

C# Y .NET 8

Parte 03. Arreglos estáticos

2024-07

Rafael Alberto Moreno Parra
ramsoftware@gmail.com

Contenido

Tabla de ilustraciones.....	3
Acerca del autor.....	4
Licencia de este libro	4
Licencia del software	4
Marcas registradas	5
Dedicatoria	6
Declaración y asignar valores	7
Otra forma de definir y asignar.....	9
Arreglo unidimensional de cadenas	10
Arreglo unidimensional. Tamaños.....	11
Recorrer arreglos de cadenas	12
Uso de la instrucción foreach para recorrer un arreglo	13
Ordenar un arreglo de cadenas.....	14
Ordenar un arreglo de cadenas. Las mayúsculas, minúsculas, tildes y diéresis	15
Ordenar un arreglo de tipo double	16
Funciones genéricas para arreglos unidimensionales	17
Algoritmos de ordenación	19
Métrica de velocidad: Algoritmos de ordenación	24
Arreglo bidimensional	29
Arreglo tridimensional.....	31
Arreglo de arreglos.....	33
Métrica de velocidad: arreglo bidimensional vs arreglo de arreglos	35
Métrica de velocidad: Arreglos multidimensionales.....	37
Tipo implícito de arreglo	40
Tipo implícito en arreglo de arreglos.....	41
Convertir una cadena en un arreglo de cadenas al dividirla	42

Tabla de ilustraciones

Ilustración 1: Declaración y asignar valores	8
Ilustración 2: Otra forma de definir y asignar.....	9
Ilustración 3: Arreglo unidimensional de cadenas	10
Ilustración 4: Arreglo unidimensional. Tamaños.....	11
Ilustración 5: Recorrer arreglos de cadenas	12
Ilustración 6: Uso de la instrucción foreach para recorrer un arreglo.....	13
Ilustración 7: Ordenar un arreglo de cadenas	14
Ilustración 8: Ordenar un arreglo de cadenas. Las mayúsculas, minúsculas, tildes y diéresis ...	15
Ilustración 9: Ordenar un arreglo de tipo double	16
Ilustración 10: Funciones genéricas para arreglos unidimensionales	18
Ilustración 11: Algoritmos de ordenación	23
Ilustración 12: Métrica de velocidad: Algoritmos de ordenación	28
Ilustración 13: Arreglo bidimensional.....	30
Ilustración 14: Arreglo tridimensional	32
Ilustración 15: Arreglo de arreglos	34
Ilustración 16: Métrica de velocidad: arreglo bidimensional vs arreglo de arreglos	36
Ilustración 17: Métrica de velocidad: arreglos multidimensionales	39
Ilustración 18: Tipo implícito de arreglo	40
Ilustración 19: Tipo implícito en arreglo de arreglos	41
Ilustración 20: Convertir una cadena en un arreglo de cadenas al dividirla.....	42
Ilustración 21: Cuando hay más de un espacio intermedio	44

Acerca del autor

Rafael Alberto Moreno Parra

ramsoftware@gmail.com o enginelif@hotmai.com

Sitio Web: <http://darwin.50webs.com> (dedicado a la investigación de algoritmos evolutivos y vida artificial).

Github: <https://github.com/ramsoftware>

Youtube: <https://www.youtube.com/@RafaelMorenoP>

Licencia de este libro



Licencia del software

Todo el software desarrollado aquí tiene licencia LGPL "Lesser General Public License" [1]



Marcas registradas

En este libro se hace uso de las siguientes tecnologías registradas:

Microsoft ® Windows ® Enlace: <http://windows.microsoft.com/en-US/windows/home>

Microsoft ® Visual Studio 2022 ® Enlace: <https://visualstudio.microsoft.com/es/vs/>

Dedicatoria

A mis padres, a mi hermana....

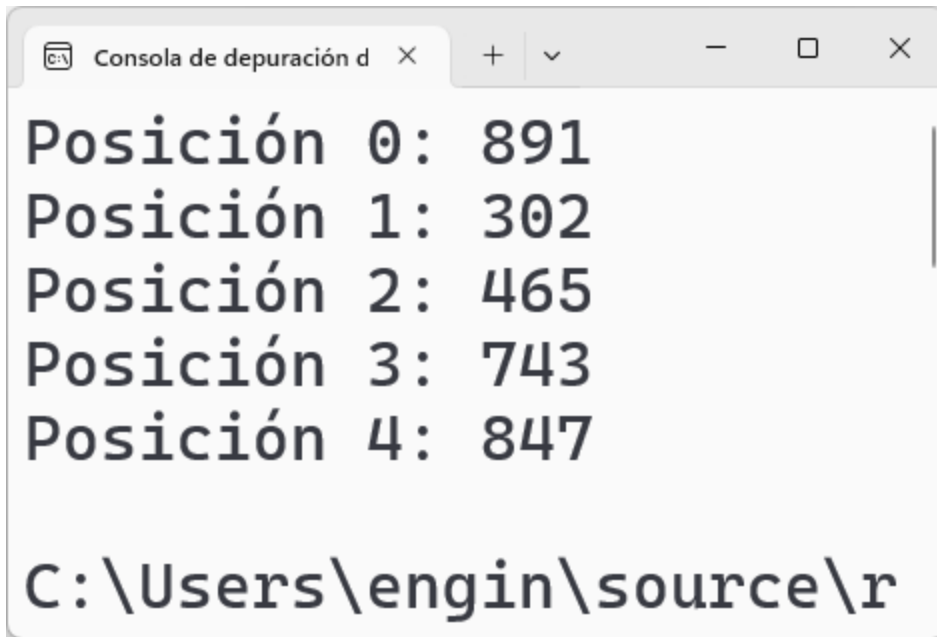
Y a mi tropa gatuna: Sally, Suini, Grisú, Capuchina, Milú,
Arián, Frac y mis recordados Tinita, Tammy, Vikingo y
Michu.

Declaración y asignar valores

Los arreglos unidimensionales empiezan en la posición 0

C/001.cs

```
namespace Ejemplo {  
    internal class Program {  
        static void Main() {  
            //Arreglo unidimensional. Definición.  
            int[] arreglo = new int[5];  
  
            //Asignando valores a cada posición del arreglo  
            arreglo[0] = 891;  
            arreglo[1] = 302;  
            arreglo[2] = 465;  
            arreglo[3] = 743;  
            arreglo[4] = 847;  
  
            //Imprimiendo valores  
            Console.WriteLine("Posición 0: " + arreglo[0]);  
            Console.WriteLine("Posición 1: " + arreglo[1]);  
            Console.WriteLine("Posición 2: " + arreglo[2]);  
            Console.WriteLine("Posición 3: " + arreglo[3]);  
            Console.WriteLine("Posición 4: " + arreglo[4]);  
        }  
    }  
}
```



The image shows a screenshot of a Windows Debug Console window. The title bar reads 'Consola de depuración d' followed by a close button. The window contains five lines of text showing memory positions and values, and a file path at the bottom.

Posición	Valor
0	891
1	302
2	465
3	743
4	847

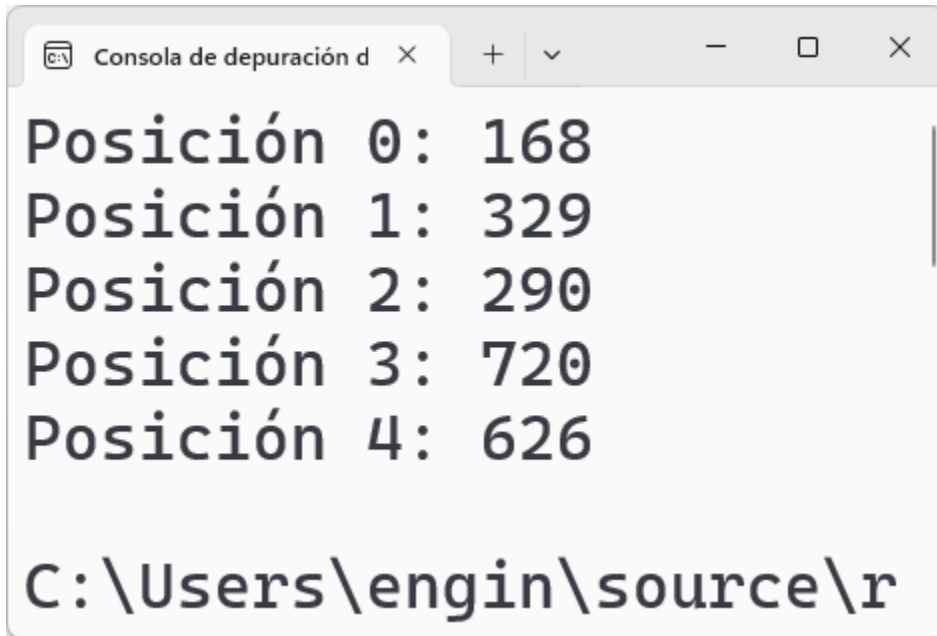
C:\Users\engin\source\r

Ilustración 1: Declaración y asignar valores

Otra forma de definir y asignar

C/002.cs

```
namespace Ejemplo {  
    internal class Program {  
        static void Main() {  
            //Arreglo unidimensional. Definición y asignación.  
            int[] arreglo = { 168, 329, 290, 720, 626 };  
  
            //Imprimiendo valores  
            Console.WriteLine("Posición 0: " + arreglo[0]);  
            Console.WriteLine("Posición 1: " + arreglo[1]);  
            Console.WriteLine("Posición 2: " + arreglo[2]);  
            Console.WriteLine("Posición 3: " + arreglo[3]);  
            Console.WriteLine("Posición 4: " + arreglo[4]);  
        }  
    }  
}
```



