TEMA 3

Corrección y Robustez

Facultad de Informática
Universidad de Murcia

Contenido

1. Introducción
   - Fiabilidad = Corrección y Robustez
2. Aserciones. Programación por Contrato
3. Abordando los casos excepcionales

Introducción

- "La reutilización y la extensibilidad no se deben lograr a expensas de la **fiabilidad** *(corrección y robustez)*".
- **Corrección**:
  - Capacidad de los sistemas software de ajustarse a la especificación.
  - Asegura que el programa hace lo correcto durante la ejecución normal del programa.
  - Los **asertos** establecen las condiciones que se deben cumplir.
- **Robustez**:
  - Capacidad de los sistemas software de reaccionar ante circunstancias inesperadas.
  - El **mecanismo de excepciones** proporciona un mecanismo para manejar estas situaciones excepcionales durante la ejecución de un programa.

2.- Aserciones. Diseño por Contrato

- **Corrección** de un elemento software = consistencia entre su **implementación** y su **especificación**
- Las aserciones permiten especificar la **semántica** de una clase asociada al TAD.
- Una aserción es una expresión que establece una propiedad que debe satisfacer alguna de las entidades de un programa, en algún punto de la ejecución del software.
- El código define **"el cómo"**, las aserciones **"el qué"**

Lenguaje de Aserciones

- El lenguaje de aserciones de Eiffel es **muy simple**:
  - Expresiones booleanas con unas pocas extensiones

    (**old**, '**;**')
  - Una aserción puede incluir funciones.

```
Positivo: n>0;
autor = not void
not vacia; conta = old conta + 1
saldo = old saldo – cantidad
```


Uso de las aserciones:

(A) Especificar la semántica de las rutinas mediante:

- **PRECONDICIONES**:

  Condiciones para que una rutina funcione adecuadamente.
- **POSTCONDICIONES**:

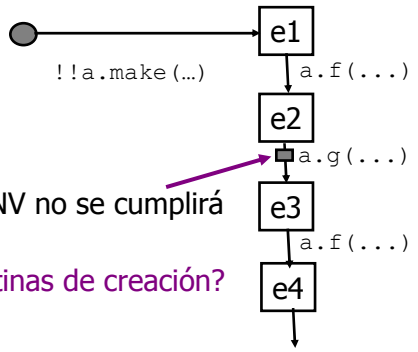
  Describen el efecto de una rutina, definiendo el estado final.

(B) Especificar las propiedades globales de una clase mediante el **INVARIANTE**:

Aserción que expresa restricciones de integridad que deben ser satisfechas por cada instancia de la clase si se encuentra en una ***situación estable***.

Momentos "estables"

- Los "momentos estables" son aquellos en los que una instancia está en un estado observable (s1, s2, …):
  - Después de la creación: `!!a` o `!!a.make(...)`
  - Antes y después de la invocación remota de una rutina de la clase: `a.r(...)`



En etapas intermedias el INV no se cumplirá

¿Cuál es el papel de las rutinas de creación?

Ejemplo: Pre y Postcondiciones

```
put (elemento: T; key: STRING) is
    -- Insertar en la tabla elemento con clave key
    require                          -- precondición
            not_full: count< capacity
                    not key.empty
    do
            ... "algoritmo de inserción"

    ensure                           -- postcondiciones
            count <= capacity;
            item (key) = elemento;
            count= old count + 1;
    end – put
```

Ejemplo: Invariante de clase

```
class  STACK [G]  feature
        capacity: Integer;          -- tamaño de la pila
        count: Integer;             -- número de elementos
    feature {None}
        representation: Array[G]
        .....
    invariant                                   -- invariante
        0<=count; count <=capacity;
        capacity = representation.capacity;
        (count>0) implies representation.item(count)=item
end
```

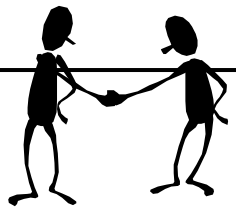

Invariante de representación Lista activa

- Importante basarse en aserciones para expresar las propiedades precisas de un diseño.

```
0<=index; index <=count     --count=n° de elementos
before = (index=0);
after = (index=count+1);
is_first = ((not empty) and (index=1));
is_last = ((not empty) and (index=count));
empty implies (before or after);
not (before and after)
```

- Invariante es la mejor manera de comprender una clase

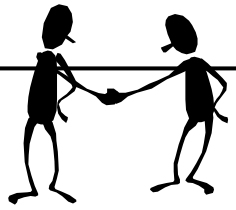
Contrato Software



Definir una pre y una post para una rutina es una forma de definir un **contrato** que liga a la rutina con quien la llama.

