

Brian Anthony Carrillo Monzón - 21108

Laboratorio #1

Ejercicio 1 (70 puntos)

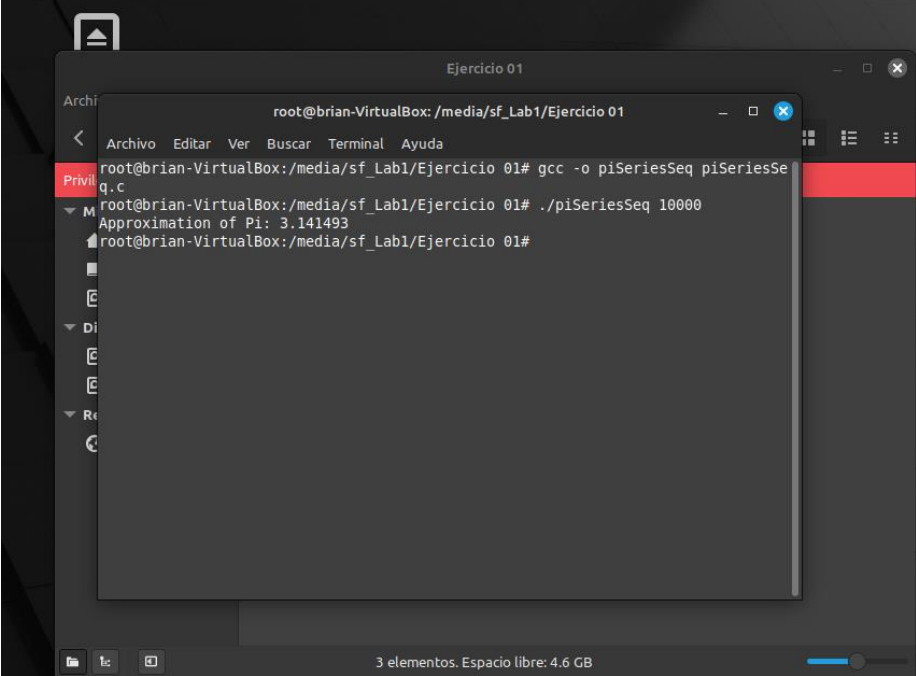
- a. (5 pts) Implemente la version secuencial y pruebe que esté correcta (piSeriesSeq.c).

Código

```
double factor = 1.0; // Inicializa el factor con 1.0
double sum = 0.0;    // Inicializa la suma en 0.0

// Bucle para calcular la suma de la serie
for (int k = 0; k < n; k++) {
    sum += factor / (2 * k + 1); // Añade el término correspondiente a la suma
    factor = -factor;           // Alterna el signo del factor para la siguiente iteración
}

// Calcula la aproximación de Pi multiplicando la suma por 4
double pi_approx = 4.0 * sum;
```



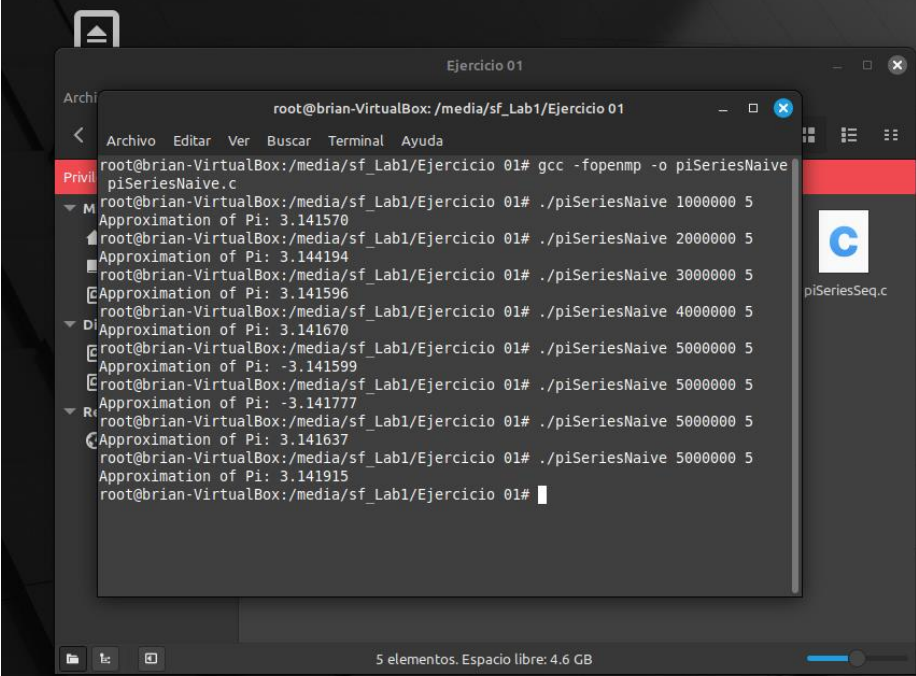
```
root@brian-VirtualBox: /media/sf_Lab1/Ejercicio 01
root@brian-VirtualBox:/media/sf_Lab1/Ejercicio 01# gcc -o piSeriesSeq piSeriesSeq.c
root@brian-VirtualBox:/media/sf_Lab1/Ejercicio 01# ./piSeriesSeq 10000
Approximation of Pi: 3.141493
root@brian-VirtualBox:/media/sf_Lab1/Ejercicio 01#
```

Implemente la versión paralela mencionada (**piSeriesNaive.c**) , compílelo y ejecútelo. Realice al menos 5 mediciones del valor con *threads* ≥ 2 y *n* ≥ 1000 (pruebe ir incrementando, registre todos los números resultantes). Describa lo que sucede con el resultado respecto al valor preciso de PI (3.1415926535 8979323846).

