println("1");
        flujoEscritura.println(s1);
        flujoEscritura.println(s2);
        flujoEscritura.flush();
        String lineal=flujoLectura.readLine();
        String linea2=flujoLectura.readLine();
        System.out.println("El servidor devolvió "+
                           lineal + " y "+linea2);
    } catch (IOException e){
    }
}
public static void main(String[] args) {
    Cliente c=new Cliente();
    try {
        c.ordenar("aaa", "bbb");
    } catch (IOException e) {
        System.out.println("Fallo la conexion o ");
        System.out.println("los flujos");
    } //Fin del catch
} //Fin del main
} //Fin de la clase

```

15.11.7 Ampliación

Finalmente la empresa va a necesitar una versión mejorada del servidor que permita a otros cliente enviar un número de palabras y luego las palabras. Se desea hacer todo sin romper la compatibilidad con los clientes viejos. Mostrar el código Java del servidor y del cliente.

En el servidor se añade este código extra a la hora de comprobar el protocolo:

```

if (numVersion==2){
    System.out.println("Llegó un v2");
    String lineaCantidadPalabras=
        flujoLectura.readLine();
    int numPalabras=
        Integer.parseInt
        (lineaCantidadPalabras);
    String[] palabras=
        new String[numPalabras];
    for (int i=0;i<numPalabras;i++){
        palabras[i]=
            flujoLectura.readLine();
    }
    palabras=this.ordenar(palabras);
    for (int i=0; i<palabras.length; i++){
        flujoEscritura.println(palabras[i]);
    }
}

```

```
        flujoEscritura.flush();  
    }
```

Y finalmente solo habría que implementar un método en la petición que reciba un vector de `String` (las palabras) y devuelva el mismo vector pero ordenado.

Generación de servicios en red

16.1 Protocolos estándar de comunicación en red a nivel de aplicación

16.1.1 Telnet

16.1.2 FTP

16.1.3 HTTP

16.1.4 POP3

16.1.5 SMTP

16.2 Librerías de clases y componentes.

16.3 Utilización de objetos predefinidos.

16.4 Propiedades de los objetos predefinidos.

16.5 Métodos y eventos de los objetos predefinidos.

16.6 Establecimiento y finalización de conexiones.

16.7 Transmisión de información.

16.8 Programación de aplicaciones cliente.

16.9 Programación de servidores.

16.10 Implementación de comunicaciones simultá-

Utilización de técnicas de programación segura

17.1 Introducción

En general, cuando se envía algo a través de sockets se envía como “texto plano”, es decir, no sabemos si hay alguien usando un sniffer en la red y por tanto no sabemos si alguien está capturando los datos.

En general, cualquier sistema que pretenda ser seguro necesitará usar cifrado.

17.2 Prácticas de programación segura.

Para enviar mensajes cifrados se necesita algún mecanismo o algoritmo para convertir un texto normal en uno más difícil de comprender.

El esquema general de todos los métodos es tener código como el siguiente:

```
public String cifrar (String texto, String clave)
{
}

public String descifrar (String texto, String clave)
{
}
```

17.2.1 Método César

Si el alfabeto es el siguiente:

ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ0123456789- BCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ0123456789-
A

El mensaje HOLA MUNDO, con clave 1 sería así

HOLAMUNDO IPMBNVÑEP

El descifrado simplemente implicaría el método inverso. Si el desplazamiento es un valor distinto de 1, lo único que hay que hacer es construir el alfabeto rotado tantas veces como el desplazamiento

Esta clase implementa un sistema de rotado básico para poder efectuar

