Dept. de Ingeniería de Sistemas Telemáticos
E.T.S.I. de Telecomunicación
Universidad Politécnica
Madrid

Java
Vademécum /concurrencia

José A. Mañas

23 de abril de 2017

Índice

Introducción

(Del latín *vade*, anda, ven, y *mecum*, conmigo).

1. m. Libro de poco volumen y de fácil manejo para consulta inmediata de nociones o informaciones fundamentales.
2. m. Cartapacio en que los niños llevaban sus libros y papeles a la escuela.

Java es un lenguaje de programación orientado a objetos, como otros muchos, con los que comparte los conceptos fundamentales. Pero, además de los conceptos, cada lenguaje de programación conlleva multitud de pequeños detalles que a menudo se olvidan.

Estas notas repasan los detalles conceptuales y sintácticos de los programas concurrentes escritos en Java. Se han ordenado alfabéticamente para que sean fáciles de localizar. Cada entrada se explica someramente y se incluyen pequeños ejemplos ilustrativos de cómo se usa.

Algunas entradas se refieren a clases de la biblioteca java; en estos casos se comentan los elementos más frecuentemente utilizados. Para mayor detalle, hay que recurrir a la especificación completa.

Derechos de autor

Vademécum

Las entradas están por orden alfabético, y repartidas entre esta sección, más conceptual, y la parte siguiente que describe clases de la biblioteca de java.

No está pensado para leerlo empezando por la página 1, sino más bien para ir saltando de enlace en enlace.

Quizás los ejemplos se pueden ordenar desde lo más sencillo hacia conceptos más avanzados:

- creación y lanzamiento de *threads*
    1. *extends Thread*
    2. *new Thread(Runnable)*
    3. *ejecutor*Runnable + Executor.execute()
    4. *Callable* Callable<V> + Executor.execute() + Future<V>
- *zonas críticas o de exclusión mutua*
    1. *zonas synchronized*
    2. *métodos synchronized*
    3. *variables atómicas*
    4. usando *Lock*

1. call (método) V call()

Método de la interfaz *Callable*<V>.

Hay un paralelismo entre

`interface Runnable`	`interface Callabel<V>`
`void run()`	`V call() throws Exception`

Ver "*ExecutorService*".

Ver "*Future*".

1.1. Ejemplo

Se trata de sumar todos los términos de una matriz de enteros.

Para ello lanzaremos un *thread* para sumar cada fila:

class Filtro

```
import java.util.concurrent.Callable;

public class Filtro implements Callable<Integer> {
	private int[] fila;

	public Filtro(int[] fila) {
		this.fila = fila;
	}

	@Override
	public Integer call() throws Exception {
		int total = 0;
		for (int n : fila)
```

```
                  total += n;
            return total;
      }
}
```

Ahora organizamos un programa con varios *threads*. A cada uno le asignamos la tarea de sumar una fila. Al acabar, recopilamos los resultados y agregamos la suma total:

class Matriz

```
import java.util.Arrays;
import java.util.concurrent.*;

public class Matriz {
      private static final int FILAS = 40;
      private static final int COLUMNAS = 4;

      private static final int POOL_SIZE = 3;

      @SuppressWarnings("unchecked")
      public static void main(String[] args)
                  throws InterruptedException, ExecutionException {
            // preparamos una matriz aleatoria
            int[][] matriz = new int[FILAS][COLUMNAS];
            for (int fila = 0; fila < FILAS; fila++) {
                  for (int col = 0; col < COLUMNAS; col++) {
                        matriz[fila][col] =
                              (int) (Math.random() * 1000);
                  }
            }

            // para ir recopilando resultados de los threads
            Future<Integer>[] resultados = new Future[FILAS];

            // conjunto de ejecutores
            ExecutorService pool =
                  Executors.newFixedThreadPool(POOL_SIZE);

            // lanzamos todas los threads
            for (int fila = 0; fila < FILAS; fila++) {
                  Callable<Integer> filtro =
                        new Filtro(matriz[fila]);
                  Future<Integer> future = pool.submit(filtro);
                  resultados[fila] = future;
            }

            // recopilamos resultados y agregamos
            int suma = 0;
            for (int fila = 0; fila < FILAS; fila++) {
                  Future<Integer> future = resultados[fila];
                  Integer parcial = future.get();
                  suma += parcial;
            }
            System.out.println("suma total: " + suma);
            pool.shutdown();
      }
}
```

2. Carreras [race conditions] (concepto)

Ver "*race conditions*".

Ver "*seguridad*".

3. Cerrojo [lock] (concepto)

Es probablemente el mecanismo más básico para controlar qué cosas se pueden ejecutar en cualquier orden y qué cosas requieren una cierta disciplina.

Loa cerrojos delimitan una zona de código (ver *zonas de exclusión mutua*)

```
cerrojo.lock();
// zona protegida
cerrojo.unlock();
```

El cerrojo es propiedad de un solo *thread* en cada momento. Si un *thread* quiere hacerse con el cerrojo y lo tiene otro, espera a que lo libere.

Los cerrojos son mecanismos de sincronización de bajo nivel pues es fácil escribir programas erróneos con ellos.

Loa cerrojos dependen casi siempre de la buena voluntad de los *threads* que los usan: si un *thread* no se ajusta a la disciplina de adquirir el cerrojo antes de meterse en una zona crítica, pues los demás *threads* no pueden hacer nada por evitarlo. Es por ello que se recomienda fuertemente que las zonas críticas se encapsulen de forma que sea imposible acceder a su contenido sin control.

Igualmente hay que contar con el buen hacer de los *threads* que usan los cerrojos. Si un *thread* se olvida de liberarlo, queda cerrado. Por ejemplo, si salta una interrupción y el código de tratamiento no abre el cerrojo.

Ver "*Lock*".

Ver "*zonas de exclusión mutua*".

3.1. Ejemplo

class ContadorCompartido

```
public class ContadorCompartido {
      private int n = 0;

      public int getN(String id) {
            return n;
      }

      public void setN(String id, int n) {
            this.n = n;
            System.err.println(id + ": " + n);
      }
}
```

class IncrementadorLento

```
import java.util.concurrent.locks.Lock;
import java.util.concurrent.locks.ReentrantLock;

public class IncrementadorLento extends Thread {
    private final String id;
    private final ContadorCompartido cc;
```

```
    private static Lock lock = new ReentrantLock();

    public IncrementadorLento(String id, ContadorCompartido cc) {
        this.id = id;
        this.cc = cc;
    }

    @Override
    public void run() {
        llave.lock();
        try {
            int valor = cc.getN(id);
            valor++;
            sleep(1000);
            cc.setN(id, valor);
        } catch (InterruptedException e) {
            System.err.println(id + ": " + e);
        } finally {
            llave.unlock();
        }
    }
}
```

4. Colas de comunicación entre threads

Java ofrece varias opciones para que los *threads* se comuniquen entre sí estableciendo una cola entre ellos. La idea general es que dicha cola

- tiene capacidad para almacenar uno o más datos
- bloquea los *threads* que quieren añadir datos si no hay sitio para retenerlos
- bloquea los *threads* que quieren sacar datos si no hay datos disponibles

Ver "*BlockingQueue*".

Ver "*PipedOutputStream*".

5. Concurrencia (concepto)

Se habla de concurrencia o de programas concurrentes cuando el programa se descompone en varias tareas. En este documento nos centraremos en el modelo de concurrencia de los *threads* de java que se caracterizan por

- compartir memoria
- repartirse el tiempo de CPU (tenga el equipo una o más CPUs)

Ver "*thread*".

Toda solución concurrente a un problema puede calificarse según las siguientes propiedades:

- *safety* (*seguridad*):no ocurre nada malo;
  contrarias a la seguridad son las carreras *race conditions*
- *liveness* (*vivacidad*): antes o después, ocurre algo bueno;
  contrarios a la vivacidad son el *interbloqueo* [*deadlock*] y el bloqueo activo (*livelock*)
- *fairness* (*equidad*): los recursos se reparten con justicia;
  contrario a la equidad es la *inanición* [*starvation*]

6. Concurrent collections (clases)

El paquete java.util.concurrent proporciona varios tipos de colecciones especialmente diseñadas para programas concurrentes:

CopyOnWriteArrayList<**E**>

Una implementación de List<E>

BlockingQueue<**E**>

Una cola FIFO que bloquea el meter hasta que hay sitio y el sacar hasta que hay contenido.

ConcurrentMap<**K, V**>

Una estructura asociativa, tipo Map<K, V>

CopyOnWriteArraySet<**E**>

Una implementación de Set<E>

7. Condición [condition] (concepto)

Cola de espera asociada a objetos de tipo Lock.

Ver "*Lock*".

Alrededor de una condición podemos dejar un *thread* esperando, await(), o reactivarlo, signal().

7.1. Ejemplo

Se trata de una fábrica con varios proveedores. Para cada proveedor hay una fiche que indica si tenemos existencias y cuales son los mínimo y máximos de existencias en el almacen:

class Ficha

```
public class Ficha {
      private final int indice;
      private final String nombre;
      private final int min;
      private final int max;
      private int existencias;

      public Ficha(int indice, String nombre,
                  int min, int max, int existencias) {
            this.indice = indice;
            this.nombre = nombre;
            this.min = min;
            this.max = max;
            this.existencias = existencias;
      }

      public int getIndice() {
            return indice;
      }

      public String getNombre() {
            return nombre;
      }

      public int getMin() {
            return min;
      }
```

```
	public int getMax() {
		return max;
	}

	public int getExistencias() {
		return existencias;
	}

	public void incExistencias() {
		this.existencias++;
	}

	public void decExistencias() {
		this.existencias--;
	}
}
```

La fábrica controla el nivel de existencias con una condición por proveedor

class Fabrica

```
import java.util.Random;
import java.util.concurrent.locks.*;

public class Fabrica extends Thread {
	private final Random random = new Random();

	private final Ficha[] fichas;

	private final Lock proveedores;
	private final Condition[] conditions;

	public Fabrica(Ficha[] fichas) {
		this.fichas = fichas;

		proveedores = new ReentrantLock();

		conditions = new Condition[fichas.length];
		for (int i = 0; i < fichas.length; i++)
			conditions[i] = proveedores.newCondition();
	}

	public void run() {
		try {
			for (int i = 0; i < 10; i++) {
				foto();
				int caso = random.nextInt(fichas.length);
				get(caso);
				System.out.println();
			}
		} catch (InterruptedException ignored) {
		}
		System.exit(0);
	}

	private void get(int i) throws InterruptedException {
		Ficha ficha = fichas[i];
		String id = ficha.getNombre();
		System.out.println("get: " + id);
```

```
            Condition condition = conditions[i];
            proveedores.lock();
            while (ficha.getExistencias() == 0)
                  condition.await();
            ficha.decExistencias();
            if (ficha.getExistencias() < ficha.getMin()) {
                  System.out.println("necesito " + id);
                  condition.signal();
            }
            proveedores.unlock();
      }

      public void put(int i) throws InterruptedException {
            Ficha ficha = fichas[i];
            String id = ficha.getNombre();
            Condition condition = conditions[i];
            proveedores.lock();
            while (ficha.getExistencias() >= ficha.getMax())
                  condition.await();
            System.out.println("put: " + id);
            ficha.incExistencias();
            condition.signal();
            proveedores.unlock();
      }

      private void foto() {
            proveedores.lock();
            for (Ficha ficha : fichas) {
                  System.out.print(ficha.getNombre());
                  System.out.print(": ");
                  System.out.printf("{%d, %d} ",
                        ficha.getMin(), ficha.getMax());
                  for (int s = 0; s < ficha.getExistencias(); s++)
                        System.out.print("[] ");
                  System.out.println();
            }
            proveedores.unlock();
      }
}
```