Código

```
double factor = 1.0; // Inicializa el factor con 1.0
double sum = 0.0;    // Inicializa la suma en 0.0

// Paraleliza el bucle usando OpenMP, con un número de hilos igual a 'thread_count'
// La cláusula 'reduction(+:sum)' asegura que las sumas parciales calculadas por cada hilo se
acumulen correctamente
#pragma omp parallel for num_threads(thread_count) reduction(+:sum)
for (int k = 0; k < n; k++) {
    sum += factor / (2 * k + 1); // Calcula el siguiente término de la serie y lo añade a la suma
    factor = -factor;           // Cambia el signo del factor para la siguiente iteración
}
```



The screenshot shows a terminal window titled "Ejercicio 01" within a virtual machine environment. The terminal displays the following commands and output:

```
root@brian-VirtualBox: /media/sf_Lab1/Ejercicio 01
root@brian-VirtualBox:/media/sf_Lab1/Ejercicio 01# gcc -fopenmp -o piSeriesNaive piSeriesNaive.c
root@brian-VirtualBox:/media/sf_Lab1/Ejercicio 01# ./piSeriesNaive 1000000 5
Approximation of Pi: 3.141570
root@brian-VirtualBox:/media/sf_Lab1/Ejercicio 01# ./piSeriesNaive 2000000 5
Approximation of Pi: 3.144194
root@brian-VirtualBox:/media/sf_Lab1/Ejercicio 01# ./piSeriesNaive 3000000 5
Approximation of Pi: 3.141596
root@brian-VirtualBox:/media/sf_Lab1/Ejercicio 01# ./piSeriesNaive 4000000 5
Approximation of Pi: 3.141670
root@brian-VirtualBox:/media/sf_Lab1/Ejercicio 01# ./piSeriesNaive 5000000 5
Approximation of Pi: -3.141599
root@brian-VirtualBox:/media/sf_Lab1/Ejercicio 01# ./piSeriesNaive 5000000 5
Approximation of Pi: -3.141777
root@brian-VirtualBox:/media/sf_Lab1/Ejercicio 01# ./piSeriesNaive 5000000 5
Approximation of Pi: 3.141637
root@brian-VirtualBox:/media/sf_Lab1/Ejercicio 01# ./piSeriesNaive 5000000 5
Approximation of Pi: 3.141915
root@brian-VirtualBox:/media/sf_Lab1/Ejercicio 01#
```

The terminal window is part of a desktop environment with a taskbar at the bottom showing various icons and the system time 18:33.

Los resultados obtenidos varían. No se ve una tendencia clara, he inclusive, se observa que en el último intento se obtuvo un valor negativo en las primeras dos ejecuciones.

- b. (5 pts) Analice el código fuente de **piSeriesNaive.c**. Identifique el tipo de dependencia que se da con la variable **factor**.

La variable factor tiene una dependencia de tipo loop-carried, ya que el valor de esta depende de su valor en una iteración previa. Esta dependencia es perjudicial bajo un enfoque paralelo.

- c. (5 pts) Observe el algoritmo y la serie numérica. Describa en sus propias palabras la razón por la cual **factor = - factor**.

La razón de esto es que los términos con índices impares tienen signo negativo, mientras que los términos con índices pares tienen signo positivo, por lo que la secuencia de signos del término va intercambiando entre positivo y negativo consecutivamente.

- d. (5 pts) Para eliminar la dependencia de loop, debemos modificar la forma como calculamos el valor **factor**. Guarde una copia del programa anterior y reemplace el siguiente segmento de código. Realice al menos 5 mediciones del valor con **threads >= 2** y **n >= 10e6** (registre todos los números resultantes). Describa lo que sucede con el resultado respecto al valor preciso de PI (3.1415926535 8979323846):

Código

```
double factor = 1.0; // Inicializa el factor con 1.0
```

```
double sum = 0.0; // Inicializa la suma en 0.0
```

```
// Paraleliza el bucle usando OpenMP, con un número de hilos igual a 'thread_count'
```

```
// La cláusula 'reduction(+:sum)' asegura que las sumas parciales calculadas por cada hilo se acumulen correctamente
```

```
#pragma omp parallel for num_threads(thread_count) reduction(+:sum)
```

```
for (int k = 0; k < n; k++) {
```

```
    // Determina el valor del factor basado en si 'k' es par o impar
```

```
    if (k % 2 == 0) {
```

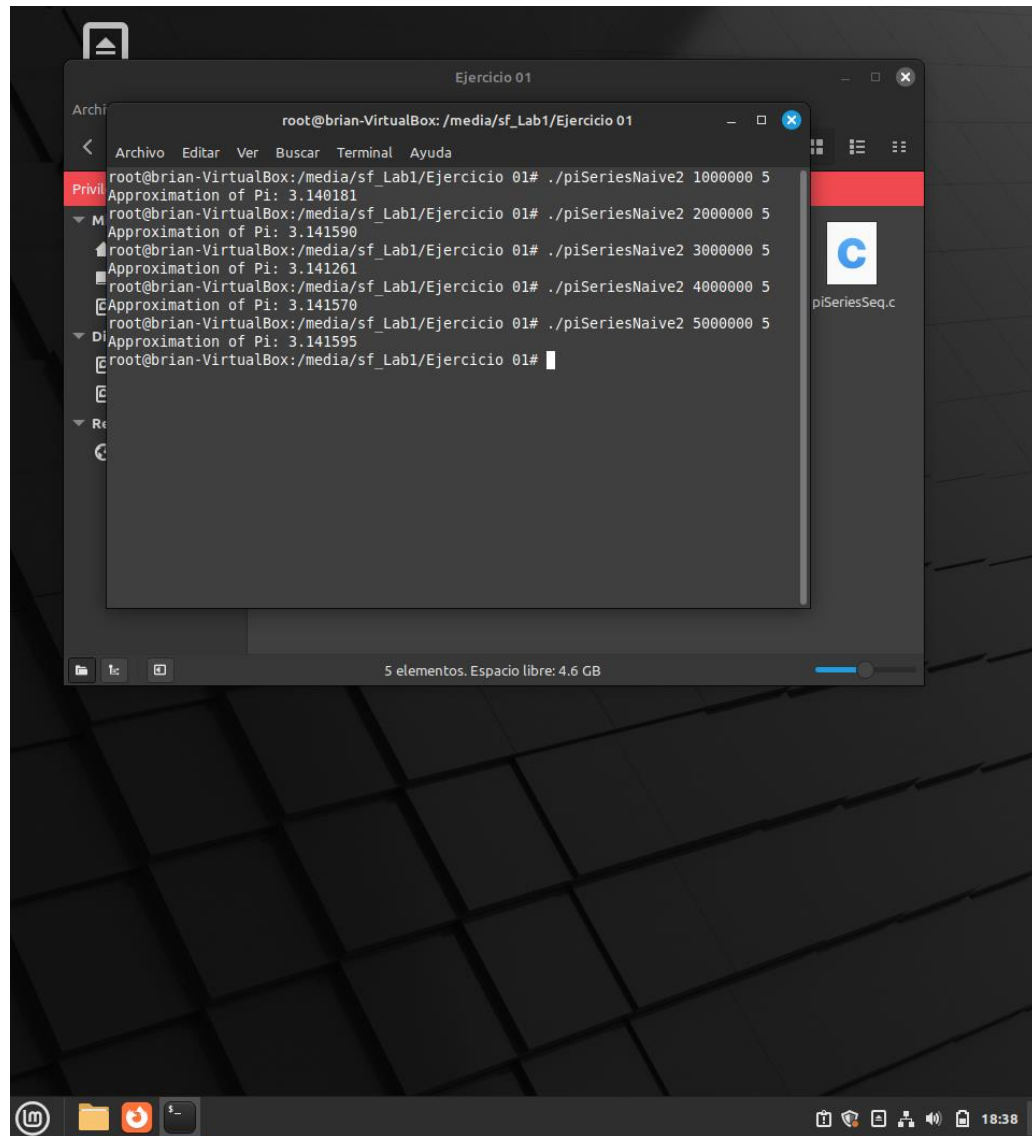
```
        factor = 1.0; // Si 'k' es par, el factor es 1.0
```

```
    } else {
```

```
        factor = -1.0; // Si 'k' es impar, el factor es -1.0
```

```
    }
```