```
public class Cifrador {
    private String alfabeto=
        "ABCDEFGH IJKLMNÑOPQRSTUVWXYZ"+
        "0123456789 ";
    private String alfabetoCifrado;
    /* Dada una cadena como
     * "ABC" y un número (p.ej 2)
     * devuelve la cadena rotada a la izq
     * tantas veces como indique el numero,
     * en este caso "CAB"
     */
    public String rotar(String cad,int numVeces){
        char[] resultado=new char[cad.length()];
        for (int i=0; i<cad.length();i++){
            int posParaExtraer=(i+numVeces)%cad.
length();
            resultado[i]=cad.charAt(posParaExtraer);
        }
        String cadResultado=String.valueOf(resultado);
        return cadResultado;
    }
    public String cifrar
        (String mensaje, String clave){
        String mensajeCifrado="";

        return mensajeCifrado;
    }
    public String descifrar
        (String mensajeCifrado, String clave){
        String mensajeDescifrado="";

        return mensajeDescifrado;
    }
    public static void main(String[] args){
        Cifrador c=new Cifrador();
        String cad=c.rotar("ABCDEFGH", 0);
        System.out.println(cad);
    }
}
```

17.3 Criptografía de clave pública y clave privada.

Los principales sistemas modernos de seguridad utilizan dos claves ,una para cifrar y otra para descifrar. Esto se puede usar de diversas formas.

17.4 Principales aplicaciones de la criptografía.

- Mensajería segura: todo el mundo da su clave de cifrado pero conserva la de descifrado. Si queremos enviar un mensaje a alguien cogemos su clave de cifrado y ciframos el mensaje que le enviamos. Solo él podrá descifrarlo.
- Firma digital: pilar del comercio electrónico. Permite verificar que un archivo no ha sido modificado.
- Mensajería segura: en este tipo de mensajería se intenta evitar que un atacante (quizá con un *sniffer*) consiga descifrar nuestros mensajes.
- Autenticación: los sistemas de autenticación intentan resolver una cuestión clave en la informática: **verificar que una máquina es quien dice ser**

17.5 Protocolos criptográficos.

En realidad protocolos criptográficos hay muchos, y suelen dividirse en sistemas simétricos o asimétricos.

- Los sistemas simétricos son aquellos basados en una función que convierte un mensaje en otro mensaje cifrado. Si se desea descifrar algo se aplica el proceso inverso con la misma clave que se usó.
- Los sistemas asimétricos utilizan una clave de cifrado y otra de descifrado. Aunque se tenga una clave es matemáticamente imposible averiguar la otra clave por lo que se puede dar a todo el mundo una de las claves (llamada habitualmente **clave pública**) y conservar la otra (llamada **clave privada**). Además, podemos usar las claves para lo que queramos y por ejemplo en unos casos cifraremos con la clave pública y en otros tal vez cifremos con la clave privada.

Hoy por hoy, las mayores garantías las ofrecen los asimétricos, de los cuales hay varios sistemas. El inconveniente que pueden tener los asimétricos es que son más lentos computacionalmente.

En este curso usaremos el cifrado asimétrico RSA.

17.6 Encriptación de información.

El siguiente código muestra como crear una clase que permita cifrar y descifrar textos.

```

public class GestorCifrado {
    KeyPair claves;
    KeyPairGenerator generadorClaves;
    Cipher cifrador;
    public GestorCifrado()
        throws NoSuchAlgorithmException,
        NoSuchPaddingException{
        generadorClaves=
            KeyPairGenerator.getInstance("RSA");
        /*Usaremos una longitud de clave
        * de 1024 bits */
        generadorClaves.initialize(1024);
        claves=generadorClaves.generateKeyPair();
        cifrador=Cipher.getInstance("RSA");
    }
    public PublicKey getPublica(){
        return claves.getPublic();
    }
    public PrivateKey getPrivada(){
        return claves.getPrivate();
    }

    public byte[] cifrar(byte[] paraCifrar,
        Key claveCifrado
        ) throws InvalidKeyException,
        IllegalBlockSizeException,
        BadPaddingException{
        byte[] resultado;
        /* Se pone el cifrador en modo cifrado*/
        cifrador.init(Cipher.ENCRYPT_MODE,
            claveCifrado);
        resultado=cifrador.doFinal(paraCifrar);
        return resultado;
    }

    public byte[] descifrar(
        byte[] paraDescifrar,
        Key claveDescifrado)
        throws InvalidKeyException,
        IllegalBlockSizeException,
        BadPaddingException{
        byte[] resultado;
        /* Se pone el cifrador en modo descifrado*/
        cifrador.init(Cipher.DECRYPT_MODE,
            claveDescifrado);
        resultado=cifrador.doFinal(paraDescifrar);
        return resultado;
    }
}

```