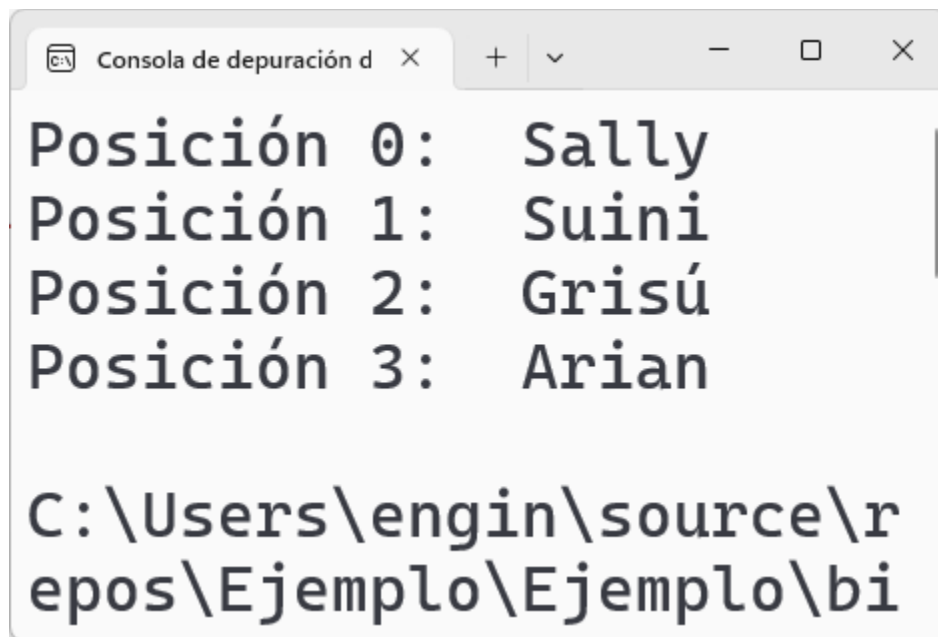
```
Consola de depuración d × + ▾ - □ ×  
  
Posición 0: 168  
Posición 1: 329  
Posición 2: 290  
Posición 3: 720  
Posición 4: 626  
  
C:\Users\engin\source\r
```

Ilustración 2: Otra forma de definir y asignar

Arreglo unidimensional de cadenas

C/003.cs

```
namespace Ejemplo {  
    internal class Program {  
        static void Main() {  
            //Arreglo unidimensional de cadenas.  
            string[] cadenas = [ "Sally", "Suini", "Grisú", "Arian" ];  
  
            //Imprimiendo valores  
            Console.WriteLine("Posición 0: " + cadenas[0]);  
            Console.WriteLine("Posición 1: " + cadenas[1]);  
            Console.WriteLine("Posición 2: " + cadenas[2]);  
            Console.WriteLine("Posición 3: " + cadenas[3]);  
        }  
    }  
}
```



Consola de depuración d

Posición 0: Sally
Posición 1: Suini
Posición 2: Grisú
Posición 3: Arian

C:\Users\engin\source\repos\Ejemplo\Ejemplo\bi

Ilustración 3: Arreglo unidimensional de cadenas

Arreglo unidimensional. Tamaños

C/004.cs

```
namespace Ejemplo {  
    internal class Program {  
        static void Main() {  
            //Arreglo unidimensional. Tamaños.  
            string[] cadenas = [ "naranja", "manzana", "pera", "coco" ];  
            int[] numeros = new int[8];  
  
            //Tamaños de los arreglos  
            int TCadenas = cadenas.Length;  
            int TNumeros = numeros.Length;  
  
            //Imprime  
            Console.WriteLine("Tamaño arreglo cadenas: " + TCadenas);  
            Console.WriteLine("Tamaño arreglo numeros: " + TNumeros);  
        }  
    }  
}
```

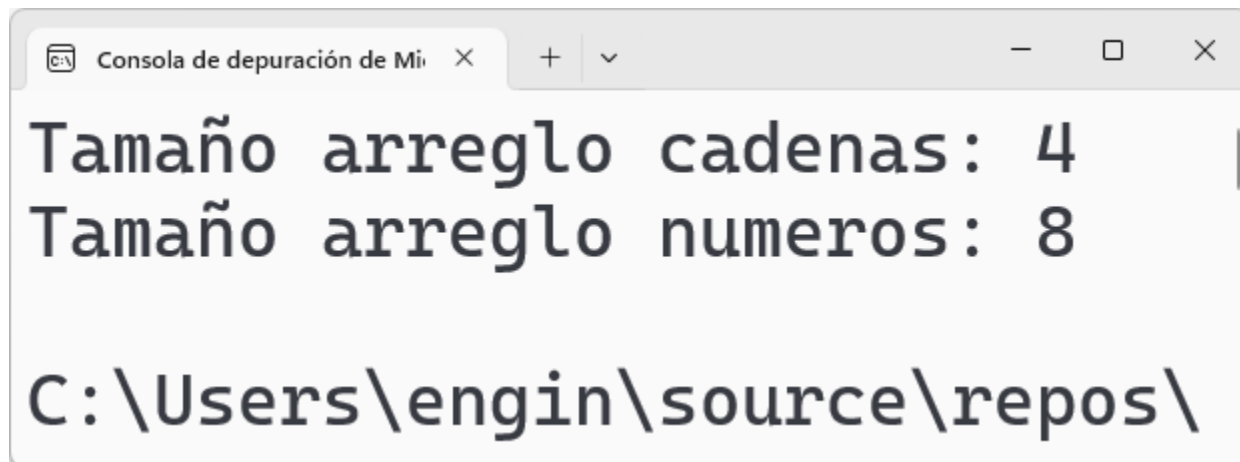


Ilustración 4: Arreglo unidimensional. Tamaños

Recorrer arreglos de cadenas

C/005.cs

```
namespace Ejemplo {  
    internal class Program {  
        static void Main() {  
            //Arreglo unidimensional  
            string[] cadenas = [ "naranja", "manzana", "pera", "coco" ];  
  
            //Tamaño  
            int TamanoCadenas = cadenas.Length;  
  
            //Recorre el arreglo y lo imprime  
            for (int posicion=0; posicion<TamanoCadenas; posicion++) {  
                Console.WriteLine(cadenas[posicion]);  
            }  
        }  
    }  
}
```

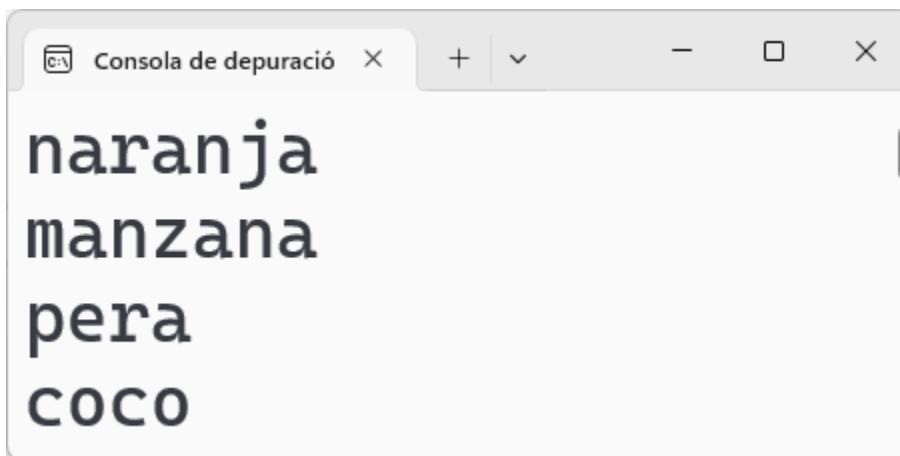


Ilustración 5: Recorrer arreglos de cadenas

Uso de la instrucción foreach para recorrer un arreglo

C/006.cs

```
namespace Ejemplo {  
    internal class Program {  
        static void Main() {  
            //Arreglo unidimensional  
            string[] cadenas = [ "naranja", "manzana", "pera", "coco" ];  
  
            //Recorre el arreglo y lo imprime  
            foreach(string texto in cadenas) {  
                Console.WriteLine(texto);  
            }  
        }  
    }  
}
```

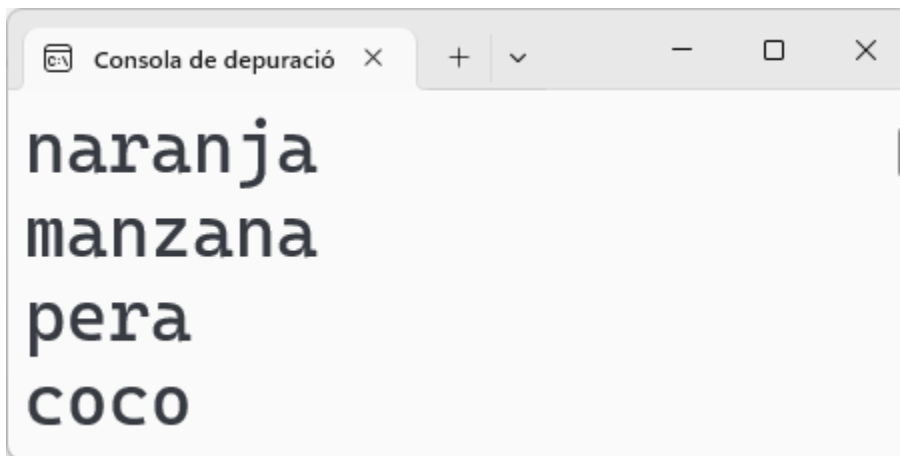


Ilustración 6: Uso de la instrucción foreach para recorrer un arreglo

Ordenar un arreglo de cadenas

C/007.cs

```
namespace Ejemplo {  
    internal class Program {  
        static void Main() {  
            //Arreglo unidimensional  
            string[] cadenas = [ "mil", "ufr", "ac", "ari", "an" ];  
  
            //Ordena el arreglo  
            Array.Sort(cadenas);  
  
            //Recorre el arreglo y lo imprime  
            foreach(string texto in cadenas) {  
                Console.WriteLine(texto);  
            }  
        }  
    }  
}
```

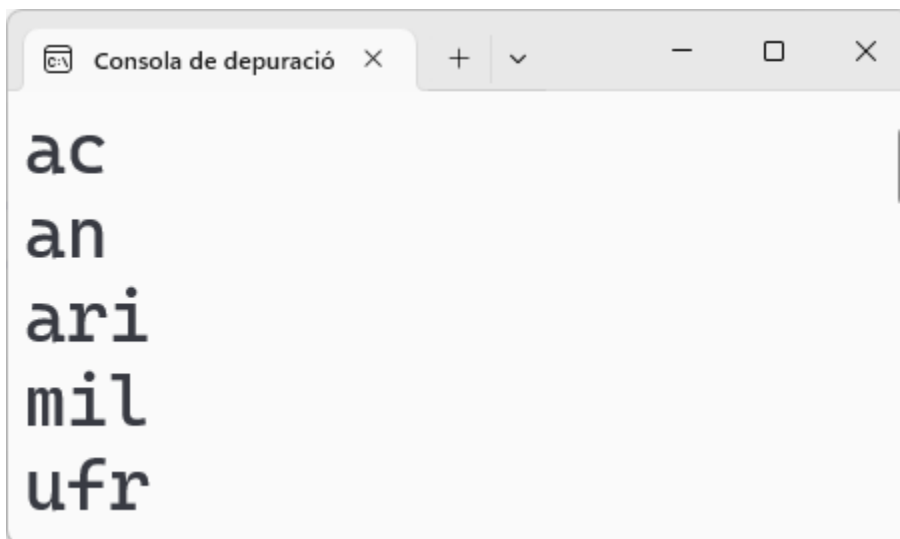


Ilustración 7: Ordenar un arreglo de cadenas

Ordenar un arreglo de cadenas. Las mayúsculas, minúsculas, tildes y diéresis

C/008.cs

```
namespace Ejemplo {  
    internal class Program {  
        static void Main() {  
            //Arreglo unidimensional  
            string[] cadenas = [ "áa", "aa", "äa", "Aa", "aá" ];  
  
            //Ordena el arreglo  
            Array.Sort(cadenas);  
  
            //Recorre el arreglo y lo imprime  
            foreach(string texto in cadenas) {  
                Console.WriteLine(texto);  
            }  
        }  
    }  
}
```