Los proveedores fabrican productos y esperan a poder colocarlos en la fábrica:

class Proveedor

```
public class Proveedor extends Thread {
      private final int id;
      private final Fabrica fabrica;

      public Proveedor(int id, Fabrica fabrica) {
            this.id = id;
            this.fabrica = fabrica;
      }

      public void run() {
            while (true) {
                  try {
                        int t = (int) (Math.random() * 3);
                        Thread.sleep(t * 1000);
                        fabrica.put(id);
                  } catch (InterruptedException ignored) {
```

```
                    }
                }
        }
}
```

Y montamos el escenario con una fábrica y varios proveedores:

class Escenario

```
public class Escenario {
      public static void main(String[] args) {
            Ficha[] fichas = new Ficha[3];
            fichas[0] = new Ficha(0, "A", 2, 5, 2);
            fichas[1] = new Ficha(1, "B", 1, 2, 1);
            fichas[2] = new Ficha(2, "C", 2, 2, 2);

            Fabrica fabrica = new Fabrica(fichas);
            fabrica.start();

            for (int i = 0; i < fichas.length; i++) {
                  Proveedor proveedor = new Proveedor(i, fabrica);
                  proveedor.start();
            }
      }
}
```

8. Deadlock [interbloqueo] (concepto)

Ver "*interbloqueo*".

9. Demonio [daemon] (concepto)

Tipo de *thread*.

Los *threads* demonio se caracterizan porque el programa puede terminar aunque alguno de estos *threads* siga activo.

Hay métodos en la clase Thread que permiten manejar este atributo:

`void setDaemon(boolean on)`
: Setter.

`boolean isDaemon()`
: Getter.

10. Ejecutor [Executor] (concepto)

La forma clásica de lanzar un *thread* es

```
Runnable x = ...
Thread thread = new Thread(x);
thread.start();
```

Los objetos Executor lo hacen un poco diferente:

```
Executor executor = ...
Runnable x = ...
executor.execute(x);
```

Visto así, no parece que hayamos ganado gran cosa.

La ventaja aparece al considerar que *Executor* es una interfaz con múltiples implementaciones que permiten controlar la ejecución del *thread*.

La variedad la aportan los objetos *ExecutorService* que se crean con la fábrica (*factory*) de *Executors*.

Uno de los usos más habituales es limitar el número de *threads* concurrentes, de forma que si el programa quiere lanzar más *threads*, los nuevos se guardan en una cola hasta que termine uno de los *threads* en ejecución.

Ver "*Executor*".

Ver "*ExecutorService*".

Ver "*Executors*".

10.1. Ejemplo

Lanzamos 10 *threads*, pero limitamos a 4 el número de *threads* que ejecutan en paralelo:

class Repeater

```
public class Repeater extends Thread {
	private String id;
	private int count;

	public Repeater(String id, int count) {
		this.id = id;
		this.count = count;
	}

	public void run() {
		do {
			System.out.println(id + ": start: " + count);
			count--;
			try {
				Thread.sleep(1000); // 1000ms = 1s
			} catch (InterruptedException ignore) {
			}
		} while (count > 0);
		System.out.println(id + ": end");
	}
}
```

class Repeaters

```
import java.util.concurrent.ExecutorService;
import java.util.concurrent.Executors;

public class Repeaters {
	private static final int NUMBER_THREADS = 10;
	private static final int POOL_SIZE = 4;

	public static void main(String[] args) {
		ExecutorService pool =
			Executors.newFixedThreadPool(POOL_SIZE);
		for (int i = 0; i < NUMBER_THREADS; i++) {
			String id = String.valueOf((char) ('A' + i));
			int count = (int) (Math.random() * 5);
			Runnable repeater = new Repeater(id, count);
			pool.execute(repeater);
		}
		System.out.println("Repeaters ...");
```

```
	}
}
```

> java Repeaters

```
A: start: 0
B: start: 3
C: start: 0
D: start: 3
Repeaters ...
A: end
B: start: 2
E: start: 4
C: end
F: start: 0
D: start: 2
B: start: 1
F: end
G: start: 2
E: start: 3
D: start: 1
B: end
H: start: 4
D: end
I: start: 0
E: start: 2
G: start: 1
H: start: 3
I: end
J: start: 1
G: end
E: start: 1
H: start: 2
J: end
E: end
H: start: 1
H: end
```

11. Equidad [fairness] (concepto)

Se dice de un *thread* que cuando desea progresar lo hace con justicia respecto de los demás, es decir repartiendo recursos.

Ver "*inanición*".

12. Excepciones [exceptions]

Un *thread* puede lanzar una excepción y capturarla o no. Si el *thread* no la captura, la excepción sale fuera del método run().

A un *thread* le podemos asociar un manejador de excepciones no capturadas, manejador que se llama cuando una excepción se sale del método run() sin haber sido capturada.

class Problematica

```
class Problematica extends Thread {
	private final int n;

	public Problematica(int n) {
		this.n = n;
```

```
	}

	public void run() {
		int resultado = 100 / n;
	}
}
```

class Problemas

```
import java.lang.Thread.UncaughtExceptionHandler;

public class Problemas {
	public static void main(String[] args) {
		UncaughtExceptionHandler eh = new Manejador();
		Problematica p = new Problematica(0);
		p.setName("tarea problemática");
		p.setUncaughtExceptionHandler(eh);
		p.start();
	}
}
```

class Manejador

```
import java.lang.Thread.UncaughtExceptionHandler;

class Manejador implements UncaughtExceptionHandler {
	public void uncaughtException(Thread thread, Throwable e) {
		System.err.println(thread.getName() + ": " + e);
	}
}
```

> java Problemas

```
tarea problemática: java.lang.ArithmeticException: / by zero
```

13. Fairness [equidad] (concepto)

Ver "*equidad*".

14. Hebra [thread] (concepto)

Ver "*thread*".

15. Hilo [thread] (concepto)

Ver "*thread*".

16. IllegalMonitorStateException [excepción] java.lang…

Excepción que se lanza cuando se intenta hacer una operación propia de un monitor fuera de un monitor. En otras palabras, el *thread* debe poseer el cerrojo sobre el que intenta hacer una operación wait() o notify().

Para ejecutar wait() o notify() debemos estar dentro de un método o una zona *sinchoronized*, Podemos estar ejecutando el cuerpo del método, o podemos estar en otro código que se llama desde el cuerpo del método.

En métodos sincronizados, sólo podemos hacer wait() o notify() sobre el objeto que ejecuta el método

```
synchronized metodo() {
```

```
        ...
        this.wait();
        ...
        this.notify();
        ...
    }
```

En zonas sincronizadas, sólo podemos hacer wait() o notify() sobre el cerrojo que controla la zona:

```
synchronized (cerrojo) {
        ...
        cerrojo.wait();
        ...
        cerrojo.notify();
        ...
}
```

17. Inanición [starvation] (concepto)

Se dice que un programa sufre inanición cuando algún *thread* es incapaz de disfrutar de los recursos que necesita porque otros *threads* no los liberan. Aunque el programa sigue haciendo cosas, el *thread* afectado no va a ninguna parte.

Ver "*equidad*".

18. Interbloqueo [deadlock] (concepto)

Se da una situación de "*deadlock*" cuando dos o más *threads* se bloquean mutuamente, esperando el uno al otro, sin progresar ninguno de ellos.

Aunque parezca obvio el error, es frecuente provocar un *deadlock* cuando dos o más *threads* intentan ganar acceso a dos o más zonas de exclusión mutua, pero entrelazan los cerrojos:

`synchronized(A) {`
`  synchronized(B) {`
`  ...`
`  }`
`}`
	`synchronized(B) {`
	`  synchronized(A) {`
	`  ...`
	`  }`
	`}`

Ver "*vivacidad*".

19. Interrupciones (concepto)

Un *thread* puede interrumpir a otro:

```
otra.interrupt();
```

El *thread* interrumpido lo ve como una excepción si está esperando algo (WAITING), o tiene que mirarlo explícitamente si está corriendo (RUNNABLE).

Para lo que sigue, supondremos que la llamada interrupt() activa un flag en la tarea interrumpida:

```
private boolan flagI = false;
flagI = true;
```

La tarea interrumpida puede hacer 3 cosas:

1. Capturar una InterruptedException
2. Chequear con interrupted()
3. Chequear con isInterrupted()

Cada una de las tres opciones es sutilmente diferente.

La primera opción es recibir una **InterruptedException.** Esto ocurre cuando la tarea está realizando alguna operación que la tiene en estado WAITING. Por ejemplo

```
try {
 Thread.sleep(s * 1000);
} catch (InterruptedException e) {
 // habrá que hacer algo
}
```

Java captura la excepción y, además, resetea el flag

```
flagI = false;
```

Si el *thread* no está esperando, entonces sigue funcionando normalmente, pero podemos comprobar de vez en cuando si hay una interrupción pendiente.

Tenemos dos formas de saber si el *thread* tiene una solicitud de interrupción pendiente de atender:

`static boolean interrupted()`

Es una llamada a la clase Thread. Devuelve TRUE si el *thread* que se está ejecutando tiene una interrupción pendiente.

Y según responde, elimina la interrupción.

```
flagI = false;
```

`boolean isInterrupted()`

Es una llamada a un objeto Thread. Devuelve TRUE si el objeto tiene una interrupción pendiente.

