Colecciones e Iteradores

Contenido

- Clases genéricas
- Colecciones
  - Las interfaces básicas y sus implementaciones.
  - Conjuntos, listas y aplicaciones.
- Clases ordenables
- Colecciones y aplicaciones ordenadas.
- Decoradores
- Algoritmos sobre arrays. La clase Arrays.

Clases genéricas

- Las clases genéricas permiten, en una única definición, expresar comportamientos comunes para objetos pertenecientes a distintas clases. El ejemplo más habitual de clase genérica son las clases contenedoras: listas, pilas, árboles, etc.
- Desde la versión JDK1.5.0, Java dispone de mecanismos para definir e instanciar clases genéricas mediante el uso de parámetros.
  - Una clase o interfaz puede incorporar parámetros en su definición, que siempre representan clases o interfaces.
  - A la hora de instanciar la clase genérica, se especifica el valor concreto de los parámetros. Éste debe ser una clase o interfaz, nunca un tipo básico.
  - Una clase genérica puede instanciarse tantas veces como sea necesario, y los valores reales utilizados pueden variar.
  - En la definición pueden especificarse restricciones sobre los parámetros formales, que deberán ser satisfechos por los parámetros reales en la instanciación.

Un ejemplo simple

- Supongamos que queremos crear una clase que almacene dos elementos de otra clase.
  - No indicamos de qué clase son los elementos a almacenar.
  - Supongamos que son de la clase T donde T representa a cualquier clase.

```
public class Par<T> {
    private T primero, segundo;
    public Par(T p, T s) {
        primero = p;
        segundo = s;
    }
    public T primero() {
        return primero;
    }
    public T segundo() {
        return segundo;
    }
    public void primero(T p) {
        primero = p;
    }
    public void segundo(T s) {
        segundo = s;
    }
}
```

¿Cómo sabe Java que T no es una clase concreta sino que representa a cualquiera?

Añadiendo <T> a la cabecera

¿Cómo usar los objetos de esa clase?

```
public class Programa {
   public static void main(String [] args) {
      Par<String> conC = new Par<String>("hola", "adios");
      Par<Integer> conI = new Par<Integer>(4, 9);
      …
      }
}
```

Clases genéricas. Herencia

- Una clase puede definirse genérica relacionando su parámetro con el que tuviera su superclase o alguna interfaz que implemente.
  - Por ejemplo, la clase `ParPeso` tiene el mismo parámetro que la clase `Par` de la que hereda.

```
public class ParPeso<T> extends Par<T> {
    int pesoPrimero;
    int pesoSegundo;

    public ParPeso(T p, int pp, T s, int ps) {
       super(p, s);
       pesoPrimero = pp;
       pesoSegundo = ps;
    }
    ...
}
```

```
ParPeso<String> parp =
              new ParPeso<String>("hola", 112, "adios", 65);
```

Clases genéricas. Restricciones

- Podemos imponer restricciones a los valores que toma un parámetro:
  - Que sea de una clase o subclase de una clase dada.
  - Que implementen una o varias interfaces.

```
public class ParNumerico<T extends Number> extends Par<T> {
}
```

```
ParNumerico<Integer>  p  = new ParNumerico<Integer>(10, 15);
ParNumerico<String> q  = new ParNumerico<String>("hola", "adios");
```

- La forma general de definir una restricción sobre el parámetro de una clase genérica es:

$$\texttt{<T extends A \& } I_1 \texttt{ \& } I_2 \texttt{ \& … \& } I_n \texttt{>}$$

Clases con más de un parámetro

- Una clase genérica puede disponer de varios parámetros:

```
public class Pareja<A,B> {
      private A primero;
      private B segundo;

      public Pareja(A a, B b) {
         primero = a;
         segundo = b;
      }

      public A primero() {
         return primero;
      }

      public B segundo() {
         return segundo;
      }

      public void primero(A a) {
         primero = a;
      }

      public void segundo(B b) {
         segundo = b;
      }
}
```

```
Pareja<String,Integer> p =
        new Pareja<String,Integer>("hola", 10);
```

Genericidad y herencia

- Las clases genéricas **no** cumplen la siguiente relación:

  Si la clase D *es subclase de* B*, entonces la clase* F<D> *es subclase de* F<B>

  Ejemplo:

  La clase `String` es subclase de `Object` pero la clase `Par<String>` **no** se puede considerar subclase de `Par<Object>`

  - Si fuera así, podrían producirse problemas:

```
Par<String> parS = new Par<String>("hola", "adios");
Par<Object> parO = parS;   // Si se cumpliera la propiedad
parO.primero(new Object());
String s = parS.primero();
```

Métodos genéricos

- Un método también puede incluir parámetros formales que representen clases o interfaces.
  - Supongamos una clase no genérica con el siguiente método:

```
public class Programa {
  static public <A,B> String aCadena(Pareja<A, B>  par) {
     return "(" + par.primero() + "," + par.segundo() + ")";
  }
}
```

¿Cómo sabe que A y B son clases genéricas?

Añadiendo <A,B> a la cabecera del método

```
…
Pareja<String, Integer> p = new Pareja<String,Double>("hola", 10);

System.out.println(Programa.aCadena(p));
…
```

Parámetros anónimos (I)

- Cuando un parámetro formal no se utiliza en el cuerpo del método puede utilizarse el símbolo “?” del modo siguiente:

```
public class Programa {
    public static String aCadena(Pareja<?,?>  par) {
       return “(“ + par.primero() + ”,” + par.segundo() + ”)”;
    }
}
```

- Es equivalente a:

```
public class Programa {
    public <A,B> String aCadena(Pareja<A,B>  par) {
       return “(“ + par.primero() + ”,” + par.segundo() + ”)”;
    }
}
```

Parámetros anónimos (II)

- Problema: Supongamos la siguiente clase con un método genérico:

```
public class Programa {
    static public <T> void copiaPrimero(Par<T> orig, Par<T> dest) {
        dest.primero(orig.primero());
    }

    static public void main(String [] args) {
        CocheImportado ip = new CocheImportado("Porche", 50000, 3000);
        CocheImportado is = new CocheImportado("Mazda", 40000, 2500);
        Par<CocheImportado> parI = new Par<CocheImportado>(ip, is);
        Coche cp = new Coche("Seat", 14000);
        Coche cs = new Coche("renault", 18000);
        Par<Coche> parC = new Par<Coche>(cp, cs);
        Programa.copiaPrimero(parI, parC);
    }
}
```

El método `copiaPrimero(Par<T>, Par<T>)` no es aplicable en la forma `copiaPrimero(Par<CocheImportado>, Par<Coche>)`

El código no compila, ¿por qué?

