Objetos y Clases

El desarrollo de un sistema de software comienza con la elaboración de un **modelo del problema** a resolver. A medida que se avanza en el proceso de desarrollo se obtiene un **modelo de la solución del problema.**

Un **modelo** es una representación que permite describir, explicar, analizar o simular un sistema o proceso a partir de sus entidades relevantes y el modo en que se relacionan. Existen distintos **tipos de modelos**. Una maqueta de un estadio de fútbol es un modelo físico. Un sistema de ecuaciones que describe el equilibrio en la resistencia de los materiales con los cuales se construyen las plateas, es un modelo matemático. Un plano catastral que muestra un terreno y sus límites, es un modelo gráfico. También son representaciones gráficas los planos del sistema de iluminación y el plano de alzada de los vestuarios.

El mecanismo fundamental que se utiliza para elaborar un modelo es la **abstracción**. Una abstracción se genera a partir de una serie de operaciones mentales que permiten **identificar** entidades y caracterizarlas de acuerdo a sus propiedades y al modo en que interactúan con las demás. Una misma entidad puede ser caracterizada de diferentes maneras según qué propiedades se consideren esenciales y qué nivel de detalle se pretenda en la representación.

En un modelo del sistema solar, por ejemplo, algunas de las entidades relevantes son el Sol, la Luna, Mercurio, Venus, Tierra, Marte, Júpiter, Saturno, Urano, Neptuno, Plutón, Ceres. Algunas propiedades de la Tierra son el radio, la masa, el período orbital, el período de rotación y la atmósfera. La Tierra puede rotar sobre sí misma y trasladarse siguiendo una órbita alrededor del Sol.

Otro mecanismo fundamental para la construcción de modelos es la **clasificación**. Una clasificación se genera a partir de una serie de operaciones mentales que permiten **agrupar** entidades en función de sus **semejanzas** y **diferencias**. Las semejanzas o diferencias se establecen en función de diferentes **criterios**. El criterio de clasificación va a estar ligado a las propiedades que se identificaron como relevantes.

En el modelo del sistema solar, Mercurio, Venus, Tierra, Marte, Júpiter, Saturno, Urano y Neptuno pueden agruparse en la clase Planeta. Todas las entidades de la clase Planeta se caracterizan por las mismas propiedades, aunque los valores para cada propiedad van a variar de una entidad a otra. La clase Planeta es un patrón para las entidades Mercurio, Venus, Tierra, Marte, Júpiter, Saturno, Urano y Neptuno.

La capacidad para clasificar entidades se desarrolla de manera natural en la infancia a través del contacto con objetos concretos. Se refuerza progresivamente y se especializa a medida que aumenta el conocimiento en un determinado dominio.

El **principio fundamental del paradigma de programación orientada a objetos** es **construir un sistema de software** en base a las entidades de un **modelo** elaborado a partir de un proceso de abstracción y clasificación.

El concepto de objeto

El término **objeto** es central en la programación orientada a objetos y se refiere a dos conceptos relacionados pero diferentes**.**

Durante el **desarrollo de requerimientos** de un sistema de software el **analista** es responsable de identificar los **objetos del problema** y caracterizarlos a través de sus **atributos**. En la etapa de diseño se completa la representación modelando también el **comportamiento** de los objetos.

Un **objeto del problema** es una entidad, física o conceptual, caracterizada a través de **atributos** y **comportamiento**. El comportamiento queda determinado por un conjunto de **servicios** que el objeto puede brindar y un conjunto de **responsabilidades** que debe asumir.

Cuando el sistema de software está en ejecución, se crean objetos de software.

Un **objeto de software** es un **modelo**, una representación de un objeto del problema. Un objeto de software tiene una **identidad** y un **estado interno** y recibe **mensajes** a los que responde ejecutando un **servicio**. El estado interno mantiene los valores de los atributos.

Los objetos se comunican a través de mensajes para solicitar y brindar servicios**.** La ejecución de un servicio puede modificar el estado interno del objeto que recibió el mensaje y/o computar un valor.

El **modelo computacional** propuesto por la programación orientada a objetos es un mundo poblado de objetos comunicándose a través de mensajes.

La ejecución se inicia cuando un objeto recibe un **mensaje** y en respuesta a él envía mensajes a otros objetos.

Caso de Estudio: Identificación de los objetos en un Sistema de Gestión Hospitalaria

En un hospital se mantiene la historia clínica de cada paciente, incluyendo nombre, sexo, fecha de nacimiento, obra social, etc. Las historias clínicas registran además información referida a cada práctica de diagnóstico, por ejemplo las radiografías. Cada radiografía incluye una imagen, que puede representarse como un conjunto de pixels. Un pixel es la menor unidad homogénea en color en una imagen digital.

Durante el desarrollo del sistema de Gestión Hospitalia, se identifican como objetos del problema a las historias clínicas. Cada historia clínica tiene varios atributos, entre ellos el paciente. Cada paciente es a su vez un objeto, cuyos atributos pueden ser nombre, sexo, fecha de nacimiento, obra social, etc. La fecha de nacimiento es un objeto, cuyos atributos son día, mes y año.

Una radiografía realizada a un paciente es un tipo particular de procedimiento de diagnóstico, con un atributo imagen. Una imagen es en sí misma un objeto, cuyo principal atributo es un conjunto de pixels. Cada pixel es un objeto, cuyos atributos son tres números enteros. El aparato con el que se realiza el procedimiento es un objeto conceptual, como también lo son el médico que ordena la realización del procedimiento, la enfermera que la registra en la historia clínica y el técnico que la hace.

La medición de la presión arterial es otro tipo de procedimiento de diagnóstico, con atributos para registrar el valor máximo y mínimo. El conjunto de registros de presión arterial de un paciente es un objeto formado por otros objetos.

En un momento determinado de la ejecución del sistema de Gestión del Hospital, se mantendrá en memoria un objeto de software que modelará a una historia clínica en particular. Algunos de los atributos serán a su vez objetos.

La palabra **objeto** se utiliza entonces para referirse a:

- Los **objetos del problema**, es decir, las entidades identificadas durante el desarrollo de requerimientos o el diseño: cada historia clínica, paciente, radiografía, imagen, pixel, registro de presión arterial, etc.
- Los **objetos de software**, esto es, cada representación que modela en ejecución a una entidad del problema: cada historia clínica, paciente, radiografía, imagen, pixel, registro de presión arterial, etc.

Una vez que se han identificado los objetos del problema es posible concentrarse en la especificación de algunos de ellos en particular.

Caso de Estudio: Especificación de Requerimientos de Medición de la presión arterial

*La **presión arterial** es la fuerza de presión ejercida por la sangre circulante sobre las arterias y constituye uno de los principales **signos vitales** de un paciente. Se mide por medio de un esfigmomanómetro, que usa la altura de una columna de mercurio para reflejar la presión de circulación. Los valores de la presión sanguínea se expresan en kilopascales (kPa) o en milímetros del mercurio (mmHg). Para convertir de milímetro de mercurio a kilopascales el valor se multiplica por 0,13.*

*La presión **sistólica** se define como el **máximo** de la curva de presión en las arterias y ocurre cerca del principio del ciclo cardíaco durante la sístole o contracción ventricular; la presión **diastólica** es el valor **mínimo** de la curva de presión en la fase de diástole o relajación ventricular del ciclo cardíaco. La **presión de pulso** refleja la diferencia entre las presiones máxima y mínima medidas. Estas medidas de presión no son estáticas, experimentan variaciones naturales entre un latido del corazón a otro a través del día y tienen grandes variaciones de un individuo a otro.*

La hipertensión se refiere a la presión sanguínea que es anormalmente alta, y se puede establecer un umbral para la máxima y otro para la mínima que permitan considerar una situación de alarma.

Desarrollar el sistema completo para la Gestión del Hospital de manera integrada es una tarea compleja, que probablemente demandará la participación de un equipo de profesionales con diferentes roles. La complejidad se reduce si durante la etapa de diseño se divide el problema en subproblemas más simples que el problema original. La especificación de la presión arterial de un paciente es un problema de pequeña escala, con relación al problema global de desarrollar un sistema de Gestión para el Hospital. Sin embargo, establecer adecuadamente los requerimientos es una tarea fundamental, aun para problemas simples.

El concepto de clase

Durante el desarrollo de requerimientos de un sistema de software se identifican los objetos relevantes del **problema**, se los caracteriza a través de sus atributos y se los agrupa en **clases**. Todos los objetos que son instancias de una clase van a estar caracterizados por los mismos atributos. En la etapa de diseño se especifica el comportamiento de los objetos y probablemente se agregan nuevas clases significativas para la **solución** del problema.

> Desde el punto de vista del diseño de un sistema de software, una **clase** es un *patrón* que establece los atributos y el comportamiento de un conjunto de objetos.

Durante la implementación, el programador escribe el código de cada clase en un lenguaje de programación.

En la implementación de un sistema de software una **clase** es un **módulo de software** que puede construirse, verificarse y depurarse con cierta independencia a los demás.

Así, un **sistema de software orientado a objetos** es una **colección de módulos de código**, cada uno de los cuales implementa a una de las clases modeladas en la etapa de diseño. En la ejecución del sistema se crean **objetos de software**, cada uno de ellos es instancia de una clase.

Desde el punto de vista **estático** un **sistema de software orientado a objetos** es una **colección de clases** relacionadas. Desde el punto de vista **dinámico** un **sistema de software orientado a objetos** es un **conjunto de objetos** comunicándose.

Cada objeto brinda el conjunto de servicios que define su clase.

El diseño de una clase

Durante el desarrollo de requerimientos el **analista** construye un **diagrama de clases** que modela el **problema**. El **diseñador** del sistema completa el diagrama de clases para modelar la **solución**.

Un **diagrama de clases** es una representación visual que permite modelar la estructura de un sistema de software a partir de las clases que lo componen.

El diagrama de clases se construye usando un **lenguaje de modelado**. El diagrama de cada clase en el lenguaje de modelado tiene la siguiente forma:

<Nombre>
<<Atributos>> …
<<Constructores>> … <<Comandos>> … <<Consultas>> …
<<Responsabilidades>> …

El **nombre** de una clase representa la abstracción del conjunto de instancias. Por lo general es un sustantivo y debe elegirse cuidadosamente para representar al conjunto completo.

Un **atributo** es una propiedad o cualidad relevante que caracteriza a todos los objetos de una clase.

Es posible distinguir los **atributos de clase** de los **atributos de instancia**. En el primer caso, el valor es compartido por todos los objetos que son instancias de la clase. Los valores de los atributos de instancia varían en cada objeto.

Un **servicio** es una operación que todas las instancias de una clase pueden realizar.

Los **servicios** pueden ser **métodos** o **constructores**. Los métodos pueden ser **comandos** o **consultas**.