```

public static void main(String[] args)
    throws NoSuchAlgorithmException,
    NoSuchPaddingException,
    InvalidKeyException,
    IllegalBlockSizeException,
    BadPaddingException,
    UnsupportedEncodingException
{
    GestorCifrado gestorCifrado=
        new GestorCifrado();
    String mensajeOriginal="Hola mundo";
    Key clavePublica=gestorCifrado.getPublica();

    byte[] mensajeCifrado=
        gestorCifrado.cifrar(
            mensajeOriginal.
↳getBytes(),
            clavePublica
        );
    String cadCifrada=
        new String(mensajeCifrado, "UTF-8");

    System.out.println
        ("Cadena original:"+mensajeOriginal);
    System.out.println
        ("Cadena cifrada:"+cadCifrada);

    /* Cogemos la cadCifrada y la desciframos
       * con la otra clave
       */
    Key clavePrivada;
    clavePrivada=gestorCifrado.getPrivada();
    byte[] descifrada=
        gestorCifrado.descifrar(
            ↳mensajeCifrado,clavePrivada);
    String mensajeDescifrado;
    mensajeDescifrado=
        new String(descifrada, "UTF-8");
    System.out.println(
        "El mensaje descifrado es:"+
        mensajeDescifrado);
}
}

```

Advertencia: Los objetos que cifran y descifran en Java utilizan estrictamente objetos `byte[]`, que son los que debemos manejar siempre. Las conversiones a `String` las ha-

ce mos nosotros para poder visualizar resultados.

17.7 Protocolos seguros de comunicaciones.

En general, ahora que ya conocemos sockets, el uso de servidores y clientes y el uso de la criptografía de clave asimétrica ya es posible crear aplicaciones que se comuniquen de forma muy segura.

En general, todo protocolo que queramos implementar dará estos pasos.

1. Todo cliente genera su pareja de claves.
2. Todo servidor genera su pareja de claves.
3. Cuando un cliente se conecte a un servidor, le envía su clave de cifrado y conserva la de descifrado.
4. Cuando un servidor recibe la conexión de un cliente recibe la clave de cifrado de dicho cliente.
5. El servidor envía su clave pública al cliente.
6. Ahora cliente y servidor pueden enviar mensajes al otro con la garantía de que solo servidor y cliente respectivamente pueden descifrar.

En realidad se puede asegurar más el proceso haciendo que en el paso 5 el servidor cifre su propia clave pública con la clave pública del cliente. De esta forma, incluso aunque alguien robara la clave privada del cliente tampoco tendría demasiado, ya que tendría que robar la clave privada del servidor.

17.8 Programación de aplicaciones con comunicaciones seguras.

Por fortuna Java dispone de clases ya prefabricadas que facilitan enormemente el que dos aplicaciones intercambien datos de forma segura a través de una red. Se deben considerar los siguientes puntos:

- El servidor debe tener su propio certificado. Si no lo tenemos, se puede generar primero una pareja de claves con la herramienta `keytool`, como se muestra en la figura adjunta. La herramienta guardará la pareja de claves en un almacén (el cual tiene su propia clave). Después generaremos un certificado a partir de esa pareja con `keytool -export -file certificadoservidor.cer -keystore almacenclaves`.
- El código del servidor necesitará indicar el fichero donde se almacenan las claves y la clave para acceder a ese almacén.
- El cliente necesita indicar que confía en el certificado del servidor. Dicho certificado del servidor puede estar guardado (por ejemplo) en el almacén de claves del cliente.

- Aunque no suele hacerse también podría hacerse a la inversa y obligar al cliente a tener un certificado que el servidor pudiera importar, lo que aumentaría la seguridad.