En caso de probar las tildes, diéresis, mayúsculas y minúsculas, se obtendría este resultado:

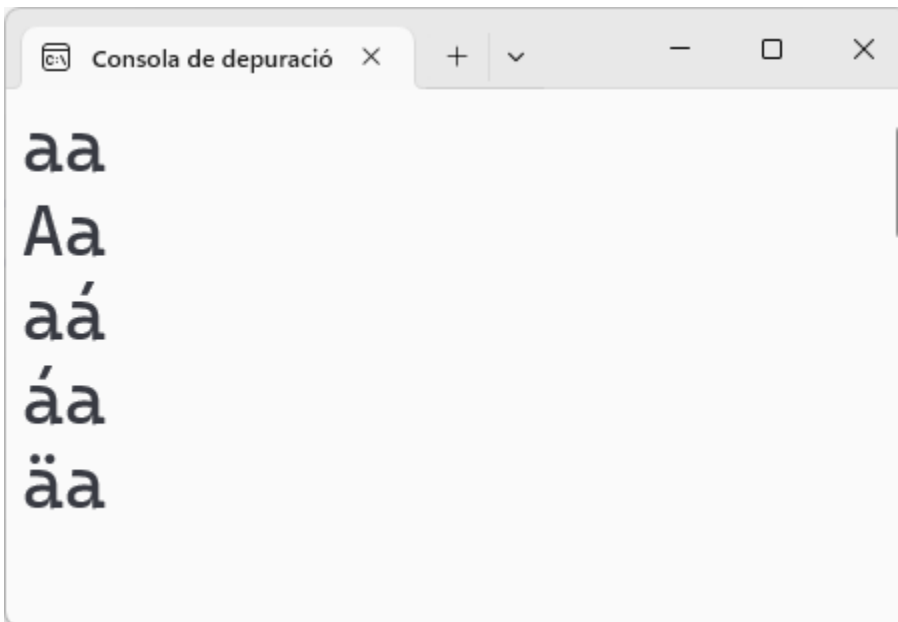


Ilustración 8: Ordenar un arreglo de cadenas. Las mayúsculas, minúsculas, tildes y diéresis

Ordenar un arreglo de tipo double

C/009.cs

```
namespace Ejemplo {
    internal class Program {
        static void Main() {
            Random Azar = new();

            //Llena un arreglo con valores aleatorios
            double[] Numeros = new double[10];
            for (int cont = 0; cont < Numeros.Length; cont++)
                Numeros[cont] = Azar.NextDouble();

            //Ordena el arreglo
            Array.Sort(Numeros);

            //Recorre el arreglo y lo imprime
            foreach (double unvalor in Numeros) {
                Console.WriteLine(unvalor);
            }
        }
    }
}
```

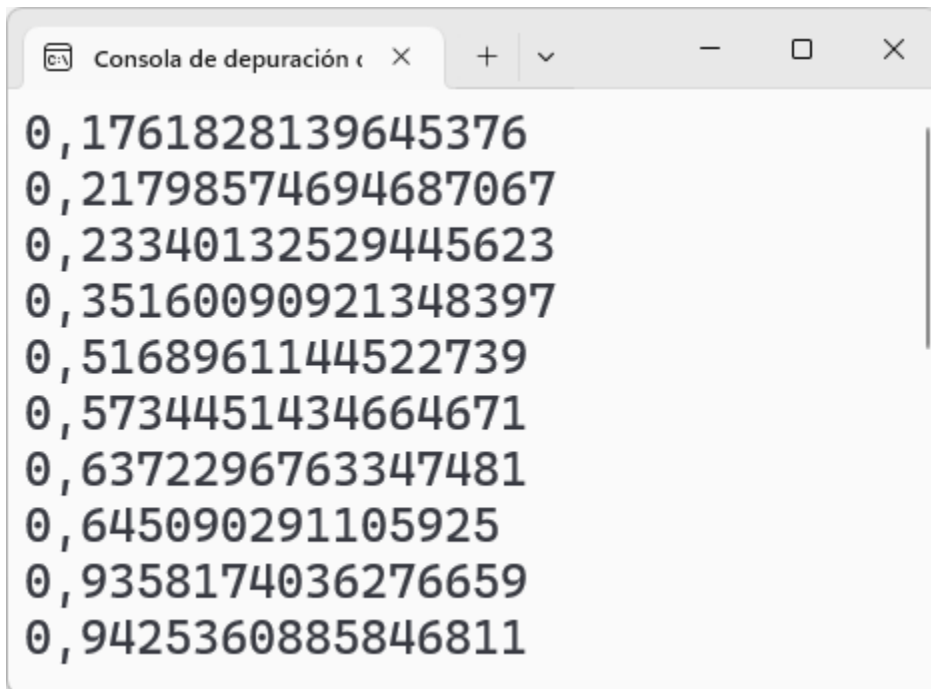


Ilustración 9: Ordenar un arreglo de tipo double

Funciones genéricas para arreglos unidimensionales

Se crean funciones que se envía como parámetro el arreglo

C/010.cs

```
namespace Ejemplo {
    class Program {
        static void Main() {
            //Arreglo unidimensional. Funciones genéricas
            int[] numeros = new int[50];

            //Llena con valores al azar
            int minimo = 1, maximo = 30;
            LlenaArreglo(numeros, minimo, maximo);
            ImprimeArreglo(numeros);

            //Busca un valor determinado y retorna su posición
            int valorBusca = 17;
            int pos = PosArregloDato(numeros, valorBusca);
            if (pos == -1)
                Console.WriteLine("Valor no encontrado");
            else {
                Console.Write("Valor " + valorBusca);
                Console.WriteLine(" en posición: " + pos);
            }
        }

        //Llena el arreglo con valores al azar
        //entre min y max (ambos incluidos)
        static void LlenaArreglo(int[] arreglo, int min, int max) {
            Random azar = new Random();
            for (int pos = 0; pos < arreglo.Length; pos++) {
                arreglo[pos] = azar.Next(min, max+1);
            }
        }

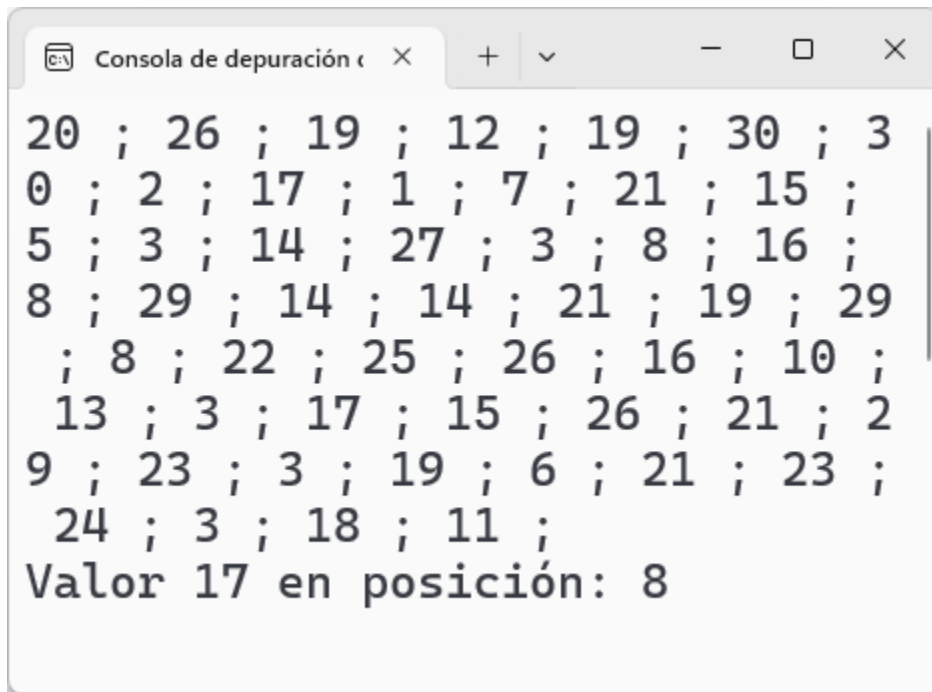
        //Imprime el arreglo en consola
        static void ImprimeArreglo(int [] arreglo) {
            for (int pos = 0; pos < arreglo.Length; pos++) {
                Console.Write(arreglo[pos] + " ; ");
            }
            Console.WriteLine(" ");
        }

        //Retorna la posición del dato en el arreglo
        //o retorna -1 si no lo pos
    }
}
```

```

static int PosArregloDato(int[] arreglo, int valor) {
    for (int pos = 0; pos < arreglo.Length; pos++) {
        if (arreglo[pos] == valor)
            return pos;
    }
    return -1;
}
}

```



The screenshot shows a debug console window titled 'Consola de depuración'. It displays a list of integers separated by semicolons, arranged in a grid-like format. The last line of the output shows the result of a search for the value 17.

```

20 ; 26 ; 19 ; 12 ; 19 ; 30 ; 3
0 ; 2 ; 17 ; 1 ; 7 ; 21 ; 15 ;
5 ; 3 ; 14 ; 27 ; 3 ; 8 ; 16 ;
8 ; 29 ; 14 ; 14 ; 21 ; 19 ; 29
; 8 ; 22 ; 25 ; 26 ; 16 ; 10 ;
13 ; 3 ; 17 ; 15 ; 26 ; 21 ; 2
9 ; 23 ; 3 ; 19 ; 6 ; 21 ; 23 ;
24 ; 3 ; 18 ; 11 ;
Valor 17 en posición: 8

```

Ilustración 10: Funciones genéricas para arreglos unidimensionales

Algoritmos de ordenación

Se prueban diversos algoritmos de ordenación enviando arreglos como parámetros y estos arreglos son modificados por las funciones mismas. Al enviar un arreglo como parámetro a una función o procedimiento, este es enviado por referencia (**no se copian los valores** como sucede con los tipos de datos nativos como int, double, float, string). Luego se debe tener especial cuidado con esto porque si la función o procedimiento modifica el arreglo, quedaría modificado también desde el sitio en que se llamó a la función o procedimiento.