A diferencia del otro método, la interrupción permanece pendiente: No se modifica flagI. Como consecuencia, en algún momento habrá que llamar a interrupted() para resetearlo.

si ...	flagI
`interrupt()`	`flagI = true;`
`catch (InterruptedException e)`	`flagI = false;`
`if (interrupted())`	`flagI = false;`
`if (isInterrupted ())`	`// sigue igual`

19.1. Ejemplo

El siguiente ejemplo usa el mecanismo de interrupción para terminar un *thread*:

- regularmente muestrea si está interrumpido y, si es así, se acaba
- los métodos que detienen la ejecución, se pueden ver interrumpidos
- el método para cancelar lanza una interrupción que es recogida bien por el bucle, bien por el manejador (catch)

class Interrumpible

```
public class Interrumplible
        extends Thread {
    public void run() {
        try {
            while (!isInterrupted()) {
                System.out.println("mis tareas ...");
                Thread.sleep(1000);
            }
        } catch (InterruptedException ignored) {
        }
        System.out.println("tareas de terminacion");
    }

    public void cancelar() {
        interrupt();
    }
}
```

20. interrupt (método) void interrupt()

Método de los objetos tipo Thread. Se usa para mandarle una señal a una *thread*.

Ver "*interrupciones*".

21. interrupted (método) static boolean interrupted()

Método de la clase Thread. Devuelve true si el *thread* ha sido objeto de una interrupción.

Al llamar a este método la señal desaparece; es decir, si se le llama dos veces seguidas, la primera vez devuelve TRUE y la segunda vez devuelve FALSE .

Ver "*interrupciones*".

22. InterruptedException (excepción)

```
class java.lang.InterruptedException
        extends Exception
```

Si una tarea quiere despertar otra, le manda una interrupción

```
otra.interrupt();
```

Si la otra tarea está activa, lo único que pasa es que se marca el flag de interrupción.

Pero si la otra tarea está bloqueada esperando a que ocurra algo, en lugar de marcar el flag, se le lanza una InterruptedException. El efecto es que la tarea se despierta y sabe que es porque la ha interrumpido otra.

Si no hacemos nada, la interrupción se limita a despertar a la tarea.

A veces lo que se hace es aprovechar el manejador para activar el flag y centralizar en otro sitio el manejo de la interrupción:

```
try {
  ...;
} catch (InterruptedException e) {
  interrupt();
}
```

Ver "*interrupciones*".

23. isInterrupted (método) boolean isInterrupted()

Método de los objetos tipo Thread para saber si el *thread* ha sido objeto de una interrupción.

Ver "*interrupciones*".

24. join (método) void join()

Método de la clase "java.lang.Thread" que bloquea al *thread* llamante hasta que el *thread* llamado acabe de ejecutar su método run().

class Repeater

```
public class Repeater extends Thread {
	private String id;
	private int count;

	public Repeater(String id, int count) {
		this.id = id;
		this.count = count;
	}

	public void run() {
		do {
			System.out.println(id + ": " + count);
			count--;
			try {
				Thread.sleep(1000); // 1000ms = 1s
			} catch (InterruptedException ignore) {
			}
		} while (count > 0);
		System.out.println(id + ": end");
	}
}
```

class WaitingRepeaters

```
public class WaitingRepeaters {
	public static void main(String[] args)
		throws InterruptedException {
		Repeater threadA = new Repeater("A", 2);
		Repeater threadB = new Repeater("B", 5);

		threadA.start();
		threadB.start();

		System.out.println("Repeaters ...");
		threadA.join();
		System.out.println("A joins");
	}
}
```

> java WaitingRepeaters

```
A: 2
Repeaters ...
B: 5
A: 1
B: 4
A: end
B: 3
A joins
B: 2
```

```
B: 1
B: end
```

25. Livelock (concepto)

A veces se denomina "interbloqueo activo" o "estancamiento". En inglés, "catch-22".

Se da una situación de "*livelock*" cuando un *thread* A está trabajando para un *thread* B, que a su vez está trabajando para el *thread* A, y así sucesivamente. Es una especie de "recursividad sin fin". Los *threads* están activos, pero tanto trabajo no lleva a un resultado productivo.

Ver "*liveness*".

26. Liveness [vivacidad] (concepto)

Se dice que un programa disfruta de "vivacidad" cuando responde ágilmente a las solicitudes del usuario. Cuando algo bueno ocurre, más bien antes que después.

Hay varios problemas que pudieran socavar esta propiedad:

- "*deadlock*" (interbloqueo por inactividad)
- "*livelock*" (bloqueo por hiperactividad)

27. Lock [cerrojo] (concepto)

Ver "*cerrojos*".

28. Monitor (concepto)

Es un componente clásico de lenguajes de programación con control de concurrencia.

En terminología java, sería una clase tal que

- los campos son privados y sólo accesibles por métodos de acceso
- todos los métodos públicos están sincronizados (*synchronized*)
- Los *threads* que intentan acceder al monitor quedan bloqueados hasta que se les despierta (notify() o notifyAll())

Se puede decir que java generaliza el concepto de monitor al no imponer todas las condiciones mencionadas a la vez; es decir, se puede programar una clase como un monitor pero también se pueden programar clases de forma más flexible.

Ver "*zonas de exclusión mutua*".

29. Mutex (concepto)

Ver "*zonas de exclusión mutua*".

30. notify (método) void notify()

Método de la clase java.lang.Object.

Cuando un *thread* está en una zona de acceso sincronizado, al llamar a *wait* despierta al primer *thread* que esté esperando (*wait*) para acceder a dicha zona.

Ver "*wait()*". Ver "*notifyAll()*".

notify() es más eficiente que notifyAll() pues sólo despierta 1 *thread*; pero es necesario recurrir a notifyAll() cuando en la cola puede haber diferentes *threads* esperando a diferentes condiciones.

31. notifyAll (método) void notifyAll()

Método de la clase java.lang.Object.

Cuando un *thread* está en una zona de acceso sincronizado, al llamar a *wait* despierta a todos los *threads* que estén esperando (*wait*) para acceder a dicha zona.

Ver "*wait()*". Ver "*notifyAll()*".

notify() es más eficiente que notifyAll() pues sólo despierta 1 *thread*; pero es necesario recurrir a notifyAll() cuando en la cola puede haber diferentes *threads* esperando a diferentes condiciones.

32. Operación atómica (concepto)

Se dice que una operación es atómica cuando se completa de principio a fin sin interrupciones.

Java garantiza que son atómicos los accesos a las variables de tipos primitivos, excepto *double* y *long*. Ver "*variables atómicas*".

Java garantiza que son atómicos los accesos a todas las variables de tipos primitivos etiquetadas como "*volatile*".

Podemos decir que las zonas y métodos *synchronized* demarcan operaciones atómicas complejas.

Ver "*zonas de exclusión mutua*".

33. Race conditions [carreras] (concepto)

Se dice que un programa sufre este problema cuando el resultado puede ser correcto o incorrecto dependiendo de cómo se de la casualidad de que se entrelacen los *threads*. Básicamente el problema aparece cuando varios *threads* hacen ciclos de modificación de una variable compartida (lectura + modificación + escritura) y el ciclo completo se ve interrumpido

Ejemplo:

	`thread 1 { x = x+5; }`	`thread 2 { x = x+100; }`
t0	x vale 100	
t1	lee 100	
t2	incrementa a 105	
t3		lee 100
t4	escribe 105	
t5		incrementa a 200
t6		escribe 200
final	x vale 200	

Es el problema principal que hace que los programas sean incorrectos.

Es un problema muy difícil de detectar, pues el programa puede funcionar bien millones de veces y de repente fallar porque se da una coincidencia imprevista. Es por ello que mucho esfuerzo de la programación concurrente se dedica a construir el programa de forma que no puedan haber carreras. Eso suele exigir pruebas formales de seguridad.

34. Reentrante [reentrant] (concepto)

Se dice que un código es reentrante cuando puede ser utilizado concurrentemente por varios *threads* sin interferencias entre ellos.

Es sinónimo de "*thread-safe*".

Ver "*seguridad*".

35. run (método) void run()

Método de la interfaz *Runnable*.

```
void run()
```

Es el que se ejecuta cuando un objeto *Runnable* se usa en un *thread* y este arranca

```
Runnable x = ...
Thread thread = new Thread(x);
thread.start();    // ejecuta run()
```

La clase *Thread* implementa *Runnable*, de forma que al definir un *thread* podemos sobrescribir el método run() y podremos arrancar directamente la tarea:

```
Thread thread = ...
thread.start();    // ejecuta run()
```

36. Safety [seguridad] (concepto)

Ver "*seguridad*".

37. Sección critica

Ver "*zonas de exclusión mutua*.

38. Seguridad [safety] (concepto)

Se dice que un programa es seguro cuando no genera nunca resultados incorrectos.

Se dice que un programa concurrente viola el principio de seguridad cuando se generan datos incorrectos.

Dado que los diferentes *threads* pueden ejecutarse concurrentemente de muchas maneras, se dice que un programa es seguro cuando ninguna de las maneras genera resultados erróneos.

Ver "*thread-safe*".

Ver "*race conditions*".

En programación concurrente se estudian muchos mecanismos para evitar comportamientos incorrectos:

- *cerrojos* [*locks*]
- *zonas de exclusión mutua*
- *semáforos* [*semaphores*]

— *monitores* [*monitors*]

39. Semáforo [semaphore] (concepto)

Es uno de los sincronizadores más clásicos para establecer zonas de exclusión mutua.

Los semáforos más sencillos son binarios. Para entrar en una zona crítica un *thread* debe adquirir el derecho de acceso, y al salir lo libera.

```
Semaphore semaphore = new Semaphore(1);

semaphore.acquire();
// zona crítica
semaphore.release();
```

Por solidez, nunca debemos olvidar liberar un semáforo al salir de la zona crítica. El código previo lo hace si salimos normalmente; pero si se sale de forma abrupta (*return* o excepción) entonces el semáforo no se liberaría. Es por ello, que normalmente se sigue este patrón:

```
semaphore.acquire();
try {
    // zona crítica
} finally {
    semaphore.release();
}
```

Más general, el semáforo puede llevar cuenta de N permisos. Los *threads* solicitan algunos permisos; si los hay, los retiran y siguen; si no los hay, quedan esperando a que los haya. Cuando ha terminado, el *thread* devuelve los permisos.

Ver "*Semaphore*".