`put`	**Obligaciones**	**Beneficios**
Cliente	Al invocar a ***put*** debe asegurar que la tabla no está llena	Obtiene una tabla en la que ***elemento*** está asociado con ***clave***
Servidor	Insertar ***elemento*** en la tabla asociándolo a ***clave***	No necesita tratar la situación de tabla llena antes de la inserción

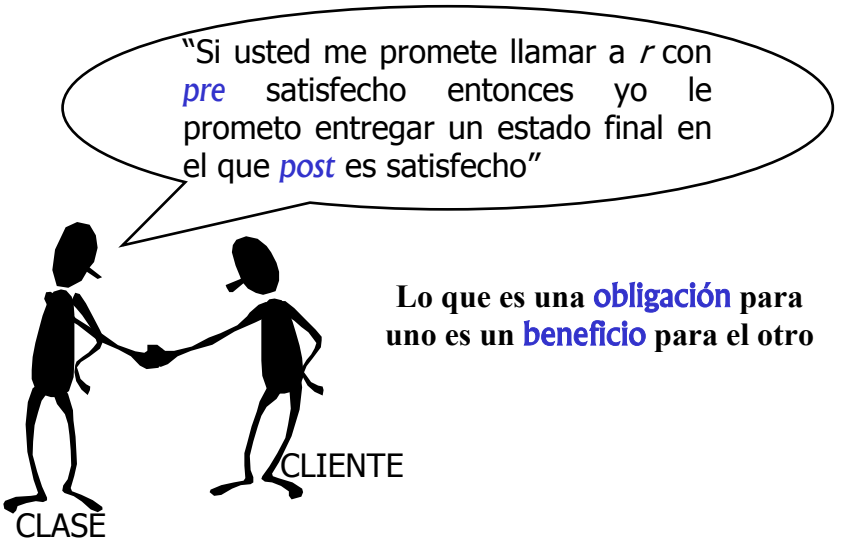
Contrato Software



Definir una pre y una post para una rutina es una forma de definir un **contrato** que liga a la rutina con quien la llama.

`put`	**Obligaciones**	**Beneficios**
Cliente	Satisfacer precondición	De la postcondición
Servidor	Satisfacer postcondición	De la precondición

Contrato Software



Lo que es una obligación para uno es un beneficio para el otro

Rechazo a la "programación defensiva"

```
sqrt(x: REAL): REAL is do
  if x<0 then "Manejar error"
  else "Calcular raíz"
  end;
```

No hay que comprobar la precondición en la rutina

```
sqrt(x: REAL): REAL is
  require
        x >= 0;
  do
        ...
  end;
```

CLIENTE:

```
if (x>=0)
     Math.sqrt(x);
```

El cuerpo de la rutina no comprueba el cumplimiento de la precondición

Rechazo a la "programación defensiva"

- Redundancia es perjudicial: **software más complejo.**

  ¡¡La complejidad es el mayor enemigo de la calidad!!

- Mejor identificar condiciones y establecer responsabilidades.

- Tedioso eliminar o ignorar los controles cuando no se necesiten

- Paradoja: "La fiabilidad se mejora chequeando menos"

  ¡¡Garantizar mas comprobando menos!!

  "El código cliente debe comprobar la precondición"

Utilidad de las Aserciones

- Escribir software correcto:

  describir requisitos exactos de cada rutina y las propiedades globales de las clases ayuda a producir software que es correcto desde el principio.

- Ayuda para la documentación:

  pre, post condiciones e invariante proporcionan información precisa a los clientes de los módulos.

- Apoyo para la prueba y depuración:

  el programador establece como opción del compilador el efecto de las aserciones en tiempo de ejecución.

Asertos en Java (JDK 1.4)

- Expresión booleana que un desarrollador indica explícitamente que se debe cumplir en un punto del programa en tiempo de ejecución.

```
assert expresion_boolean;
assert expresion_boolean : expresion;
```

- El sistema evalúa la expresión booleana e informa del error en el caso de que el valor sea **false**.
  - Lanza **AssertionException**
- Las aserciones en Java **NO** proporcionan el soporte para el Diseño por Contrato tal y como se entiende en Eiffel.