C/011.cs

```
namespace Ejemplo {
    internal class Program {
        static void Main() {
            //Ordenación
            int Limite = 10;
            int[] Listado = new int[Limite];

            int minimo = 10, maximo = 99;

            //Ordena por Inserción
            Console.WriteLine("\nOrdena por inserción");
            LlenaArreglo(Listado, minimo, maximo);
            ImprimeArreglo("Original", Listado);
            Insercion(Listado);
            ImprimeArreglo("Ordenado", Listado);

            //Ordena por Selección
            Console.WriteLine("\nOrdena por selección");
            LlenaArreglo(Listado, minimo, maximo);
            Array.Copy(Listado, 0, Listado, 0, Listado.Length);
            ImprimeArreglo("Original", Listado);
            Seleccion(Listado);
            ImprimeArreglo("Ordenado", Listado);

            //Ordena por Burbuja
            Console.WriteLine("\nOrdena por burbuja");
            LlenaArreglo(Listado, minimo, maximo);
            ImprimeArreglo("Original", Listado);
            Burbuja(Listado);
            ImprimeArreglo("Ordenado", Listado);

            //Ordena por Shell
            Console.WriteLine("\nOrdena por shell");
            LlenaArreglo(Listado, minimo, maximo);
            ImprimeArreglo("Original", Listado);
            Shell(Listado);
        }
    }
}
```

```

    ImprimeArreglo("Ordenado", Listado);

    //Ordena por QuickSort
    Console.WriteLine("\nOrdena por quicksort");
    LlenaArreglo(Listado, minimo, maximo);
    ImprimeArreglo("Original", Listado);
    QuickSort(Listado, 0, Listado.Length - 1);
    ImprimeArreglo("Ordenado", Listado);
}

//Llena el arreglo con valores al azar
//entre min y max (ambos incluidos)
static void LlenaArreglo(int[] arreglo, int min, int max) {
    Random azar = new Random();
    for (int pos = 0; pos < arreglo.Length; pos++) {
        arreglo[pos] = azar.Next(min, max + 1);
    }
}

//Imprime el arreglo en consola
static void ImprimeArreglo(string Texto, int[] arreglo) {
    Console.Write(Texto + ": ");
    for (int pos = 0; pos < arreglo.Length; pos++) {
        Console.Write(arreglo[pos] + ";");
    }
    Console.WriteLine(" ");
}

//Ordenamiento por Insert
static void Insercion(int[] arreglo) {
    int j;
    for (int i = 1; i < arreglo.Length; i++) {
        int tmp = arreglo[i];
        for (j = i - 1; j >= 0 && arreglo[j] > tmp; j--) {
            arreglo[j + 1] = arreglo[j];
        }
        arreglo[j + 1] = tmp;
    }
}

//Ordenamiento por Selección
static void Seleccion(int[] arreglo) {
    for (int i = 0; i < arreglo.Length - 1; i++) {
        int min = i;
        for (int j = i + 1; j < arreglo.Length; j++) {
            if (arreglo[j] < arreglo[min]) {
                min = j;
            }
        }
    }
}

```

```

    }
    if (i != min) {
        int aux = arreglo[i];
        arreglo[i] = arreglo[min];
        arreglo[min] = aux;
    }
}

//Ordenamiento por Burbuja
static void Burbuja(int[] arreglo) {
    int n = arreglo.Length;
    int tmp;
    for (int i = 0; i < n - 1; i++) {
        for (int j = 0; j < n - 1; j++) {
            if (arreglo[j] > arreglo[j + 1]) {
                tmp = arreglo[j];
                arreglo[j] = arreglo[j + 1];
                arreglo[j + 1] = tmp;
            }
        }
    }
}

//Ordenamiento por Shell
static void Shell(int[] arr) {
    int incr = arr.Length;
    do {
        incr /= 2;
        for (int k = 0; k < incr; k++) {
            for (int i = incr + k; i < arr.Length; i += incr) {
                int j = i;
                while (j - incr >= 0 && arr[j] < arr[j - incr]) {
                    int tmp = arr[j];
                    arr[j] = arr[j - incr];
                    arr[j - incr] = tmp;
                    j -= incr;
                }
            }
        }
    } while (incr > 1);
}

//Ordenación por QuickSort
static void QuickSort(int[] arreglo, int primero, int ultimo) {
    int i, j, central;
    int pivote;
    central = (primero + ultimo) / 2;

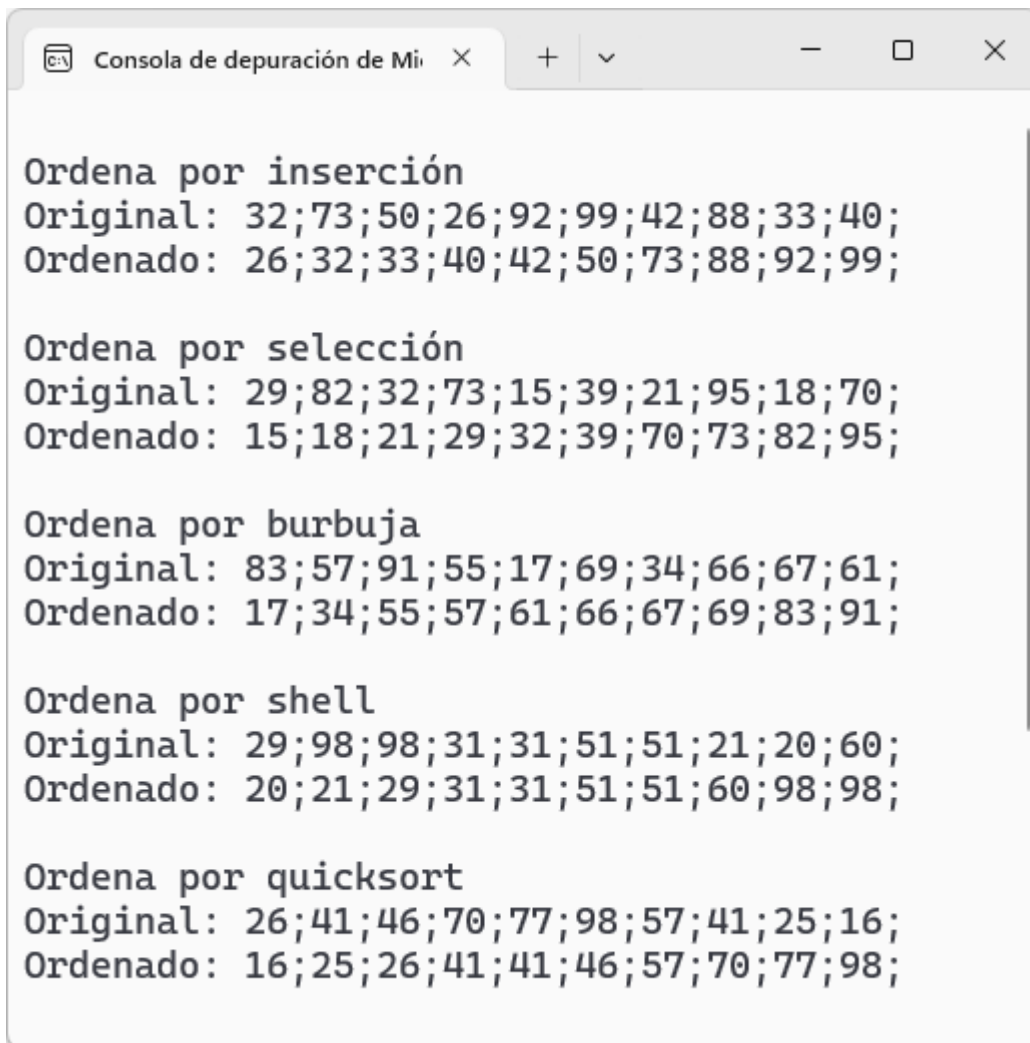
```

```

    pivote = arreglo[central];
    i = primero;
    j = ultimo;
    do {
        while (arreglo[i] < pivote) i++;
        while (arreglo[j] > pivote) j--;
        if (i <= j) {
            int tmp = arreglo[i];
            arreglo[i] = arreglo[j];
            arreglo[j] = tmp;
            i++;
            j--;
        }
    } while (i <= j);

    if (primero < j) {
        QuickSort(arreglo, primero, j);
    }
    if (i < ultimo) {
        QuickSort(arreglo, i, ultimo);
    }
}
}
}

```



```
Consola de depuración de Mi X + v - □ X

Ordena por inserción
Original: 32;73;50;26;92;99;42;88;33;40;
Ordenado: 26;32;33;40;42;50;73;88;92;99;

Ordena por selección
Original: 29;82;32;73;15;39;21;95;18;70;
Ordenado: 15;18;21;29;32;39;70;73;82;95;

Ordena por burbuja
Original: 83;57;91;55;17;69;34;66;67;61;
Ordenado: 17;34;55;57;61;66;67;69;83;91;

Ordena por shell
Original: 29;98;98;31;31;51;51;21;20;60;
Ordenado: 20;21;29;31;31;51;51;60;98;98;

Ordena por quicksort
Original: 26;41;46;70;77;98;57;41;25;16;
Ordenado: 16;25;26;41;41;46;57;70;77;98;
```