```

usuario@usuario-EQUIPO:~/repos/ServiciosProcesos$ keytool -genkeypair -keystore almacenclaves
Introduzca la contraseña del almacén de claves:
Volver a escribir la contraseña nueva:
¿Cuáles son su nombre y su apellido?
[Unknown]: Empresa ACME
¿Cuál es el nombre de su unidad de organización?
[Unknown]: IES Maestre de Calatrava
¿Cuál es el nombre de su organización?
[Unknown]: JCCM
¿Cuál es el nombre de su ciudad o localidad?
[Unknown]: Ciudad Real
¿Cuál es el nombre de su estado o provincia?
[Unknown]: Ciudad Real
¿Cuál es el código de país de dos letras de la unidad?
[Unknown]: ES
¿Es correcto CN=Empresa ACME, OU=IES Maestre de Calatrava, O=JCCM, L=Ciudad Real, ST=Ciudad Real, C=ES?
[no]: si

Introduzca la contraseña de clave para <mykey>
(INTRO si es la misma contraseña que la del almacén de claves):
Volver a escribir la contraseña nueva:
    
```

Figura 17.1: Generando la pareja de claves del servidor.

Los pasos desglosados implican ejecutar estos comandos en el servidor:

```

# El servidor genera una pareja de claves que se almacena en un
# fichero llamado "clavesservidor". Dentro del fichero se indica
# un alias para poder referirnos a esa clave fácilmente
keytool -genkeypair -keyalg RSA
        -alias servidor -keystore clavesservidor

#El servidor genera su "certificado", es decir un fichero que
#de alguna forma indica quien es él. El certificado se almacena
#en un fichero llamado clavesservidor y a partir de él queremos
#generar el certificado de un alias que tiene que haber llamado
↪servidor
keytool --exportcert -alias servidor
        -file servidor.cer -keystore clavesservidor
    
```

En el cliente daremos estos pasos:

```

#Se genera una pareja de claves (en realidad no nos hace falta solo
#queremos tener un almacén de claves.
keytool -genkeypair -keyalg RSA -alias cliente -keystore
↪clavescliente

#Se importa el certificado del servidor indicando que pertenece a
#la lista de certificados confiables.
keytool -importcert -trustcacerts -alias servidor -file servidor.
↪cer -keystore clavescliente
    
```

Una vez creados los ficheros iniciales se deben dar los siguientes pasos en Java (servidor y cliente van por separado):

1. El servidor debe cargar su almacén de claves (el fichero clavesservidor)

2. Ese almacén (cargado en un objeto Java llamado `KeyStore`), se usará para crear un gestor de claves (objeto `KeyManager`), el cual se obtiene a partir de una “fábrica” llamada `KeyManagerFactory`.
3. Se creará un contexto SSL (objeto `SSLContext`) a partir de la fábrica comentada.
4. El objeto `SSLContext` permitirá crear una fábrica de sockets que será la que finalmente nos permita tener un `SSLServerSocket`, es decir un socket de servidor que usará cifrado.

El código Java del servidor sería algo así:

```
public OtroServidor (String rutaAlmacen, String claveAlmacen){
    this.rutaAlmacen=rutaAlmacen;
    this.claveAlmacen=claveAlmacen;
}

public SSLServerSocket getServerSocketSeguro()
    throws KeyStoreException,
↳NoSuchAlgorithmException,
    CertificateException, IOException,
    KeyManagementException,
↳UnrecoverableKeyException
{
    SSLServerSocket serverSocket=null;
    /* Paso 1, se carga el almacén de claves*/
    FileInputStream fichAlmacen=
        new FileInputStream(this.rutaAlmacen);
    /* Paso 1.1, se crea un almacén del tipo por defecto
     * que es un JKS (Java Key Store), a día de hoy*/
    KeyStore almacen=KeyStore.getInstance(KeyStore.
↳getDefaultType());
    almacen.load(fichAlmacen, claveAlmacen.toCharArray());
    /* Paso 2: obtener una fábrica de KeyManagers que
↳ofrezcan
        * soporte al algoritmo por defecto*/
    KeyManagerFactory fabrica=
        KeyManagerFactory.getInstance(
            KeyManagerFactory.
↳getDefaultAlgorithm());
    fabrica.init(almacen, claveAlmacen.toCharArray());
    /* Paso 3:Intentamos obtener un contexto SSL
     * que ofrezca soporte a TLS (el sistema más
     * seguro hoy día) */
    SSLContext contextoSSL=SSLContext.getInstance("TLS");
    contextoSSL.init(fabrica.getKeyManagers(), null, null);
    /* Paso 4: Se obtiene una fábrica de sockets que permita
     * obtener un SSLServerSocket */
    SSLServerSocketFactory fabricaSockets=
        contextoSSL.getServerSocketFactory();
    serverSocket=
        (SSLServerSocket)
```

