

# Principio de Invarianza

Carlos Sánchez Páez

26 de febrero de 2018

## 1. Introducción

El objetivo de este ejercicio es demostrar el Principio de Invarianza mediante la ejecución de un algoritmo (concretamente el de ordenación por burbuja). Dicho principio estipula lo siguiente:

**Principio 1 (de Invarianza)** *Dos implementaciones diferentes de un mismo algoritmo no difieren en eficiencia más que, a lo sumo, en una constante multiplicativa.*

Es decir, podemos cambiar de plataforma para que nuestro algoritmo se ejecute más rápido, pero el factor que nos proporcionará una mejora significativa con respecto al tamaño del problema será un **cambio de algoritmo**.

## 2. Código fuente empleado

Los ficheros fuente que emplearemos para realizar el ejercicio han sido descargados de la plataforma *decsai.ugr.es*. Consisten en una implementación en Java y C++ del algoritmo de ordenación de un vector utilizando el método **burbuja**.

Cada programa crea un vector de tamaño variable en cada iteración (de 1.000 a 20.000 incrementando de 1.000 en 1.000) ordenado de forma decreciente. Tras ésto, aplica el método burbuja para ordenarlo, obteniendo así los tiempos del peor caso.

```

#include <iostream>
#include <ctime>
using namespace std;

void Burbuja(double *v, int posini, int posfin) {
    int i, j;
    double aux;
    bool haycambios= true;
    i= posini;
    while (haycambios) {
        haycambios=false; // Suponemos vector ya ordenado
        // Recorremos vector de final a i
        for (j= posfin; j>i; j--) {
            // Dos elementos consecutivos mal ordenados
            if (v[j-1]>v[j]) {
                aux= v[j]; // Los intercambiamos
                v[j]= v[j-1];
                v[j-1]= aux;
                // Al intercambiar, hay cambio
                haycambios= true;
            }
        }
        i++;
    }
}

int main()
{
    const int SIZE= 20000;
    double vect[SIZE];
    unsigned long tini, tfin;
    for (int TAM= 1000; TAM<=SIZE; TAM+= 1000) {
        for (int i= 0; i<TAM; i++)
            vect[i]= TAM-i;
        tini= clock(); // Tiempo inicial
        Burbuja(vect, 0, TAM-1);
        tfin= clock(); // Tiempo final
        cout<<"N: "<<TAM<<" T (ms.): "<<1000.0*(tfin-tini)/(double)CLOCKS_PER_SEC<<endl;
    }
    return 0;
}

```

Figura 1: Código en C++

```

public class BurbujaJava {
    public static void Burbuja (double [] v, int posini, int posfin) {
        int i, j;
        double aux;
        boolean haycambios= true;
        i= posini;
        while (haycambios) {
            haycambios=false; // Suponemos vector ya ordenado
            // Recorremos vector de final a i
            for (j= posfin; j>i; j--) {
                // Dos elementos consecutivos mal ordenados
                if (v[j-1]>v[j]) {
                    aux= v[j]; // Los intercambiamos
                    v[j]= v[j-1];
                    v[j-1]= aux;
                    // Al intercambiar, hay cambio
                    haycambios= true;
                }
            }
            i++;
        }
    }

    public static void main(String[] args) {
        final int SIZE= 20000;
        double [] vect= new double[SIZE];
        long tini, tfin;
        for (int TAM= 1000; TAM<=SIZE; TAM+= 1000) {
            // Ejemplo: Vector al revés
            for (int i= 0; i<TAM; i++)
                vect[i]= TAM-i;
            tini= System.currentTimeMillis(); // Tiempo inicial
            Burbuja(vect, 0, TAM-1);
            tfin= System.currentTimeMillis(); // Tiempo final
            System.out.println("N: "+TAM+" T (ms): "+(tfin-tini));
        }
    }
}

```

Figura 2: Código en Java

### 3. Metodología

Para realizar el ejercicio, programaremos un pequeño archivo *makefile* con las opciones básicas, como compilar el código fuente y ejecutarlo exportando

la salida a un archivo de texto, compilar la memoria y limpiar los archivos residuales y resultados.

```
#Definimos etiquetas
DOC=doc
SRC=src
OUTPUTFOLDER=output
CPPNAME=BurbujaC
JAVANAME=BurbujaJava
CPPOUTPUT=cpp.out
JAVAOUTPUT=java.out

#Compilar el archivo C++
all : ejecutar

cpp :
    g++ -o $(SRC)/$(CPPNAME) $(SRC)/$(CPPNAME).cpp

#Compilar el archivo Java

java :
    javac $(SRC)/$(JAVANAME).java

#Ejecutamos cada uno y guardamos en la salida

ejecutar : cpp java
    cd $(SRC);./$(CPPNAME) > ../$(OUTPUTFOLDER)/$(CPPOUTPUT)
    cd $(SRC);java $(JAVANAME) > ../$(OUTPUTFOLDER)/$(JAVAOUTPUT)

#LaTEX

memoria :
    pdflatex -shell-escape -synctex=1 -interaction=nonstopmode $(DOC)/memoria.tex

#Limpiar

clean :
    rm -f $(SRC)/$(CPPNAME) $(SRC)/$(JAVANAME)

mrproper : clean
    rm -f $(OUTPUTFOLDER)/*
```