Ilustración 11: Algoritmos de ordenación

```
using System.Diagnostics;

namespace Ejemplo {
    internal class Program {
        static void Main() {
            int Limite = 30000;
            int[] Original = new int[Limite];
            int[] LShell = new int[Limite];
            int[] LInsercion = new int[Limite];
            int[] LSeleccion = new int[Limite];
            int[] LBurbuja = new int[Limite];
            int[] LQuickSort = new int[Limite];

            //Medidor de tiempos
            double TPShell = 0, TPIns = 0, TPSel = 0, TPBur = 0, TPQuick = 0;

            //Para disminuir oscilaciones en el tiempo, se hacen
            //N pruebas con cada grupo de pruebas
            int TotalPruebas = 20;
            for (int prueba = 1; prueba <= TotalPruebas; prueba++) {
                LlenaArreglo(Original, 10, 90);

                //Ordenación por método Shell
                Array.Copy(Original, 0, LShell, 0, Original.Length);
                long Inicia = Stopwatch.GetTimestamp();
                Shell(LShell);
                TimeSpan Transcurrido = Stopwatch.GetElapsedTime(Inicia);
                TPShell += Transcurrido.TotalMilliseconds;

                //Ordenación por método Inserción
                Array.Copy(Original, 0, LInsercion, 0, Original.Length);
                Inicia = Stopwatch.GetTimestamp();
                Insercion(LInsercion);
                Transcurrido = Stopwatch.GetElapsedTime(Inicia);
                TPIns += Transcurrido.TotalMilliseconds;

                //Ordenación por método Selección
                Array.Copy(Original, 0, LSeleccion, 0, Original.Length);
                Inicia = Stopwatch.GetTimestamp();
                Seleccion(LSeleccion);
                Transcurrido = Stopwatch.GetElapsedTime(Inicia);
                TPSel += Transcurrido.TotalMilliseconds;

                //Ordenación por método Burbuja
```



```

Array.Copy(Original, 0, LBurbuja, 0, Original.Length);
Inicia = Stopwatch.GetTimestamp();
Burbuja(LBurbuja);
Transcurrido = Stopwatch.GetElapsedTime(Inicia);
TPBur += Transcurrido.TotalMilliseconds;

//Ordenación por método QuickSort
Array.Copy(Original, 0, LQuickSort, 0, Original.Length);
Inicia = Stopwatch.GetTimestamp();
QuickSort(LQuickSort, 0, LQuickSort.Length - 1);
Transcurrido = Stopwatch.GetElapsedTime(Inicia);
TPQuick += Transcurrido.TotalMilliseconds;

//Verifica que los arreglos ordenados coinciden
for (int cont=0; cont < Original.Length; cont++) {
    if (LSHELL[cont] != LInsercion[cont] ||
        LInsercion[cont] != LSeleccion[cont] ||
        LSeleccion[cont] != LBurbuja[cont] ||
        LBurbuja[cont] != LQuickSort[cont])
        Console.WriteLine("Error en la prueba");
}

double TS = (double)TPShell / TotalPruebas;
double TI = (double)TPIns / TotalPruebas;
double TL = (double)TPSel / TotalPruebas;
double TB = (double)TPBur / TotalPruebas;
double TQ = (double)TPQuick / TotalPruebas;

Console.WriteLine("Número de elementos a ordenar: " + Limite);
Console.WriteLine("Tiempo promedio en milisegundos");
Console.WriteLine("ShellSort: " + TS);
Console.WriteLine("InsertSort: " + TI);
Console.WriteLine("Selección: " + TL);
Console.WriteLine("Burbuja: " + TB);
Console.WriteLine("QuickSort: " + TQ);
}

//Llena el arreglo con valores al azar entre min y max
static void LlenaArreglo(int[] arreglo, int min, int max) {
    Random azar = new();
    for (int posicion = 0; posicion < arreglo.Length; posicion++) {
        arreglo[posicion] = azar.Next(min, max + 1);
    }
}

//Ordenamiento por Insert
static void Insercion(int[] arreglo) {

```

```

    int j;
    for (int i = 1; i < arreglo.Length; i++) {
        int tmp = arreglo[i];
        for (j = i - 1; j >= 0 && arreglo[j] > tmp; j--) {
            arreglo[j + 1] = arreglo[j];
        }
        arreglo[j + 1] = tmp;
    }
}

//Ordenamiento por Selección
static void Seleccion(int[] arreglo) {
    for (int i = 0; i < arreglo.Length - 1; i++) {
        int min = i;
        for (int j = i + 1; j < arreglo.Length; j++) {
            if (arreglo[j] < arreglo[min]) {
                min = j;
            }
        }
        if (i != min) {
            int aux = arreglo[i];
            arreglo[i] = arreglo[min];
            arreglo[min] = aux;
        }
    }
}

//Ordenamiento por Burbuja
static void Burbuja(int[] arreglo) {
    int n = arreglo.Length;
    int tmp;
    for (int i = 0; i < n - 1; i++) {
        for (int j = 0; j < n - 1; j++) {
            if (arreglo[j] > arreglo[j + 1]) {
                tmp = arreglo[j];
                arreglo[j] = arreglo[j + 1];
                arreglo[j + 1] = tmp;
            }
        }
    }
}

//Ordenamiento por Shell
static void Shell(int[] arr) {
    int incr = arr.Length;
    do {
        incr /= 2;
        for (int k = 0; k < incr; k++) {

```

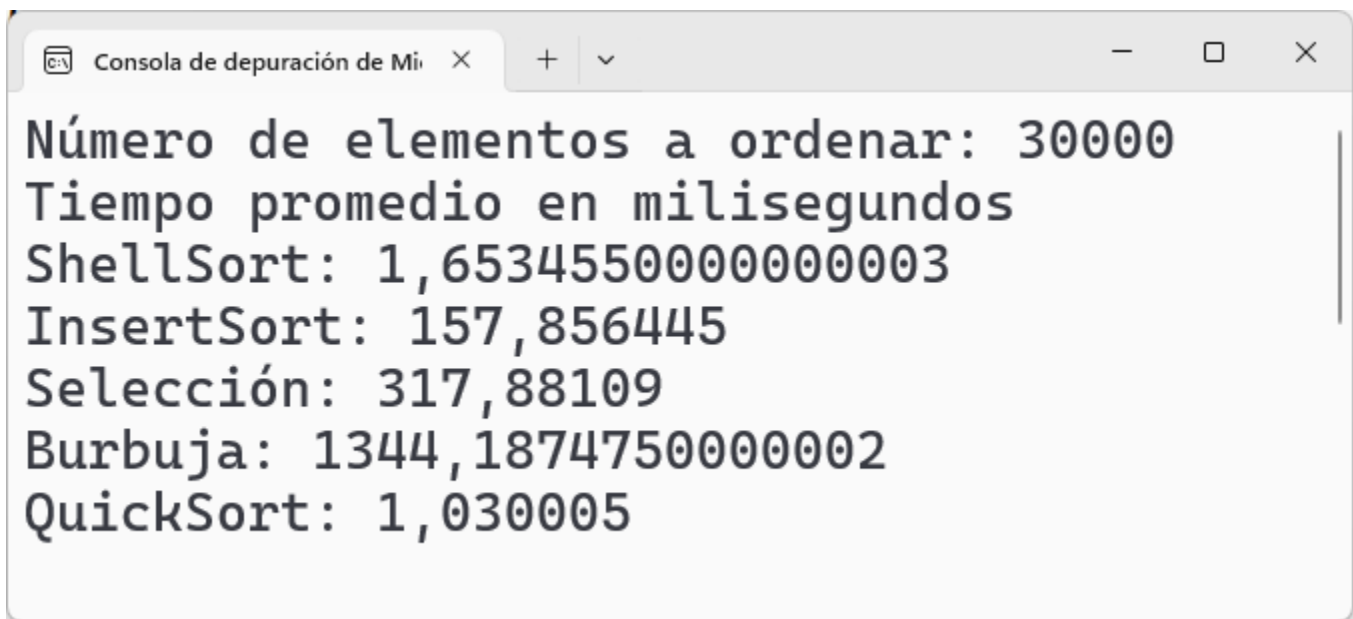
```

        for (int i = incr + k; i < arr.Length; i += incr) {
            int j = i;
            while (j - incr >= 0 && arr[j] < arr[j - incr]) {
                int tmp = arr[j];
                arr[j] = arr[j - incr];
                arr[j - incr] = tmp;
                j -= incr;
            }
        }
    } while (incr > 1);
}

//Ordenación por QuickSort
static void QuickSort(int[] arreglo, int primero, int ultimo) {
    int i, j, central;
    int pivote;
    central = (primero + ultimo) / 2;
    pivote = arreglo[central];
    i = primero;
    j = ultimo;
    do {
        while (arreglo[i] < pivote) i++;
        while (arreglo[j] > pivote) j--;
        if (i <= j) {
            int tmp = arreglo[i];
            arreglo[i] = arreglo[j];
            arreglo[j] = tmp;
            i++;
            j--;
        }
    } while (i <= j);

    if (primero < j) {
        QuickSort(arreglo, primero, j);
    }
    if (i < ultimo) {
        QuickSort(arreglo, i, ultimo);
    }
}
}
}

```



A screenshot of a debug console window titled 'Consola de depuración de Mi'. The window contains the following text:

```
Número de elementos a ordenar: 30000
Tiempo promedio en milisegundos
ShellSort: 1,6534550000000003
InsertSort: 157,856445
Selección: 317,88109
Burbuja: 1344,1874750000002
QuickSort: 1,030005
```

Ilustración 12: Métrica de velocidad: Algoritmos de ordenación

Arreglo bidimensional

C/013.cs

```
namespace Ejemplo {
    internal class Program {
        static void Main() {
            int TotalFilas = 5;
            int TotalColumnas = 10;

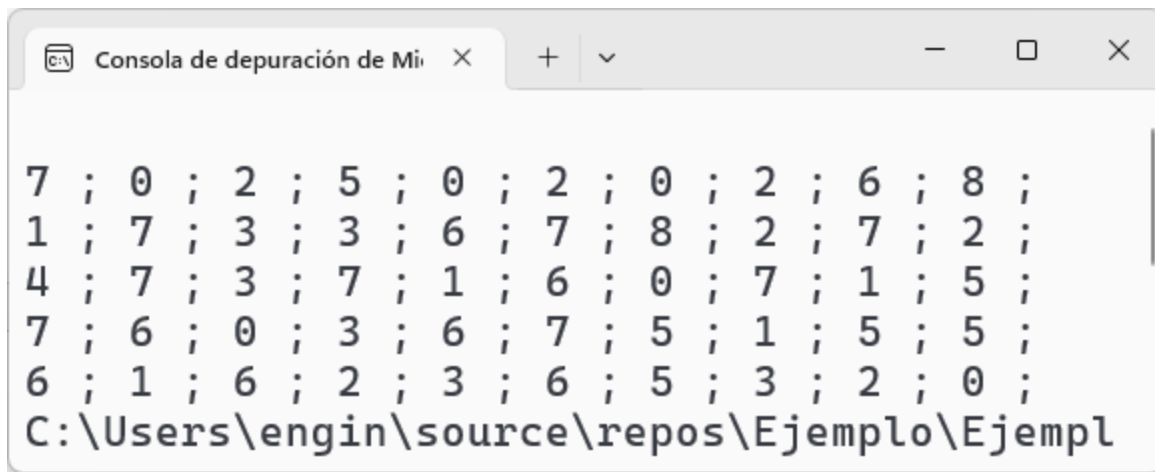
            //Declara un arreglo bidimensional
            int[,] Tablero = new int[TotalFilas, TotalColumnas];

            /* Llena ese arreglo bidimensional
            Retorna el número de filas (la primera dimensión)
                Tablero.GetLength(0)

            Retorna el número de columnas (la segunda dimensión)
                Tablero.GetLength(1)

            Un arreglo bidimensional inicia en [0,0] y
            termina en [TotalFilas-1, TotalColumnas-1]
            */
            Random azar = new();
            for (int fila = 0; fila < Tablero.GetLength(0); fila++)
                for (int col = 0; col < Tablero.GetLength(1); col++)
                    Tablero[fila, col] = azar.Next(0, 9);

            //Imprime ese arreglo bidimensional
            for (int fila = 0; fila < Tablero.GetLength(0); fila++) {
                Console.WriteLine(" ");
                for (int col = 0; col < Tablero.GetLength(1); col++)
                    Console.Write(Tablero[fila, col] + " ; ");
            }
        }
    }
}
```