Parámetros anónimos (II)

- Solución: Sobre un parámetro anónimo se pueden especificar además restricciones: "la clase anónima debe ser superclase de una clase dada".

<? super T>

```
class Programa {
   static public <T> void  copiaPrimero(Par<T> orig, Par<? super T> dest) {
      dest.primero(orig.primero());
   }
   ...
}
```

El método copiaPrimero(Par<T>, Par<? super T>) sí es aplicable en la forma copiaPrimero(Par<CocheImportado>, Par<Coche>)

Para poder copiar el primer elemento de `orig` en el primero de `dest`, es necesario asegurar que la clase de los elementos de `dest` sea superclase de la clase de los elementos de `orig` (es decir, T).

De hecho, la mejor manera de definir el método anterior sería:

```
class Programa {
   static public <T> void
               copiaPrimero(Par<? extends T> orig, Par<? super T> dest) {
         dest.primero(orig.primero());
   }
   ...
}
```

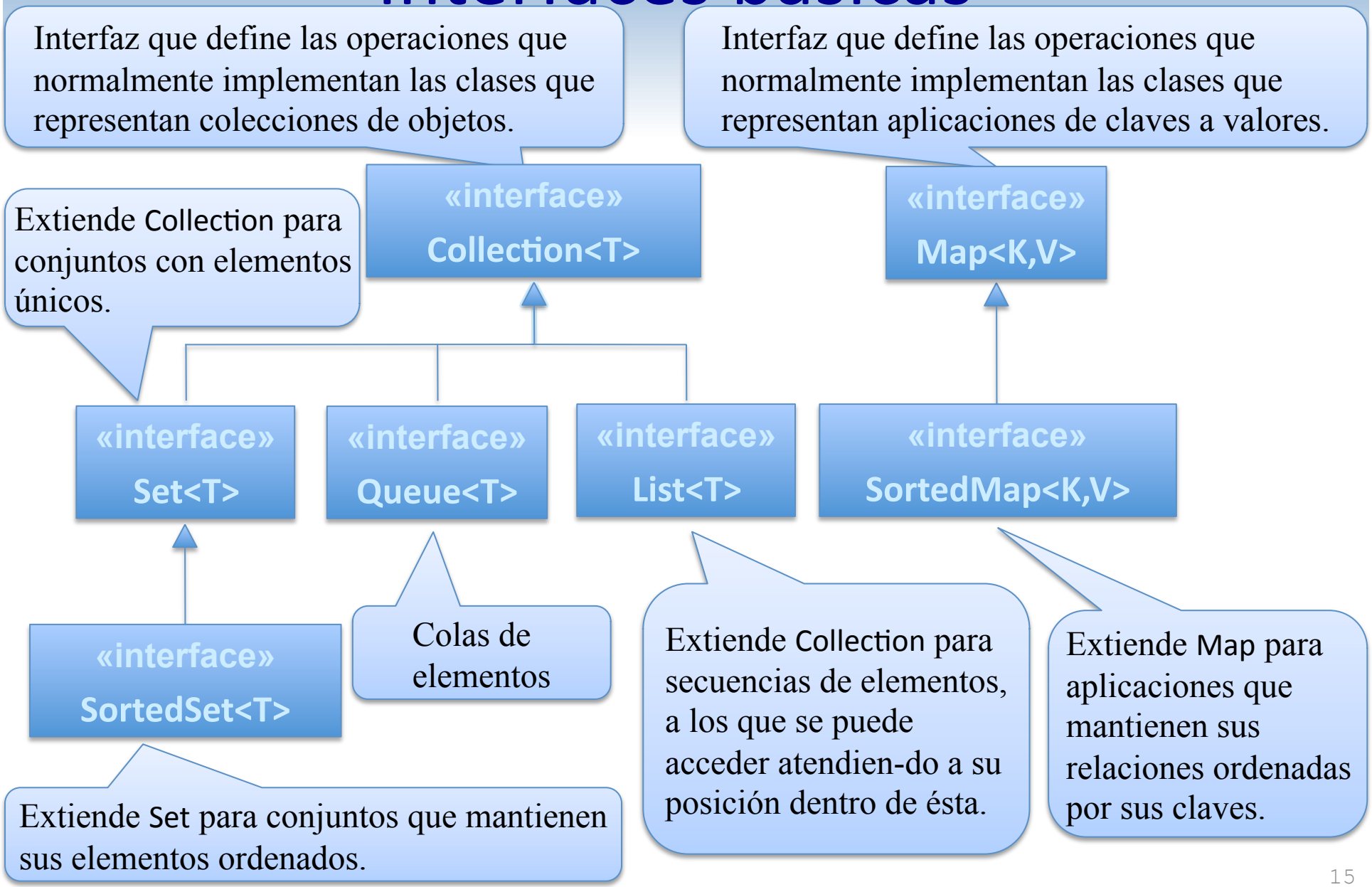
Colecciones

- El marco de colecciones del JDK presenta un conjunto de clases estándar útiles (en **`java.util`**) para el manejo de colecciones de datos.
- Proporciona:
  - Interfaces. Para manipularlas de forma independiente de la implementación.
  - Implementaciones. Implementan la funcionalidad de alguna manera.
  - Algoritmos. Para realizar determinadas operaciones sobre colecciones, como ordenaciones, búsquedas, etc.
- Beneficios de usar el marco de colecciones:
  - Reduce los esfuerzos de programación.
  - Incrementa velocidad y calidad.
  - Ayuda a la interoperabilidad y reemplazabilidad.
  - Reduce los esfuerzos de aprendizaje y diseño.