Ejemplo

```
/** Insertar en la tabla elemento con clave key */

public void put (Object elemento, String key) {

  assert count < capacity: "fallo en la pre";

       int oldCount = count;

         ... "algoritmo de inserción"

   assert  count <= capacity &&
           item (key).equals(elemento) &&
           count == oldCount + 1: "fallo en la post";
}
```

Ejemplos

```
assert ref != null;
assert saldo == (oldSaldo + cantidad);
assert ref.m1(parametro);
assert valor>0 : "argumento negativo";
assert x>0 : x;
```

- La `expresion_booleana` no debe tener efectos laterales
- La expresión se pasa como argumento al constructor de la excepción en el caso de que el aserto sea `false`.

Activación de asertos en Java

- Los asertos los soporta sólo a partir de la versión 1.4. Se debe indicar explícitamente al compilador para que reconozca la palabra clave `assertion`

```
javac -source 1.4 MiAplicacion.java
```

- La comprobación de los asertos se puede desactivar en tiempo de ejecución para incrementar el rendimiento.
  - Normalmente se activa durante la fase de depuración y pruebas

```
java [-ea|-da] MiAplicacion
java -ea:UnaClase -ea:java.modelo -da:OtraClase App
```

- En la versión 1.4 por defecto no se tienen en cuenta los asertos, en la versión JDK 5.0 si.

Usos de los asertos

- Invariantes internos:

```
if (i%3 == 0){
…}else if (i%3 == 1){
…} else {
     assert (i%3 ==2);
     …
     }
```

- Invariantes de flujo de control:

```
void met(){
  for (…){
    if(…) return;
  }
  //nunca deberíamos llegar a este punto
  assert false;
}
```

- Precondiciones, postcondiciones e invariantes:

Pre, post e invariantes en Java

```
private void setIntervalo(int intervalo){
  //precondición
  assert intervalo>0 && intervalo<=MAXIMO;

  ...//establecer el intervalo
}
```

```
//devuelve this^-1 mod m
public BigInteger modInverso (BigInteger m){
  //comprobaciones de la precondición
  ...
  //hacer el cálculo
  //postcondición
  assert this.multiply(result).mod(m).equals(UNO);
  return result;
}
```

Invariante en Java

```
class Pila{
  //método que comprueba el invariante
  private boolean invariante(){
    return ((count>=0) && (count <=capacity) &&
            (capacity == representation.length));
  }
  ...
}
```

- Se debe cumplir antes y después de la terminación de cada método.
- Todo método y constructor debe contener la línea

  `assert invariante();`

  inmediatamente antes de que termine.

¿Cuándo utilizar `assert`?

- Localizar **errores internos irrecuperables** durante la fase de pruebas y depuración.
- No utilizar para evaluar condiciones externas al programa (existencia de un fichero, conexión de red, …)
- Puesto que se pueden desactivar la corrección de un programa no puede depender de los asertos.

`assert` de Java ≠ Diseño por Contrato

- En DxC existen distintos tipos de asertos.
  - en Java todos son `assert`
- Los asertos en Eiffel forman parte de la interfaz de los métodos
  - El `javadoc` no genera la información relativa a los asertos
- El DxC especifica el mecanismo para heredar los asertos en las subclases.
  - en Java los asertos son independientes de la herencia.

3.- Abordando los casos excepcionales

Técnicas de diseño
- Esquema a priori
- Esquema a posteriori
- Mecanismo de excepciones

- **Esquema a priori:**
  - Se pide al cliente que tome medidas por adelantado para evitar posibles errores
  - Los errores en ejecución implican un error del cliente.

```
if pre(y) then
   operacion(y)
else
   --acción alternativa
end
```

```
operacion(x:...) is
  require
     pre(x)
do
   …acción si pre= true
end
```

Problemas del esquema a priori

- **Problemas de eficiencia:**
  - No siempre es posible comprobar primero la precondición.
  - **Ejemplo**: calcular si una matriz es o no singular antes de calcular su inversa.
- **Limitaciones de los lenguajes de asertos**:
  - Algunas aserciones no se pueden expresar.
  - Cuando la precondición es una propiedad global de una estructura de datos y necesita cuantificadores.
  - **Ejemplo**: comprobar que un grafo no tiene ciclos.
- **El éxito depende de eventos externos:**
  - Es imposible comprobar la aplicabilidad sin ejecutarla.
  - **Ejemplo**: una línea de comunicaciones