Ver "*zonas de exclusión mutua*"

39.1. Ejemplo: semáforo binario

class ContadorCompartido

```
public class ContadorCompartido {
      private int n = 0;

      public int getN(String id) {
            return n;
      }

      public void setN(String id, int n) {
            this.n = n;
            System.err.println(id + ": " + n);
      }
}
```

class IncrementadorLento

```
import java.util.concurrent.Semaphore;

public class IncrementadorLento extends Thread {
    private final String id;
    private final ContadorCompartido cc;

    private static Semaphore semaforo = new Semaphore(1);

    public IncrementadorLento(String id, ContadorCompartido cc) {
        this.id = id;
```

```
        this.cc = cc;
    }

    @Override
    public void run() {
        try {
            semaforo.acquire();
        } catch (InterruptedException e) {
            System.err.println(id + ": " + e);
        }

        try {
            int valor = cc.getN(id);
            valor++;
            sleep(1000);
            cc.setN(id, valor);
        } catch (InterruptedException e) {
            System.err.println(id + ": " + e);
        } finally {
            semaforo.release();
        }
    }
}
```

39.2. Ejemplo: semáforo con N permisos

class Tarea

```
import java.util.concurrent.Semaphore;

public class Tarea extends Thread {
      private Semaphore contador;

      public Tarea(Semaphore contador){
            this.contador = contador;
      }

      public void run() {
            // hace su tarea
            contador.release();
      }
}
```

class EsperaNThreads

```
public class EsperaNTareas {
    public static void main(String[] args)
            throws InterruptedException {
        Semaphore contador = new Semaphore(0);
        List<Tarea> tareas = new ArrayList<Tarea>();
        tareas.add(new Tarea(contador));
        // ... N veces

        for (Tarea tarea : tareas)
            tarea.start();

        // espera a que todas acaben
        contador.acquire(tareas.size());
    }
}
```

40. Sincronizadores (concepto)

Clases que permiten montar rápidamente arquitecturas típicas de coordinación de *threads*. Java proporciona los siguientes:

Semaphore (semáforos)

Es uno de los sincronizadores más clásicos. Se trata de llevar cuenta de N permisos. Los *threads* solicitan permisos; si los hay, los retiran y siguen; si no los hay, quedan esperando a que los haya. Cuando ha terminado, el *thread* devuelve los permisos.

Ver "*semáforo*".

Ver "*Semaphore*".

CountDownLatch

Se establece un contador. Los *threads* se registran y esperan a que termine la cuenta atrás. El contador va decrementándose y cuando llega a cero, todos los *threads* registrados se reactivan.

Ver "*CountDownLatch*"

CyclicBarrier

Similar a *CountDownLatch*, con la diferencia de que cuando llega a cero, se resetea a la cuenta inicial.

Ver "*CyclicBarrier*".

Exchanger

Define un punto de encuentro en el que dos *threads* se encuentran e intercambian un objeto entre ellos.

Ver "*Exchanger*".

41. sleep (método) void sleep(long)

Métodos de la clase java.lang.Thread:

```
static void sleep(long millis)
    throws InterruptedException
static void sleep(long millis, int nanos)
    throws InterruptedException
```

El método sleep(t) de la clase *Thread* permite detener la ejecución del *thread* durante t milisegundos.

La forma más habitual de usarlo es

```
try {
      Thread.sleep(ms);
} catch (InterruptedException e) {
      ...
}
```

sleep() lanza una interrupción si este *thread* se ve interrumpido por otro durante la espera.

42. start (método) void start()

Método de la clase java.lang.Thread que se emplea para arrancar un *thread*.

Ver "*thread*".

43. Starvation [inanición] (concepto)

Ver "*inanición*".

44. stop (deprecated) void stop()

Método que se usaba para detener un *thread*. Se recomienda no usarlo pues no hay control de en qué punto se detiene el *thread*.

Es mejor parar los *threads* por medio de un campo de solicitud de detención, o interrumpiéndolos.

Ver "*thread*". Ver "*interrupciones*".

45. synchronized (palabra reservada)

Se utiliza para demarcar zonas de exclusión mutua. Se utiliza de 2 formas: marcando un bloque de sentencias o marcando métodos enteros.

Zonas de exclusión mutua

Sirve para delimitar zonas de exclusión mutua: sólo un *thread* puede estar ejecutando código de la zona en un momento dado.

```
synchronized (objeto) {
 // zona de exclusión mutua;
}
```

Se puede usar cualquier objeto java como control, aunque se recomienda utilizar objetos privados para controlar quien controla la zona. Un objeto público podría usarse desde el exterior para bloquear la zona.

Métodos sincronizados

Si en una clase varios métodos se marcan como sincronizados, sólo se permitirá 1 thread accediendo a alguno de los métodos marcados en cada momento

```
public class … {
 public synchronized ... metodo1(...) { ... }
 public synchronized ... metodo2(...) { ... }
}
```

Sólo 1 *thread* puede acceder en cada momento al método 1 o al método 2.

Técnicamente, cada método lo que hace es rodear su cuerpo de sentencias con una sincronización sobre el propio objeto:

```
public … metodo1(…)
 synchronized(this) {
       …
 }
}
```

Ver "monitores".

Reentrante [reentrant mutex]

Se dice que una zona de exclusión mutua es reentrante cuando un mismo *thread* puede adquirir el mismo cerrojo varias veces; es decir, cuando un *thread* no se excluye a sí mismo. En java, el mecanismo *synchonized* es reentrante.

Esta propiedad permite que varios métodos synchronized se llamen entre sí, incluso recursivamente.

Terminación abrupta

Una zona sincronizada puede terminar abruptamente por diferentes motivos, siendo lo más frecuentes que salte una EXCEPTION que se captura fuera o que se acaba con un RETURN. En cualquier caso, java se encarga de abrir el cerrojo.

El siguiente ejemplo tiene métodos sincronizados, que terminan abruptamente cuando la cantidad a meter o sacar es negativa, o cuando no hay saldo suficiente:

```
public class CuentaCorriente {
    private int saldo = 0;

    public synchronized int meter(int cantidad) {
        if (cantidad < 0)
            return saldo;
        saldo += cantidad;
        return saldo;
    }

    public synchronized int sacar(int cantidad)
            throws Exception {
        if (cantidad < 0)
            return saldo;
        if (saldo < cantidad)
            throw new Exception("no hay saldo suficiente");

        saldo -= cantidad;
        return saldo;
    }
}
```

Variables *volatile* en zonas *synchronized*

Ver "*volatile en synchronized*"

45.2. Ejemplo: bloque de sentencias sincronizado

class ContadorCompartido

```
public class ContadorCompartido {
      private int n = 0;

      public int getN(String id) {
            return n;
      }

      public void setN(String id, int n) {
            this.n = n;
            System.err.println(id + ": " + n);
      }
}
```

class IncrementadorLento

```
public class IncrementadorLento extends Thread {
      private final String id;
      private final ContadorCompartido cc;

      public IncrementadorLento(String id, ContadorCompartido cc) {
```

```
            this.id = id;
            this.cc = cc;
      }

      @Override
      public void run() {
            try {
                  synchronized (cc) {
                        int valor = cc.getN(id);
                        valor++;
                        sleep(1000);
                        cc.setN(id, valor);
                  }
            } catch (Exception e) {
                  System.err.println(e);
            }
      }
}
```

45.3. Ejemplo: cuenta corriente

Como ejemplo, sea esta cuenta absurda que mira el saldo y espera un ratito antes de actualizarlo en cuenta:

class Cuenta

```
public class Cuenta {
    private volatile int saldo = 0;

    public int getSaldo() {
        return saldo;
    }

    public int ingresar(int dinero) {
        try {
            int x = saldo + dinero;
            int s = (int) (Math.random() * 2000);
            Thread.sleep(s);
            saldo = x;
        } catch (InterruptedException e) {
            System.err.println(e);
        }
        return saldo;
    }

    public int sacar(int dinero) {
        try {
            int x = saldo - dinero;
            int s = (int) (Math.random() * 2000);
            Thread.sleep(s);
            saldo = x;
        } catch (InterruptedException e) {
            System.err.println(e);
        }
        return saldo;
    }
}
```

Si ponemos a funcionar varios clientes a la vez, tenemos problemas de actualización de la variable "saldo".

A continuación se presentan dos soluciones, ambas consistentes en convertir la cuenta compartida en un monitor.

Solución con zonas de exclusión mutua

Para controlar la actualización de la variable "saldo" podemos establecer una zona de exclusión mutua usando cualquier objeto. En el código que sigue se han establecido 2 zonas de exclusión, usando ambas el mismo objeto de control, de forma que la exclusión abarca ambas zonas:

class Cuenta modificada

```
public class Cuenta {
    private volatile int saldo = 0;
    private final Object zona = new Object();

    public int getSaldo() {
        synchronized (zona) {
            return saldo;
        }
    }

    public int ingresar(int dinero) {
        synchronized (zona) {
            try {
                int x = saldo + dinero;
                int s = (int) (Math.random() * 2000);
                Thread.sleep(s);
                saldo = x;
            } catch (InterruptedException e) {
                System.err.println(e);
            }
            return saldo;
        }
    }

    public int sacar(int dinero) {
        synchronized (zona) {
            try {
                int x = saldo - dinero;
                int s = (int) (Math.random() * 2000);
                Thread.sleep(s);
                saldo = x;
            } catch (InterruptedException e) {
                System.err.println(e);
            }
            return saldo;
        }
    }
}
```

Solución con métodos sincronizados

Para controlar la actualización de la variable "saldo" podemos marcar todos los métodos peligrosos. En el código que sigue se han marcado 3 métodos, de forma que la exclusión abarca a todos conjuntamente:

class Cuenta modificada

```
public class Cuenta {
    private volatile int saldo = 0;

    public synchronized int getSaldo() {
        return saldo;
    }

    public synchronized int ingresar(int dinero) {
        try {
            int x = saldo + dinero;
            int s = (int) (Math.random() * 2000);
            Thread.sleep(s);
            saldo = x;
        } catch (InterruptedException e) {
            System.err.println(e);
        }
        return saldo;
    }

    public synchronized int sacar(int dinero) {
        try {
            int x = saldo - dinero;
            int s = (int) (Math.random() * 2000);
            Thread.sleep(s);
            saldo = x;
        } catch (InterruptedException e) {
            System.err.println(e);
        }
        return saldo;
    }
}
```

Ver “monitores”.

46. Thread [hilo] (concepto)

A veces se traduce por “hebra”, “hilo”, etc.

Los programas más normales ejecutan una secuencia de instrucciones desde que arrancan hasta que terminan.

Los programas *multi-thread* disponen de varios *threads* o secuencias de instrucciones que se ejecutan en paralelo, desde que cada uno arranca hasta que terminan.

Ejecutar en paralelo puede significar varias cosas:

- en un sistema con 1 CPU, se reparten el tiempo de la CPU: “un ratito cada *thread*”
- en un sistema con varias CPU, se pueden asignar diferentes secuencias a diferentes CPUs
- si hay más *threads* que CPUs, un poco de ambas formas

Un programa java tiene un *thread* principal con el que arranca. Por programa podemos arrancar más *threads*.