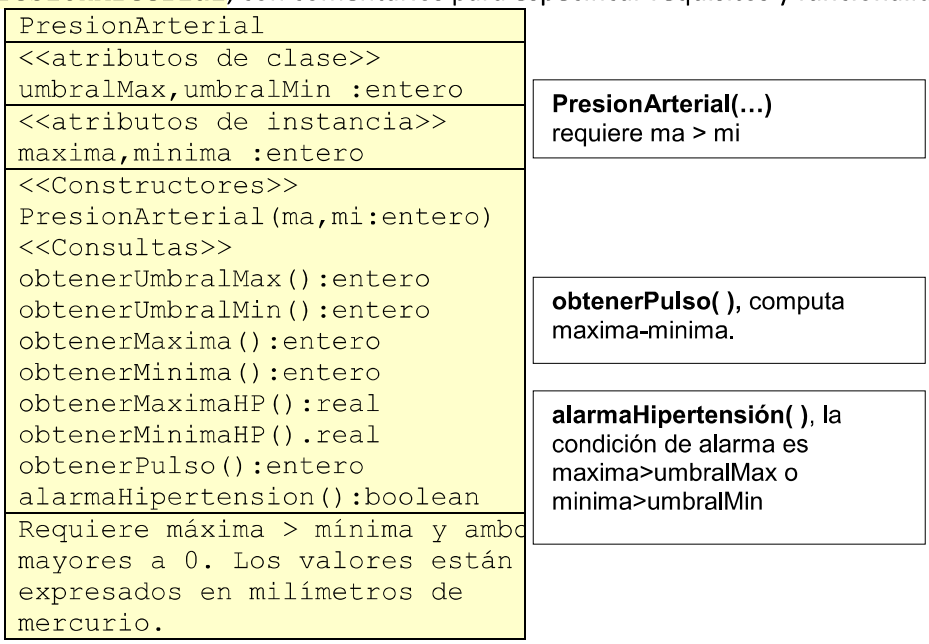
Una **responsabilidad** representa un compromiso para la clase o un requerimiento.

El conjunto de servicios y las responsabilidades determinan el **comportamiento** de las instancias de una clase.

Al diagrama de una clase se le pueden agregar **notas** o **comentarios** que describan **requisitos** o la **funcionalidad**. Pueden dibujarse mediante un rectángulo y pueden tener la esquina superior derecha plegada, como si fuera una hoja. Se puede unir con una línea al elemento de la clase al cual corresponde la nota. Alternativamente los requisitos y la funcionalidad de cada servicio puede especificarse como parte de la descripción del problema o a continuación del diagrama.

Caso de Estudio: Diagrama de la clase PresionArterial

Retomando el caso de estudio propuesto, el siguiente diagrama modela la clase `PresionArterial`, con comentarios para especificar requisitos y funcionalidad.



Los comentarios podrían reemplazarse por especificaciones como:

PresionArterial(ma,mi:entero): Inicializa los valores de los atributos con los parámetros. Requiere `ma` > `mi`.
obtenerPulso( ): computa`maxima`-`minima`. Los valores están representados en milímetros de mercurio.

alarmaHipertensión( ): retorna true si `maxima`>`umbralMax` o `minima`>`umbralMin`.

La clase `PresionArterial` es un **patrón** para cada medición que se va a representar. El diseñador decidió que es relevante representar la máxima y la mínima de cada medición. En la caracterización interesa también conocer el pulso, pero el diseñador resolvió que este valor no se mantenga como un atributo, sino que se calcule como la diferencia entre la máxima y la mínima.

De acuerdo a esta propuesta, en el momento que se crea una medición se establecen los valores de los dos atributos de instancia. El diseñador decidió que la clase `PresionArterial` requiera que la clase que la usa se haga responsable de garantizar que los valores cumplen ciertas restricciones, en este caso que la máxima sea mayor que la mínima.

El caso de estudio presentado forma parte de una aplicación de gran escala. La implementación de la clase `PresionArterial` es una solución para un subproblema, que luego va a integrarse con otras para resolver el problema global. Así, los beneficios de la programación orientada a objetos, que pueden pasar desapercibidos cuando se abordan problemas de pequeña escala, quedarán mejor ilustrados si se considera cada solución en el contexto de una aplicación de mayor envergadura.

La implementación de una clase

En la etapa de implementación de un sistema de software el programador parte del documento elaborado por el diseñador y escribe el código de cada clase del diagrama. La implementación requiere elegir un **lenguaje de programación**. Un lenguaje orientado a objetos permite retener durante la implementación la organización de las clases modeladas durante el desarrollo de requerimientos y la etapa de diseño.

En este libro se ha elegido **Java** como lenguaje de programación y se adoptaron algunas convenciones para el código. En particular el código de cada clase mantiene la estructura de cada diagrama:

<Nombre>
<<Atributos>> …
<<Constructores>> … <<Comandos>> … <<Consultas>> …
<<Responsabilidades>> …

```
class <Nombre>{
//Atributos de clase
…
//Atributos de instancia
…
//Constructores
…
//Comandos
…
//Consultas
…
}
```

La palabra reservada `class` está seguida por un identificador que es el nombre de la clase. Java es libre de la línea y sensible a las minúsculas y mayúsculas. Las { } son los delimitadores de cada unidad de código. Existen otros delimitadores como los corchetes y los paréntesis. El símbolo // precede a un comentario de una línea. Los símbolos /* */ delimitan a un comentario de varias líneas. El símbolo ; termina cada instrucción.

Los **miembros** de una clase son **atributos** y **servicios**. Manteniendo la misma clasificación que la propuesta por el lenguaje de modelado, los atributos pueden ser de clase o de instancia. Los servicios pueden ser constructores, comandos o consultas. En todos los casos están formados por un encabezamiento y un bloque de instrucciones delimitado por llaves.

Los atributos se definen a través de la declaración de variables. En la declaración de una variable, el tipo precede al nombre de la variable. Un **tipo elemental** determina un conjunto de valores y un conjunto de operaciones que se aplican sobre estos valores. En ejecución, una **variable de un tipo elemental** mantiene un **valor** que corresponde al tipo y participa en las operaciones establecidas por su tipo.

Java brinda siete tipos de datos elementales. Una variable de un tipo elemental se utiliza como operando en cualquier **expresión** en la que se apliquen **operadores** con los cuales su

tipo sea compatible. El mecanismo de **conversión implícito** entre tipos elementales permite escribir **expresiones mixtas**, esto es, con operandos de distinto tipo.

Un **constructor** es un **servicio** provisto por la clase y se caracteriza porque recibe el mismo nombre que la clase. El constructor se invoca cuando se crea un objeto y habitualmente se usa para inicializar los valores de los atributos de instancia. Una clase puede brindar varios constructores, siempre que tengan diferente número o tipo de parámetros.

Si en una clase no se define explícitamente un constructor, el compilador crea automáticamente uno, en ese caso los atributos son inicializados **por omisión**. Si la clase incluye uno o más constructores, el compilador no agrega ningún otro.

Los **comandos** son servicios que modifican los valores de uno o más de los atributos del objeto que recibe el mensaje. Las **consultas** son servicios que no modifican el estado interno del objeto que recibe el mensaje y por lo general retornan un valor. Un comando puede retornar también un valor. Los comandos y consultas conforman los **métodos** de una clase.

Cada método está precedido por el **tipo del resultado**. Si el tipo es `void` el método es un comando. Si el tipo no es `void` el método debe incluir una instrucción de retorno. La instrucción de retorno comienza con la palabra `return` y sigue con una expresión que debe ser **compatible** con el tipo del resultado.

Una implementación para la clase `PresionArterial`, cuyo diseño se presentó en la sección anterior, puede ser:

Caso de Estudio: El código de la clase PresionArterial

```
class PresionArterial {
//Valores representados el milímetros de mercurio
//Atributos de clase
private static final int umbralMax=120;
private static final int umbralMin=80;
//Atributos de instancia
private int maxima;
private int minima;
//Constructor
public PresionArterial(int ma,int mi){
//Requiere ma > mi
  maxima = ma;
  minima = mi;}
//Consultas
public int obtenerUmbralMax(){
  return umbralMax;}
public int obtenerUmbralMin(){
  return umbralMin;}
public int obtenerMaxima(){
  return maxima;}
public int obtenerMinima(){
  return minima;}
public double obtenerMaximaHP(){
//Convierte a hectopascales
  return maxima*0.13;}
public double obtenerMinimaHP(){
//Convierte a hectopascales
  return minima*0.13;}
public int obtenerPulso(){
```

```
  return maxima-minima;}
public boolean armaHipertension(){
 return maxima > umbralMax || minima > umbralMin;}}
```

Algunas convenciones adoptadas en este libro para favorecer la legibilidad:

- La primera letra del nombre de la clase se escribe en mayúscula y por lo tanto también el nombre del constructor.
- La primera letra del nombre de atributos y métodos se escribe con minúscula. Se separan las palabras de un identificador escribiendo la inicial de todas las palabras, excepto la primera, con mayúscula. Por ejemplo, `umbralMax` u `obtenerUmbralMax`
- Se escriben como comentarios las notas y responsabilidades del diagrama de clases, excepto cuando resultan evidentes del código como por ejemplo el cálculo del pulso.
- Se usan comentarios para identificar las secciones en las que se definen los atributos, constructores, comandos y consultas.
- Los nombres de las consultas que retornan el valor de un atributo comienzan con la palabra `obtener`. En el caso de que la clase brinde comandos para modificar el valor de un atributo, sus nombres comenzarán con la palabra `establecer`. Otra posibilidad es mantener la convención en inglés usando los prefijos `get` y `set`.

Cada atributo queda ligado a una variable. En este caso de estudio, ambos atributos se declaran de un tipo elemental. La palabra reservada `private` es un **modificador**, indica que las variables `umbralMax`, `umbralMin`, `maxima` y `minima` solo son **visibles** y pueden ser usadas dentro de la clase. Fuera de la clase los atributos privados no son visibles.

El modificador `static` establece que todas las instancias de la clase `PresionArterial` comparten el mismo valor para cada umbral. El modificador `final` indica que se trata de valores constantes, establecidos en la declaración.

En este caso de estudio, la clase brinda un único constructor que establece los valores de los atributos de instancia de acuerdo a los parámetros. La clase `PresionArterial` no ofrece comandos para modificar los atributos de instancia.

Aunque la clase no mantiene un atributo de instancia para la presión del pulso, las clases que usan los servicios provistos por `PresionArterial` acceden de manera uniforme a la presión máxima, mínima y a la presión del pulso. Asimismo puede acceder a los valores que corresponden a la presión máxima y mínima expresados en kilopascales, aunque no están ligados a variables, sino que se computan.

Los tipos `int`, `float`, `double` y `boolean` son tipos elementales. La expresión:

```
maxima*0.13
```

recibe un operando de tipo `int` y otro de tipo `float`, el valor del atributo `maxima` se convierte implícitamente antes de computarse el resultado. Como el resultado de `obtenerMaximaHP` es de tipo `double`, el valor computado se convierte antes de retornar.