Esquema a posteriori

- Probar después de la ejecución de la operación.
- Sólo es posible en algunas ocasiones.

```
obj:A
x:INTEGER
obj.operacion(y)
if obj.exito then
   x:= obj.resultado
else
   ...manejar el error
end
```

```
class A feature
  exito: BOOLEAN
  resultado:INTEGER
  operacion(x:...)is do
    …acciones
    …actualiza éxito y resultado
  end
end
```

Mecanismo de excepciones

- Existen casos en los que no es posible utilizar las técnicas anteriores:
  - errores del hardware o del sistema operativo
  - detección de errores tan pronto como sea posible aunque no se pueda detectar con una precondición
  - tolerancia frente a fallos del software
- En estos casos parece necesarias las técnicas basadas en excepciones.

Cuando se rompe el contrato: tratamiento de excepciones

- Buscar un *equilibrio* entre:
  - **CORRECCIÓN** = comprobar todos los errores
  - **CLARIDAD** = no desordenar el código del flujo normal con excesivas comprobaciones
- Solución elegante => MECANISMO DE EXCEPCIONES
- Separar el funcionamiento correcto de las situaciones de error
- **Excepción:** suceso inesperado o no deseado

Tratamiento de excepciones

- Un **fracaso** de una rutina (= termina sin cumplir el contrato) causa una **excepción** en quien la llama.
- Una **excepción** es un suceso en tiempo de ejecución que puede causar que una rutina fracase.
- Una llamada fracasa **sii** ocurre una excepción durante la ejecución de la rutina y **no se puede recuperar**
- Se debe prevenir el fracaso **capturando** la excepción y tratando de restaurar un estado a partir del cual el cómputo pueda proseguir

Casos de excepción

Una excepción puede ocurrir durante la ejecución de una rutina como consecuencia de alguna de las situaciones siguiente:

- Intentar hacer la llamada `a.f` siendo `a=void`
- Intentar hacer `x:=y` siendo `x` expandido e `y=void`
- Ejecutar una operación que produce una condición anormal detectada por el hardware o el sistema operativo
- Llamara a una rutina que fracasa
- No cumplimiento de los asertos (pre, post, inv)
- Ejecutar una instrucción que pida explícitamente que se eleve una excepción

Tratamiento de excepciones en Eiffel

- Hay sólo **dos respuestas** legítimas a una excepción que ocurra durante la ejecución de una rutina:
  - Reintento: hacer que se cumpla el INV y PRE y volver a ejecutar
  - Fracaso o pánico organizado: restaurar INV e informar del error a la rutina que hizo la llamada.

```
rutina is
  require     --precondición
  local       --definición de variables locales
  do          -- cuerpo de la rutina
  ensure      -- postcondición
  rescue
        -- clausula de rescate
        [retry]
end
```


Excepciones en Eiffel

- ¿Podemos saber cuál fue la última excepción?
- La clase que necesite un ajuste más fino debe heredar de la biblioteca **EXCEPTIONS**.
- Cada excepción es un **número** entero.
- Una cláusula de rescate puede tratar distintas clases de excepciones. Ej. en una clase que herede de EXCEPTIONS

```
rescue
  if is_assertion_violation then
       "Procesar la violación de la aserción"
  else if is_signal then
       "Procesar el caso de la señal"
  else
       …
  end
```