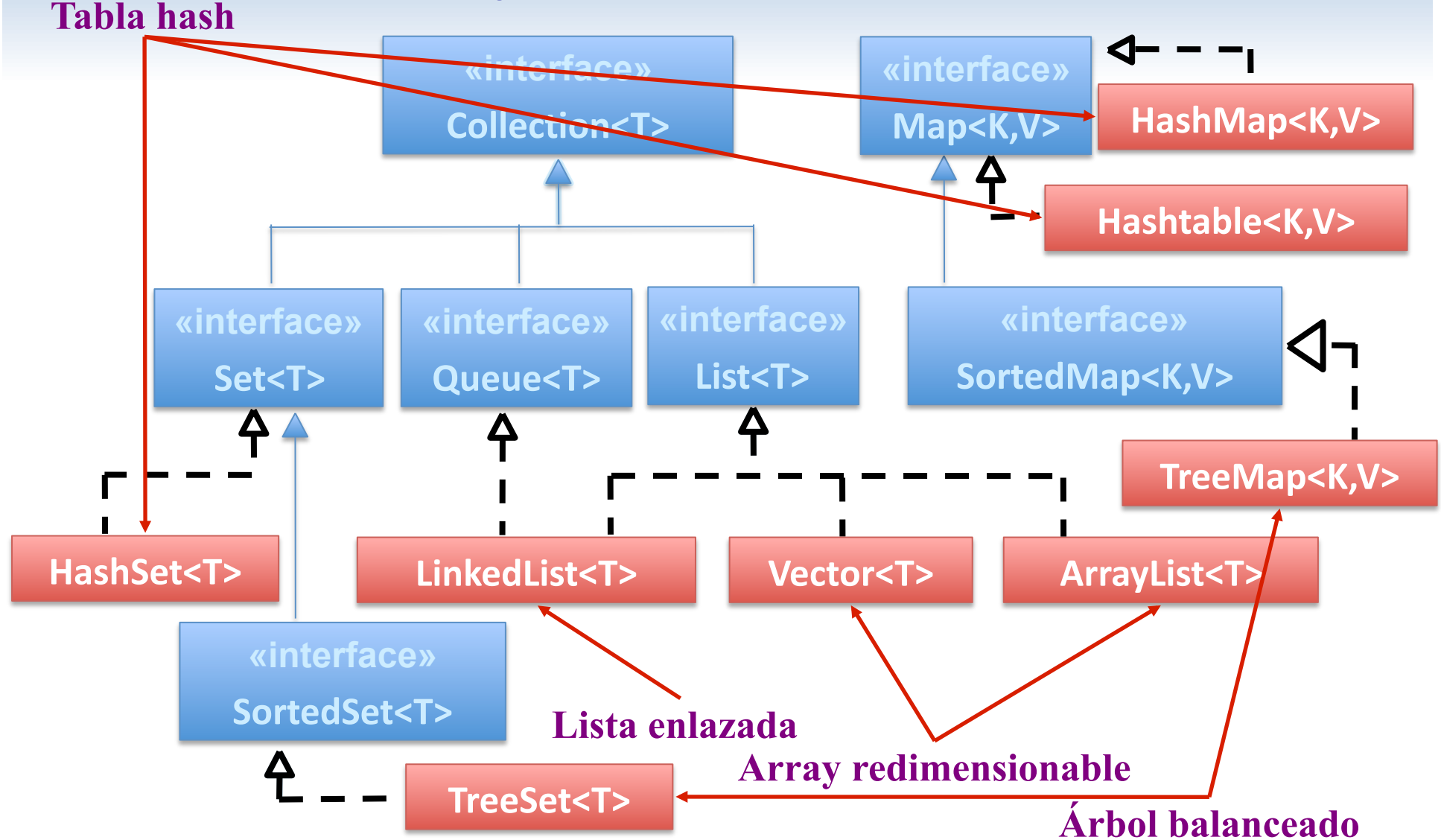
Colecciones en JDK1.5

- El marco se ha extendido de manera que todas las clases e interfaces se han definido también de forma parametrizada.
- Con objeto de mantener la compatibilidad hacia atrás, conviven ambos marcos.
- Entre otras muchas ventajas, la utilización del marco parametrizado reduce significativamente errores que de otra forma pueden producirse en tiempo de ejecución (`ClassCastException`).
- A partir de JDK1.5, el uso de clases del marco no parametrizado con el parametrizado produce errores leves en tiempo de compilación para avisarnos de tal circunstancia.
  - Salvo en la creación de arrays parametrizados, los errores leves por el uso de genericidad deben ser eliminados.
- Siempre que sea posible, es conveniente utilizar el nuevo marco.

Interfaces básicas



Interfaces básicas y sus implementaciones



Implementaciones

- No hay implementación directa de la interfaz `Collection<T>` ésta se utiliza sólo para mejorar la interoperación de las distintas colecciones.
- Por convención, las clases que implementan colecciones proporcionan constructores para crear nuevas colecciones con los elementos de un objeto (que se le pasa como argumento) de clase que implemente la interfaz `Collection<T>`.
- Lo mismo sucede con las implementaciones de `Map<K,V>`.
- Colecciones y aplicaciones no son intercambiables.
- Todas las implementaciones descritas son modificables (implementan los métodos etiquetados como opcionales).
- Todas implementan `Cloneable` (y `Serializable`).