The image shows a screenshot of a Windows Debug Console window. The title bar reads "Consola de depuración de Mi" followed by a close button. The window contains a 5x10 grid of numbers separated by semicolons, and a file path below it.

```
7 ; 0 ; 2 ; 5 ; 0 ; 2 ; 0 ; 2 ; 6 ; 8 ;  
1 ; 7 ; 3 ; 3 ; 6 ; 7 ; 8 ; 2 ; 7 ; 2 ;  
4 ; 7 ; 3 ; 7 ; 1 ; 6 ; 0 ; 7 ; 1 ; 5 ;  
7 ; 6 ; 0 ; 3 ; 6 ; 7 ; 5 ; 1 ; 5 ; 5 ;  
6 ; 1 ; 6 ; 2 ; 3 ; 6 ; 5 ; 3 ; 2 ; 0 ;  
C:\Users\engin\source\repos\Ejemplo\Ejempl
```

Ilustración 13: Arreglo bidimensional

Arreglo tridimensional

C/014.cs

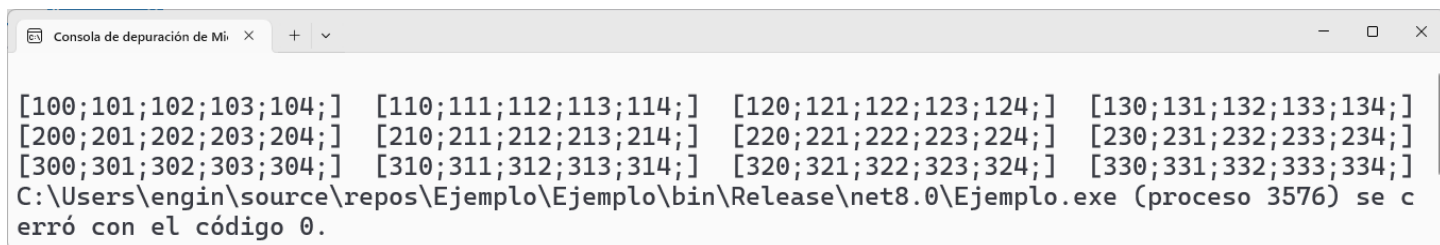
```
namespace Ejemplo {
    internal class Program {
        static void Main() {
            int TamanoX = 3;
            int TamanoY = 4;
            int TamanoZ = 5;

            //Declara un arreglo Tridimensional
            int[, ,] Solido = new int[TamanoX, TamanoY, TamanoZ];

            /* Llena ese arreglo tridimensional
               Solido.GetLength(0) Retorna la primera dimensión
               Solido.GetLength(1) Retorna la segunda dimensión
               Solido.GetLength(2) Retorna la tercera dimensión

               Un arreglo tridimensional inicia en [0,0,0]
            */
            for (int posX = 0; posX < Solido.GetLength(0); posX++)
                for (int posY = 0; posY < Solido.GetLength(1); posY++)
                    for (int posZ = 0; posZ < Solido.GetLength(2); posZ++)
                        Solido[posX, posY, posZ] = (posX+1)*100+posY*10+posZ;

            //Imprime ese arreglo tridimensional
            for (int posX = 0; posX < Solido.GetLength(0); posX++) {
                Console.WriteLine(" ");
                for (int posY = 0; posY < Solido.GetLength(1); posY++) {
                    Console.Write("[");
                    for (int posZ = 0; posZ < Solido.GetLength(2); posZ++)
                        Console.Write(Solido[posX, posY, posZ] + ";");
                    Console.Write("]  ");
                }
            }
        }
    }
}
```



Consola de depuración de Mi... X + v

```
[100;101;102;103;104;] [110;111;112;113;114;] [120;121;122;123;124;] [130;131;132;133;134;]  
[200;201;202;203;204;] [210;211;212;213;214;] [220;221;222;223;224;] [230;231;232;233;234;]  
[300;301;302;303;304;] [310;311;312;313;314;] [320;321;322;323;324;] [330;331;332;333;334;]  
C:\Users\engin\source\repos\Ejemplo\Ejemplo\bin\Release\net8.0\Ejemplo.exe (proceso 3576) se c  
erró con el código 0.
```

Ilustración 14: Arreglo tridimensional

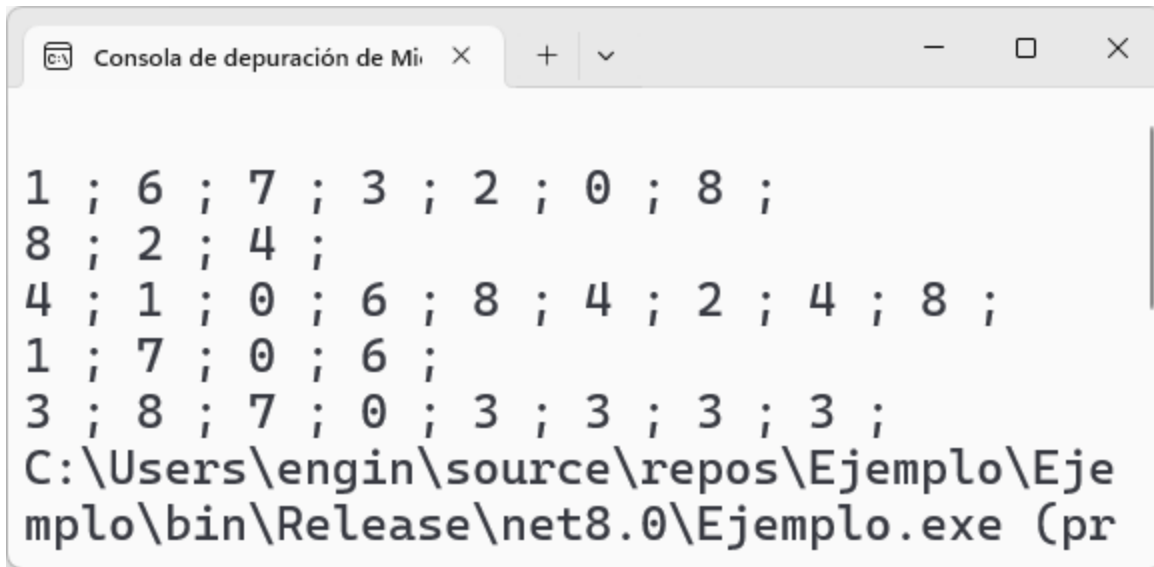

```
namespace Ejemplo {
    internal class Program {
        static void Main() {
            /* Arreglo de arreglos
             * NO confundirlos con arreglos bidimensionales.
             * Se entiende mejor haciendo analogía con
             * un tronco y ramas */

            //Defino un arreglo (el tronco)
            int[][] arreglo = new int[5][];

            //Defino las ramas
            arreglo[0] = new int[7]; //Tendrá 7 elementos
            arreglo[1] = new int[3]; //Tendrá 3 elementos
            arreglo[2] = new int[9]; //Tendrá 9 elementos
            arreglo[3] = new int[4]; //Tendrá 4 elementos
            arreglo[4] = new int[8]; //Tendrá 8 elementos

            //Llenando un arreglo de arreglos
            Random azar = new();
            for (int tronco = 0; tronco < arreglo.Length; tronco++)
                for (int rama = 0; rama < arreglo[tronco].Length; rama++)
                    arreglo[tronco][rama] = azar.Next(0, 9);

            //Imprime ese arreglo de arreglos
            for (int tronco = 0; tronco < arreglo.Length; tronco++) {
                Console.WriteLine(" ");
                for (int rama = 0; rama < arreglo[tronco].Length; rama++)
                    Console.Write(arreglo[tronco][rama] + " ; ");
            }
        }
    }
}
```



```
1 ; 6 ; 7 ; 3 ; 2 ; 0 ; 8 ;  
8 ; 2 ; 4 ;  
4 ; 1 ; 0 ; 6 ; 8 ; 4 ; 2 ; 4 ; 8 ;  
1 ; 7 ; 0 ; 6 ;  
3 ; 8 ; 7 ; 0 ; 3 ; 3 ; 3 ; 3 ;  
C:\Users\engin\source\repos\Ejemplo\Eje  
mplo\bin\Release\net8.0\Ejemplo.exe (pr
```

Ilustración 15: Arreglo de arreglos

Métrica de velocidad: arreglo bidimensional vs arreglo de arreglos

C/016.cs

```
using System.Diagnostics;

namespace Ejemplo {
    internal class Program {
        static void Main() {
            /* ¿Qué es más rápido?
             * ¿Un arreglo bidimensional o un arreglo de arreglos */

            //Limite ancho*alto de ambos arreglos
            int Limite = 80;

            //Arreglo Bidimensional
            int[,] tablero = new int[Limite, Limite];

            //Arreglo de arreglos
            int[][] arreglo = new int[Limite][];
            for (int rama = 0; rama < arreglo.Length; rama++)
                arreglo[rama] = new int[Limite];

            //Medidor de tiempos
            Stopwatch cronometro = new Stopwatch();

            //Llenando un arreglo bidimensional
            int valor = 0;
            cronometro.Reset();
            cronometro.Start();
            for (int fila = 0; fila < tablero.GetLength(0); fila++)
                for (int col = 0; col < tablero.GetLength(1); col++)
                    tablero[fila, col] = valor++;
            long TBidim = cronometro.ElapsedTicks;

            //Llenando un arreglo de arreglos
            valor = 0;
            cronometro.Reset();
            cronometro.Start();
            for (int conjunto = 0; conjunto < arreglo.Length; conjunto++)
                for (int rama = 0; rama < arreglo[conjunto].Length; rama++)
                    arreglo[conjunto][rama] = valor++;
            long TArreglo = cronometro.ElapsedTicks;

            //Imprime los tiempos
            Console.WriteLine("Tiempo arreglo bidimensional: " + TBidim);
            Console.WriteLine("Tiempo arreglo de arreglos: " + TArreglo);
        }
    }
}
```

```
}  
}
```