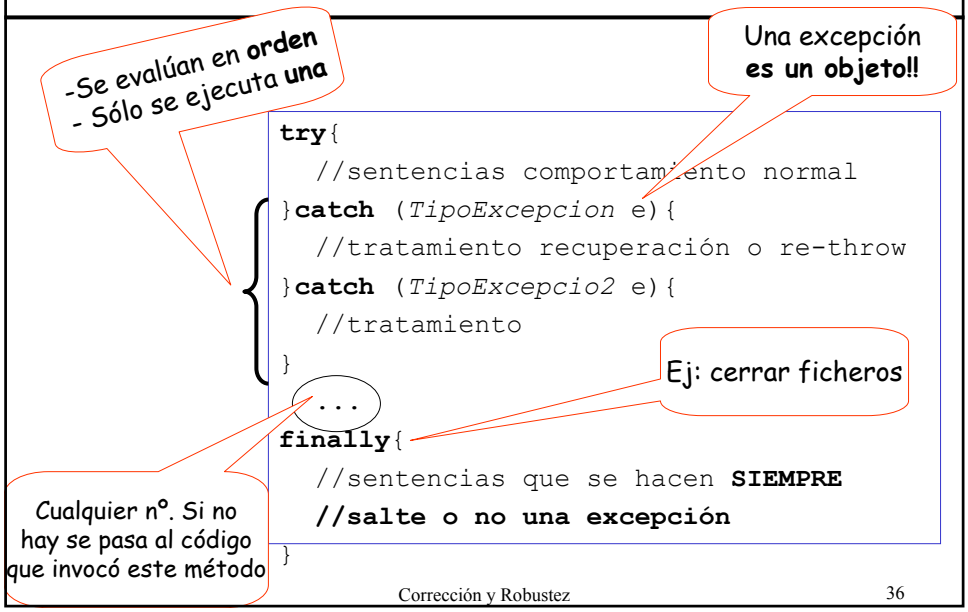
- El programador puede lanzar excepciones:

```
trigger(code:INTEGER; message:STRING)
```

Mecanismo de excepciones en Java. Beneficios

- Separa el código de trabajo del código que maneja el error mediante cláusulas **`try-catch`**
- Permite la **propagación de errores** de manera ordenada. Si el método al que se invoca encuentra una situación que no puede manejar, pueda lanzar una excepción y dejar que la trate el método que le llamó.
- Se **registran las situaciones "excepcionales"** anticipadamente de manera que el compilador puede asegurar que se tratan.

Excepciones en Java. Estructura



Excepciones en Java

- Un método lanza una excepción cuando se encuentra con una condición anormal que no puede manejar.
  - Ejemplo: EOF cuando leemos enteros de un `DataInputStream` (no puede ser –1).
  - Ejemplo: invocar `nextToken()` sin ningún token en el `StringTokenizer`
- Evite utilizar excepciones para indicar condiciones que son razonables que ocurran como parte del funcionamiento típico de un método.
- ORIGEN de una excepción:
  - "se rompe el contrato" (fallo en la precondición o postcondición)
  - "condición anormal"

Ejemplo: Se rompe el contrato

- En la clase `String`:

```
public char charAt(int index) {
        if ((index < 0) || (index >= count)) {
            throw new StringIndexOutOfBoundsException(index);
        }
        return value[index + offset];
}
```

- Si el cliente llama `chartAt(-1)` rompe el contrato (**no cumple la precondición**) y se le debe informar de ello lanzando una excepción (`StringIndexOutOfBoundsException`).
- Si el método encuentra problemas con los recursos runtime y es incapaz de devolver el carácter en la posición solicitada (**no puede cumplir la postcondición**) debe indicarlo lanzando una excepción.

¿Cuándo utilizar excepciones? ¿comportamiento "normal" o excepcional?

```
A.  Pasajero getPasajero(){
     try{
       Pasajero p = bd.buscarPasajeroRegistroVuelo("Ana Col");
     }catch (PasajeroNoEncontradoException e){
       //hacer algo
     }
    }
```

Que la búsqueda devuelva un conjunto vacío forma parte del procesamiento **normal**

```
B.  Pasajero getPasajero(){
      Pasajero p = bd.buscarPasajeroRegistroVuelo("Ana Col");
      if (p==null)          //¿Forma parte de la semántica de getPasajero?
          throw new PasajeroNoEncontradoException();
                                                  //situación excepcional
    }
```

¿Valores especiales de retorno o excepciones?

Valores especiales

a) ¿Se puede distinguir siempre el resultado especial de un resultado normal?

- `List>>indexOf()` devuelve un -1 cuando no se encuentra el elemento en la lista porque el índice -1 no es un índice válido.
- `DataInputStream>>getInt()` no puede indicar el EOF como -1 porque es uno de sus valores válidos.

b) ¿Qué ocurre si al que llama se le olvida comprobar el valor especial de retorno?