Convenciones sobre excepciones

- Las clases e interfaces de colecciones siguen las siguientes convenciones:
  - Los métodos *opcionales* "no implementados" lanzan la excepción
    - `UnsupportedOperationException`.
  - Los métodos y constructores con elementos a ser incluidos en la correspondiente colección como argumentos lanzan la excepción
    - `ClassCastException` si dichos elementos no son del tipo apropiado.
    - `IllegalArgumentException` si el valor del elemento no es apropiado para la colección.
  - Los métodos que devuelven un elemento lanzarán la excepción
    - `NoSuchElementException` si la colección es vacía.
  - Los métodos y constructores que toman un parámetro de tipo referencia suelen lanzar una excepción
    - `NullPointerException` si se les pasa una referencia `null`.

Algoritmos sobre colecciones

- La clase **`java.util.Collections`** proporciona:
  - Métodos estáticos públicos que implementan algoritmos polimórficos para varias operaciones sobre colecciones:

```
static void shuffle(List<?> list)

static void reverse(List<?> list)

static <T> void fill(List<? super T> list, T o)

static <T> void copy(List<? super T> dest, List<? extends T> src)

static <T> int
    binarySearch(List<? extends Comparable<? super T>> list, T key)

static <T extends Comparable<? super T>> void sort(List<T> list)

static <T extends Object & Comparable<? super T>> T
    max(Collection<T> coll)
```

  - Métodos para la creación de instancias de colecciones (fábricas de instancias o *factory methods*).

La interfaz `Collection<T>`

```
public interface Collection<T> extends Iterable<T> {
   // Operaciones básicas
   int size();
   boolean isEmpty();
   boolean contains(Object element);
   boolean add(T element);                          // Opcional
   boolean remove(Object element);                  // Opcional

   // Operaciones con grupos de elementos
   boolean containsAll(Collection<?> c);
   boolean addAll(Collection <? extends T> c);      // Opcional
   boolean removeAll(Collection<?> c);              // Opcional
   boolean retainAll(Collection<?> c);              // Opcional
   void clear();                                    // Opcional

   // Operaciones con arrays
   Object[] toArray();
   <S> S[] toArray(S a[]);
}
```

La interfaz `Iterable<T>`

- La interfaz `Collection<T>` hereda de la interfaz `Iterable<T>`.
  - Esta interfaz incluye un único método

```
public interface Iterable<T> {
    Iterator<T> iterator();
}
```

- El método devuelve una instancia de alguna clase que implemente la interfaz `Iterator<T>`.
  - Con esta clase podemos realizar recorridos (iteraciones) sobre la colección.
  - Normalmente, esta clase se encuentra anidada no estática (no genérica) en la clase colección sobre la que va a iterar.

```
Collection<String> c = …;
Iterator<String> iter = c.iterator();
```

La interfaz `Iterator<T>`

- Un iterador permite el acceso secuencial a los elementos de una colección.

```
public interface Iterator<T> {
    boolean hasNext();
    T next();
    void remove();        // Opcional
}
```

- El método `remove()` permite quitar elementos de la colección.
  - Ésta es la única forma en que se recomienda se eliminen elementos durante la iteración (`ConcurrentModificationException`).
  - Sólo puede haber un mensaje `remove()` por cada mensaje `next()`. Si no se cumple se lanza una excepción `IllegalStateException`.
  - Si no hay siguiente `next()` lanza una excepción `NoSuchElementException`.

Ejemplo: uso de iteradores

- Mostrar una colección en pantalla.

```
static <T> void mostrar(Collection<T> c) {
   Iterator<T> iter = c.iterator();
   System.out.print("< ");
   while (iter.hasNext()) {
   System.out.print(iter.next() + " ");
   }
   System.out.println(">");
}
```

- Eliminar las cadenas largas de una colección de cadenas.

```
static void filtro(Collection<String> c, int maxLong) {
    Iterator<String> iter = c. iterator();
    while (iter.hasNext()) {
            if ((iter.next()).length() > maxLong) {
                    iter.remove();
            }
    }
}
```

Nueva construcción `for`

- La sentencia `for` se ha extendido de manera que permite una nueva sintaxis. Ejemplo:

```
public <T> void mostrar(List<T> lista) {
    Iterator<T> it = lista.iterator();
    while (it.hasNext()) {
        System.out.println(it.next());
    }
}
```

- Puede escribirse alternativamente como

```
public <T> void mostrar(List<T> lista) {
    for(T t : lista) {
        System.out.println(t);
    }
}
```

La interfaz `Set<T>`

- La interfaz `Set<T>` hereda de la interfaz `Collection<T>`.

```
public interface Set<T> extends Collection<T> {
}
```

- No permite elementos duplicados (control con `equals()`).
- Los métodos definidos permiten realizar lógica de conjuntos:

`a.containsAll(b)`	$b \subseteq a$
`a.addAll(b)`	$a = a \cup b$
`a.removeAll(b)`	$a = a - b$
`a.retainAll(b)`	$a = a \cap b$
`a.clear()`	$a = \varnothing$

Implementaciones de `Set<T>`

`java.util` proporciona una implementación de `Set<T>`:

- `HashSet<T>`
  - Guarda los datos en una tabla hash.
  - Búsqueda, inserción y eliminación en tiempo (casi) constante.
  - Constructores:
    - Sin argumentos,
    - con una colección como parámetro, y
    - constructores en los que se puede indicar la capacidad y el factor de carga de la tabla.