Necesitaremos objetos que implementen la interfaz *Runnable*. Hay dos formas habituales:

- se implementa la interfaz *Runnable*
- se extiende la clase *Thread* (que a su vez es implementa *Runnable*)

¿Cómo se crea un thread? Opción 1: new Thread(Runnable)

class Repeater

```
public class Repeater implements Runnable {
	private String id;
	private int count;

	public Repeater(String id, int count) {
		this.id = id;
		this.count = count;
	}

	public void run() {
		do {
			System.out.println(id + ": " + count);
			count--;
			try {
				Thread.sleep(1000); // 1000ms = 1s
			} catch (InterruptedException ignore) {
			}
		} while (count > 0);
		System.out.println(id + ": end");
	}
}
```

Una vez dispone de objetos que implementan la interfaz *Runnable*, cree el *Thread*:

```
	Runnable repeater = new Repeater(id, count);
	Thread thread = new Thread(repeater);
```

¿Cómo se crea un *thread*? Opción 2: *extends Thread*

class Repeater

```
public class Repeater extends Thread {
	private String id;
	private int count;

	public Repeater(String id, int count) {
		this.id = id;
		this.count = count;
	}

	public void run() {
		do {
			System.out.println(id + ": " + count);
			count--;
			try {
				Thread.sleep(1000); // 1000ms = 1s
			} catch (InterruptedException ignore) {
			}
		} while (count > 0);
		System.out.println(id + ": end");
	}
}
```

Y creamos *threads* directamente:

```
Thread thread = new Repeater(id, count);
```

¿Cómo se arranca un thread?

Ejecutando el método run().

Ver "*ejecutor*".

A continuación, hay 2 *threads* operando: el original y el recién arrancado. El siguiente método arranca 3 *threads* y sigue, así que tenemos 4 *threads* concurrentes:

```
public static void main(String[] args) {
      for (int i = 0; i < 3; i++) {
            String id = String.valueOf((char) ('A' + i));
            int count = (int) (Math.random() * 10);
            Thread thread = ...;
            thread.start();
      }
      System.out.println("Repeaters ...");
}
```

Cuando se ejecuta este código, vemos algo así:

> java Repeaters

```
A: 2
B: 3
C: 2
Repeaters ...
A: 1
B: 2
C: 1
A: end
B: 1
C: end
B: end
```

¿Cuándo termina un thread?

Cuando se acaba el código que tiene que ejecutar. O sea, cuando llega al final del método run().

Si es un demonio, o cuando llega al final de run() o cuando acaba el programa.

¿Cuándo acaba el programa?

El programa acaba cuando han acabado todos sus *threads* normales. Son normales los *threads* que nos son demonios.

Un programa termina aunque haya *threads* demonio funcionando. Estos demonios abortan.

¿Cómo se para un *thread*?

Si queremos que un *thread* se detenga, necesitamos influir en su código para que salte al final y termine.

Es habitual utilizar un campo de la clase para marcar la condición "tienes que parar". La propia clase decide cual es el mejor momento para parar. A veces se denomina "parada ordenada".

Otra opción es interrumpir el *thread*. Ver "*interrupciones*".

class StoppableRepeater

```
public class StoppableRepeater extends Thread {
	private String id;
	private int count;

	private volatile boolean stop= false;

	public StoppableRepeater(String id) {
		this.id = id;
		this.count = 0;
	}

	public void setStop(boolean stop) {
		this.stop = stop;
	}

	public void run() {
		do {
			System.out.println(id + ": " + count);
			count++;
			try {
				Thread.sleep(1000); // 1000ms = 1s
			} catch (InterruptedException ignore) {
			}
		} while (!stop);
		System.out.println(id + ": end");
	}
}
```

class StoppableRepeaters

```
public class StoppableRepeaters {
	public static void main(String[] args) {
		StoppableRepeater threadA = new StoppableRepeater("A");
		StoppableRepeater threadB = new StoppableRepeater("B");

		threadA.start();
		threadB.start();

		System.out.println("Repeaters ...");
		sleep(2);
		threadA.setStop(true);
		sleep(2);
		threadB.setStop(true);
	}

	private static void sleep(int s) {
		try {
			Thread.sleep(s * 1000);
		} catch (InterruptedException ignore) {
		}
	}
}
```

> java StoppableRepeaters

```
A: 0
Repeaters ...
B: 0
A: 1
```

```
B: 1
A: end
B: 2
B: 3
B: end
```

¿Cómo espera un *thread* a que otro termine?

Ver "*join()*".

Ver "*sincronizadores*".

¿Cómo se le pasan valores a un thread?

Como a cualquier objeto:

- en el constructor
- llamando a sus métodos (ver *métodos sincronizados*)

47. Thread-safe (concepto)

Se dice que una clase es *thread-safe* cuando los objetos de dicha clase se pueden utilizar desde varios *threads* sin violar el principio de seguridad.

Se dice que el código es reentrante.

Ver "*seguridad*" y "*race conditions*".

48. Variables atómicas

El paquete *java.util.concurrent.atomic* define variables en las que todos los métodos están sincronizados. Por ejemplo

- *AtomicBoolean*
- *AtomicInteger*
- *AtomicIntegerArray*
- *AtomicLong*
- *AtomicLongArray*

Las siguientes clases (tipo monitor) son equivalentes (aunque probablemente el uso de *AtomicInteger* sea algo más rápido en ejecución):

class SynchronizedCounter

```
public class SynchronizedCounter {
   private int c = 0;

   public synchronized
   void increment() {
      c++;
   }

   public synchronized
   void decrement() {
      c--;
   }

   public synchronized
   int value() {
```

class AtomicCounter

```
import java.util.concurrent
       .atomic.AtomicInteger;

public class AtomicCounter {
   private AtomicInteger c =
       new AtomicInteger(0);

   public void increment() {
      c.incrementAndGet();
   }

   public void decrement() {
      c.decrementAndGet();
   }
```

```
        return c;
    }
}
```

```
    public int value() {
        return c.get();
    }
}
```

49. Vivacidad [liveness] (concepto)

Ver "*liveness*".

50. volatile (palabra reservada)

Es un atributo para los campos de un objeto y las variables de un método. Es un aviso al compilador:

> *Esta variable la utilizan varios threads a la vez; no se permite ninguna optimización del código ejecutable. En particular, si hay varias CPUs, ni se te ocurra hacer copias locales para acceder más deprisa.*

Cuando se emplea, java se encarga de garantizar que siempre se accede al último valor asignado a la variable, y que las operaciones de escritura y lectura de la variable serán atómicas.

Declarar una variable como volátil es una forma sencilla de conseguir el mismo efecto que protegiendo mediante *synchronized* todos los accesos a la misma.

volatile en synchronized

Java garantiza que dentro de una *zona sincronizada*, todas las variables se tratan como *volatile*; es decir, se leen y escriben en memoria RAM.

En otras palabras, cuando una variable compartida por varios *threads* siempre se maneja dentro de *zonas sincronizadas*, podemos obviar el atributo *volatile*.

51. wait() (método)

Método de la clase java.lang.Object.

Cuando un *thread* está dentro de una zona de acceso sincronizado y llama a wait():

1. libera el acceso a la zona, permitiendo que otro *thread* entre
2. se coloca en una cola de espera de la que saldrá cuando otro *thread*, en la misma zona de acceso exclusivo, haga "notify()" o "notifyAll()".

Existe una variante de "wait()" que admite un argumento que son los segundos que el *thread* está dispuesto a esperar. Pasado ese tiempo, se lanza una excepción que aborta la espera.

51.1. while(condición) { wait(); }

Cuando llamar a wait() depende de alguna condición, las llamadas a wait() deben hacerse dentro de un bucle *while*

```
while (condicion()) {
    wait();
}
```

Esto es así para que el *thread* se detenga siempre que se de la condición, tanto si es la primera vez, como si hemos salido del wait() por alguna razón.

Una alternativa sugerente, pero errónea, sería

```
if (condicion()){
    wait();
```

```
    }
```

Que sólo chequea la condición la primera vez. Esto está mal.

- Normalmente se sale del wait() porque otro thread hace un notify() o un notifyAll(). No podemos evitar el *while* salvo que sea posible demostrar que el notify() se ejecuta tras verificar que la condición es cierta y que si varios *threads* despiertan, es cierto para todos ellos. En general, puede ser difícil de demostrar.
- Incluso si podemos llegar a demostrar que un notify() garantiza que la condición se cumple, java no garantiza que el *thread* que despierta se ejecute inmediatamente: simplemente lo marca como "puede ejecutar". Para cuando el *thread* ejecuta, la condición puede seguir siendo cierta, o puede que ya no lo sea. Eso puede ser difícil de garantizar.
- Java no garantiza que un *thread* sólo pueda salir de una espera con un notify(). Un *thread* puede despertarse de forma espuria. En estos casos, o volvemos a verificar la condición o el *thread* se pondría en movimiento incorrectamente.
  Esto depende más del sistema operativo que hay por debajo de java que de java propiamente dicho.

52. yield() (método) void yield()

Es un método de los *threads* que permite indicarle al *hardware* que está ejecutando la tarea, que puede interrumpirla y darle una oportunidad a otro *thread*.

En líneas generales, se recomienda no usar este método nunca.

No está muy clara su semántica. Una implementación trivial es no hacer nada, es decir es como si el *thread* le da una oportunidad a la CPU para que elija otro *thread*, pero la CPU vuelve a elegir el mismo.

Puede pensarse que cuando un *thread* llama a yield() la CPU intenta llamar a otro *thread* y que conseguiremos cierta equidad en la ejecución, aunque nadie lo garantiza.

Es de desear que el algoritmo para elegir qué *thread* ejecuta sea equitativo y va repartiendo juego entre todos los *threads* listos para ejecutar.

52.1. Ejemplo

El siguiente ejemplo muestra *threads* que llaman a yield() en cada pasada por el bucle. La ejecución muestra que, en el ordenador donde se ha ejecutado este ejemplo, la CPU practica una cierta equidad entre los *threads* disponibles para ejecutar.

class YieldingThread

```
public class YieldingThread extends Thread {
    private int contador = 3;

    public YieldingThread(int id) {
        super(String.valueOf(id));
    }

    public String toString() {
        return "thread " + getName() + ": " + contador;
    }

    public void run() {
        while (true) {
            System.out.println(this);
            if (contador-- == 0)
                return;
            yield();
```

```
        }
    }

    public static void main(String[] args) {
        for (int id = 0; id < 5; id++) {
            YieldingThread yt = new YieldingThread(id);
            yt.start();
        }
    }
}
```

> java YieldingThread

```
thread 0: 3
thread 1: 3
thread 2: 3
thread 3: 3
thread 4: 3
thread 0: 2
thread 1: 2
thread 2: 2
thread 3: 2
thread 4: 2
thread 0: 1
thread 1: 1
thread 2: 1
thread 3: 1
thread 4: 1
thread 0: 0
thread 1: 0
thread 2: 0
thread 3: 0
thread 4: 0
```

53. Zona crítica (concepto)

Ver "*zonas de exclusión mutua*".