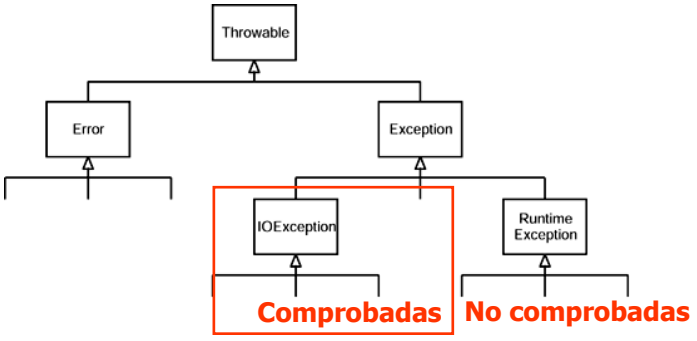
```
Empleado e  = plantilla.buscar(dni);
e.subirSueldo() → NullPointerException
```

- Las excepciones no tienen ninguno de estos problemas

Tipos de excepciones en Java

- **Comprobadas** (`Exception`):
  - Indican un fallo del método en cumplir su contrato (falla la **postcondición**).
  - Si se lanza una excepción comprobada en un método hay que declararla en la cláusula `throws`.
  - Fuerzan a los clientes a tratar la excepción potencial.
  - Ejemplo: `IOException`
- **No comprobadas** (`RuntimeException`):
  - Indican un uso inadecuado de la clase (fallo en la **precondición**).
  - El cliente decide si capturarla o ignorarla.
  - Ejemplo `StringIndexOutOfBoundsException`

Jerarquía de excepciones en Java



- La jerarquía `Error` describe errores internos y agotamiento de recursos del sistema de ejecución de Java.
- El programador no debe lanzar objetos de tipo `Error`.
- El programador debe centrarse en las excepciones de tipo `Exception`.

Manejo de excepciones en Java

- Si se invoca a un método `m1` que tiene una excepción comprobada `e1` en su cláusula `throws`, en un método `m2` existen tres opciones:

  1) `m2` capturar la excepción y la gestiona.

  2) `m2` capturar la excepción y la transforma en una excepción `e2` declarada en su cláusula `throws`

  3) `m2` declara la excepción e1 en su cláusula `throws` y hace que pase por el método (aunque puede incluir algún tratamiento en la cláusula `finally`)

Ejemplo caso 1

```
Pasajero getPasajero(){
   try{
      Pasajero p = bd.buscarPasajeroRegistroVuelo("Ana
  Col");
   }catch (MalformedURLException mue){
      //hacer algo
   }catch (SQLException sqle){
      //hacer algo
   }
}
```

- Necesita devolver un valor especial para señalar el error al método que llame a `getPasajero()`
- El método que llama debe controlar todos los posibles valores de retorno

Ejemplo caso 3

```
Pasajero getPasajero()throws MalformedURLException,
   SQLException{
   Pasajero p = bd.buscarPasajeroRegistroVuelo("Ana
   Col");
}
```

- Se pasa hacia arriba toda la responsabilidad de manejo de las situaciones excepcionales.
- Problema cuando existen múltiples límites entre sistemas.

Ejemplo caso 2

```
Pasajero getPasajero()throws ViajeException{
    try{
       Pasajero p = bd.buscarPasajeroRegistroVuelo("Ana Col");
    }catch (MalformedURLException mue){
       //hacer algo
       throw (new ViajeException("Fallo búsqueda",mue);
    }catch (SQLException sqle){
       //hacer algo
       throw (new ViajeException("Fallo búsqueda",sqle);
    }
}
```

- Transforma una excepción de nivel de sistema en una de nivel de aplicación.
- Solución elegante al problema del caso3.

Definición de nuevas excepciones

```
public class ViajeException extends Exception
{
   private Exception excepcionOculta;
   public ViajeException(String error, Exception e){
       super(error);
       excepcionOculta = e;
   }
   public Exception getExcepcionOculta(){
       return excepcionOculta;
   }
}
```

- Podemos encapsular la excepción de bajo nivel para conservar la información de la excepción que tuvo lugar.
- Razones: nombre más significativo, añadir información.

Definir un nuevo tipo de excepción

```
public class NuevaExcepcion extends
                              [Exception|RuntimeException]{
   public NuevaExcepcion (){
       super();
   }

   public NuevaExcepcion (String s){
       super(s);
   }
}
```

¿Excepción comprobada o no comprobada?