Ejemplo: uso de `Set<T>`

```
import java.util.*;

public class Duplicados {
        public static void main(String[] args) {
                Set<String> s = new HashSet<String>();
                for (String arg :  args) {
                        if (!s.add(arg)) {
                                System.out.println("duplicado: " + arg);
                        }
                }
                System.out.println(
                        s.size() + " palabras detectadas: " + s);
        }
}
```

SALIDA:

```
> java Duplicados uno dos cuatro dos tres cuatro cinco
duplicado: dos
duplicado: cuatro
5 palabras detectadas: [tres, dos, uno, cinco, cuatro]
```

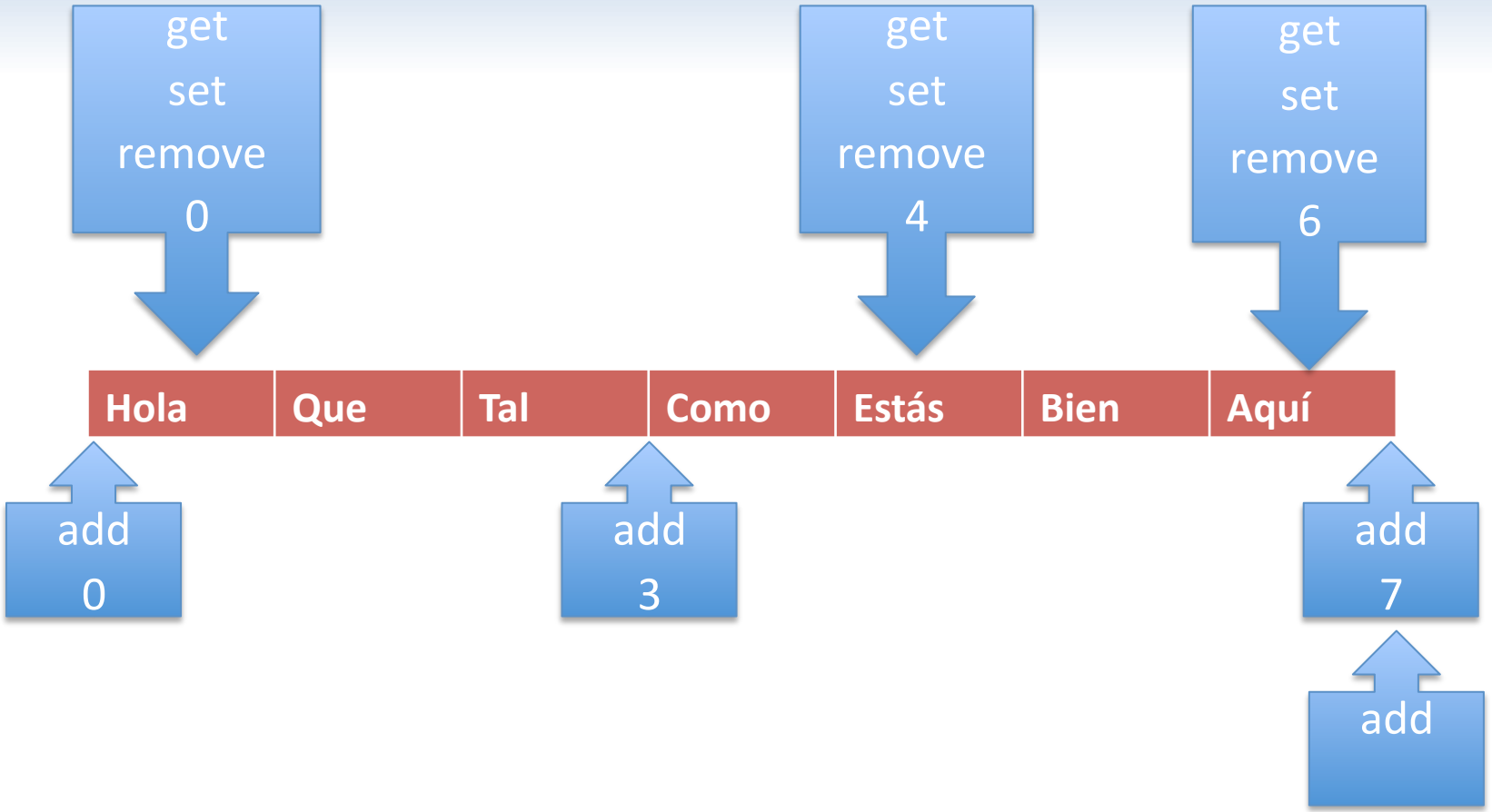
La interfaz `List<T>`

- Colección de elementos ordenados (por su posición).
  - Acceso por posición numérica (`0 ... size() – 1`).
  - Un índice ilegal produce el lanzamiento de una excepción `IndexOutOfBoundsException`.
  - Iteradores especializados (`ListIterator<T>`).
  - Realiza operaciones con rangos de índices.

La interfaz `List<T>`

```
public interface List<T> extends Collection<T> {

   // Acceso posicional
   T get(int index);
   T set(int index, T element);                          // Opcional
   void add(int index, T element);                       // Opcional
   T remove(int index);                                  // Opcional
   boolean addAll(int index, Collection<? extends T> c);// Opcional

   // Búsqueda
   int indexOf(Object o);
   int lastIndexOf(Object o);

   // Iteración
   ListIterator<T> listIterator();
   ListIterator<T> listIterator(int index);

   // Vista de subrango
   List<T> subList(int from, int to);
}
```

La interfaz `List<T>`



La interfaz `ListIterator<T>`

```
public interface ListIterator<T> extends Iterator<T> {
      // boolean hasNext();
      // T next();

      boolean hasPrevious();
      T previous();

      int nextIndex();
      int previousIndex();

      // void remove();                // Opcional
      void set(T o);                   // Opcional
      void add(T o);                   // Opcional
}
```

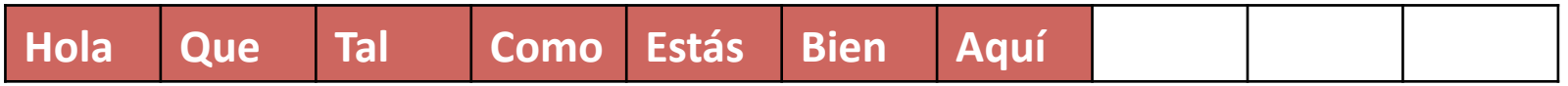
Implementaciones de `List<T>`

- **`java.util`** proporciona tres implementaciones de `List<T>`:
  - `ArrayList<T>`
    - ✓ Array redimensionable dinámicamente.
    - ✓ Inserción y eliminación (al principio) ineficientes.
    - ✓ Creación y consulta rápidas.
  - `Vector<T>`
    - ✓ Array redimensionable dinámicamente.
    - ✓ Operaciones concurrentes no comprometen su integridad (*thread-safe*).
  - `LinkedList<T>`
    - ✓ Lista (doblemente) enlazada.
    - ✓ Inserción rápida, acceso aleatorio ineficiente.
- Constructores:
  - Sin argumentos o con una colección como parámetro.
  - `ArrayList<T>` y `Vector<T>` tienen un tercer constructor en el que se puede indicar la capacidad inicial.
- Métodos especiales de `LinkedList<T>`:

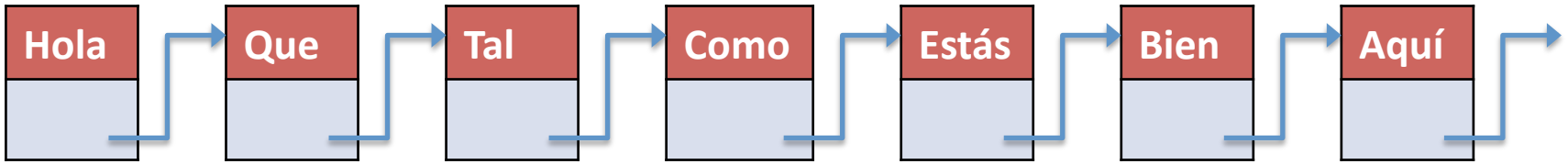
```
void addFirst(T o)
void addLast(T o)
T getFirst()
T getLast()
T removeFirst()
T removeLast()
```

Implementaciones de `List<T>`

`ArrayList` `Vector`



`LinkedList`



Ejemplo: uso de List<T>

```
import java.util.*;

public class Shuffle {
        public static void main(String args[]) {
                // creamos la lista original
                List<String> original = new ArrayList<String>();
                for (String arg : args) {
                        original.add(arg);
                }
                // creamos la copia y la desordenamos
                List<String> duplicado = new ArrayList<String>(original);
                Collections.shuffle(duplicado, new Random());
                // comparamos las dos copias con sendos iteradores
                ListIterator<String> iterOriginal = original.listIterator();
                ListIterator<String> iterDuplicado = duplicado.listIterator();
                int mismoSitio = 0;
                while (iterOriginal.hasNext()) {
                        if (iterOriginal.next().equals(iterDuplicado.next())) {
                                mismoSitio++;
                        }
                }
                //mostramos el resultado en pantalla
                System.out.println(
                        duplicado + ": " + mismoSitio + " en el mismo sitio.");
        }
}
```

SALIDA: **> java Shuffle uno dos tres cuatro cinco**
[cinco, dos, uno, tres, cuatro]: 1 en el mismo sitio.

La interfaz **Queue<T>**

```
public interface Queue<T> extends Collection<T> {

   // Obtener el primero sin quitarlo
   T element();        // NoSuchElementException si está vacía

   T peek();           // null si está vacía

   // Eliminar el primero (y devolverlo)
   T remove();         // NoSuchElementException si está vacía

   T poll();           // null si está vacía

   // Introducir un elemento
   boolean add(T e);  // IllegalStateException si no cabe

   boolean offer(T e);   // false si no cabe
}
```

- La clase **`LinkedList<T>`** implementa esta interfaz.

La interfaz `Map<K,V>`

- `Map<K,V>` define aplicaciones (*mappings*) de claves a valores.
  - Las claves son únicas (se controla con `equals()`).
  - Cada clave puede emparejarse con a lo sumo un valor.
- Una aplicación no es una colección, y por esto la interfaz `Map<K,V>` no hereda de `Collection<T>`. Sin embargo, una aplicación puede ser vista como una colección de varias formas:
  - un conjunto de claves,
  - una colección de valores, o
  - un conjunto de pares <clave, valor>.
- Como en `Collection<T>`, algunas de las operaciones son *opcionales*, y si se invoca una operación no implementada se lanza la excepción `UnsupportedOperationException`.
  - Las implementaciones del paquete **`java.util`** implementan todas las operaciones.
- Dos implementaciones: `HashMap<T>` y `Hashtable<T>` (*thread-safe*).
  - Con constructores estándares,
    - con una aplicación, y
    - otros en los que se puede especificar capacidad y factor de carga.

La interfaz **Map<K , V>**

```
public interface Map<K,V> {
   // Operaciones básicas
   V put(K key, V value);   // opcional
   V get(Object key);
   V remove(Object key);    // opcional
   boolean containsKey(Object key);
   boolean containsValue(Object value);
   int size();
   boolean isEmpty();

   // Operaciones con grupos de elementos
   void putAll(Map<? extends K,? extends V> t);// opcional
   void clear();    // opcional

   // Vistas como colecciones
   public Set<K> keySet();
   public Collection<V> values();
   public Set<Map.Entry<K,V>> entrySet();

   // Interfaz para los pares de la aplicación
   public interface Entry<K,V> {
        K getKey();
        V getValue();
        V setValue(V value);
   }
}
```

Ejemplo: Map<K,V>

```
import java.util.*;

public class Frecuencias {
   public static void main(String[] args) {
    Map<Integer, Integer> frecs = new HashMap<Integer, Integer>();
    for (String arg : args) {
        // Incr. la frec. de la cad., o la pone a 1 si es la 1ª
        int valor = Integer.parseInt(arg);
        Integer frec = frecs.get(valor);
        if (frec == null) {
            frecs.put(valor, 1);
        } else {
            frecs.put(valor, frec + 1);
        }
    }
    // Mostramos frecs. iterando sobre el conjunto de claves
    for (Integer valor : frecs.keySet()) {
        int frec = frecs.get(valor);
        char[] barra = new char[frec];
        Arrays.fill(barra, '*');
        System.out.println(valor + ":\t" + new String(barra));
    }
   }
}
```

```
java Frecuencias 5 4 32 3 4 3 2 3 4 2 5 2 3
```

```
5:      **
4:      ***
3:      ****
2:      ***
32:     *
```

Clases ordenables

- Una clase puede especificar una relación de orden por medio de:
  - la interfaz **`Comparable<T>`** (*orden natural*)
  - la interfaz **`Comparator<T>`** (*orden alternativo*)
- Sólo es posible definir un orden natural, aunque pueden especificarse varios órdenes alternativos.
  - El orden natural se define en la propia clase.

```
public class Persona implements Comparable<Persona> {
 ...
}
```

  - Cada uno de los órdenes alternativos debe implementarse en una clase diferente.

```
public class SatPersona implements Comparator<Persona> {
 ...
}
public class OrdPersona implements Comparator<Persona> {
 ...
}
```

- Si se intentan comparar dos objetos no comparables se lanza una excepción **`ClassCastException`**.