54. Zonas de exclusión mutua (concepto)

Se denominan así a partes del código en las que se controla que sólo lo ejecuta un *thread* en un momento dado. El objetivo es impedir que dos o más ejecuciones pudieran solaparse introduciendo ambigüedad en el resultado final. El problema más habitual es que dos *threads* modifiquen en paralelo una misma variable con resultado incierto (ver "*race conditions*").

Una zona de exclusión significa que java permite la entrada de un solo *thread* en cada momento. Si un *thread* llega a una de estas zonas y hay otro *thread* dentro, el nuevo *thread* se queda esperando. En un momento dado pueden haber varios *threads* esperando. Cuando el *thread* que ocupa la zona sale, uno de los *threads* que esperan entra.

Hay múltiples formas de establecer zonas:

- formas no estructuradas
  - cerrojos (*locks*)
  - semáforos
- formas estructuradas
  - bloques *synchronized*
  - métodos *synchronized*

- monitores

54.1. Ejemplo

Como ejemplo usaremos un contador compartido. Si este código se ejecuta con control, tendremos que un *thread* recoge el valor y antes de devolverlo modificado, otro *thread* se lo lleva y el resultado es un desastre.

class ContadorCompartido

```
public class ContadorCompartido {
	private int n = 0;

	public int getN(String id) {
		return n;
	}

	public void setN(String id, int n) {
		this.n = n;
		System.err.println(id + ": " + n);
	}
}
```

class IncrementadorLento

```
public class IncrementadorLento extends Thread {
	private String id;
	private ContadorCompartido cc;

	public IncrementadorLento(String id, ContadorCompartido cc) {
		this.id = id;
		this.cc = cc;
	}

	@Override
	public void run() {
		try {
			int valor = cc.getN(id);
			valor++;
			sleep(1000);
			cc.setN(id, valor);
		} catch (InterruptedException e) {
			System.err.println(e);
		}
	}
}
```

Las Bibliotecas de Java

Java proporciona un amplio conjunto de clases para agilizar *threads* comunes.

Ver http://java.sun.com/javase/6/docs/api/index.html

En esta sección se recogen de forma no exhaustiva algunas de las clases de uso más frecuente.

1. AtomicBoolean (class) java.util.concurrent.atomic

`boolean compareAndSet(boolean expect, boolean update)`

Compara el valor actual con "expect" y , si son iguales (equals), carga el valor "update" .

`boolean get()`

Getter.

`boolean getAndSet(boolean newValue)`

Carga "newValue" y devuelve el valor anterior.

`void lazySet(boolean newValue)`

Sin prisas, cuando pueda, carga el valor "newValue".

`void set(boolean newValue)`

Setter.

`String toString()`

Representación para imprimir.

`boolean weakCompareAndSet(boolean expect, boolean update)`

Compara el valor actual con "expect" y , si son iguales (==), carga el valor "update" .

2. AtomicInteger (class) java.util.concurrent.atomic

Un valor entero sobre el que se definen unos cuantos métodos con la garantía de que están *synchronized*.

Algunos métodos de interés:

```
AtomicInteger()
AtomicInteger(int init)


int get()
      return n;
void set(int update)
      n = update;
int getAndSet(int update)
      int x= n; n = update; return x;
int incrementAndGet()
      n++; return n;
int addAndGet(int delta)
      n += delta; return n;
```

```
int decrementAndGet()
      n--; return n;
boolean compareAndSet(int expect, int update)
     if (n == expect) { n = update; return true; } else return false;
```

3. AtomicIntegerArray (class) java.util.concurrent.atomic

Un array donde cada elemento se comporta como un *AtomicInteger*.

Algunos métodos de interés:

```
AtomicIntegerArray(int length)
      AtomicInteger[] array = new AtomicInteger[length];
AtomicInteger(int[] init)
      AtomicInteger[] array = new AtomicInteger[init.length];
      for (int i= 0; i < init.length; i++)
        array[i].set(init[i]);

int get(i)
      return array[i].get();
void set(int I, int update)
      return array[i].set(update);
int getAndSet(int i, int update)
      return array[i].getAndSet(update);

int incrementAndGet(int i)
      return array[i].incrementAndGet();
int addAndGet(int I, int delta)
      return array[i].addAndGet(delta);

int decrementAndGet(int i)
      return array[i].decrementAndGet();

boolean compareAndSet(int i, int expect, int update)
      return array[i].compareAndSet(expect, update);
```

4. AtomicLong (class) java.util.concurrent.atomic

Un valor *long* sobre el que se definen unos cuantos métodos con la garantía de que están *synchronized*.

Ver "*AtomicInteger*".

5. AtomicLongArray (class) java.util.concurrent.atomic

Un *array* donde cada elemento se comporta como un *AtomicLong*.

Ver "*AtomicIntegerArray*".

6. BlockingQueue<E> (interface) java.util.concurrent

```
public interface BlockingQueue<E>
    extends Queue<E>
```

Hay varias clases que implementan esta interface:

```
public class ArrayBlockingQueue<E>
    extends AbstractQueue<E>
    implements BlockingQueue<E>

public class LinkedBlockingQueue<E>
    extends AbstractQueue<E>
    implements BlockingQueue<E>

public class PriorityBlockingQueue<E>
    extends AbstractQueue<E>
    implements BlockingQueue<E>
```

Los métodos más interesantes son los de meter en la cola y sacar:

`void put(E e)`

Añade el elemento a la cola, si es posible. Si no es posible, se queda esperando hasta que puede.

`E take()`

Saca un elemento de la cola, si puede. Si no es posible, se queda esperando hasta que puede.

`int remainingCapacity()`

Devuelve cuántos elementos caben en la cola en este momento (posiciones libres para meter). Si no hay sitio, devuelve 0. Si la cola no tiene límite, devuelve Integer.MAX_VALUE.

6.1. Ejemplo

En este ejemplo, una tarea genera números de la serie de Fibonacci y se los pasa a otra para que los imprima.

class Fibonacci

```
public class Fibonacci {
    public static void main(String[] args) {
        BlockingQueue<Integer> cola=
                new LinkedBlockingDeque<Integer>();
        ProduceFibo productor= new ProduceFibo(cola);
        ConsumeFibo consumidor= new ConsumeFibo(cola);

        productor.start();
        consumidor.start();
    }
}
```

class ProduceFibo

```
public class ProduceFibo
        extends Thread {
    private int f1= 1;
    private int f2= 1;
    private final BlockingQueue<Integer> cola;

    public ProduceFibo(BlockingQueue<Integer> cola) {
        this.cola = cola;
    }

    @Override
    public void run() {
        try {
            while (true) {
                int fn= f1+f2;
                cola.put(fn);
                f1= f2;
                f2= fn;
                sleep(1000);
            }
        } catch (InterruptedException e) {
            // se acaba;
        }
    }
}
```

class ConsumeFibo

```
public class ConsumeFibo
        extends Thread {
    private final BlockingQueue<Integer> cola;

    public ConsumeFibo(BlockingQueue<Integer> cola) {
        this.cola = cola;
    }

    @Override
    public void run() {
        try {
            while (true) {
                int n = cola.take();
                System.out.println(n);
            }
        } catch (InterruptedException e) {
            // se acaba;
        }
    }
}
```

7. Callable<V> (interface) java.util.concurrent

```
public interface Callable<V>
```

Ofrece un solo método

```
V call() throws Exception
```

para ser usado con *Executors*.

Ver ejemplo en "*call()*".

8. ConcurrentMap<K, V> (interface) java.util.concurrent

```
public interface ConcurrentMap<K,V>
    extends Map<K,V>

public class ConcurrentHashMap<K, V>
    extends AbstractMap<K, V>
    implements ConcurrentMap<K, V>
```

Por una parte, los métodos de la clase Map<K, V> se bloquean para que sean atómicos. Por otra, se añaden algunos métodos nuevos, todos atómicos:

```
V putIfAbsaet<K key, V value)

boolean remove(Object key, Object value)

V replace(K key, V value)

boolean replace(K key, V oldValue, V newValue)
```

9. Condition (interface) java.util.concurrent.locks

```
public interface Condition
```

Objetos que se usan en combinación con los *Locks*. Sirven para retener *threads* esperando hasta que se da una condición que los habilita para proseguir. Un *Lock* puede tener varias *Condition* asociadas y de esta forma cada *thread* espera a su condición concreta.

Ver "*Lock*".

`Condition lock.newCondition()`
: Fábrica (*factory*) de objetos *Condition* asociados a un objeto *Lock*.

`void await()`
: El *thread* llamante se mete en la cola hasta que llegue una signal() que lo reactive.

`void signal()`
: Reactiva al primer *thread* de la cola.

`void signalAll()`
: Reactiva a todos los *threads* de la cola.

Ver ejemplo en "*condición*".

10. CopyOnWriteArrayList<E> (class) java.util.concurrent

```
public class CopyOnWriteArrayList<E>
    implements List<E>
```

Básicamente, implementa los métodos de la interfaz de forma que sean atómicos. Y, para que no haya interferencias mientras se recorre la lista, los iteradores se hacen con una copia de la lista al principio, de forma que su copia no cambia durante el recorrido.

10.1. Ejemplo

Tenemos un generador que va cargando una lista compartida, añadiendo 1 carácter cada segundo. Concurrentemente, el *thread* principal recorre el *array* copiando su contenido en una

lista privada. Nótese cómo las adiciones del generador no se reflejan en la iteración en curso, pero sí en la siguiente iteración:

class Generador

```
import java.util.List;
import java.util.TimerTask;

public class Generador extends TimerTask {
    private final List<Character> compartida;
    private char c;

    public Generador(List<Character> compartida) {
        this.compartida = compartida;
        c = 'A';
    }

    @Override
    public void run() {
        System.out.println("Generador: mete: " + c);
        compartida.add(c);
        c++;
    }
}
```

class ConcurrentList

```
import java.util.ArrayList;
import java.util.List;
import java.util.Timer;
import java.util.concurrent.CopyOnWriteArrayList;

public class ConcurrentList {
    public static void main(String[] args)
            throws InterruptedException {
        List<Character> compartida = new
CopyOnWriteArrayList<Character>();

        Generador generador = new Generador(compartida);
        Timer timer = new Timer();
        timer.schedule(generador, 1000, 1000);

        while (true) {
            System.out.println("start");
            List<Character> miLista = new ArrayList<Character>();
            for (Character ch : compartida) {
                miLista.add(ch);
                Thread.sleep(1000);
            }
            System.out.println("end: " + miLista);
            System.out.println();
            Thread.sleep(1500);
        }
    }
}
```

> java ConcurrentList

```
start
end: []

Generador: mete: A
start
```

```
Generador: mete: B
end: [A]

Generador: mete: C
Generador: mete: D
start
Generador: mete: E
Generador: mete: F
Generador: mete: G
Generador: mete: H
end: [A, B, C, D]

Generador: mete: I
start
Generador: mete: J
Generador: mete: K
Generador: mete: L
Generador: mete: M
Generador: mete: N
Generador: mete: O
Generador: mete: P
Generador: mete: Q
Generador: mete: R
end: [A, B, C, D, E, F, G, H, I]
...
```

11. CopyOnWriteArraySet<E> (class) java.util.concurrent

```
public class CopyOnWriteArraySet<E>
    implements Set<E>
```

Básicamente, implementa los métodos de la interfaz de forma que sean atómicos. Y, para que no haya interferencias mientras se recorre el conjunto, los iteradores se hacen con una copia al principio, de forma que su copia no cambia durante el recorrido.