La instrucción:

```
 return maxima > umbralMax || minima > umbralMinima;
```

retorna un valor de verdad que resulta de computar la expresión booleana. El operador `||` se evalúa en **cortocircuito**, es decir, si la primera expresión computa `true`, no computa la

segunda. En la siguiente instrucción la evaluación es **completa**, esto es, se computan las dos subexpresiones:

```
return maxima > umbralMax | minima > umbralMinima;
```

Ejercicio: Consulte un tutorial de Java para averiguar: los siete tipos elementales provistos, el rango de valores para cada uno, el valor por omisión para cada uno de ellos, las reglas de precedencia de los operadores, el significado de los operadores en cortocircuito, el significado de los operadores aritméticos unarios y combinados (asignación y aritméticos), cuáles son las reglas de conversión implícita y compatibilidad para tipos elementales.

Edición, compilación y ejecución

La edición del código de cada clase se realiza dentro de un **entorno de desarrollo** que integra también recursos para compilar, depurar, ejecutar código y crear aplicaciones autónomas. La sigla IDE se utiliza justamente para referirse a un entorno integrado de desarrollo. Algunas IDEs brindan otros recursos que favorecen el proceso de desarrollo.

El desarrollador edita el **código fuente** de cada clase y luego las **compila**. Una de las clases debe incluir un método con la siguiente signatura:

```
public static void main (String a[])
```

En Java la ejecución comienza cuando se invoca el método `main` de una clase específica. Todas las clases que conforman el sistema deben haberse compilado antes de que se invoque a `main`. La ejecución provocará la creación de algunos objetos de otras clases que recibirán mensajes y probablemente crearán objetos de otras clases.

La verificación y depuración de una clase

Un sistema de software orientado a objetos está conformado por una colección de clases. Cada clase implementada debe ser testeada individualmente antes de integrarse con el resto de las clases que conforman la colección. La verificación de una clase aspira a detectar y depurar errores de **ejecución** o de **aplicación**. Los errores sintácticos o de compilación ya han sido corregidos antes de comenzar la verificación.

Los errores de ejecución provocan la terminación anormal del sistema. Para detectarlos es necesario anticipar distintos **flujos de ejecución**, defiendo **casos de prueba** que conducen a una terminación anormal. Java previene muchos errores de ejecución imponiendo chequeos durante la compilación, sin embargo no controla situaciones como por ejemplo división por 0. En los capítulos que siguen se describen otros tipos de errores de ejecución que es importante detectar y depurar.

Los errores de aplicación, también llamados errores lógicos, son probablemente los más difíciles de detectar, el sistema no termina en forma anormal, pero los resultados no son correctos. La causa puede ser que no se hayan especificado correctamente los requisitos, las funcionalidades o las responsabilidades o bien que el diseñador haya elaborado correctamente la especificación, pero la implementación no sea consistente con ella.

En un sistema de mediana o alta complejidad probablemente los roles de analista, diseñador, desarrollador y responsable de verificación y depuración sean ocupados por diferentes miembros del equipo de desarrollo. Sin embargo, con frecuencia el diseñador define un conjunto de **casos de prueba** que el responsable de la verificación debe utilizar.

En todos los casos el objetivo es detectar y depurar los errores, considerando las responsabilidades asignadas a la clase y la funcionalidad establecida para cada servicio en la especificación de requerimientos. Es importante considerar que la verificación muestra la presencia de errores, no garantiza la ausencia.

Para cada uno de los casos de estudio presentados en este libro, se propone una clase **tester** que verifica los servicios de una o más clases para un conjunto de casos de prueba. Los casos de prueba pueden ser valores:

- Fijos establecidos en el código de la clase tester
- Leídos de un archivo, por consola o a través una interface gráfica
- Generados al azar

Los casos de prueba propuestos aspiran detectar errores internos en el código, no fallas externas al sistema o situaciones que no fueron previstas en el diseño.

La siguiente clase tester utiliza valores fijos e incluye el método `main` que inicia la ejecución:

Caso de Estudio: La clase tester para la clase PresionArterial

```
class testPresion {
public static void main (String a[]){
  PresionArterial mDia;
  PresionArterial mTarde;
  mDia = new PresionArterial (115,60);
  mTarde = new PresionArterial (110,62);
  int p1 = mDia.obtenerPulso();
  int p2 = mTarde.obtenerPulso();

  System.out.println (mDia.obtenerMaxima()+"-"+
    mDia.obtenerMinima()+" pulso "+p1);
  System.out.println (mTarde.obtenerMaxima()+"-"+
    mTarde.obtenerMinima()+" pulso "+p2);}}
```

La compilación de la clase tester exige que la clase `PresionArterial` compile también. Una vez que el compilador no detecta errores es posible invocar el método `main` a partir del cual se inicia la ejecución. Las instrucciones:

```
  PresionArterial mDia;
  PresionArterial mTarde;
```

Declaran dos variables de clase `PresionArterial` y son equivalentes a:

```
  PresionArterial mDia,mTarde;
```

Las instrucciones:

```
  mDia = new PresionArterial (115,60);
  mTarde = new PresionArterial (110,62);
```

Crean dos objetos, cada uno de los cuales queda **ligado** a una variable. La instrucción:

```
  int p1 = mDia.obtenerPulso();
```

envía el mensaje `obtenerPulso()` al objeto ligado a la variable `mDia`. El mensaje provoca la ejecución del método provisto por la clase y retorna un valor de tipo `int` que se asigna a la variable `p1`.

Las instrucciones:

```
  System.out.println (mDia.obtenerMaxima()+"-"+
    mDia.obtenerMinima()+" pulso "+p1);
  System.out.println (mTarde.obtenerMaxima()+"-"+
```

```
    mTarde.obtenerMinima()+" pulso "+p2);
```

provocan una salida por consola. `System` es un objeto que recibe el **mensaje** `out.println`. El parámetro de este mensaje es una **cadena de caracteres,** esto es un objeto de la clase `String`, provista por Java. La cadena se genera **concatenando cadenas de caracteres**.

La expresión `mDia.obtenerMaxima()` envía el mensaje `obtenerMaxima()` al objeto ligado a la variable `mDia`. El mensaje provoca la ejecución del método que tiene ese mismo nombre y retorna un resultado de tipo `int`, que se convierte automáticamente a una cadena de caracteres, antes de concatenarse para formar otra cadena.

Objetos y Referencias

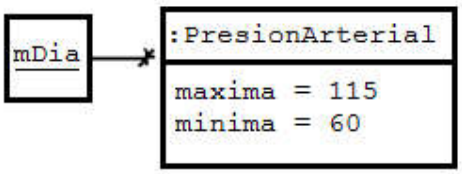
En Java los objetos son **referenciados** a través de variables. La ejecución de la instrucción:

```
  PresionArterial mDia = new PresionArterial(115,60);
```

tiene el siguiente significado:

- Declara la variable `mDia`
- Crea un objeto de clase `PresionArterial`
- Invoca al constructor de la clase `PresionArterial`
- Liga el objeto a la variable `mDia`

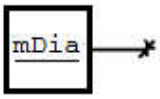
Una variable ligada mantiene una referencia al estado interno de un objeto. El **diagrama de objetos** que modela la ejecución de la instrucción anterior es:



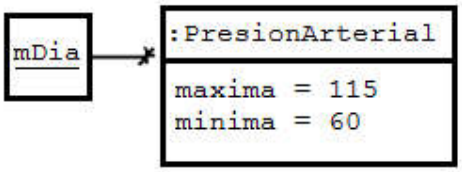
La declaración de la variable puede separarse de la creación del objeto:

```
  PresionArterial mDia;
  mDia = new PresionArterial(115,60);
```

La primera instrucción crea una **referencia nula**, se dice entonces que la variable `mDia` **no está ligada** y puede graficarse como sigue:



La segunda instrucción crea el objeto, invoca al constructor y liga el objeto a la variable. El diagrama es nuevamente:



La variable `mDia` está ligada a un objeto de clase `PresionArterial`, esto es, mantiene una referencia al estado interno del objeto.

En este caso de estudio, el estado interno del objeto ligado a la variable `mDia` está formado por los atributos `maxima` y `minima`. La estructura del estado interno depende de las variables de instancia de la clase, no de los servicios provistos.

Clases y Tipos de Datos

Como se mencionó antes, cuando el analista o el diseñador de un sistema orientado a objetos especifica una clase, establece sus atributos y servicios. Los servicios incluyen constructores y métodos, estos últimos conformados por comandos y consultas. En la implementación, una clase con esta estructura define un **tipo de dato** a partir del cual se pueden **declarar variables**.

Como todo tipo, el tipo definido por una clase establece un **conjunto de valores** y un **conjunto de operaciones**. El conjunto de valores queda determinado por los valores de los atributos, el conjunto de operaciones lo definen los servicios provistos por la clase. Sin embargo, **una variable declarada de un tipo definido por una clase, no mantiene un valor dentro del tipo, sino una referencia a un objeto cuyo estado interno mantiene un valor del tipo.**

Caso de Estudio: Cuenta Corriente Bancaria

Un banco ofrece cajeros automáticos a través de los cuales los clientes pueden realizar depósitos, extracciones y consultar el saldo de su cuenta corriente. En el momento que se crea una cuenta corriente se establece su código y el saldo se inicializa en 0. También es posible crear una cuenta corriente estableciendo su código y saldo inicial. Una cuenta bancaria puede tener un saldo negativo hasta un máximo establecido por el banco, en ese caso la cuenta está "en descubierto". En el momento de la creación el saldo debe ser mayor o igual a cero. El código no se modifica, el saldo cambia con cada depósito o extracción. La clase brinda servicios para decidir si una cuenta está en descubierto, determinar el código de la cuenta con menor saldo entre dos cuentas y determinar cuál es la cuenta con menor saldo, entre dos cuentas.

En el diseño de la solución cada cuenta corriente bancaria se modela mediante el siguiente diagrama:

CuentaBancaria
<<atributos de clase>> maxDescubierto:real <<atributos de instancia>> codigo:entero saldo:real
<<constructores>> CuentaBancaria(c:entero) CuentaBancaria(c:entero,s:float) <<comandos>> depositar(mto:real) extraer(mto:real):boolean <<consultas>> obtenerCodigo():entero obtenerSaldo():entero obtenerMaxDescubierto():entero enDescubierto():boolean toString():String
Para crear una cuenta corriente bancaria codigo > 0 y saldo>=0.

depositar(mto:real)
Requiere mto> 0

extraer(mto:real):boolean
Requiere mto>0
Si mto > saldo+maxDescubierto retorna false y la extracción no se realiza.