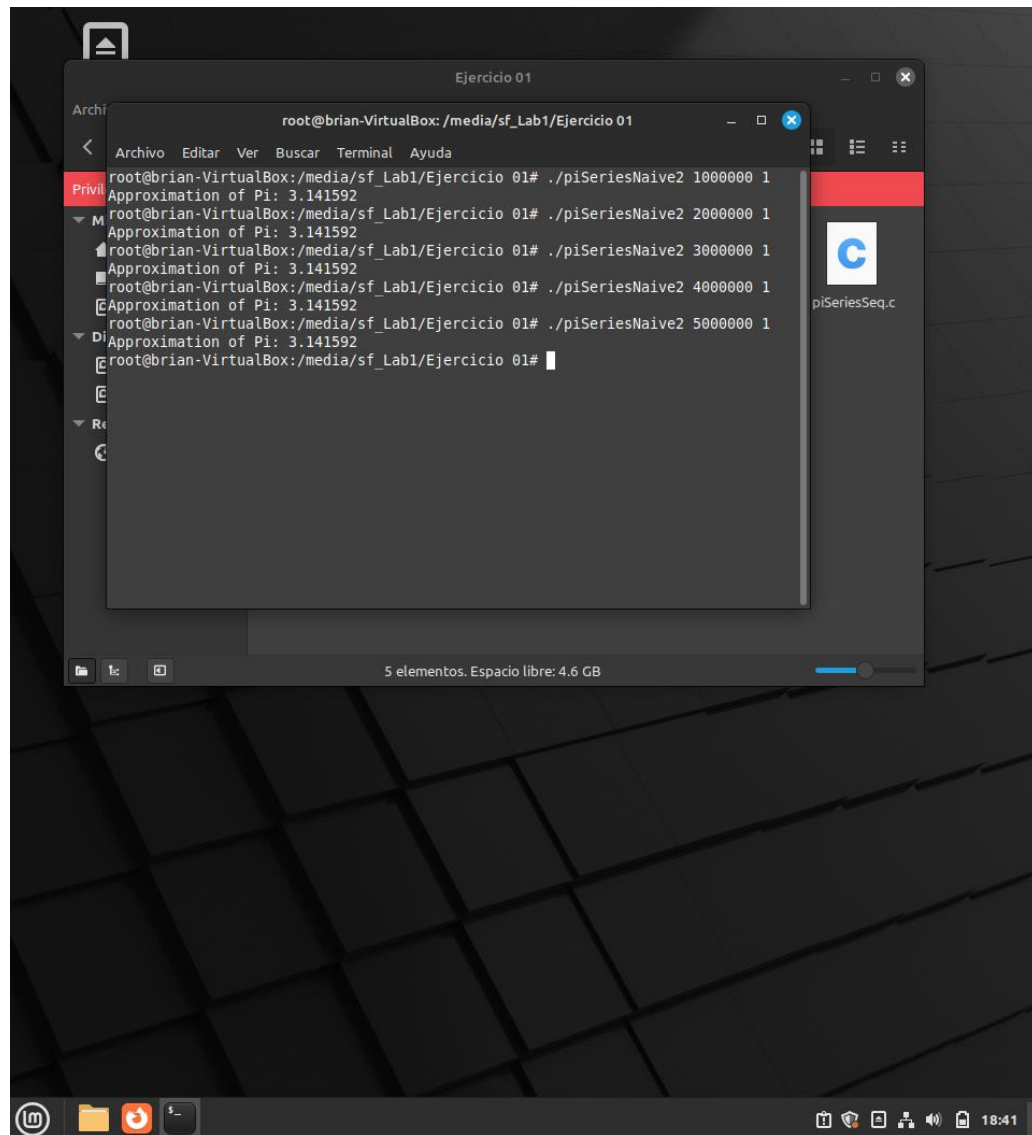
```
sum += factor / (2 * k + 1); // Calcula el término de la serie y lo añade a la suma  
  
}  
  
// Calcula la aproximación de Pi multiplicando la suma por 4  
  
double pi_approx = 4.0 * sum;
```



```
root@brian-VirtualBox: /media/sf_Lab1/Ejercicio 01  
root@brian-VirtualBox:/media/sf_Lab1/Ejercicio 01# ./piSeriesNaive2 1000000 5  
Approximation of Pi: 3.140181  
root@brian-VirtualBox:/media/sf_Lab1/Ejercicio 01# ./piSeriesNaive2 2000000 5  
Approximation of Pi: 3.141590  
root@brian-VirtualBox:/media/sf_Lab1/Ejercicio 01# ./piSeriesNaive2 3000000 5  
Approximation of Pi: 3.141261  
root@brian-VirtualBox:/media/sf_Lab1/Ejercicio 01# ./piSeriesNaive2 4000000 5  
Approximation of Pi: 3.141570  
root@brian-VirtualBox:/media/sf_Lab1/Ejercicio 01# ./piSeriesNaive2 5000000 5  
Approximation of Pi: 3.141595  
root@brian-VirtualBox:/media/sf_Lab1/Ejercicio 01#
```

Se observa que en ningún momento se obtuvo un error (como un valor negativo). A su vez, los resultados son más cercanos al valor real de PI, pero en ningún momento se obtiene el valor preciso.