Ver "*CopyOnWriteArrayList*".

12. CountDownLatch (class) java.util.concurrent

Clase sincronizadora. Se establece una cuenta inicial. Las clases se apuntan al contador, que se va decrementando y, cuando llega a cero, todas las clases que esperan se reactivan.

12.1. Ejemplo 1. Señal de salida: arranque sincronizado

class Tarea1

```
import java.util.concurrent.CountDownLatch;

public class Tarea1 extends Thread {
      private CountDownLatch signal;

      public Tarea1(CountDownLatch signal) {
            this.signal = signal;
      }

      public void run() {
            try {
                  signal.await();
            } catch (InterruptedException ignore) {
```

```
            }
            System.out.println("empiezo ...");
            // hace su tarea
      }
}
```

class SalidaSincronizada

```
import java.util.ArrayList;
import java.util.List;
import java.util.concurrent.CountDownLatch;

public class SalidaSincronizada {
      public static void main(String[] args)
            throws InterruptedException {
            CountDownLatch signal = new CountDownLatch(0);
            List<Tarea1> tareas = new ArrayList<Tarea1>();
            tareas.add(new Tarea1(signal));
            tareas.add(new Tarea1(signal));
            tareas.add(new Tarea1(signal));
            // ... N veces

            for (Tarea1 tarea : tareas)
                  tarea.start();

            System.out.println("ya");
            // todos empiezan a la señal
            signal.countDown();
      }
}
```

12.2. Ejemplo 2. Señal de fin: sincronización de llegada

class Tarea2

```
import java.util.concurrent.CountDownLatch;

public class Tarea2 extends Thread {
      private CountDownLatch signal;

      public Tarea2(CountDownLatch signal) {
            this.signal = signal;
      }

      public void run() {
            // hace su tarea
            System.out.println("termino ...");
            signal.countDown();
      }
}
```

class LlegadaSincronizada

```
import java.util.concurrent.CountDownLatch;

public class LlegadaSincronizada {
      private static final int N = 10;

      public static void main(String[] args)
            throws InterruptedException {
            Tarea2[] tareas = new Tarea2[N];
```

```
            CountDownLatch signal =
                  new CountDownLatch(tareas.length);
            for (int i = 0; i < tareas.length; i++)
                  tareas[i] = new Tarea2(signal);

            for (Tarea2 tarea : tareas)
                  tarea.start();

            // espero N señales
            signal.await();
            System.out.println("fin");
      }
}
```

13. CyclicBarrier (class) java.util.concurrent

Clase sincronizadora. Se establece una cuenta inicial de participantes. Las clases se apuntan al contador, que se va decrementando y, cuando llega a cero, todas las clases que esperan se reactivan y el contador se resetea a su valor inicial.

`CyclicBarrier(int parties)`
: Constructor.

`CyclicBarrier(int parties, Runnable action)`
: Constructor. Cada vez que todas las partes se sincronizan, se ejecuta la acción asociada.

`int await()`
: Espero a que estemos todas las partes.

13.1. Ejemplo

Tres amigos se sincronizan regularmente. Además, tenemos una escucha global que registra la hora del encuentro.

class Amigo

```
import java.util.concurrent.CyclicBarrier;

public class Amigo extends Thread {
      private final String name;
      private final CyclicBarrier barrier;

      public Amigo(String name, CyclicBarrier barrier) {
            this.name = name;
            this.barrier = barrier;
      }

      public void run() {
            while (true) {
                  try {
                        sleep((int) (10000 * Math.random()));
                        System.out.println(name + " esperando ...");
                        barrier.await();
                  } catch (Exception e) {
                        e.printStackTrace();
                  }
            }
      }
}
```

class Amigos

```
import java.util.Date;
import java.util.concurrent.CyclicBarrier;

public class Amigos {
      public static void main(String[] args) {
            Escucha escucha = new Escucha();
            CyclicBarrier cita = new CyclicBarrier(3, escucha);
            Amigo pedro = new Amigo("Pedro", cita);
            Amigo angel = new Amigo("Angel", cita);
            Amigo bruno = new Amigo("Bruno", cita);

            pedro.start();
            angel.start();
            bruno.start();
      }

      private static class Escucha implements Runnable {
            public void run() {
                  System.out.println(new Date());
            }
      }
}
```

14. Exchanger (class) java.util.concurrent

Clase sincronizadora. Define un punto de encuentro en el que dos *threads* se encuentran e intercambian un objeto entre ellos.

`Exchanger<V>()`
: Constructor. Intercambia objetos de clase V.

`V exchange(V x)`
: Yo envío x, y recibo otro objeto del mismo tipo.

14.1. Ejemplo

class Amigo

```
import java.util.concurrent.Exchanger;

public class Amigo extends Thread {
      private final String name;
      private final Exchanger<String> cita;

      public Amigo(String name, Exchanger<String> cita) {
            this.name = name;
            this.cita = cita;
      }

      public void run() {
            try {
                  sleep((int) (10 * Math.random()));
                  System.out.println(name + " esperando ...");
                  String recibido =
                        cita.exchange("regalo de " + name);
                  System.out.println(name + ": " + recibido);
            } catch (InterruptedException ignore) {
            }
```

```
      }
}
```

class Amigos

```
public class Amigos  {
    public static void main(String[] args) {
        Exchanger<String> exchanger = new Exchanger<String>();
        Amigo angel = new Amigo("Angel", exchanger);
        Amigo pedro = new Amigo("Pedro", exchanger);

        angel.start();
        pedro.start();
    }
}
```

> java Amigos

```
Angel esperando ...
Pedro esperando ...
Pedro: regalo de Angel
Angel: regalo de Pedro
```

15. Executor (interface) java.util.concurrent

```
public interface Executor
```

Para controlar la ejecución de *threads*.

Ver ejemplo en "*ejecutor*".

16. Executors (factory) java.util.concurrent

```
public class Executors
```

Proporciona fábricas (*factories*) para generar diferentes tipos de *Executor Services*.

Se recogen algunos de las fábricas más usadas:

```
static ExecutorService newCachedThreadPool()
```

Se crean nuevos *threads* según se necesitan; pero si un *thread* termina, se recicla antes que crear uno nuevo.

```
static ExecutorService newFixedThreadPool(int maximo)
```

Se utiliza hasta un máximo número de *threads*. Si hay más solicitudes que *threads*, esperan a que termine alguno.

```
static ExecutorService newSingleThreadExecutor()
```

Utiliza un (1) *thread*. Si hay varias solicitudes, esperan a que termine.

```
static ScheduledExecutorService newScheduledThreadPool(int maximo)
```

Se utiliza hasta un máximo número de *threads*. Si hay más solicitudes que *threads*, esperan a que termine alguno.

```
static ScheduledExecutorService newSingleThreadScheduledExecutor()
```

Utiliza un (1) *thread*. Si hay varias solicitudes, esperan a que termine.

Ver ejemplo en "*ejecutor*".

17. ExecutorService (interface) java.util.concurrent

```
public interface ExecutorService
    extends Executor
```

Son gestores de *threads*. Eso quiere decir que disponen de varios objetos de tipo *Thread* que van utilizando "sabiamente" para ejecutar las diferentes tareas que se le pasen para ejecutar.

```
Future<?> submit(Runnable task)
```

Para que se ejecute un *Runnable*.

```
<T> Future<T> submit(Callable<T> task)
```

Para que se ejecute un *Callable*<T>.

```
void shutdown()
```

Terminación ordenada. No se aceptan nuevos *threads*, pero se espera a que terminen los que están pendientes.

```
List<Runnable> shutdownNow()
```

Terminación forzada. Intenta parar los *threads* en ejecución, y devuelve los que quedan pendientes.

Ver ejemplo en "*ejecutor*".

18. Future<V> (interface)

```
public interface Future<V>
```

Son objetos utilizados por los Executors para devolver el resultado de la ejecución de un *thread* Callable<V>.

Sea por ejemplo una clase que devuelve una *String*

```
class Worker implements Callable<String> {
   public String call() throws Exception {
      ...
      return string;
   }
}
```

Creamos un objeto de dicha clase

```
Callable<String> worker = new T();
```

Si tenemos un *ExecutorService*

```
ExecutorService service = ...
```

le podemos pasar el objeto para que lo lance como *thread*

```
Future<String> future = service.submit(worker);
```

Este *future* de momento es mera promesa.

Cuando queramos saber el valor calculado

```
String valor = future.get();
```

La llamada a get() bloquea la ejecución hasta que el *thread worker* ha completado su cálculo.

Ver ejemplo en "*call()*".

`V get()`

Espera hasta que el *thread* termine y devuelve el resultado.

`V get(long time, TimeUnit unit)`

Espera hasta un cierto tiempo máximo. Si está el valor disponible, lo devuelve. Si no, lanza una interrupción.

`boolean isDone()`

Devuelve TRUE si el *thread* ha terminado y el valor está disponible.

19. Lock (interface) java.util.concurrent.locks

```
public class ReentrantLock
    implements Lock
```

Es otro mecanismo para crear *zonas de exclusión mutua*.

Los *locks* parecen redundantes. Java los proporciona porque además se pueden asociar condiciones, generalizando el papel de los métodos wait() y notify().

`void lock()`

Adquiere el cerrojo. Si es propiedad de otro *thread* espera a que se libere. Si es propiedad del mismo *thread* que lo solicita, se concede inmediatamente (y se lleva cuenta de las solicitudes, que deberán ser descontadas, unlock(), una a una).

`void lockInterruptbly() throws InterruptedException`

Como lock() pero es posible interrumpir la espera.

`void unlock()`

Libera el cerrojo.

`Condition newCondition()`

Crea una condición de espera (o sea, una cola de espera) para tareas que desean adquirir el cerrojo.

Ver ejemplo en "*condición*".

20. PipedInputStream (class) java.io

```
public class PipedInputStream
    extends InputStream
```

Junto con *PipedOutputStream*, permite crear canales asíncronos para comunicar *threads*.

`PipedInputStream()`

Crea el objeto sin conectarlo a un *output stream*.

`PipedInputStream (int pipeSize)`

Crea el objeto sin conectarlo a un *output stream*. Impone un tamaño máximo de caracteres en tránsito.