La implementación de la clase que modela a una cuenta corriente bancaria es:

```
class CuentaBancaria{
//Atributos de clase
/*Define el monto máximo que se puede extraer sin fondos en la
cuenta*/
private static final int maxDescubierto=1000;
//Atributos de Instancia
/*El codigo se establece al crear la cuenta corriente bancaria  y no
cambia
El saldo va a ser siempre mayor a -maxDescubierto*/
private int codigo;
private float saldo;
// Constructores
public CuentaBancaria(int cod) {
      codigo = cod; saldo = 0;}
public CuentaBancaria(int cod, float sal) {
//Requiere sal>-maxDescubierto
      codigo = cod; saldo = sal;}
// Comandos
public void depositar(float mto){
//Requiere mto > 0
   saldo+=mto;}
public boolean extraer(float mto){
/*si el mto es mayor a saldo+maxDescubierto retorna false y la
extracción no se realiza*/
  boolean puede = true;
  if (saldo+maxDescubierto >= mto)
    saldo=saldo-mto;
  else
    puede = false;
  return puede;}
// Consultas
public int obtenerCodigo(){
```

```
  return codigo;}
public float obtenerSaldo(){
  return saldo;}
public float obtenerMaxDescubierto(){
  return maxDescubierto;}
public boolean enDescubierto(){
  return saldo < 0;}
public String toString(){
    return codigo+" "+saldo;}       }
```

El identificador `CuentaBancaria` está **sobrecargado**, el tipo o número de parámetros debe ser diferente en cada definición del constructor. El primero recibe como parámetro una variable cuyo valor se utiliza para inicializar el código de la cuenta corriente en el momento de la creación. El segundo constructor recibe dos parámetros, cada uno de los cuales inicializa a un atributo de instancia.

La clase `CuentaBancaria` define un tipo de dato a partir del cual es posible declarar variables. Los servicios provistos por la clase conforman el conjunto de operaciones del tipo. El conjunto del valores son todos los pares <c,s> con c>0 y s>-maxDescubierto que pueden mantenerse en el estado interno de cada objeto de clase `CuentaBancaria`.

El siguiente segmento está incluido en el método `main` de una clase tester, responsable de verificar los servicios de `CuentaBancaria`:

```
  CuentaBancaria cb, sm;
  cb =  new CuentaBancaria(111,1000);
  sm = new CuentaBancaria(112);
```

La instrucción:

```
  CuentaBancaria cb, sm;
```

declara dos variables de tipo clase `CuentaBancaria`. El **valor** de las variables `cb` y `sm` es `null`, es decir, ambas mantienen **referencias nulas**.

Las instrucciones:

```
  cb = new CuentaBancaria(111,1000);
  sm = new CuentaBancaria(112);
```

crean dos objetos de clase `CuentaBancaria`. Las variables `cb` y `sm` están ahora ligadas, es decir, el valor de cada variable es una **referencia ligada**.

En la primera instrucción el constructor está seguido de dos parámetros, se invoca entonces el constructor con dos parámetros definido en la clase `CuentaBancaria`. La segunda instrucción provoca la ejecución del primero constructor provisto por la clase.

Cualquiera sea el constructor que se ejecute, el **estado interno** de cada objeto de clase `CuentaBancaria` mantiene dos atributos, `codigo` y `saldo`. Como establece la especificación de requerimientos, el código se inicializa cuando se crea la cuenta corriente bancaria y no cambia.

Clases y Paquetes

Un **paquete** en Java es un contenedor que agrupa un conjunto de clases con características comunes. El uso de paquete favorece en primer lugar la reusabilidad porque permite utilizar clases que ya han sido diseñadas, implementadas y verificadas, fuera del contexto del sistema

que se está desarrollando. También favorece la eficiencia porque el lenguaje brinda un repertorio reducido de recursos, pero permite agregar otros **importando paquetes**.

En el caso de estudio de la Cuenta Corriente Bancaria la clase tester puede implementarse generando valores al azar, dentro de cierto rango:

```
import java.util.Random;
class Simulacion_CuentaBancaria{
public static void main (String[] args) {
  Random gen;
  gen = new Random();
  CuentaBancaria cta =   new CuentaBancaria(111,1000);
  int i = 0; int monto;
  int tipoMov; boolean desc=false;
  while (i<50 && !desc)  {
    i++;
    monto = gen.nextInt(500)+10;
    tipoMov = gen.nextInt(2)+1;
    if (tipoMov==1){
       cta.depositar(monto);
       System.out.println (i+" deposito " +
       monto+" Cuenta "+cta.obtenerCodigo()+
       " "+cta.obtenerSaldo());}
   else
      if (cta.extraer(monto))
           System.out.println (i+" extrajo "+ monto+ " Saldo "
+cta.obtenerSaldo());
      else
        System.out.println (i+" NO pudo extraer "+ monto+ " Saldo "
+cta.obtenerSaldo());}} }
```

La definición de la clase `Simulacion_CuentaBancaria` está precedida por una instrucción que **importa** al paquete `java.util.Random` que ofrece a la clase `Random`. Así, el lenguaje brinda algunos recursos básicos y permite utilizar otros importando los paquetes que los ofrecen.

La clase `Random` define un tipo de dato a partir del cual es posible crear instancias, desconociendo la representación de los datos y la implementación de las operaciones, por ejemplo `nextInt`. Solo se conoce su **signatura**, esto es, el tipo del resultado y el número y tipo de los parámetros.

En el simulador propuesto los valores de las variables `monto` y `tipoMov` se generan al azar. El primero toma valores entre 10 y 510 y el segundo toma los valores 1 o 2. Si `tipoMov` es 1 se realiza un depósito, sino una extracción. La cantidad de movimiento va a ser como máximo 50, aunque puede ocurrir que la variable `desc` tome el valor `true` antes de que `i` sea 50 y en ese caso el bloque iterativo termina.

En cada caso de estudio que requiera de un nuevo paquete, se describen las clases que ofrece. La clase `String`, provista por Java, está incluida dentro de los recursos básicos del lenguaje.

Variables y Alcance

La **declaración** de una variable establece su nombre, su tipo y su **alcance**. Java impone algunos requisitos para los nombres. El tipo puede ser elemental o una clase. El alcance de una

variable determina su **visibilidad**, es decir, el segmento del programa en el cual puede ser nombrada.

En Java una **variable declarada en una clase como atributo de clase o de instancia**, es visible en toda la clase. Si se declara como **privada**, solo puede ser usada dentro de la clase, esto es, el alcance es la clase completa.

En los casos de estudio propuestos en este capítulo los atributos, de instancia y de clase se declaran como privados y solo se usan **atributos de clase** para representar valores **constantes**. En particular, en la clase `CuentaBancaria` las variables `codigo` y `saldo` son los atributos de instancia de la clase y pueden ser usadas en cualquiera de los servicios provistos por la clase. Como se declaran privados, desde el exterior sus valores sólo pueden ser accedidos por los servicios públicos que brinda la clase. La variable `maxDescubierto` es un atributo de clase, que también solo es visible en la clase.

En Java una **variable declarada local a un bloque** se crea en el momento que se ejecuta la instrucción de declaración y se destruye cuando termina el bloque que corresponde a la declaración. El alcance de una variable local es entonces el bloque en el que se declara, de modo que solo es **visible** en ese bloque.

En la clase `CuentaBancaria` la variable `puede`, declarada e inicializada en el método `extraer`, solo es visible y puede ser accedida en el bloque de código de ese método.

```
public boolean extraer(float mto){
/*si mto es mayor a saldo+maxdescubierto retorna false y la
extracción no se realiza*/
  boolean puede = true;
  if (saldo+maxDescubierto >= mto)
    saldo=saldo-mto;
  else
    puede = false;
  return puede;}
```

Un **parámetro formal de un servicio** se trata como una variable local que se crea en el momento que comienza la ejecución del servicio y se destruye cuando termina. Se inicializa con el valor del argumento o parámetro real. El pasaje de parámetros en Java es entonces **por valor**.

En el método `extraer` la variable `mto` es un parámetro, su alcance es el bloque del comando. Fuera del comando, la variable no es visible.

Cada bloque crea un nuevo **ambiente de referencia**, formado por todos los identificadores que pueden ser usados. Los operandos de una **expresión** pueden ser constantes, atributos, variables locales y parámetros visibles en el ambiente de referencia en el que aparece la expresión.

Mensajes y Métodos

Cuando un objeto recibe un mensaje, su clase determina el método que se va a ejecutar en respuesta a ese mensaje. En todos los casos de estudio propuestos, cuando un objeto recibe un mensaje, el **flujo de control** se interrumpe y el control pasa al método que se liga al mensaje. Al terminar la ejecución del método, el control vuelve a la instrucción que contiene al mensaje. Java permite modelar también procesamiento paralelo, esto es, ejecutar varios métodos simultáneamente. En este libro no se presentan conceptos de paralelismo.

Si un método retorna un valor, el tipo de la expresión que sigue a la palabra `return` debe ser compatible con el tipo que precede al nombre del método en el encabezamiento.

La clase `CuentaBancaria` brinda dos comandos para modificar el saldo: `depositar` y `extraer`. Ambos reciben como parámetro una variable `mto` que se requiere no negativa.

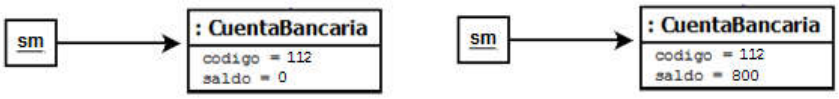
El siguiente segmento forma parte del método `main` en una clase tester de `CuentaBancaria`:

```
  int monto = 800;
  CuentaBancaria sm = new CuentaBancaria(112);
  sm.depositar (monto);
  if (!sm.extraer(100))
   System.out.println ("No se pudo realizar la extracción");
  System.out.println ("El saldo de la cuenta es "+sm.toString());
```

En la instrucción `sm.depositar(monto)` la cuenta bancaria ligada a la variable `sm` recibe el mensaje `depositar` que provoca la ejecución del método:

```
public void depositar(float mto){
//Requiere mto > 0
   saldo+=mto;}
```

El diagrama de objetos antes y después de la ejecución de `sm.depositar(monto)` es:



La clase tester no controla que la variable `monto` contenga un valor positivo porque la verificación se realiza con **valores fijos**. Si los valores los ingresa el usuario, es necesario **validar la entrada**.

El comando `depositar` se declara de tipo `void`, para indicar que no retorna un resultado. El valor del parámetro real `monto` se utiliza para inicializar el valor del parámetro formal `mto`. La asignación modifica el valor del atributo de instancia `saldo` incrementando su valor de acuerdo al valor del parámetro `mto`, en este ejemplo el valor del saldo de la cuenta bancaria era `0` y pasó a ser `800`.

Si el valor de la variable `mto` se modificara en el bloque que corresponde al método, el cambio no sería visible al terminar la ejecución de `depositar`, porque el **pasaje de parámetros es por valor**. Es decir, cuando el control retorna al método `main`, el parámetro real conserva el valor, aun cuando el parámetro formal se modifique.

En el método `main` la instrucción condicional `if (!sm.extraer(100))` envía el mensaje `extraer` al objeto ligado a la variable `sm`. Cuando el objeto recibe el mensaje se ejecuta el comando:

```
public boolean extraer(float mto){
/*si mto es mayor a saldo+maxDescubierto retorna false y la
extracción no se realiza*/
  boolean puede = true;
  if (saldo+maxDescubierto >= mto)
    saldo=saldo-mto;
  else
    puede = false;
  return puede;}
```

El parámetro formal `mto` se inicializa con el valor del parámetro real que en este caso es la constante `100`. La variable local `puede` se inicializa en `true`. En este ejemplo el condicional `(saldo+maxDescubierto >= mto)` computa `true`, de modo que la extracción puede realizarse, `saldo` se decrementa de acuerdo al valor del parámetro y la consulta retorna el valor `true`.