- e. (10 pts) Ejecute el mismo código pero threads = 1 y realice al menos 5 mediciones (registre todos los números resultantes). Describa en sus propias palabras la razón por la cual el resultado es diferente.



```
root@brian-VirtualBox: /media/sf_Lab1/Ejercicio 01
root@brian-VirtualBox:/media/sf_Lab1/Ejercicio 01# ./piSeriesNaive2 1000000 1
Approximation of Pi: 3.141592
root@brian-VirtualBox:/media/sf_Lab1/Ejercicio 01# ./piSeriesNaive2 2000000 1
Approximation of Pi: 3.141592
root@brian-VirtualBox:/media/sf_Lab1/Ejercicio 01# ./piSeriesNaive2 3000000 1
Approximation of Pi: 3.141592
root@brian-VirtualBox:/media/sf_Lab1/Ejercicio 01# ./piSeriesNaive2 4000000 1
Approximation of Pi: 3.141592
root@brian-VirtualBox:/media/sf_Lab1/Ejercicio 01# ./piSeriesNaive2 5000000 1
Approximation of Pi: 3.141592
root@brian-VirtualBox:/media/sf_Lab1/Ejercicio 01#
```

En este caso, todas las pruebas resultaron en un valor bastante más preciso. La razón tras esto es que al utilizar un solo thread, el programa deja de ser paralelo y pasa a ser secuencial. Esto produce que no existan condiciones de carrera respecto a la variable “factor”, que pese a ser calculada según el número de iteración, también es modificada al mismo tiempo por todos los threads.

- f. (10 pts) Debemos cambiar el ámbito (scope) de una variable para resolver el problema que pueda darse respecto a los resultados en la versión paralela con threads > 1. Modifique el programa usando la cláusula de cambio de scope private(). Realice al menos 5 mediciones del valor con threads >= 2 y n >= 10e6 (registre todos los números resultantes). Describa lo que sucede con el resultado respecto al valor preciso de PI (3.1415926535 8979323846). Incluya una captura de pantalla del resultado final.

Código

```
double sum = 0.0; // Inicializa la suma en 0.0

double factor = 1.0; // Inicializa el factor con 1.0


// Inicia la medición del tiempo

double start_time = omp_get_wtime();


// Paraleliza el bucle usando OpenMP, con un número de hilos igual a 'thread_count'

// La cláusula 'reduction(+:sum)' asegura que las sumas parciales calculadas por cada hilo se acumulen
correctamente

// La cláusula 'private(factor)' asegura que cada hilo tenga su propia copia del factor

#pragma omp parallel for num_threads(thread_count) reduction(+:sum) private(factor)
for (int k = 0; k < n; k++) {

    // Determina el valor del factor basado en si 'k' es par o impar

    if (k % 2 == 0) {

        factor = 1.0; // Si 'k' es par, el factor es 1.0

    } else {

        factor = -1.0; // Si 'k' es impar, el factor es -1.0

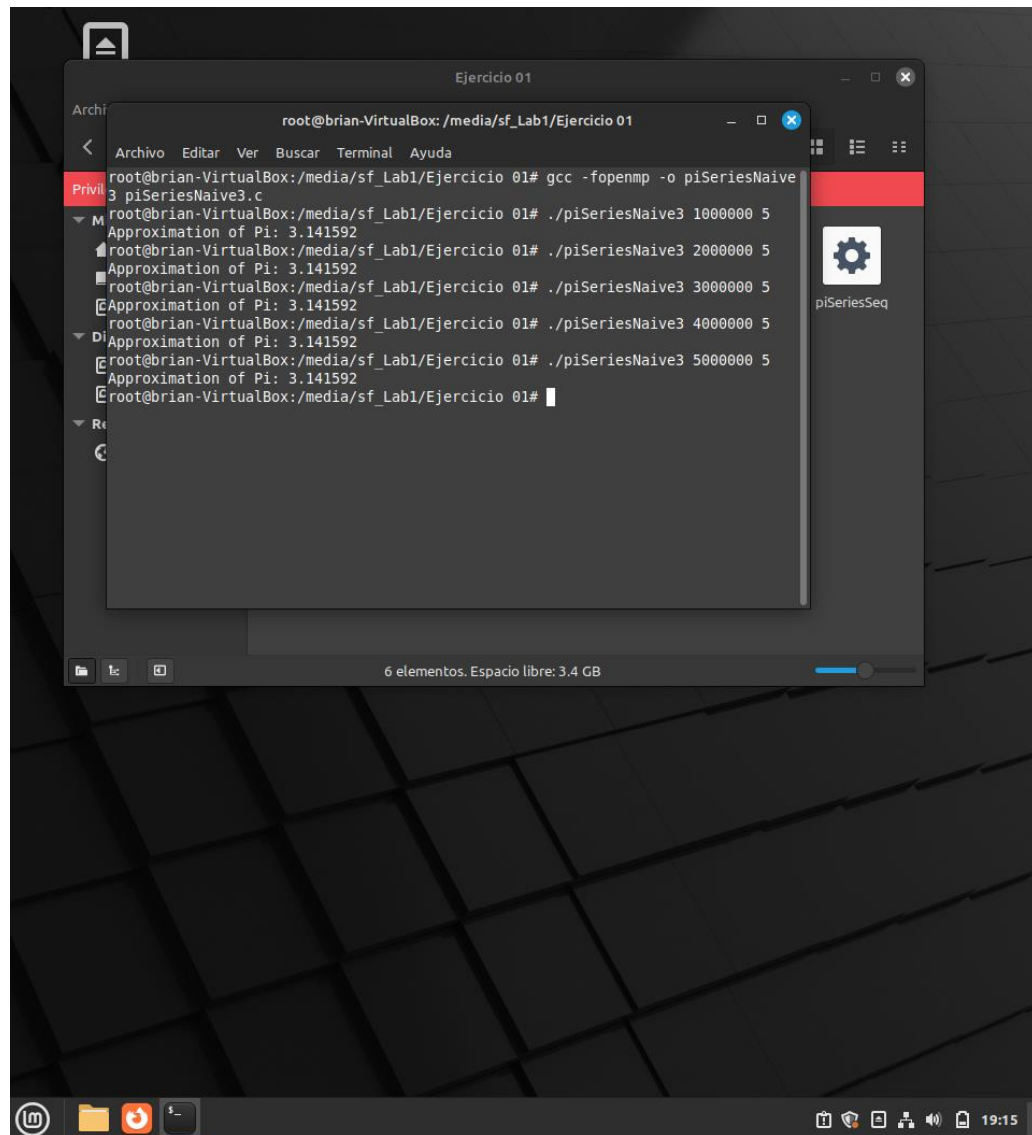
    }

    sum += factor / (2 * k + 1); // Calcula el término de la serie y lo añade a la suma

}


// Calcula la aproximación de Pi multiplicando la suma por 4

double pi_approx = 4.0 * sum;
```