La interfaz `Comparable<T>`

```
public interface Comparable<T> {
    public int compareTo(T o);
}
```

- *Orden natural* para una clase.

negativo	si receptor	menor	que o
cero	si receptor	igual	que o
positivo	si receptor	mayor	que o

- **`compareTo()`** *no debe* entrar en contradicción con **`equals()`**.
- Muchas de las clases estándares en la API de Java implementan esta interfaz:

Clase	Orden natural
`Byte`, **`Long`**, **`Integer`**, **`Short`**, **`Double`** y **`Float`**	numérico
`Character`	numérico (sin signo)
`String`	lexicográfico
`Date`	cronológico
`...`	

La interfaz **`Comparator<T>`**

- Las clases que necesiten una relación de orden distinta del orden natural han de utilizar clases "satélite" que implementen la interfaz **`Comparator<T>`**.

```
public interface Comparator<T> {
   int compare(T o1, T o2);
}
```

$$\begin{cases} \text{negativo} & \text{si o1 menor que o2} \\ \text{cero} & \text{si o1 igual que o2} \\ \text{positivo} & \text{si o1 mayor que o2} \end{cases}$$

- **`compare()`** *no debe* entrar en contradicción con **`equals()`**.

Ejemplo: clase Persona

```
import java.util.*;
public class Persona implements Comparable<Persona> {
  private String nombre;
  private int edad;
  public Persona(String nombre, int edad) {
        this.nombre = nombre;
        this.edad = edad;
  }
  public String nombre() {
        return nombre;
  }
  public int edad() {
        return edad;
  }
  public boolean equals(Object obj) {
        return  obj instanceof Persona &&
                nombre.equals(((Persona) obj).nombre) &&
                edad == ((Persona) obj).edad;
  }
  public int hashCode() {
        return (nombre.hashCode()+ (new Integer(edad)).hashCode())/2;
  }
  ...
```

Persona implementa Comparable<Persona>

```
    ...
    // Se comparan por edad, y a igualdad de edad, por nombres
    public int compareTo(Persona p) {
        int resultado = 0;
        if (edad == p.edad) {
            resultado = nombre.compareTo(p.nombre);
        } else {
            resultado = (new Integer(edad)).compareTo(p.edad);
        }
        return resultado;
    }
}
```

OrdenPersona implementa Comparator<Persona>

```
import java.util.*;

public class OrdenPersona implements Comparator<Persona> {
   // Se comparan por nombres, y a igualdad de nombres, por edad
   public int compare(Persona p1, Persona p2) {
      int resultado = p1.nombre().compareTo(p2.nombre());
      if (resultado == 0) {
         if (p1.edad() != p2.edad()) {
              resultado = (new Integer(p1.edad())).compareTo(p2.edad());
         }
      }
      return resultado;
   }
}
```

La clase **`Persona`** debe disponer de los métodos **`edad()`** y **`nombre()`.**

Conjuntos y aplicaciones ordenadas

- Sabemos que una clase puede especificar una relación de orden por medio de:
  - la interfaz `Comparable<T>` (*orden natural*)
  - la interfaz `Comparator<T>` (*orden alternativo*)
- Estas relaciones se utilizan en conjuntos y aplicaciones ordenadas así como en algoritmos de ordenación.
  - Los objetos que implementan un orden natural o alternativo pueden ser utilizados:
    - como elementos de un conjunto ordenado (`SortedSet<T>`)
    - como claves en una aplicación ordenada (`SortedMap<K,V>`), o
    - en listas ordenables con los métodos `Collections.sort(...)`, …
  - Por defecto, cuando se requiere una relación de orden se utiliza el orden natural (es decir, el definido en la interfaz `Comparable<T>`).
  - En cualquier caso, es posible indicar un objeto "satélite" (es decir, que implemente la interfaz `Comparator<T>`) para ordenar por la relación alternativa que define en lugar de usar el orden natural.

La interfaz `SortedSet<T>`

- Extiende `Set<T>` para proporcionar la funcionalidad para conjuntos con elementos ordenados.
- El orden utilizado es:
  - el orden natural, o
  - el alternativo dado en un `Comparator<T>` en el constructor.
- **`java.util`** proporciona la siguiente implementación:
  - `TreeSet<T>`
    - Utiliza árboles binarios equilibrados.
    - Búsqueda y modificación más lenta que en `HashSet<T>`.
    - Constructores:
      - `TreeSet()` `// Orden natural`
      - `TreeSet(Comparator<? super T> o)` `// Orden alternativo o`
      - `TreeSet(Collection<? extends T> c)` `// Orden natural`
      - `TreeSet(SortedSet<T> s)` `// Mismo orden que s`

La interfaz `SortedSet<T>`

```
public interface SortedSet<T> extends Set<T> {
   // Vistas de rangos
   SortedSet<T> headSet(T toElement);
   SortedSet<T> tailSet(T fromElement);
   SortedSet<T> subSet(T fromElement, T toElement);

   // elementos mínimo y máximo
   T first();
   T last();

   // acceso al comparador
   Comparator<? super T> comparator();
}
```

Devuelve el `Comparator<T>` asociado con el conjunto ordenado, o `null` si éste usa el orden natural.