Cuando el comando `extraer` termina de ejecutarse, el control retorna a la instrucción condicional del método `main`. El resultado es justamente el valor de la expresión lógica del condicional.

Si en la clase tester la instrucción condicional fuera `if (!sm.extraer(10000))` nuevamente el objeto ligado a la variable `sm` recibe el mensaje `extraer`. Sin embargo, la expresión `(saldo+maxDescubierto >= mto)` en este caso computa `false`, de modo que la variable `puede` toma el valor `false` y el saldo no se modifica.

La variable local `puede` se declara del tipo que corresponde al resultado, ya que su valor es justamente el que retorna al terminar la ejecución del comando. Un método que modifica el valor de uno o más atributos del objeto que recibe el mensaje, es un comando, retorne o no un valor.

La última instrucción del segmento del método `main`:

```
System.out.println ("El saldo de la cuenta es "+sm.toString());
```

Envía el mensaje `toString()` al objeto ligado a la variable `sm`, que provoca la ejecución de la consulta:

```
public String toString(){
    return codigo+" "+saldo;}
```

La consulta retorna un resultado de tipo `String`, la expresión que sigue a la palabra `return` es la cadena de caracteres `112 400.0` que se genera concatenando los valores de los atributos `codigo` y `saldo`, separados por un espacio. Cuando la ejecución del método `toString()` termina, el control vuelve a la instrucción que contiene el mensaje `toString()`. La cadena que retorna se concatena con un cartel y se muestra en consola:

```
El saldo de la cuenta es 112 400.0
```

En este libro muchas clases brindan un método `toString()` que retorna la concatenación de los valores de los atributos del objeto que recibe el mensaje.

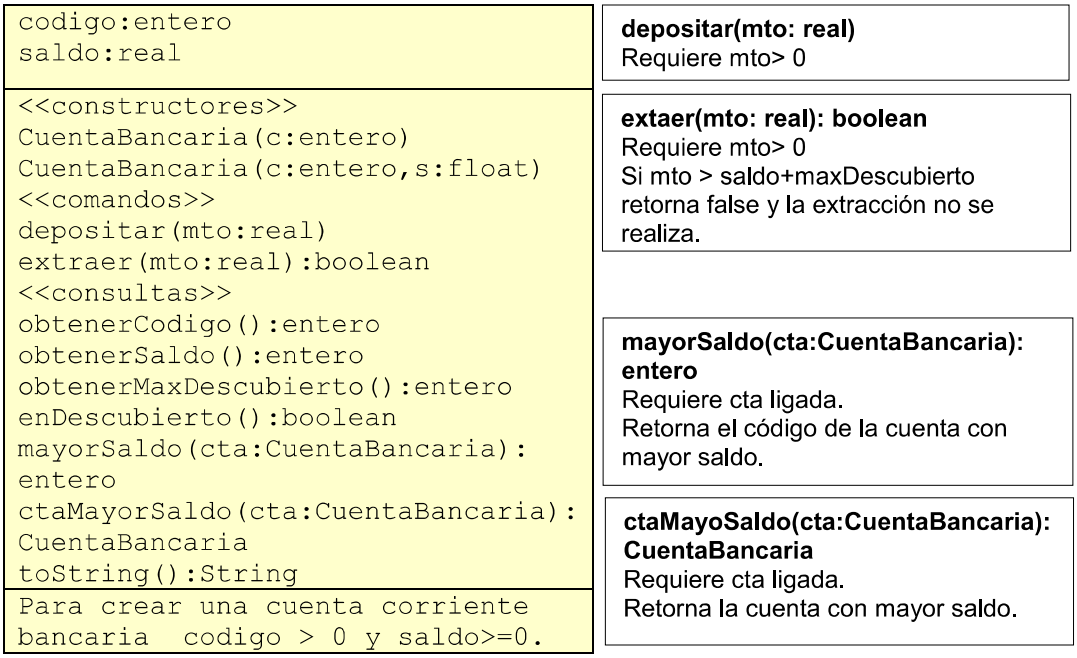
Parámetros y resultados de tipo clase

Un método puede recibir como parámetro o retornar como resultado a un objeto. En ambos casos, la variable que se recibe como parámetro o se retorna como resultado es de tipo clase.

Cuando en ejecución un mensaje se vincula a un método, el número de parámetros formales y reales es el mismo y los tipos son consistentes. Como se mencionó antes, en Java el pasaje de parámetros es por valor. Por cada parámetro formal se crea una variable y se le **asigna** el valor del parámetro real. Si el parámetro es de tipo clase, se asigna una referencia, de modo que el parámetro formal y el parámetro real mantienen una referencia a un mismo objeto.

Dada la siguiente ampliación para la especificación de la clase:

CuentaBancaria
<<atributos de clase>> maxDescubierto:real <<atributos de instancia>>



La implementación de los dos nuevos servicios es:

```
public int mayorSaldo(CuentaBancaria cta){
/*Retorna el código de la cuenta corriente bancaria  que tiene mayor
saldo.
Requiere cta ligada*/
  if (saldo > cta.obtenerSaldo())
    return codigo;
  else
    return cta.obtenerCodigo();}
public CuentaBancaria ctaMayorSaldo(CuentaBancaria cta){
/*Retorna la cuenta corriente bancaria que tiene mayor saldo.
Requiere cta ligada*/
   if (saldo > cta.obtenerSaldo())
    return this;
   else return cta;}
```

Dado el siguiente segmento del método `main` en una clase tester:

```
  CuentaBancaria cb1,cb2,cb3;
  cb1 =  new CuentaBancaria(21,1000);
  cb2 = new CuentaBancaria(22,800);
  System.out.println ("Codigo Cuenta Mayor Saldo "+
cb1.mayorSaldo(cb2));
  cb3 = cb1.ctaMayorSaldo(cb2);
  System.out.println ("Cuenta Mayor Saldo "+ cb3.toString());
```

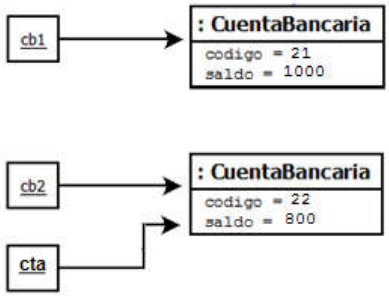
La instrucción que envía el mensaje `mayorSaldo` al objeto ligado a la variable `cb1`, provoca la ejecución del servicio `mayorSaldo` provisto por `CuentaBancaria`.

```
public int mayorSaldo(CuentaBancaria cta){
/*Compara el saldo de la cuenta corriente bancaria con el saldo de
cta y
retorna el CODIGO de la cuenta corriente bancaria que tiene mayor
saldo. Requiere cta ligada*/
  if (saldo > cta.obtenerSaldo())
    return codigo;
  else
```

```
    return cta.obtenerCodigo(); }
```

La consulta `mayorSaldo` recibe una cuenta corriente como parámetro y retorna el código de la cuenta con mayor saldo, comparando el saldo de la cuenta corriente que recibe el mensaje con el saldo de la cuenta corriente recibida como parámetro.

El diagrama de objetos cuando comienza la ejecución de `mayorSaldo` es:



El parámetro formal `cta` está ligada a un objeto de clase `CuentaBancaria`, que en este caso también está referenciado por el parámetro real `cb2`. Las variables `cb1` y `cb2` no son visibles en el bloque de código del método `mayorSaldo`. La variable `cta` solo es visible y puede ser usada en el bloque de código de `mayorSaldo`. Cuando el método termina, la variable `cta` se destruye, aun cuando el objeto sigue existiendo.

La ejecución de `cta.obtenerSaldo()` retorna el valor `800` que corresponde al saldo de la cuenta `cb2` en la clase tester. La expresión `(saldo > cta.obtenerSaldo())` computa `true` al comparar `1000` y `800` de modo que se ejecuta `return codigo` y el resultado es `21`, el código de la cuenta corriente con mayor saldo entre el objeto que recibió el mensaje y el que pasó como parámetro.

La consulta `mayorSaldo` es una operación binaria, los operandos son el objeto que recibe el mensaje y el parámetro. Los atributos del objeto que recibe el mensaje se acceden directamente, los atributos del objeto que se recibe como parámetro se acceden a través de las operaciones `obtenerCodigo()` y `obtenerSaldo()`.

En este libro, siguiendo los lineamientos de la programación estructurada, se adopta la convención de incluir una única instrucción de retorno al final del método, o dos instrucciones, únicamente en el caso de que el método incluya a una instrucción `if-else` con una instrucción simple en cada alternativa.

La instrucción:

```
  System.out.println ("Codigo Cuenta Mayor Saldo
"+cb1.mayorSaldo(cb2));
```

Muestra en consola:

```
Codigo Cuenta Mayor Saldo 21
```

La instrucción:

```
  cb3 = cb1.ctaMayorSaldo(cb2);
```

Envía el mensaje `ctaMayorSaldo` al objeto ligado a la variable `cb1`. El mensaje provoca la ejecución del método con el mismo nombre.

```
public CuentaBancaria ctaMayorSaldo(CuentaBancaria cta){
/*Retorna la cuenta corriente bancaria que tiene mayor saldo
Requiere cta ligada*/
```

```
   if (saldo > cta.obtenerSaldo())
    return this;
   else return cta;}
```

La consulta `ctaMayorSaldo` recibe una cuenta corriente como parámetro y retorna la cuenta corriente con mayor saldo, comparando el saldo de la cuenta que recibe el mensaje, con el saldo de la cuenta recibida como parámetro. El alcance de la variable de `cta` es el bloque del método `ctaMayorSaldo` que la recibe como parámetro. Solo se accede a los atributos de `cta` a partir de los servicios provistos por su clase.

La instrucción condicional `if (saldo > cta.obtenerSaldo())` compara nuevamente el saldo del objeto que recibió el mensaje con el saldo del objeto que pasó como parámetro. La palabra reservada `this` permite hacer referencia al objeto que recibe el mensaje, como la expresión condicional computa `true`, se ejecuta `return this` y retorna al método `main` el objeto que recibió el mensaje, que se liga a la variable `cb3`.

Si el método `main` de la clase tester incluye la instrucción:

```
  cb3 = cb2.ctaMayorSaldo(cb1);
```

El objeto ligado a la variable `cb2` recibe el mensaje `ctaMayorSaldo` con `cb1` como parámetro. En este caso la expresión `(saldo > cta.obtenerSaldo())` computa `false` de modo que se ejecuta el bloque del `else`, esto es `return cta`. Al terminar la ejecución del método `ctaMayorSaldo` y retornar el control al método `main`, el resultado se asigna a `cb3`.