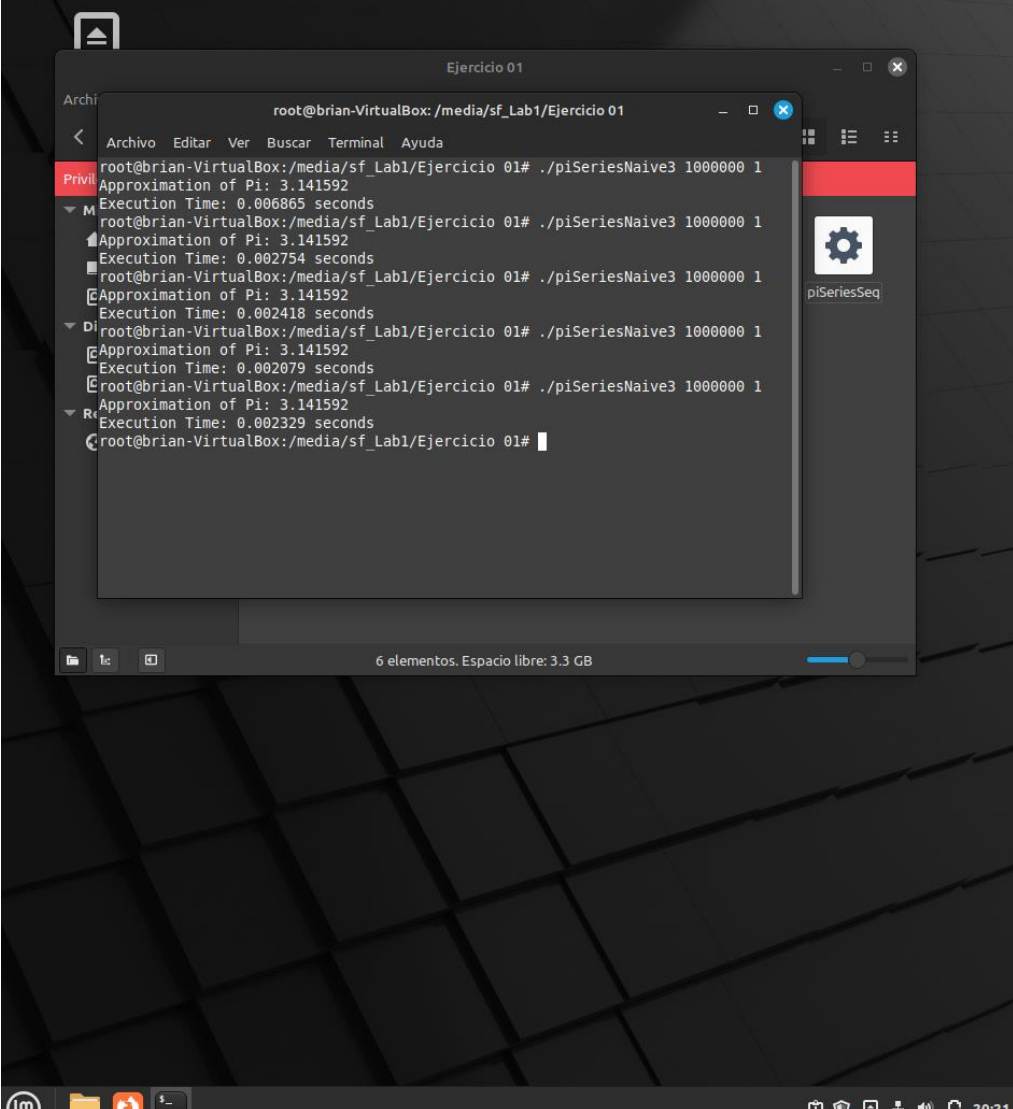


```
root@brian-VirtualBox: /media/sf_Lab1/Ejercicio 01
root@brian-VirtualBox: /media/sf_Lab1/Ejercicio 01# gcc -fopenmp -o piSeriesNaive3 piSeriesNaive3.c
root@brian-VirtualBox: /media/sf_Lab1/Ejercicio 01# ./piSeriesNaive3 10000000 5
Approximation of Pi: 3.141592
root@brian-VirtualBox: /media/sf_Lab1/Ejercicio 01# ./piSeriesNaive3 20000000 5
Approximation of Pi: 3.141592
root@brian-VirtualBox: /media/sf_Lab1/Ejercicio 01# ./piSeriesNaive3 30000000 5
Approximation of Pi: 3.141592
root@brian-VirtualBox: /media/sf_Lab1/Ejercicio 01# ./piSeriesNaive3 40000000 5
Approximation of Pi: 3.141592
root@brian-VirtualBox: /media/sf_Lab1/Ejercicio 01# ./piSeriesNaive3 50000000 5
Approximation of Pi: 3.141592
root@brian-VirtualBox: /media/sf_Lab1/Ejercicio 01#
```

Podemos observar que los resultados obtenidos son iguales a los obtenidos en la versión de un solo thread, puesto que ya no existen condiciones de carrera respecto a la variable factor.