```

                                fabricaSockets.
↪createServerSocket(puerto);
    return serverSocket;
}
public void escuchar()
    throws KeyManagementException, UnrecoverableKeyException,
           KeyStoreException, NoSuchAlgorithmException,
           CertificateException, IOException
{
    SSLServerSocket socketServidor=this.
↪getServerSocketSeguro();
    BufferedReader entrada;
    PrintWriter salida;
    while (true){
        Socket connRecibida=socketServidor.accept();
        System.out.println("Conexion segura recibida");
        entrada=
            new BufferedReader(
            new InputStreamReader(connRecibida.
↪getInputStream()));
        salida=
            new PrintWriter(
            new OutputStreamWriter(
                connRecibida.getOutputStream()));
        String linea=entrada.readLine();
        salida.println(linea.length());
        salida.flush();
    }
}

```

En el cliente se tienen que dar algunos pasos parecidos:

1. En primer lugar se carga el almacén de claves del cliente (que contiene el certificado del servidor y que es la clave para poder “autenticar” el servidor)
2. El almacén del cliente se usará para crear un “gestor de confianza” (TrustManager) que Java usará para determinar si puede confiar o no en una conexión. Usaremos un TrustManagerFactory que usará el almacén del cliente para crear objetos que puedan gestionar la confianza.
3. Se creará un contexto SSL (SSLContext) que se basará en los TrustManager que pueda crear la fábrica.
4. A partir del contexto SSL el cliente ya puede crear un socket seguro (SSLSocket) que puede usar para conectar con el servidor de forma segura.

El código del cliente sería algo así:

```

public class OtroCliente {
    String almacen="/home/usuario/clavescliente";
    String clave="abcdabcd";
    SSLSocket conexion;
}

```

```

    public OtroCliente(String ip, int puerto)
        throws UnknownHostException, IOException,
        KeyManagementException,
        ↪NoSuchAlgorithmException,
        KeyStoreException, CertificateException{

        conexion=this.obtenerSocket(ip,puerto);
    }
    /* Envía un mensaje de prueba para verificar que la conexión
    * SSL es correcta */
    public void conectar() throws IOException{
        System.out.println("Iniciando..");
        BufferedReader entrada;
        PrintWriter salida;
        entrada=new BufferedReader(new
        ↪InputStreamReader(conexion.getInputStream()));
        salida=new PrintWriter(new OutputStreamWriter(conexion.
        ↪getOutputStream()));
        /* De esta linea se intenta averiguar la longitud*/
        salida.println("1234567890");
        salida.flush();
        /* Si todo va bien, el servidor nos contesta el numero*/
        String num=entrada.readLine();
        int longitud=Integer.parseInt(num);
        System.out.println("La longitud devuelta es:"+longitud);

    }
    public SSLSocket obtenerSocket(String ip, int puerto)
        throws KeyStoreException,
        ↪NoSuchAlgorithmException,
        CertificateException, IOException,
        ↪KeyManagementException
    {
        System.out.println("Obteniendo socket");
        SSLSocket socket=null;
        /* Paso 1: se carga al almacén de claves
        * (que recordemos debe contener el
        * certificado del servidor)*/
        KeyStore almacenCliente=KeyStore.getInstance(KeyStore.
        ↪getDefaultType());
        FileInputStream ficheroAlmacenClaves=
            new FileInputStream( this.almacen );
        almacenCliente.load(ficheroAlmacenClaves, clave.
        ↪toCharArray());
        System.out.println("Almacen cargado");
        /* Paso 2, crearemos una fabrica de gestores de
        ↪confianza
        * que use el almacén cargado antes (que contiene el
        * certificado del servidor)
        */
    }

```