El método `ctaMayorSaldo` recibe como parámetro a un objeto y retorna como resultado a un objeto. El tipo de la expresión que sigue a la palabra `return` se corresponde con el tipo que precede al nombre de la consulta en el encabezamiento.

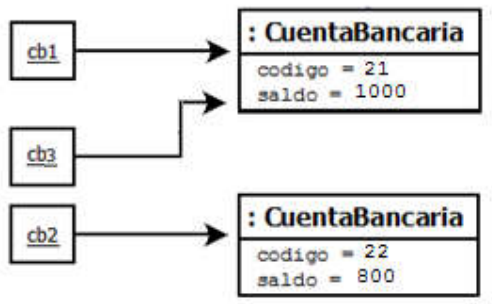
Tanto al terminar la ejecución de la instrucción:

```
  cb3 = cb1.ctaMayorSaldo(cb2);
```

como luego de ejecutarse:

```
  cb3 = cb2.ctaMayorSaldo(cb1);
```

el diagrama de objetos será:



Es decir, en ambos casos las variables `cb1` y `cb3` quedan ligadas a un mismo objeto.

La ejecución de:

```
  System.out.println ("Cuenta Mayor Saldo "+ cb3.toString());
```

Envía el mensaje `toString` al objeto ligado a `cb3`. El método `toString()` retorna un resultado de tipo `String`, esto es una cadena de caracteres. Expresado con mayor precisión, el método `toString()` retorna una referencia a un objeto de clase `String`. El mensaje

`System.out.println` requiere como parámetro un objeto de clase `String`. Cuando un parámetro es de tipo clase, el método recibe una referencia.

Ejercicio: Proponga un ejemplo en el cual las instrucciones

```
cb3 = cb1.ctaMayorSaldo(cb2);
```

y:

```
cb3 = cb2.ctaMayorSaldo(cb1);
```

generen diagramas de objetos diferentes.

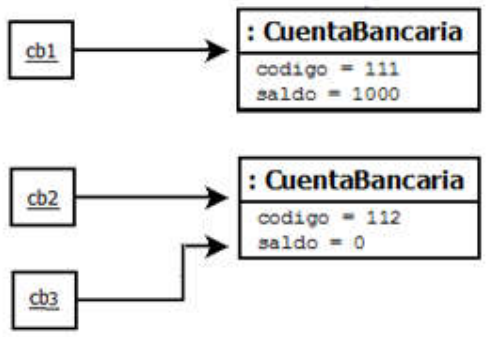
Identidad, igualdad y equivalencia

Cada objeto de software tiene una **identidad**, una propiedad que lo distingue de los demás. La **referencia** a un objeto puede ser usada como propiedad para identificarlo.

Si varias variables están ligadas a un mismo objeto, todas mantienen una misma referencia, esto es, comparten una misma identidad. La siguiente secuencia:

```
CuentaBancaria cb1 = new CuentaBancaria(111,1000);
CuentaBancaria cb2,cb3;
cb2 = CuentaBancaria(112);
cb3 = cb2;
```

Se representa gráficamente mediante el siguiente diagrama de objetos:



Las variables `cb2` y `cb3` tienen la misma identidad, mantienen referencias a un mismo objeto. Si el objeto recibe un mensaje que modifica su estado interno, como por ejemplo en la primera instrucción de:

```
cb2.depositar (200);
System.out.println (cb3.toString());
```

Se modifica el estado interno del objeto ligado a las variables `cb2` y `cb3`. La segunda instrucción muestra en consola:

```
111 200.0
```

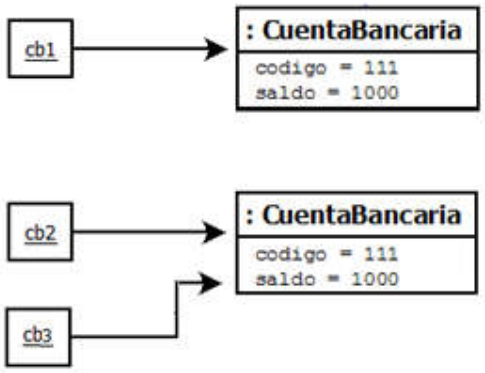
Como las dos variables están ligadas a un mismo objeto, el mensaje `depositar` modifica el atributo de instancia y el cambio es visible al ejecutarse el método `toString()`.

Los **operadores relacionales** comparan los valores de las variables. Cuando se aplica el operador de igualdad sobre variables de tipo clase, se comparan los valores de las variables; el valor de cada variable es una referencia nula o ligada a un objeto. Por ejemplo, en el siguiente segmento de código:

```
CuentaBancaria cb1,cb2,cb3;
```

```
cb1 = new CuentaBancaria(111,1000);
cb2 = new CuentaBancaria(111,1000);
cb3 = cb2;
```

Las variables `cb2` y `cb3` referencian a un mismo objeto, tienen entonces una misma identidad. El diagrama de objetos es:



Si a continuación se ejecutan las siguientes instrucciones:

```
boolean b1,b2;
b1 = cb2 == cb1;
b2 = cb2 == cb3;
```

La variable lógica `b1` toma el valor `false` porque `cb1` y `cb2` mantienen referencias a distintos objetos. La variable `b2` toma el valor `true` porque `cb2` y `cb3` mantienen un mismo valor, esto es, referencian a un mismo objeto.

Para comparar el **estado interno** de los objetos, se comparan los valores de los atributos de instancia. El método `main` en la clase tester puede incluir por ejemplo la siguiente instrucción condicional:

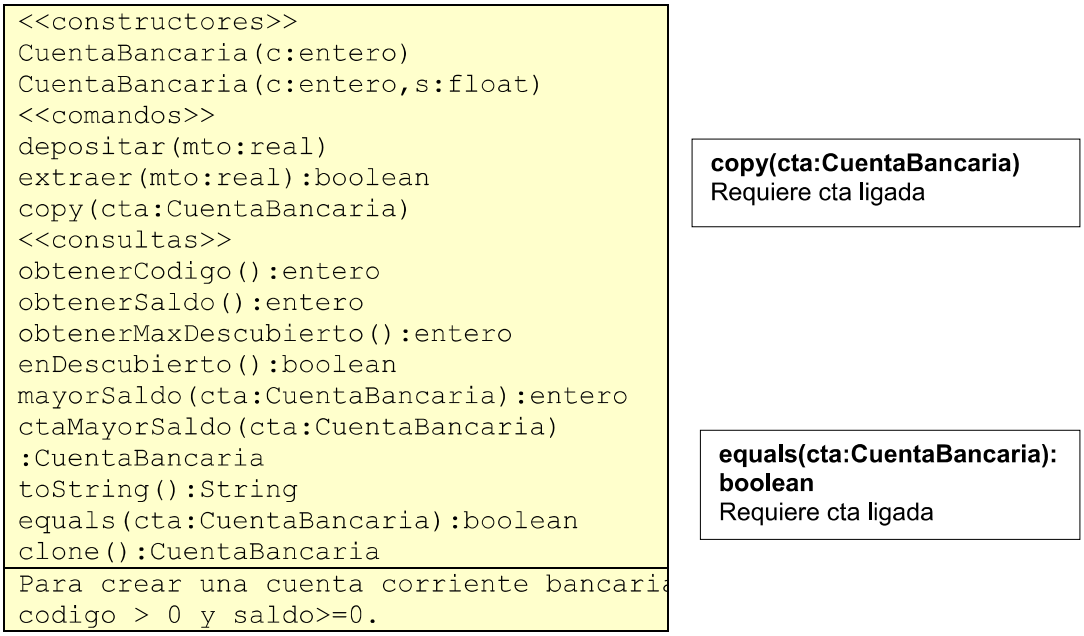
```
if (cb1.obtenerCodigo()==cb2.obtenerCodigo()&&
    cb1.obtenerSaldo() == cb2.obtenerSaldo())
```

En este caso la comparación de los estados internos puede resolverse con una expresión con dos subexpresiones. Si una clase tiene 10 atributos, cada vez que se comparan dos objetos es necesario comparar los 10 atributos. Más aun, si la representación interna de la cuenta bancaria cambia, es necesario modificar todas las clases que usan los servicios provistos por `CuentaBancaria` y comparan el estado interno.

Cuando una clase define un tipo de dato por lo general va a incluir un método que decide si dos objetos que son instancias de esa clase, son iguales. Por convención se utiliza el nombre `equals` para este método. También es habitual que una clase incluya métodos para copiar y clonar. El primero copia el estado interno de un objeto en otro. El segundo crea un clon del objeto que recibe el mensaje; el nuevo objeto puede evolucionar luego de manera autónoma al original. En este libro se adopta la convención de llamar `copy` y `clone` a estos métodos.

Dada la siguiente ampliación para la especificación de la clase `CuentaBancaria`:

```
CuentaBancaria
<<atributos de clase>>
maxDescubierto:real
<<atributos de instancia>>
codigo:entero
saldo:real
```



El método `equals` compara el estado interno del objeto que recibe el mensaje, con el estado interno del objeto que pasa como parámetro. El resultado debe ser `true` si el `codigo` del objeto que recibe el mensaje es igual al `codigo` del objeto que se liga a la variable `cta` y el `saldo` del objeto que recibe el mensaje es igual al `saldo` del objeto ligado a `cta`.

```
public boolean equals(CuentaBancaria cta){
//Requiere cta ligada
    return codigo == cta.obtenerCodigo() &&
           saldo == cta.obtenerSaldo();}
```

El estado del objeto que recibe el mensaje se accede directamente a través de las variables de instancia. El estado del objeto que pasa como parámetro se accede indirectamente a través de las operaciones provistas por la clase.

La consulta requiere que el parámetro esté ligado. Si no fuera así, esto es, si la variable `cta` mantiene una referencia nula, la expresión `cta.obtenerCodigo()` provoca la terminación anormal del programa.

Un diseño alternativo podría asignar al método equals la responsabilidad de controlar si el parámetro está ligado. En este caso la implementación sería:

```
public boolean equals(CuentaBancaria cta){
//Controla si cta está ligada
   boolean e = false;
   if (cta != null)
      e = codigo == cta.obtenerCodigo() && saldo ==
cta.obtenerSaldo();
   return e;}
```

Cualquiera sea el diseño y la implementación de `equals`, la clase tester puede usarlo para comparar el estado interno de los objetos:

```
if (cb1.equals(cb2))
```

El método `equals` es una **operación binaria**, un operando es el objeto que recibe el mensaje, el otro operando es el objeto que pasa como parámetro.

Los objetos ligados `cb1` y `cb2` tienen distinta **identidad** pero pueden considerarse **equivalentes**, en el sentido de que modelan a un mismo objeto del problema.

El operador relacional `==` decide si dos objetos tienen la misma identidad. El servicio `equals` provisto por la clase `CuentaBancaria` decide si dos objetos son equivalentes.

El método `copy` modifica el estado interno del objeto que recibe el mensaje, con el estado interno del objeto que pasa como parámetro. El estado del objeto que recibe el mensaje se accede directamente a través de las variables de instancia.