- g. (15 pts) Use la última versión paralela con $n = 10e6$ (o más si e6 es poco para la computadora de cada uno) y el número de hilos según la cantidad de cores de su sistema (i.e: nproc). Realice el cálculo de **speedup**, **eficiencia**, **escalabilidad fuerte** y **escalabilidad débil** para las siguientes condiciones (solamente modifique un parámetro a la vez). Tome por lo menos 5 medidas para sus datos:

1. Tiempo secuencial (threads = 1)



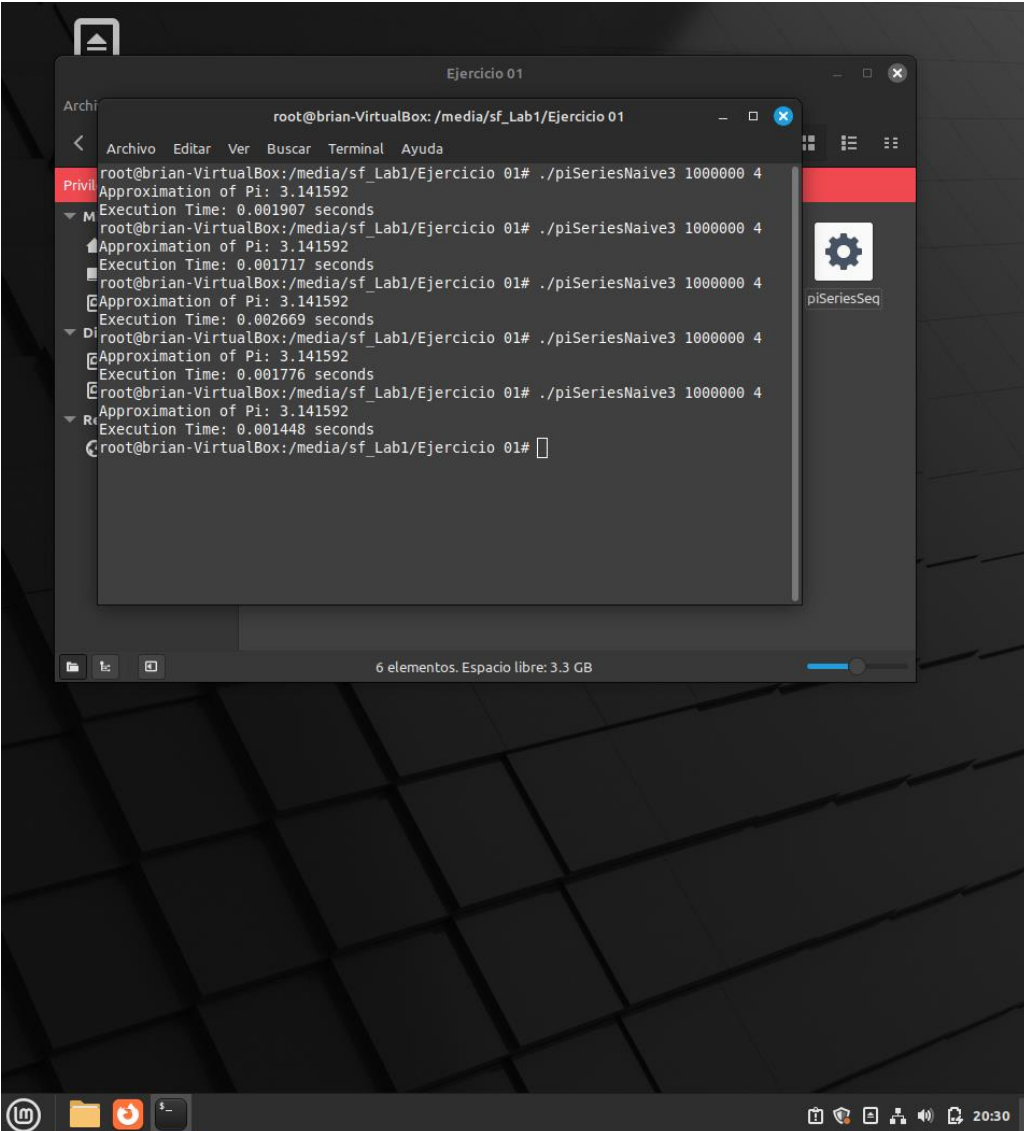
```
root@brian-VirtualBox: /media/sf_Lab1/Ejercicio 01
root@brian-VirtualBox:/media/sf_Lab1/Ejercicio 01# ./piSeriesNaive3 1000000 1
Approximation of Pi: 3.141592
Execution Time: 0.006865 seconds
root@brian-VirtualBox:/media/sf_Lab1/Ejercicio 01# ./piSeriesNaive3 1000000 1
Approximation of Pi: 3.141592
Execution Time: 0.002754 seconds
root@brian-VirtualBox:/media/sf_Lab1/Ejercicio 01# ./piSeriesNaive3 1000000 1
Approximation of Pi: 3.141592
Execution Time: 0.002418 seconds
root@brian-VirtualBox:/media/sf_Lab1/Ejercicio 01# ./piSeriesNaive3 1000000 1
Approximation of Pi: 3.141592
Execution Time: 0.002079 seconds
root@brian-VirtualBox:/media/sf_Lab1/Ejercicio 01# ./piSeriesNaive3 1000000 1
Approximation of Pi: 3.141592
Execution Time: 0.002329 seconds
root@brian-VirtualBox:/media/sf_Lab1/Ejercicio 01#
```