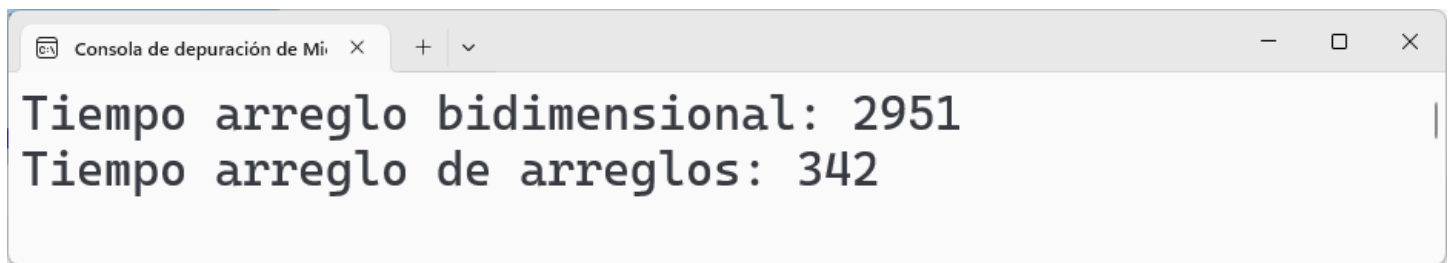


Ilustración 16: Métrica de velocidad: arreglo bidimensional vs arreglo de arreglos

```
using System.Diagnostics;

namespace Ejemplo {
    internal class Program {
        static void Main() {
            Random Azar = new();

            //Limite de todos los arreglos
            int Lim = 60;

            //Arreglos
            int[,] dosDim = new int[Lim, Lim];
            int[,,,] tresDim = new int[Lim, Lim, Lim, Lim];
            int[,,,] cuatroDim = new int[Lim, Lim, Lim, Lim, Lim];
            int[,,,] cincoDim = new int[Lim, Lim, Lim, Lim, Lim];

            //Medidor de tiempos
            Stopwatch cronometro = new();

            //Evitar optimización de ciclos
            //haciendo que acumule los valores
            long Acumula = 0;

            //Llenando un arreglo bidimensional
            int valor = 0;
            cronometro.Reset();
            cronometro.Start();
            for (int a = 0; a < dosDim.GetLength(0); a++)
                for (int b = 0; b < dosDim.GetLength(1); b++)
                    dosDim[a, b] = valor++;
            long TBidim = cronometro.ElapsedMilliseconds;

            int posA = Azar.Next(dosDim.GetLength(0));
            int posB = Azar.Next(dosDim.GetLength(1));
            Acumula += dosDim[posA, posB];

            //Llenando un arreglo tridimensional
            valor = 0;
            cronometro.Reset();
            cronometro.Start();
            for (int a = 0; a < tresDim.GetLength(0); a++)
                for (int b = 0; b < tresDim.GetLength(1); b++)
                    for (int c = 0; c < tresDim.GetLength(2); c++)
                        tresDim[a, b, c] = valor++;
        }
    }
}
```

```

long TTridim = cronometro.ElapsedMilliseconds;

posA = Azar.Next(tresDim.GetLength(0));
posB = Azar.Next(tresDim.GetLength(1));
int posC = Azar.Next(tresDim.GetLength(2));
Acumula += tresDim[posA, posB, posC];

//Llenando un arreglo de cuatro dimensiones
valor = 0;
cronometro.Reset();
cronometro.Start();
for (int a = 0; a < cuatroDim.GetLength(0); a++)
    for (int b = 0; b < cuatroDim.GetLength(1); b++)
        for (int c = 0; c < cuatroDim.GetLength(2); c++)
            for (int d = 0; d < cuatroDim.GetLength(3); d++)
                cuatroDim[a, b, c, d] = valor++;
long TCuatrodim = cronometro.ElapsedMilliseconds;

posA = Azar.Next(cuatroDim.GetLength(0));
posB = Azar.Next(cuatroDim.GetLength(1));
posC = Azar.Next(cuatroDim.GetLength(2));
int posD = Azar.Next(cuatroDim.GetLength(3));
Acumula += cuatroDim[posA, posB, posC, posD];

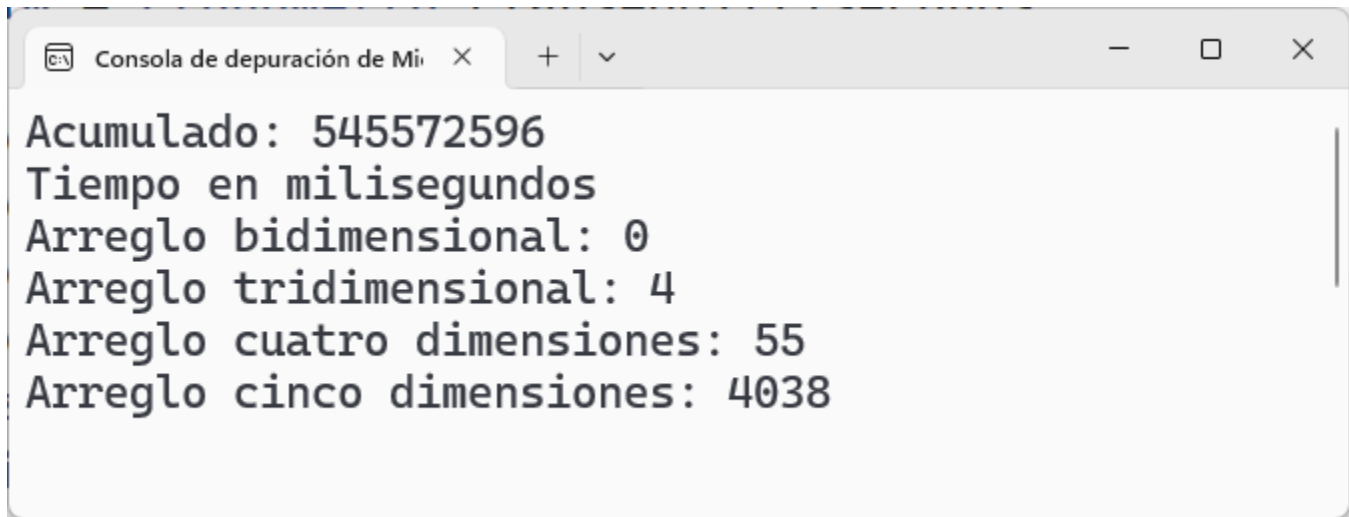
//Llenando un arreglo de cinco dimensiones
valor = 0;
cronometro.Reset();
cronometro.Start();
for (int a = 0; a < cincoDim.GetLength(0); a++)
    for (int b = 0; b < cincoDim.GetLength(1); b++)
        for (int c = 0; c < cincoDim.GetLength(2); c++)
            for (int d = 0; d < cincoDim.GetLength(3); d++)
                for (int e = 0; e < cincoDim.GetLength(4); e++)
                    cincoDim[a, b, c, d, e] = valor++;
long TCincodim = cronometro.ElapsedMilliseconds;

posA = Azar.Next(cincoDim.GetLength(0));
posB = Azar.Next(cincoDim.GetLength(1));
posC = Azar.Next(cincoDim.GetLength(2));
posD = Azar.Next(cincoDim.GetLength(3));
int posE = Azar.Next(cincoDim.GetLength(4));
Acumula += cincoDim[posA, posB, posC, posD, posE];

//Imprime los tiempos
Console.WriteLine("Acumulado: " + Acumula);
Console.WriteLine("Tiempo en milisegundos");
Console.WriteLine("Arreglo bidimensional: " + TBidim);
Console.WriteLine("Arreglo tridimensional: " + TTridim);

```

```
        Console.WriteLine("Arreglo cuatro dimensiones: " + TCuatrodim);  
        Console.WriteLine("Arreglo cinco dimensiones: " + TCincodim);  
    }  
}
```



The screenshot shows a debug console window titled 'Consola de depuración de Mi'. It displays the following output:

```
Acumulado: 545572596  
Tiempo en milisegundos  
Arreglo bidimensional: 0  
Arreglo tridimensional: 4  
Arreglo cuatro dimensiones: 55  
Arreglo cinco dimensiones: 4038
```

Ilustración 17: Métrica de velocidad: arreglos multidimensionales

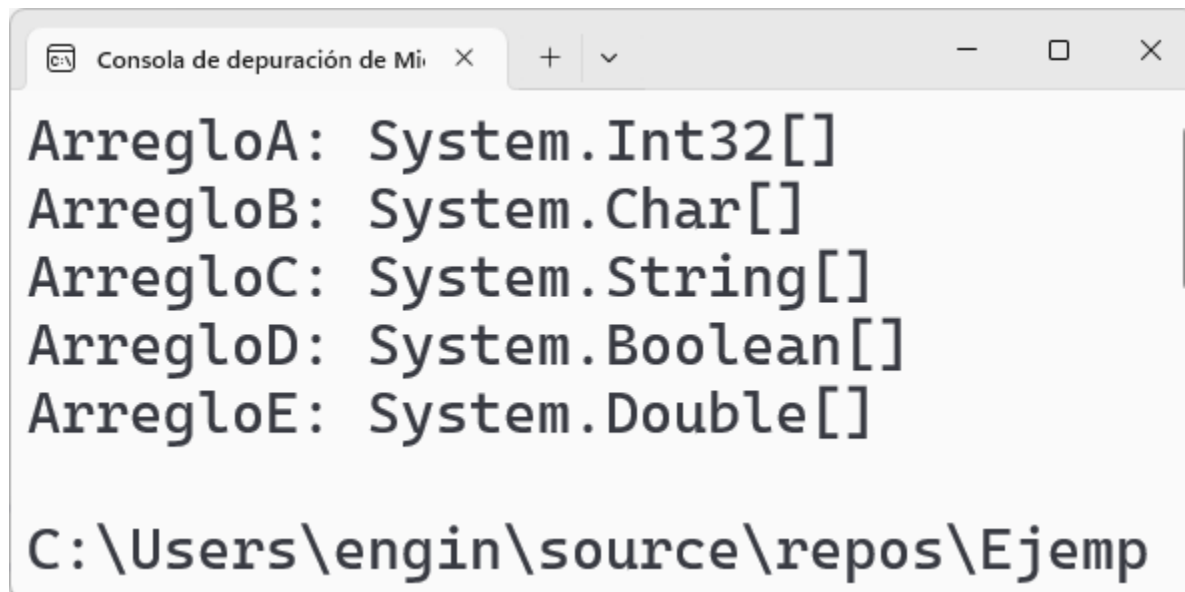
Tipo implícito de arreglo

Al inicializar un arreglo que se ha declarado de tipo "var", este es capaz de determinar el tipo de dato al inicializarlo.