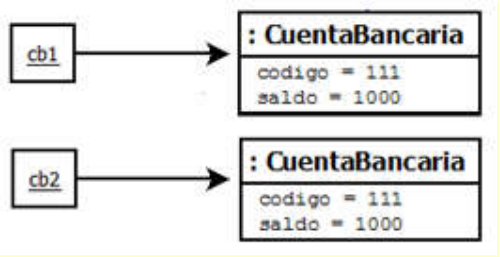
```
public void copy (CuentaBancaria cta) {
//Requiere cta ligada
  codigo = cta.obtenerCodigo();
  saldo = cta.obtenerSaldo();}
```

El estado del objeto que pasa como parámetro se accede indirectamente a través de las operaciones obtener provistas por la clase. Nuevamente el método requiere que la variable `cta` esté ligada.

Dado el siguiente segmento de código en la clase tester:

```
CuentaBancaria cb1,cb2;
cb1 = new CuentaBancaria(101,1000);
cb2 = new CuentaBancaria(102,500);
cb2.copy(cb1);
```

Cuando el objeto ligado a la variable `cb2` recibe el mensaje `copy` su estado interno se modifica con los valores del objeto ligado a `cb1`, el diagrama de objetos al terminar la ejecución del segmento, es entonces:



Si a continuación se ejecuta el siguiente segmento en la clase tester:

```
boolean b1 cb1==cb2;
boolean b2 cb1.equals(cb2);
```

Los valores de las variables `b1` y `b2` serán `false` y `true` respectivamente. Los objetos no tienen la misma identidad, pero son equivalentes. Si el objeto ligado a `cb1` recibe en mensaje que modifica su estado interno, el objeto ligado a `cb2` no modifica su estado interno.

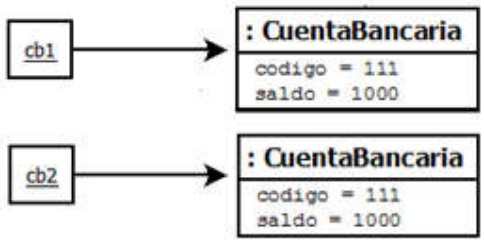
La consulta `clone` retorna la referencia a un objeto con el mismo estado interno que el objeto que recibe el mensaje.

```
public CuentaBancaria clone() {
  CuentaBancaria aux = new CuentaBancaria (codigo,saldo);
  return aux;}
```

Después de la ejecución del siguiente segmento:

```
CuentaBancaria cb1,cb2;
cb1 = new CuentaBancaria(111,1000);
cb2 = cb1.clone();
```

El diagrama de objetos será:



Es importante observar que `cb2` no estaba ligada en el momento en que se invocó al método `clone`. Si a continuación se ejecutan las siguientes instrucciones:

```
boolean b1 cb1==cb2;
boolean b2 cb1.equals(cb2);
```

las expresiones computan `false` y `true` para `b1` y `b2` respectivamente. Los objetos no tienen la misma identidad, pero son equivalentes. Si el objeto ligado a `cb1` recibe un mensaje que modifica su estado interno, el objeto ligado a `cb2` no modifica su estado interno.

Durante la ejecución de la consulta `clone()` las variables `cb1` y `cb2` **no son visibles**, están fuera del **alcance** del método. La variable `aux` es local a la consulta, cuando termina la ejecución de este método, la variable se destruye.

Representación en memoria

La memoria de una computadora es el dispositivo en el que se almacenan datos e instrucciones. Toda la información se almacena utilizando el sistema de numeración binario. Texto, números, imágenes, sonido y casi cualquier otra forma de información puede ser transformada en una sucesión de bits, o dígitos binarios, cada uno de los cuales tiene un valor de 1 o 0. La unidad de almacenamiento más común es el byte, igual a 8 bits.

La estructura de la memoria es así sumamente simple y puede graficarse como:

Dirección	Contenido
00000000	11011111
00000001	10101010
00000010	11110000
00000011	**00000001**

Cada celda de memoria tiene una **dirección** y un **contenido**. Un conjunto de celdas consecutivas pueden agruparse para definir un **bloque de memoria** que contenga a una **unidad de información**, por ejemplo, una cadena de caracteres. El contenido de una celda puede ser una dirección en memoria, en ese caso la celda contiene una referencia a otro bloque de memoria. En el diagrama de memoria propuesto, el contenido de la cuarta celda es la dirección de memoria de la segunda celda.

En general, en este libro mantiene una visión mucho más abstracta de la memoria, no menciona direcciones o la representación binaria de los valores almacenados. Los conceptos de variable y tipo de dato nos permiten justamente mantener una visión de alto nivel con abstracción.

En Java el tipo de una variable puede ser elemental o una clase. La **representación interna en memoria** es diferente en cada caso. Una variable de tipo elemental almacena un valor de su tipo. Una variable de tipo clase almacena una **referencia** a un objeto de software de su clase.

Cuando en ejecución se alcanza una declaración de una variable local de tipo elemental se reserva un **bloque de memoria**. Por ejemplo:

```
int i=3;
```

reserva un bloque de memoria ligado a la variable `i` y se almacena el valor 3, o mejor dicho, la representación binaria del valor 3. Así, el bloque de memoria ligado a la variable mantiene un valor dentro del conjunto de valores que determina el tipo de dato. La asignación:

```
i=i+1;
```

Modifica el valor almacenado en el bloque de memoria ligado a `i`, almacenando el valor que resulta de computar la expresión `i+1`. La instrucción:

```
if (i==3)
```

Compara el valor almacenado en la celda de memoria ligada a la variable `i` con la constante 3. Se comparan las representaciones binarias de los valores, aun cuando se mantiene una visión más abstracta.

Cuando en ejecución se alcanza una **declaración de variable** cuyo tipo es una clase, la variable es de **tipo clase**, se reserva también un **bloque de memoria** que mantendrá inicialmente una **referencia nula o referencia no ligada**.

```
CuentaBancaria cb;
```

La **creación de un objeto** reserva un nuevo bloque de memoria para mantener el estado interno del objeto. El valor de la variable no pertenece al conjunto de valores que determina el tipo, sino que es una **dirección al bloque de memoria** en el que se almacena el estado interno del objeto.

```
cb = new CuentaBancaria (111,1000);
```

La variable `cb` mantiene la referencia al bloque de memoria en el cual reside efectivamente el objeto de la clase `CuentaBancaria`.

La variable `cb` está **ligada** al objeto que le fue asignado, esto es, es una referencia al estado interno del objeto en el cual se almacenan los valores de los atributos. Los atributos de instancia determinan la estructura del estado interno del objeto, no de la variable.

La ejecución de la secuencia:

```
CuentaBancaria cb;
cb = new CuentaBancaria (111,1000);
```

es equivalente a:

```
CuentaBancaria cb = new CuentaBancaria (111,1000);
```

En términos de la memoria, el significado es:

- Reservar un bloque de memoria para almacenar el valor de la variable `cb`.
- Reservar un bloque en memoria para almacenar el estado interno de un objeto de software de clase `CuentaBancaria`.
- Almacenar en la variable `cb` la dirección del bloque de memoria que almacena el estado interno del objeto creado.
- Invocar al constructor con dos parámetros de clase `CuentaBancaria`.

El diagrama de objetos es un modelo abstracto de la representación en memoria, no grafica la memoria o las direcciones en memoria, sino el estado interno de los objetos y las referencias.

Dada la siguiente secuencia de instrucciones:

```
CuentaBancaria cb1,cb2;
cb1 = new CuentaBancaria(13,450);
cb2 = cb1;
```

La segunda asignación almacena en el bloque de memoria ligado a la variable `cb2`, el mismo valor que almacena el bloque de memoria ligado a la variable `cb1`. De modo que las dos variables mantienen la referencia a un mismo objeto.

La instrucción:

```
if (cb1 ==cb2)
```

Compara el valor almacenado en el bloque de memoria ligado a la variable `cb1`, con el valor almacenado en el bloque de memoria ligado a `cb2`.

Problemas Propuestos

1. En una empresa constructora se desea almacenar y procesar toda la información requerida para computar el costo de cada obra. Entre los costos se incluyen los salarios de los obreros, que se computan dependiendo de la cantidad de horas trabajadas y el valor de la hora acordado en el contrato. El siguiente diagrama modela parcialmente el problema:

```
Obrero

legajo: entero
cantHoras: entero
valorHora: real

<<Constructor>>
Obrero(leg:entero)
Obrero(leg:entero, canth: entero,
valorh: real)
<<Comandos>>
establecerValorHora(s: real)
establecerCantHoras(ch:entero)
<<Consultas>>
obtenerLegajo(): entero
obtenerSalario(): real
obtenerCantHoras(): entero
obtenerValorHoras(): real
igualSalario(e:Obrero):boolean
```

obtenerSalario(): real
Se calcula como la cantidad de horas trabajadas por el valor de la hora

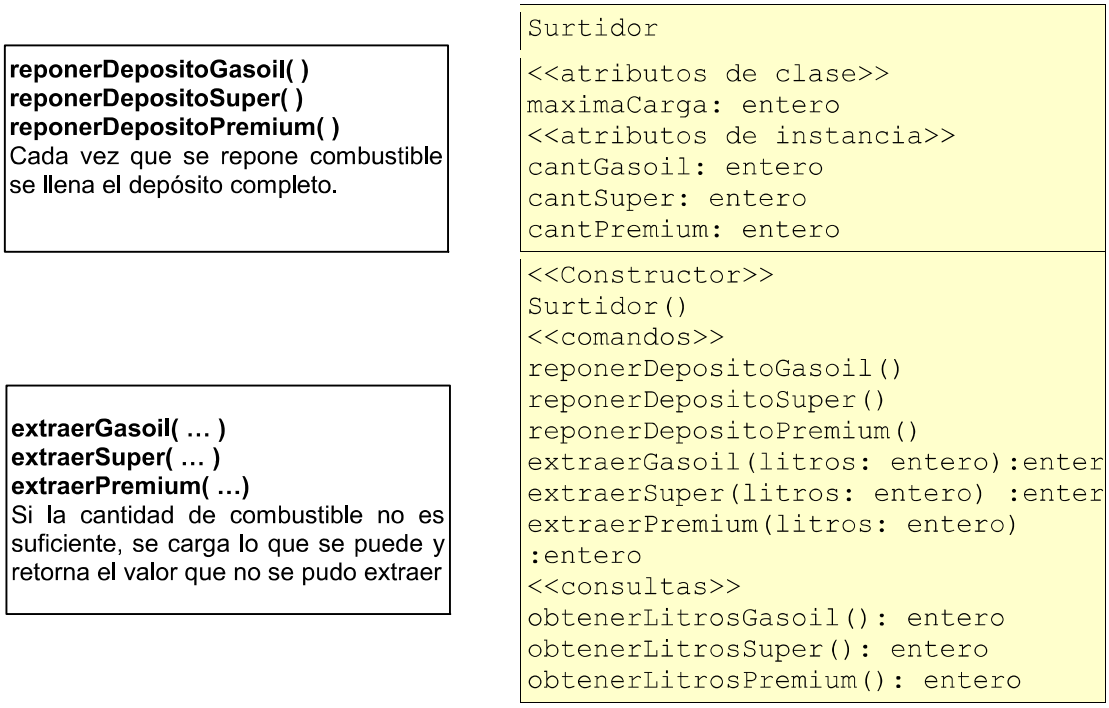
a. Implemente en Java la clase Obrero modelada por el diagrama.