Promedio $T(1) = 0.003289$

Speedup $S(1) = T(1)/T(1) = 1$

Eficiencia $E(1) = S(1)/1 = 1$

2. Tiempo paralelo (threads = 4)



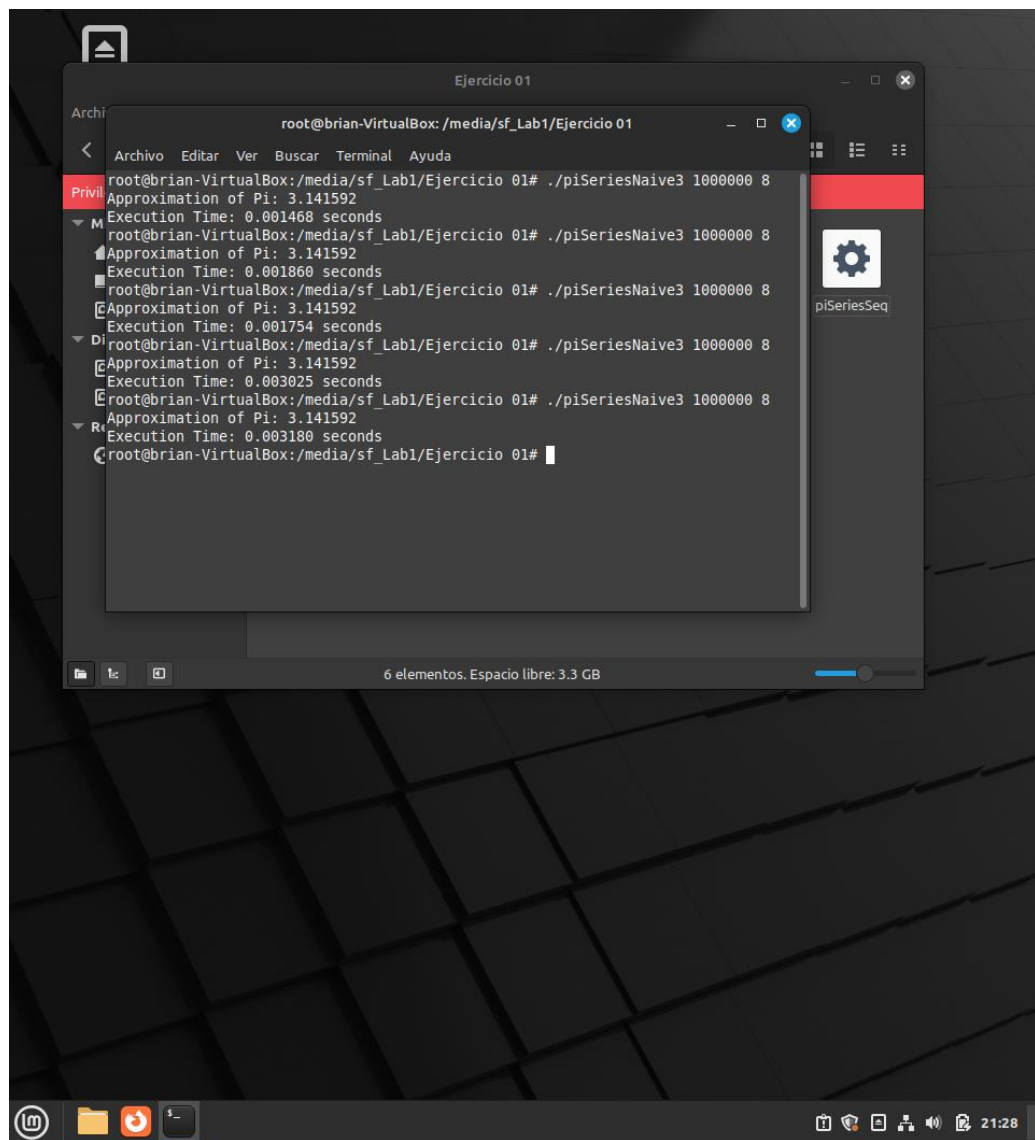
```
root@brian-VirtualBox: /media/sf_Lab1/Ejercicio 01
root@brian-VirtualBox:/media/sf_Lab1/Ejercicio 01# ./piSeriesNaive3 1000000 4
Approximation of Pi: 3.141592
Execution Time: 0.001907 seconds
root@brian-VirtualBox:/media/sf_Lab1/Ejercicio 01# ./piSeriesNaive3 1000000 4
Approximation of Pi: 3.141592
Execution Time: 0.001717 seconds
root@brian-VirtualBox:/media/sf_Lab1/Ejercicio 01# ./piSeriesNaive3 1000000 4
Approximation of Pi: 3.141592
Execution Time: 0.002669 seconds
root@brian-VirtualBox:/media/sf_Lab1/Ejercicio 01# ./piSeriesNaive3 1000000 4
Approximation of Pi: 3.141592
Execution Time: 0.001776 seconds
root@brian-VirtualBox:/media/sf_Lab1/Ejercicio 01# ./piSeriesNaive3 1000000 4
Approximation of Pi: 3.141592
Execution Time: 0.001448 seconds
root@brian-VirtualBox:/media/sf_Lab1/Ejercicio 01#
```

Promedio $T(4) = 0.0019034$

Speedup $S(4) = T(1)/T(4) = 0.003289 / 0.0019034 = 1.73$

Eficiencia $E(4) = S(4)/4 = 1.73 / 4 = 0.43$

3. Tiempo paralelo (threads = 8)



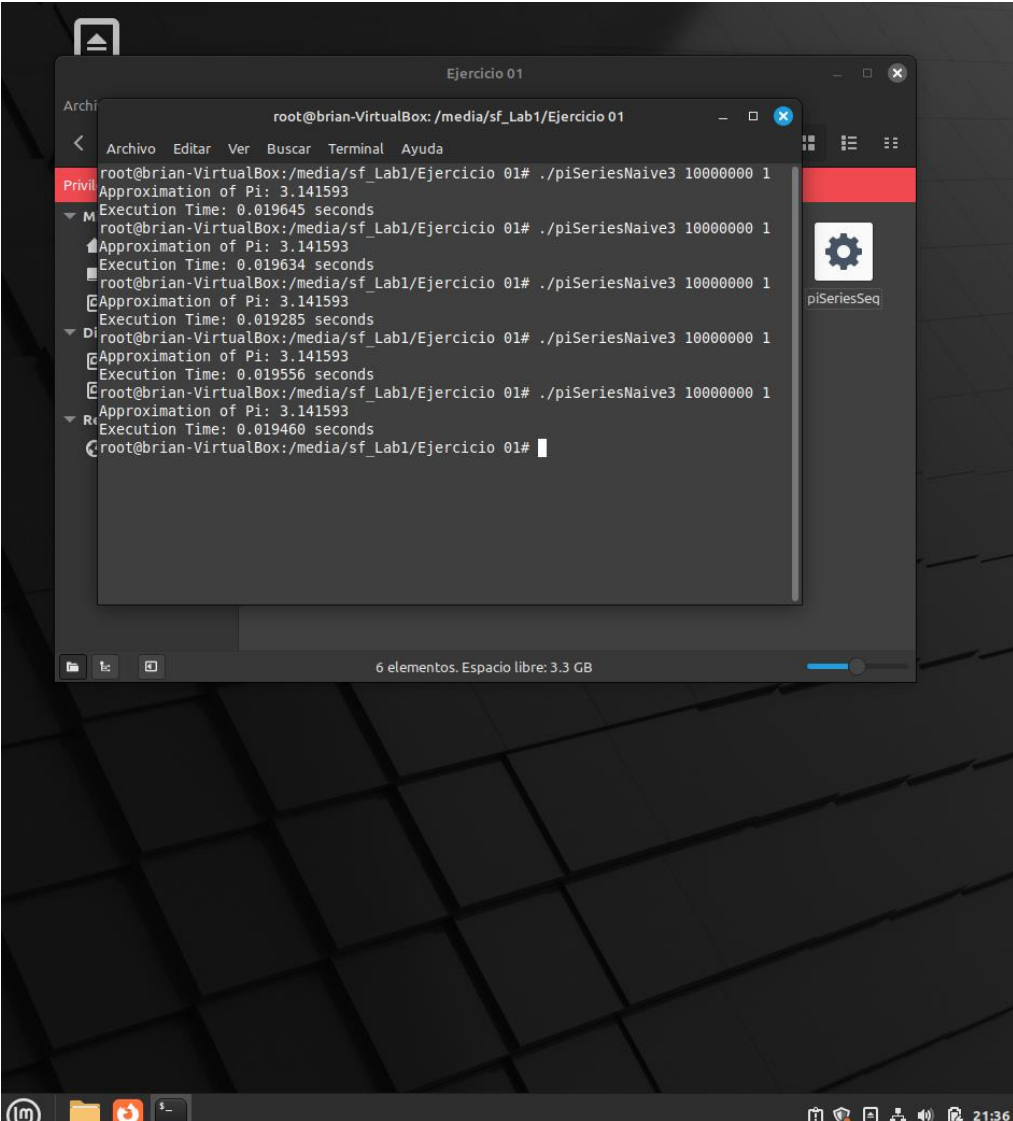
```
root@brian-VirtualBox: /media/sf_Lab1/Ejercicio 01
root@brian-VirtualBox:/media/sf_Lab1/Ejercicio 01# ./piSeriesNaive3 1000000 8
Approximation of Pi: 3.141592
Execution Time: 0.001468 seconds
root@brian-VirtualBox:/media/sf_Lab1/Ejercicio 01# ./piSeriesNaive3 1000000 8
Approximation of Pi: 3.141592
Execution Time: 0.001860 seconds
root@brian-VirtualBox:/media/sf_Lab1/Ejercicio 01# ./piSeriesNaive3 1000000 8
Approximation of Pi: 3.141592
Execution Time: 0.001754 seconds
root@brian-VirtualBox:/media/sf_Lab1/Ejercicio 01# ./piSeriesNaive3 1000000 8
Approximation of Pi: 3.141592
Execution Time: 0.003025 seconds
root@brian-VirtualBox:/media/sf_Lab1/Ejercicio 01# ./piSeriesNaive3 1000000 8
Approximation of Pi: 3.141592
Execution Time: 0.003180 seconds
root@brian-VirtualBox:/media/sf_Lab1/Ejercicio 01#
```