- Se debe definir una excepción **no comprobada** si se espera que el usuario escriba código que asegure que no se lanzará la excepción, porque:
  - Existe una forma adecuada y no costosa de evitar la excepción.
  - El contexto de uso es local.
  - Ejemplo: `EmptyStackException`
- En otro caso, la excepción será **comprobada**.
  - Ejemplo: `FileNotFoundException`

• Utiliza excepciones comprobadas para los resultados especiales y las excepciones no comprobadas para fallos.

Guías

- Si el método encuentra una situación anormal que no puede manejar, debe lanzar una excepción.
- Evite utilizar excepciones para indicar condiciones que forman parte del funcionamiento normal del método.
- Si se lanza una excepción por una condición anormal que el cliente debería tratar, debe ser una excepción comprobada.
- Si el cliente rompe su parte del contrato (precondición) lanza una excepción no comprobada.
- Si el método es incapaz de cumplir su parte del contrato (postcondición) lanza una excepción comprobada.

```
void imprimirPuntoCorte(){
   try{
        double x = ecuacion2°grado(a,b,c);
        System.out.println("("+x+",0)");
   }catch (NotRealException e){
        System.out.println("No corta al eje\n");
   }

double ecuacion2°Grado(double a, double b, double c) throws
   NotRealException{

   try{
     return (-b + sqrt( b*b -4*a*c))/(2*a);
   }catch (IllegalArgumentException e){
        throw new NotRealException();
   }
}

public double sqrt(double x) throws IllegalArgumentException{
    if (x<0) throw new IllegalArgumentException();
    …
}
```

¿Exception o Runtime?

Lanzamiento de excepciones Eiffel vs. Java. Ejemplo Eiffel.

```
leerEnteroTeclado:INTEGER is
LOCAL
  fallos:INTEGER;
DO
  Result:=getInt;
RESCUE
  fallos=fallos+1;
  IF (fallo<5) THEN
     message("Un entero!")
     RETRY
  END
END
```

Ejecución normal

Tratamiento de situación anormal

ELSE informar a quien lo invocó

Lanzamiento de excepciones Eiffel vs. Java. Ejemplo Java.

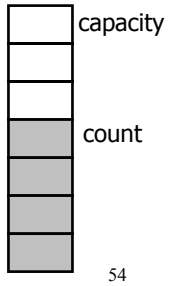
```
public int LeerEnteroTeclado() throws IOException {
//tb NumberFormatException (no comprobada)

  boolean fin= false;
  int fallos;
  int enteroLeido=-1;
  for (fallos=0;((fallos<=5) && (fin==false));fallos++){
  try{
      enteroLeido=getInt();
      fin = true;
  catch(NumberFormatException e){
      System.out.println("Un entero!!");
  };
  }
  if (fallos>5) throw (new IOException());
  else return enteroLeido;
}
```

RETRY

Java y el Diseño por Contrato

```
class Stack feature
  ...
  remove is
      --quita el elemento de la cima
    require
      no_vacio: not empty  --es decir count>0
    do
      count:count-1
    ensure
      no_llena: not full
      uno_menos: count = old count -1
  end
end
```



Java y Diseño por Contrato

```
class Stack{
   ...
   public void remove() throws EmptyStackException{
   //hacemos explícita la excepción aunque sea no
   //comprobada, forma parte de la interfaz del método
require  if (this.empty())
               throw (new EmptyStackException());
         count = count -1;
ensure   assert !this.full(): "Pila llena";
   }
}
```

- El cliente en ambos casos tendrá que:

```
if (!pila.empty())
            pila.remove();
```


Excepciones en C++

- Se utiliza **`throw`** tanto para lanzar una excepción como para especificar la lista de excepciones de un método.
- No existe diferencias fundamentales en el manejo de excepciones entre Java y C++:

```
try{
     ...
}catch(Exception& e){
     ...
}
```

- Es posible especificar `catch (...)` (captura cualquier excepción).
- En C++ no existe la cláusula `finally`.
- Las excepciones pueden ser **valores de cualquier tipo**.
  (En Java *objetos* cuyo tipo son subclases de `Throwable`).
- El compilador ignora la especificación de las excepciones.

Excepciones en C++

```
f();
//puede ocurrir cualquier excepción

f() throw (int, char*);
/*
  sólo se pueden lanzar excepciones enteras y
  char*
  Ej. throw "¡Ayuda!"
*/

f() throw ();
//no saltará ninguna excepción
```