La interfaz SortedMap<K,V>

- Extiende `Map<K,V>` para proporcionar la funcionalidad para aplicaciones con claves ordenadas.
- El orden utilizado es:
  - el orden natural, o
  - el alternativo dado en un `Comparator<K>` en el momento de la creación.
- **`java.util`** proporciona la siguiente implementación:
  - `TreeMap<K,V>`
    - Utiliza árboles binarios equilibrados.
    - Búsqueda y modificación más lenta que en `HashMap<K,V>`.
    - Constructores:
      - `TreeMap()` `// Orden natural`
      - `TreeMap(Comparator<? super K> o)` `// Orden alternat. o`
      - `TreeMap(Map<? extends K,? super V> c)` `// Orden natural`
      - `TreeMap(SortedMap<K,? extends V> s)` `// Mismo orden que s`

La interfaz **SortedMap<K,V>**

```
public interface SortedMap<K,V> extends Map<K,V>{
  // Vistas de rangos
  SortedMap<K,V> headMap(K toKey);
  SortedMap<K,V> tailMap(K fromKey);
  SortedMap<K,V> subMap(K fromKey, K toKey);

  // claves mínima y máxima
  T firstKey();
  T lastKey();

  // acceso al comparador
  Comparator<? super K> comparator();
}
```

Ejemplo: frecuencias
SortedMap<K,V>

```
import java.util.*;

public class Frecuencias {
    public static void main(String[] args) {
     SortedMap<Integer,Integer> mFrecs = new TreeMap<Integer,Integer>();
     for (String arg : args) {
          // Incr. la frec. de la cad., o la pone a 1 si es la 1ª
          int num = Integer.parseInt(arg);
          Integer frec = mFrecs.get(num);
          if (frec == null) {
               mFrecs.put(valor, 1);
          } else {
               mFrecs.put(valor, frec + 1);
          }
     }
     // Muestra frecs. de subrango iterando sobre conj. ordenado de entradas
     SortedMap<Integer,Integer> subFrecs = mFrecs.subMap(1, 10);
     for (Map.Entry<Integer,Integer> entrada : subFrecs.entrySet()) {
          int valor = entrada.getKey();
          int frec = entrada.getValue();
          char[] barra = new char[frec];
          Arrays.fill(barra, '*');
          System.out.println(valor + ":\t" + new String(barra));
     }
    }
}
```

```
java Frecuencias  5 4 32 3 4 3 2 3 4 2 5 2 3
```

```
2:      ***
3:      ****
4:      ***
5:      **
```

Ejemplo: Contar posiciones

SortedMap<K,V>

```
import java.util.*;

public class Posiciones{
    public static void main(String[] args) {
     SortedMap<Integer,List<Integer>> mPos = new TreeMap<Integer,List<Integer>>();
     for (int i = 0; i < args.length; i++) {
          int num = Integer.parseInt(args[i]);
          // Buscamos la lista asociada a num en mPos
          List<Integer> lPos= mPos.get(num);
          if (lPos == null) {
               lPos = new ArrayList<Integer>();  // se crea lPos
               mPos.put(num,lPos)                // y se asigna a num en mPos
          }
          // PosCondición: lPos existe y está asociado a num en mPos
          lPos.add(i);
     }
     for (Map.Entry<Integer,Integer> entrada : mPos.entrySet()) {
          int num = entrada.getKey();
          List<Integer> lPos = entrada.getValue();
          System.out.println(num + ":\t" + lPos);
     }
    }
}
```

```
java Posiciones  5 4 32 3 4 3 2 3 4 2 5 2 3
```

```
2:      [6, 9, 11]
3:      [3, 5, 7, 12]
4:      [1, 4, 8]
5:      [0, 10]
32:     [2]
```

Añadiendo funcionalidad. Decoradores

- Las clases decoradoras permiten añadir funcionalidad a las colecciones y aplicaciones:
  - Seguras contra tipos (comprobación dinámica de tipos)
  - Seguras ante tareas (*Thread-safe*)
  - No modificables
- La clase `Collections` proporciona métodos factoría para ello:

```
<E> Collection<E>   synchronizedCollection(Collection<E> c, Class<E> type)

<E> List<E>   synchronizedList(List<E> c, Class<E> type)

<K,V> Map<K,V>
   synchronizedMap(Map<K,V> c, Class<K> keyType, Class<V> valueType)

<E> set<E>   synchronizedSet(Set<E> c, Class<E> type)

<K,V> SortedMap<K,V>
   synchronizedSortedMap(SortedMap<K,V> c,
                         Class<K> keyType, Class<V> valueType)

<E> SortedSet<E>    synchronizedSortedSet(SortedSet<E> c, Class<E> type)


<E> Collection<E>    unmodificableCollection(Collection<E>)
...
```

La clase Arrays I

- Contiene métodos estáticos que implementan algoritmos sobre arrays de elementos de tipo básico u `Object`.

`Tipo` representa un tipo básico u `Object`

```
static int binarySearch(Tipo [] ar, Tipo key);
```

- Devuelve el índice de la posición del elemento `key` en `ar`.
- Devuelve `-pi-1` si `key` no está, donde `pi` es la posición en la que se debería insertar para mantener `ar` ordenado.

- También existe una versión en la que se puede proporcionar un objeto `Comparator`:

```
static <T> int binarySearch(T[] ar, T key,
                            Comparator<? super T> c);
```

La clase Arrays II

```
static void fill(Tipo [] ar, Tipo key);
```

- Asigna el valor `key` a cada elemento de `ar`.

```
static void sort(Tipo[] ar)
```

- Ordena el array `ar` según el orden natural de los elementos.

- También existe una versión en la que se puede proporcionar un objeto `Comparator`:

```
static <T> void sort(T[] ar, Comparator<? super T> c);
```

- El método que devuelve la representación textual de un array:

```
static String toString(Tipo[] ar);
```