b. Escriba una clase Tester con un método main() que:

- ✓ *Solicite al usuario los datos de un Obrero (legajo, cantidad de horas trabajadas y valor de la hora), cree un objeto ligado a una variable emp1 de la clase Obrero, usando el constructor con tres parámetros.*
- ✓ *Cree un objeto ligado a una variable emp2 de clase Obrero, con Legajo 111 y luego establezca la cantidad de horas en 40 y el valor de la hora en $48.*
- ✓ *Cree un objeto ligado a una variable emp3 de clase Obrero, con Legajo 112 y luego establezca la cantidad de horas en 20 y el valor de la hora en $96.*

- ✓ *Muestre en consola un mensaje indicando si los objetos ligados a las variables emp1 y emp2 tienen el mismo Salario.*
- ✓ *Muestre en consola un mensaje indicando si los objetos ligados a las variables emp2 y emp3 tienen el mismo Salario.*

2. Una estación de servicio cuenta con surtidores de combustible capaces de proveer Gasoil, Nafta Super y Nafta Premium. Todos los surtidores tienen capacidad para almacenar un máximo de 20000 litros de cada combustible. En cada surtidor se mantiene registro de la cantidad de litros disponibles en depósito de cada tipo de combustible, esta cantidad se inicializa en el momento de crearse un surtidor con la cantidad máxima. En cada surtidor es posible extraer o reponer combustible. En ocasiones la cantidad de un tipo de combustible particular en un surtidor específico puede no ser suficiente para completar una extracción, en ese caso se carga lo que se puede, el surtidor queda vacío y retorna el valor que no se pudo cargar. Cuando se repone un combustible en el surtidor, se llena el depósito completo de ese combustible. Cada surtidor puede modelarse con el siguiente diagrama:



a. *Implemente en Java la clase descripta.*
b. *Escriba una clase SimulacionSurtidor con un método main() que permita verificar los servicios provistos por la clase Surtidor de acuerdo al siguiente algoritmo:*

Algoritmo simulador
n = leer cantidad de iteraciones
repetir n veces testSurtidor

Algoritmo testSurtidor
mostrar la cantidad actual en el depósito de cada combustible

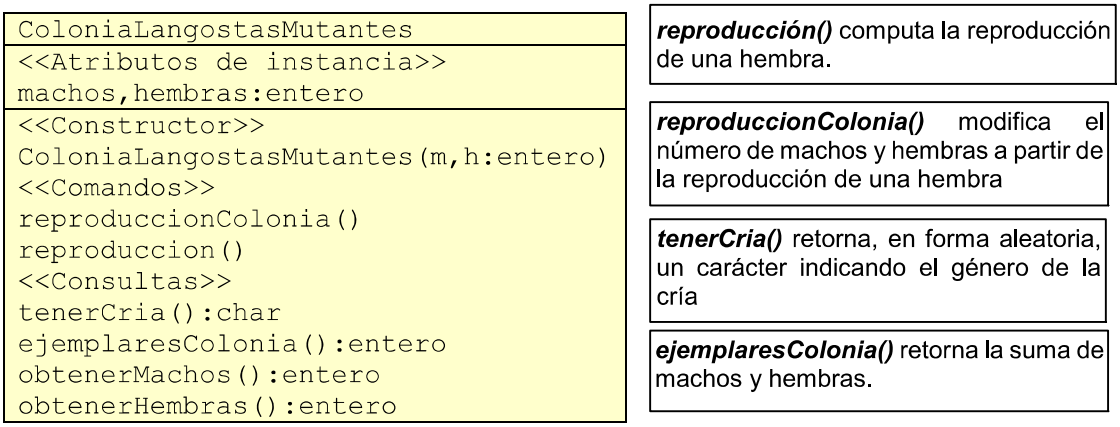
opción= número al azar entre 0 y 32 según opción sea:
Entre 0 y 9: leer y validar litros a cargar y cargar Gasoil
Entre 10 y 19: leer y validar litros a cargar y cargar Super
Entre 20 y 29: leer y validar litros a cargar y cargar Premium
30: reponer Deposito Gasoil
31: reponer Deposito Super
32: reponer Deposito Premium

La validación controla que el número leído sea mayor a 5 y menor a 50.

3. Se conoce como Langostas Mutantes a una variedad de las langostas que viven cerca de las centrales nucleares. Este tipo de langosta tiene dos características que la diferencia del resto de la especie: Por un lado, como todo animal que vive cerca de centrales nucleares, tiene tres ojos; además, su ciclo de reproducción es realmente extraño. La reproducción de la Langosta Mutante se puede describir de la siguiente manera:

La hembra langosta tiene una cría. Sí la cría es hembra entonces la langosta madre finaliza su ciclo de reproducción actual. Sí la cría es macho entonces la langosta automáticamente se reproducirá una vez más siguiendo el comportamiento explicado.

El siguiente diagrama modela la clase ColoniaLangostasMutantes:



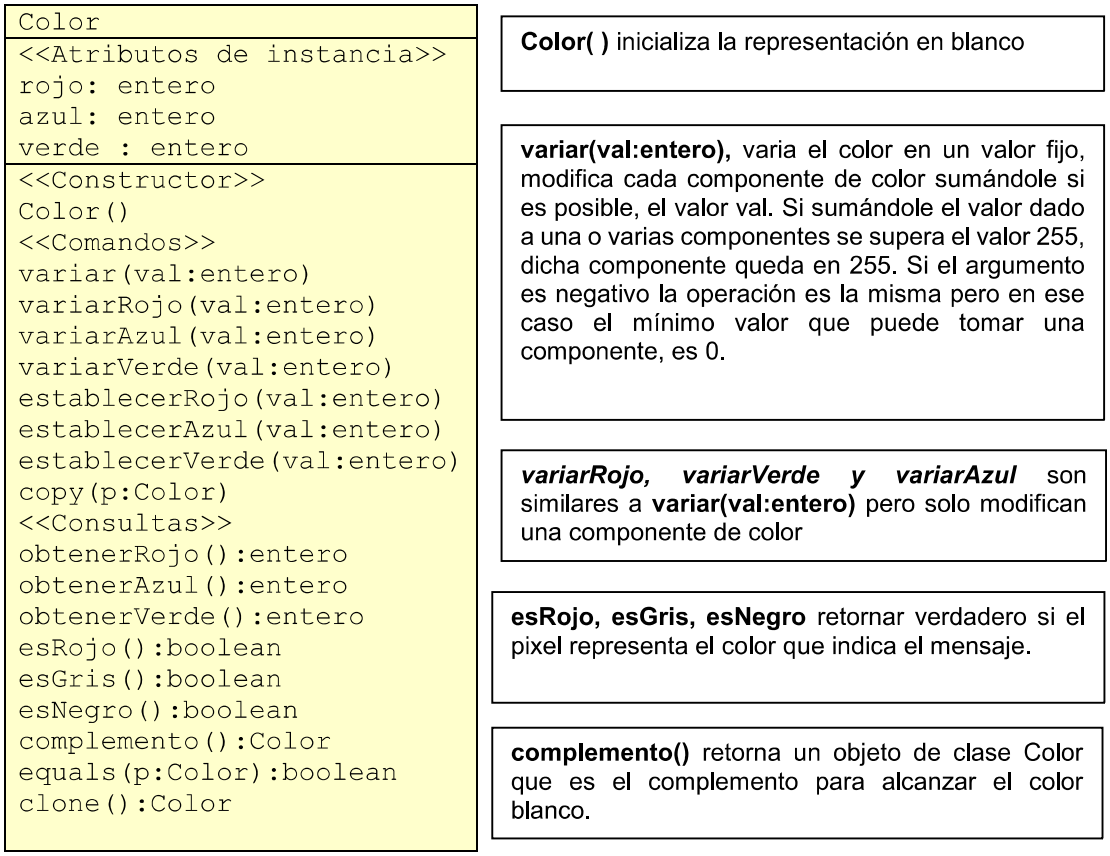
a. Implemente la clase ColoniaLangostasMutantes Tenga en cuenta que las hembras recién nacidas necesitan cierto proceso de maduración antes de reproducirse, es por eso que si nacen en una ejecución de reproducciónColonia() recién se reproducen en la siguiente.

b. Implemente una clase Tester que simule 5, 10 y 15 reproducciones en la colonia, generando en cada caso 4 pares de enteros al azar que representen los valores iniciales de machos y hembras y mostrando en consola el estado inicial y final.

4. Gran parte de las aplicaciones de software requieren representar y manipular imágenes. Una imagen digital puede representarse a través de una matriz de píxels. Un píxel es la menor unidad de color en una imagen digital.

Cuando observamos una imagen en la computadora no percibimos cada pixel particular, pero si aumentamos la imagen, por ejemplo un 600%, cada pixel va a ser distinguible. La percepción humana de la luz también es muy limitada y depende de nuestros sensores del color.

Una manera de representar todo el espectro de colores es a través de la combinación de tres colores primarios: azul, verde y rojo. De modo que cada color puede codificarse como una terna de números, el primero representa la cantidad de color rojo, el segundo la cantidad de color verde y el tercero la cantidad de color azul. El rango para cada valor es 0..255. Combinando el máximo de los tres se obtiene el blanco (255, 255, 255). La ausencia de los tres produce el negro (0, 0, 0). El rojo es claramente (255, 0, 0). Cuando se mantiene el mismo valor para las tres componentes se obtiene gris. La terna (50, 50, 50) representa un gris oscuro, (150, 150, 150) es un gris más claro. Esta representación se llama modelo RGB.



a. *Implemente la clase Color modelada por el diagrama*
b. *Defina un conjunto de casos de prueba fijos e implemente una clase tester para estos valores. Para visualizar la conformación de colores en el modelo RGB podemos usar el programa graficador de paleta.*
c. *Dada la siguiente secuencia de instrucciones:*

```
Color S1,S2,S3,S4,S5;
S1 = new Color(100,90,120);
S2 = new Color(55,110,100);
S3 = new Color(110,110,100);
S4 = S1;
S1 = S3;
S2 = S1;
```

```
S1 = new Color(80,80,80);
```

Elabore un diagrama de objetos que muestre la evolución de las referencias y continúelo a partir de cada secuencia:

`S2 = S1.clone();`
`boolean b1,b2;`
`b1 = S1==S2;`
`b2 = S1.equals(S2);`
	`S3.copy(S1);`
	`boolean b1,b2;`
	`b1 = S1==S3;`
	`b2 = S1.equals(S3);`
		`S4 = S1;`
		`boolean b1,b2;`
		`b1 = S1==S4;`
		`b2 = S1.equals(S2);`