```

TrustManagerFactory fabricaGestoresConfianza=
    TrustManagerFactory.getInstance(
        TrustManagerFactory.
        ↪getDefaultAlgorithm());
    fabricaGestoresConfianza.init(almacenCliente);
    System.out.println("Fabrica Trust creada");
    /*Paso 3: se crea el contexto SSL, que ofrezca
     * soporte al algoritmo TLS*/
    SSLContext contexto=SSLContext.getInstance("TLS");
    contexto.init(
        null, fabricaGestoresConfianza.
    ↪getTrustManagers(), null);
    /* Paso 4: Se crea un socket que conecte con el
    ↪servidor*/
    System.out.println("Contexto creado");
    SSLSocketFactory fabricaSockets=
        contexto.getSocketFactory();
    socket=(SSLSocket) fabricaSockets.createSocket(ip,
    ↪puerto);
    /* Y devolvemos el socket*/
    System.out.println("Socket creado");
    return socket;
}
}

```

17.9 Firmado de aplicaciones

Utilizando la criptografía de clave pública es posible “firmar” aplicaciones. El firmado es un mecanismo que permite al usuario de una aplicación el verificar que la aplicación no ha sido alterada desde que el programador la creó (virus o programas malignos, personal descontento con la empresa, etc...).

Antes de efectuar el firmado se debe disponer de un par de claves generadas con la herramienta `keytool` mencionada anteriormente. Supongamos que el almacén de claves está creado y que en él hay uno o varios *alias* creados. El proceso de firmado es el siguiente:

1. Crear la aplicación, que puede estar formada por un conjunto de clases pero que en última instancia tendrá un `main`.
2. Empaquetar la aplicación con `jar cfe Aplicacion.jar com.ies.Aplicacion DirectorioPaquete`. Este comando crea un fichero (f) JAR en el cual el punto de entrada (e) es la clase `com.ies.Aplicacion` (que es la que tendrá el `main`).
3. Puede comprobarse que la aplicación dentro del JAR se ejecuta correctamente con `java -jar Aplicacion.jar`.
4. Ahora se puede ejecutar `jarsigner Aplicacion.jar <alias>`.

Con estos pasos se tiene una aplicación firmada que el usuario puede verificar si así lo desea. De hecho, si se extrae el contenido del JAR con `jar -xf Aplicacion.jar` se extraen los archivos `.class` y un fichero `META-INF/Manifest` que se puede abrir con un editor para ver que realmente está firmado.

Para que otras personas puedan comprobar que nuestra aplicación es correcta los programadores deberemos exportar un certificado que los usuarios puedan importar para hacer el verificado. Recordemos que el comando es:

```
keytool -exportcert -keystore ..\Almacen.store -file Programador.  
cer -alias Programador
```

17.10 Verificado de aplicaciones

Si ahora otro usuario desea ejecutar nuestra aplicación deberá importar nuestro certificado. El proceso de verificado es simple:

1. El usuario importa el certificado.
2. Ahora que tiene el certificado puede comprobar la aplicación con `jarsigner -verify Aplicacion.jar <alias_del_programador>`

El comando deberá responder con algo como `jar verified`. Sin embargo si no tenemos un certificado firmado por alguna autoridad de certificación (CA) la herramienta se quejará de que algunos criterios de seguridad no se cumplen.

17.11 Ejercicio

Intenta extraer el archivo JAR y reemplaza el `.class` por alguna otra clase. Vuelve a crear el archivo `.JAR` y vuelve a intentar verificarlo, ¿qué ocurre?

17.12 Recordatorio

Hemos hecho el proceso de firmado y verificado con **certificados autofirmados**, lo cual es útil para practicar pero **completamente inútil desde el punto de vista de la seguridad**. Para que un certificado sea seguro debemos hacer que previamente alguna autoridad de certificación nos lo firme primero (para lo cual suele ser habitual el tener que pagar).

17.13 Política de seguridad.

17.14 Programación de mecanismos de control de acceso.

17.15 Pruebas y depuración.