Figura 3: Makefile

## 4. Resultados

Los resultados obtenidos son los siguientes:

Tamaño del problema	C++	Java	Constante multiplicativa
1000	3.247	8.000	0.0406
2000	14.841	4.000	3.710
3000	34.166	8.000	4.271
4000	67.824	13.000	5.217
5000	111.634	20.000	5.582
6000	136.076	29.000	4.692
7000	182.814	40.000	4.570
9000	326,151	66,000	4,942
10000	413,116	82,000	5,038
11000	511,706	99,000	5,169
12000	592,085	117,000	5,061
13000	671,105	137,000	4,899
14000	803,409	160,000	5,021
15000	896,108	183,000	4,897
16000	983,140	208,000	4,727
17000	1110,460	235,000	4,725
18000	1257,570	264,000	4,764
19000	1385,760	293,000	4,730
20000	1553,040	326,000	4,764
<b>Media</b>	270.705	63.789	<b>4.244</b>

Cuadro 1: Tiempos obtenidos y constante multiplicativa.

## 5. Conclusiones

Tras hacer las correspondientes pruebas, vemos que el algoritmo ejecutado en Java es mucho más rápido que el de C++, aproximadamente:

$$tiempo_{java} = \frac{tiempo_{c++}}{4,244} \rightarrow tiempo_{c++} = 4,244 \cdot tiempo_{java}$$

Es decir, si ejecutamos la ordenación mediante burbuja en Java obtendremos un rendimiento más de cuatro veces superior al que obtendríamos en C++. Con ésto queda demostrado el Principio de Invarianza, ya que se cumple que:

$$t_1(n) \leq t_2(n) \rightarrow \exists c \in \mathbb{R} : t_2(n) = c \cdot t_1(n) \quad (1)$$

Figura 4: Consecuencia del Principio de Invarianza

## 6. Gráficas

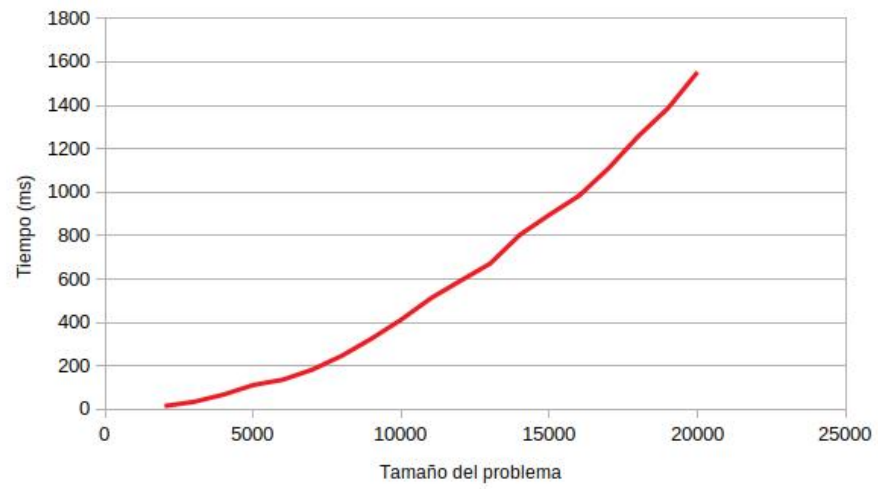


Figura 5: Ejecución del algoritmo en C++

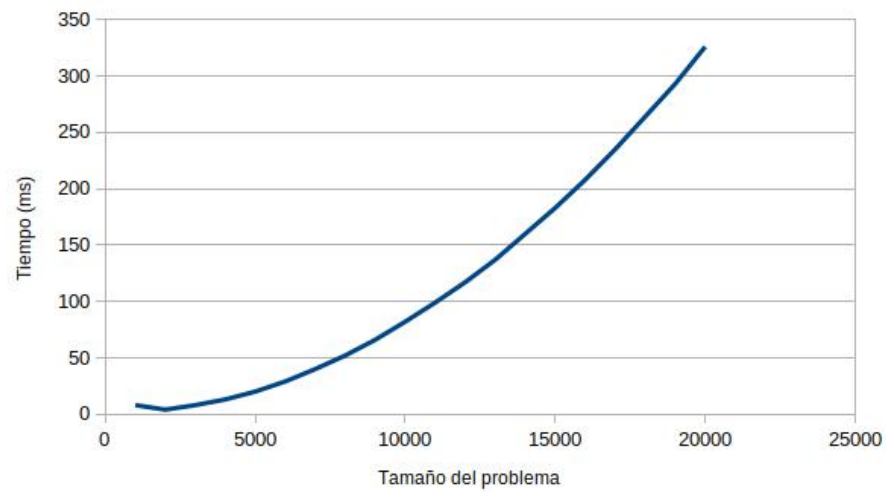


Figura 6: Ejecución del algoritmo en Java