`PipedInputStream (PipedOutputStream output)`

Crea el objeto y lo conecta a un output stream.

```
PipedInputStream (PipedOutputStream output, int pipeSize)
```

Crea el objeto y lo conecta a un *output stream*. Impone un tamaño máximo de caracteres en tránsito.

```
void connect(PipedOutputStream output)
```

Conecta el objeto con un output stream.

21. PipedOutputStream (class) java.io

```
public class PipedOutputStream
    extends OutputStream
```

Junto con *PipedInputStream*, permite crear canales asíncronos para comunicar *threads*.

```
PipedOutputStream()
```

Crea el objeto sin conectarlo a un input *stream*.

```
PipedOutputStream (PipedInputStream input)
```

Crea el objeto y lo conecta a un input stream.

```
void connect(PipedInputStream input)
```

Conecta el objeto con un *input stream*.

22. PipedReader (class) java.io

```
public class PipedReader
    extends Reader
```

Similar a *PipedInputStream*, pero trabaja sobre caracteres.

```
PipedReader()
```

Crea el objeto sin conectarlo a un *thread*.

```
PipedReader(int pipeSize)
```

Crea el objeto sin conectarlo a un *writer*. Impone un tamaño máximo de caracteres en tránsito.

```
PipedReader(PipedWriter writer)
```

Crea el objeto y lo conecta a un *writer*.

```
PipedReader(PipedWriter src, int pipeSize)
```

Crea el objeto y lo conecta a un writer. Impone un tamaño máximo de caracteres en tránsito.

```
void connect(PipedWriter writer)
```

Conecta el objeto con un *writer*.

23. PipedWriter (class) java.io

```
public class PipedWriter
    extends Writer
```

Similar a *PipedOutputStream*, pero trabaja sobre caracteres.

```
PipedWriter()
```

Crea el objeto sin conectarlo a un *reader*.

```
PipedWriter(PipedReader reader)
```

Crea el objeto y lo conecta a un *reader*.

```
void connect(PipedReader reader)
```

Conecta el objeto con un *reader*.

24. ReadWriteLock (interface) java.util.concurrent.locks

```
public interface ReadWriteLock
```

Las clases que implementan esta interfaz, como *ReentrantReadWriteLock*, permiten obtener dos cerrojos sincronizados:

```
ReentrantReadWriteLock rwl = new ReentrantReadWriteLock();
Lock readLock = rwl.readLock();
Lock writeLock = rwl.writeLock();
```

De forma que los cerrojos *readLock* y *writeLock* ya llevan la cuenta de que pueden haber varios *readers* a la vez, pero sólo un *writer*, y que hay que darle prioridad al *writer*:

25. Runnable (interface) java.lang

```
public interface Runnable
```

Ofrece un solo método

```
void run()
```

para ser usado en *thread*o con *ejecutor*.

26. ScheduledExecutorService (interface) java.util.concurrent

```
public interface ScheduledExecutorService
    extends ExecutorService
```

Variante de *Executor* que no ejecuta el *thread* inmediatamente, sino dentro de un tiempo.

```
<V> ScheduledFuture<V> schedule(Callable<V> task,
                        long delay, TimeUnit unit)

ScheduledFuture<V> schedule(Runnable task,
                        long delay, TimeUnit unit)

ScheduledFuture<V> scheduleAtFixedRate(Runnable task,
                        long initial, long period, TimeUnit unit)

ScheduledFuture<V> scheduleAtFixedDate(Runnable task,
                        long initial, long delay, TimeUnit unit)
```

27. ScheduledFuture<V> (interface) java.util.concurrent

```
public interface ScheduledFuture<V>
    extends Delayed, Future<V>
```

Baste decir que es un refinamiento de *Future*para incorporar un retraso en su evaluación.

`V get()`

Espera hasta que el *thread* termine y devuelve el resultado.

28. Semaphore (class) java.util.concurrent

Ver "*semáforo*"

`Semaphore(int permits)`
Crea un semáforo con un cierto número de permisos.

`public void acquire(int permits) throws InterruptedException`
Solicita unos permisos. Si no hay suficientes, queda esperando. Si los hay, se descuentan del semáforo y se sigue. Si llega una interrupción, se aborta la espera.

`public void acquire() throws InterruptedException`
acquire(1)

`public void acquireUninterruptibly(int permits)`
Solicita unos permisos. Si no hay suficientes, queda esperando. Si los hay, se descuentan del semáforo y se sigue. Si llega una interrupción, se ignora y se sigue esperando.

`public void acquireUninterruptibly()`
acquireUninterruptibly(1)

`release(int permits)`
Libera unos permisos que retornan a la cuenta del semáforo. Si hay *threads* esperando, se reactivan.

`release()`
release(1)

29. Thread (clase) java.lang

```
public class Thread
    implements Runnable
```

Los métodos más relevantes se han despiezado en la primera parte de este vademécum.

Estado

enum Thread.State

NEW

El *thread* se ha creado, pero aún no ha arrancado.

RUNNABLE

El *thread* está funcionando.

BLOCKED

El *thread* está esperando en una zona de exclusión mutua. Es decir, detenido en un ***synchronized***.

WAITING

El *thread* está esperando a otro *thread*. No hay un tiempo máximo de espera, el *thread* espera indefinidamente.

- wait()
- join()

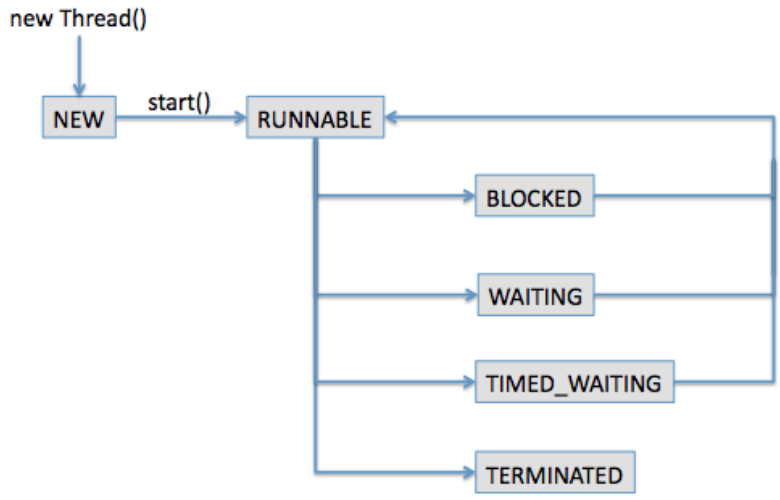
TIMED_WAITING

El *thread* está esperando a otro *thread*, con un tiempo máximo de espera.

- Thread.sleep(t)
- wait(t)
- join(t)

TERMINATED

El método run() ha llegado al final.



Prioridad

Cada *thread* puede tener una prioridad. La prioridad de un *thread* es un entero. En líneas generales, puede decirse que si dos *threads* están listos para ejecutarse, se ejecutará antes el de mayor prioridad.

Se definen algunas constantes, obvias:

```
Thread.MAX_PRIORITY
Thread.NORM_PRIORITY
Thread.MIN_PRIORITY
```

30. ThreadGroup (class) java.lang

Una forma de agrupar varios *threads* bajo un nombre común, a efectos de estructurar un programa que maneja muchos *threads*, permitiendo algunas acciones sobre el conjunto de *threads*.

31. Timer (class) java.util

```
public class Timer
```

Permite programar una serie de *threads* para que se ejecuten al cabo de cierto tiempo, o cada cierto tiempo.

`Timer()`
: Constructor.

`Timer(boolean isDaemon)`
: Constructor. Puede funcionar como demonio.

`Timer(String name)`
: Constructor con nombre propio.

`Timer(String name, boolean isDaemon)`
: Constructor con nombre propio. Puede funcionar como demonio.

`void schedule(TimerTask task, Date date)`
: La tarea se ejecutará en la fecha indicada.

`void schedule(TimerTask task, Date date, long period)`
: La tarea se ejecutará en la fecha indicada y a partir de entonces se repetirá periódicamente.

`void schedule(TimerTask task, long delay)`
: La tarea se ejecutará dentro de un tiempo.

`void schedule(TimerTask task, long delay, long period)`
: La tarea se ejecutará dentro de un tiempo y a partir de entonces se repetirá periódicamente.

`void scheduleAtFixedRate(TimerTask task, Date first, long period)`
: La tarea se ejecutará en la fecha indicada y a partir de entonces se repetirá periódicamenteregularmente cada cierto tiempo.

`void scheduleAtFixedRate(TimerTask task, long delay, long period)`
: La tarea se ejecutará dentro de un tiempo y a partir de entonces se repetirá periódicamenteregularmente cada cierto tiempo.

31.1. Ejemplo

Una tarea que se ejecuta cada minuto.

class Reloj

```
import java.util.Date;
import java.util.TimerTask;

public class Reloj extends TimerTask {
	@Override
	public void run() {
		System.out.println(new Date());
	}
}
```

class Planificador

```
import java.util.Date;
import java.util.Timer;
import java.util.TimerTask;

public class Planificador {
	public static void main(String[] args) {
		Timer timer = new Timer();
		TimerTask task = new Reloj();

		System.out.println(new Date());
		timer.schedule(task, 10000, 30000);
	}
}
```

> java Planificador

```
Fri Jan 06 14:04:51 CET 2012
Fri Jan 06 14:05:01 CET 2012
Fri Jan 06 14:05:31 CET 2012
Fri Jan 06 14:06:01 CET 2012
Fri Jan 06 14:06:31 CET 2012
Fri Jan 06 14:07:01 CET 2012
...
```

32. TimerTask (class) java.util

```
public abstract class TimerTask
    implements Runnable
```

Básicamente un envoltorio de clases *Runnable* para pasarlo a un *Timer*.

Diccionario

1. Acrónimos

API	Application Programming Interface
IDE	Integrated Development Environment
JDK	Java Development Kit
JRE	Java Runtime Environment
JVM	Java Virtual Machine
OS	Operating System
SDK	Software Development Kit
SO	Sistema Operativo (OS)
VM	Virtual Machine

2. Términos en inglés

inglés	***español***
atomic	*atómico, atómica*
concurrency	*concurrencia*
daemon	*demonio*
deadlock	*interbloqueo*
executor	*ejecutor*
exception	*excepción*
fairness	*equidad*
interrupt	*interrupción, interrumpir*
livelock	*interbloqueo activo*
liveness	*vivacidad*
lock	*cerrojo*
monitor	*monitor*
queue	cola
reentrant	*reentrante*
safety	*seguridad*
semaphore	*semáforo*

inglés	*español*
starvation	*inanición*
thread	*hebra, hilo*
thread-safe	*a prueba de concurrencia*
timer	*temporizador*
volatile	*volátil*