C/018.cs

```
namespace Ejemplo {
    internal class Program {
        static void Main() {
            //Tipo implícito de arreglo
            var arregloA = new[] { 16, 83, 29, 29 };
            var arregloB = new[] { 'R', 'a', 'f', 'a', 'e', 'l' };
            var arregloC = new[] { "Esta", "es", "una", "prueba" };
            var arregloD = new[] { true, false, false, true };
            var arregloE = new[] { 3.1, 8.9, 2.3 };

            //Imprime los tipos
            Console.WriteLine("ArregloA: " + arregloA.GetType());
            Console.WriteLine("ArregloB: " + arregloB.GetType());
            Console.WriteLine("ArregloC: " + arregloC.GetType());
            Console.WriteLine("ArregloD: " + arregloD.GetType());
            Console.WriteLine("ArregloE: " + arregloE.GetType());
        }
    }
}
```



```
Consola de depuración de Mi  +  -  □  ×

ArregloA: System.Int32[]
ArregloB: System.Char[]
ArregloC: System.String[]
ArregloD: System.Boolean[]
ArregloE: System.Double[]

C:\Users\engin\source\repos\Ejemp
```

Ilustración 18: Tipo implícito de arreglo

Tipo implícito en arreglo de arreglos

C/019.cs

```
namespace Ejemplo {
    internal class Program {
        static void Main() {
            //Tipo implícito en arreglo de arreglos
            var arregloA = new[] {
                new[] { 16, 83, 29, 29 },
                new[] { 72, 6, 26 }
            };

            var arregloB = new[] {
                new[] { 'a', 'e', 'i', 'o' },
                new[] { 'q', 'w', 'e' },
                new[] { 'r', 't', 'y', 'u', 'o', 'p' }
            };

            //Imprime los tipos
            Console.WriteLine("Tipo ArregloA: " + arregloA.GetType());
            Console.WriteLine("Tipo ArregloB: " + arregloB.GetType());
        }
    }
}
```

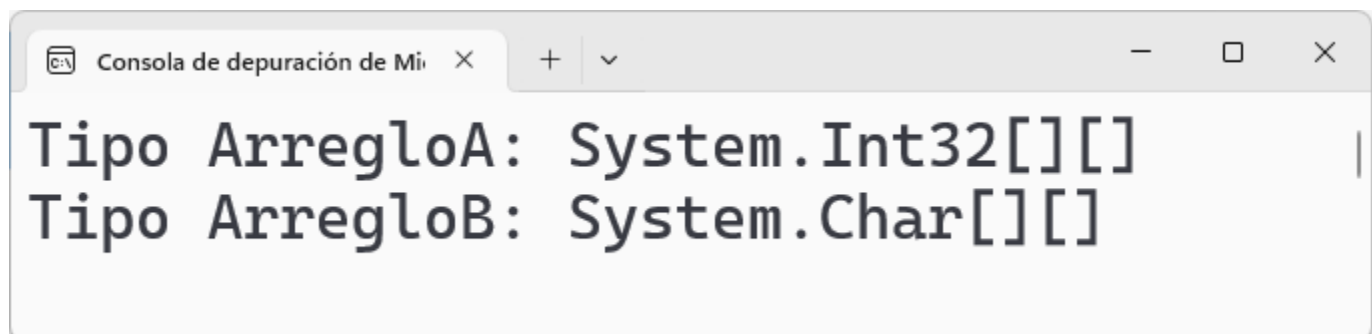


Ilustración 19: Tipo implícito en arreglo de arreglos

Convertir una cadena en un arreglo de cadenas al dividirla

C/020.cs

```
namespace Ejemplo {  
    internal class Program {  
        static void Main() {  
            //Una cadena  
            string Cadena = "Esta es una frase";  
  
            //Se divide en un arreglo de palabras  
            string[] Palabras = Cadena.Split(' ');  
  
            foreach (string elemento in Palabras) {  
                Console.WriteLine "[" + elemento + "]");  
            }  
        }  
    }  
}
```

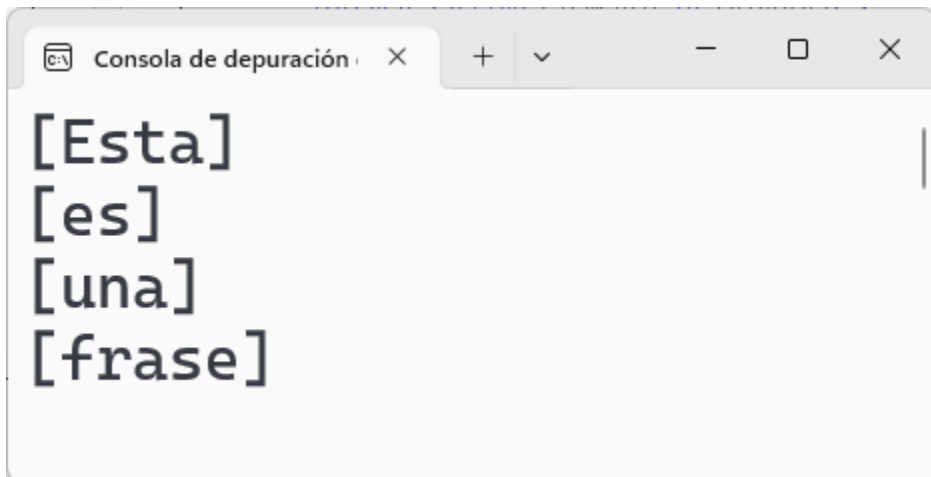


Ilustración 20: Convertir una cadena en un arreglo de cadenas al dividirla

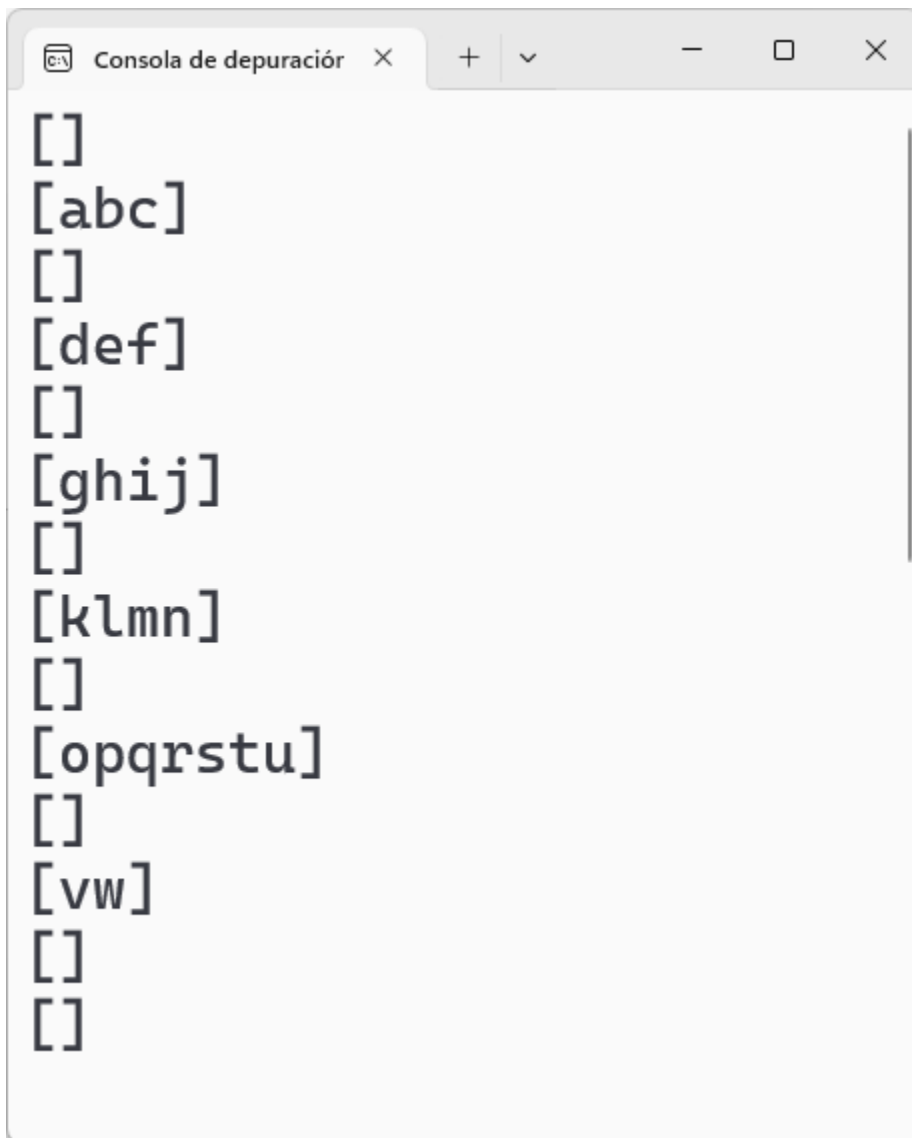
Sin embargo, si hay más de un espacio intermedio.

C/021.cs

```
namespace Ejemplo {
    internal class Program {
        static void Main() {
            //Una cadena
            string Cadena = " abc def ghij klmn opqrstu vw ";

            //Se divide en un arreglo de palabras
            string[] Palabras = Cadena.Split(' ');

            //¡OJO! que cuando hay más de un espacio
            //intermedio, este se interpreta como una palabra
            foreach (string elemento in Palabras) {
                Console.WriteLine "[" + elemento + "]");
            }
        }
    }
}
```



The image shows a browser window with the developer console open. The console title is "Consola de depuraci3n" with a close button. The output consists of 14 lines, alternating between empty arrays and arrays containing specific strings. The strings are: "abc", "def", "ghij", "klmn", "opqrstu", and "vw".

```
[]  
[abc]  
[]  
[def]  
[]  
[ghij]  
[]  
[klmn]  
[]  
[opqrstu]  
[]  
[vw]  
[]  
[]
```

Ilustraci3n 21: Cuando hay m1s de un espacio intermedio