Promedio $T(8) = 0.0022574$

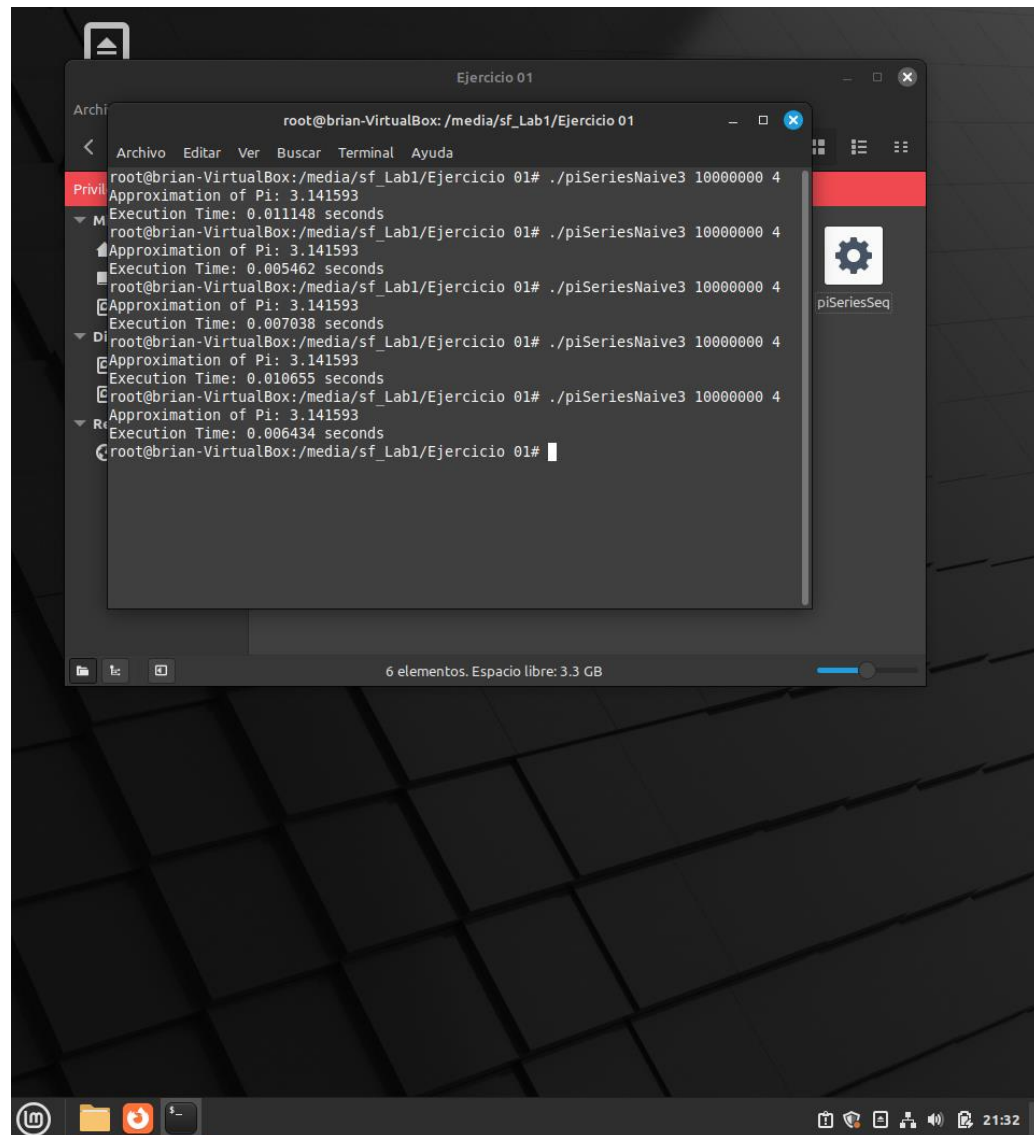
Speedup $S(8) = T(1)/T(8) = 0.003289 / 0.0022574 = 1.46$

Eficiencia $E(8) = S(8)/8 = 1.46 / 8 = 0.18$

4. Tiempo paralelo ($n = n \cdot 10$ && threads = 4)



```
root@brian-VirtualBox: /media/sf_Lab1/Ejercicio 01
root@brian-VirtualBox:/media/sf_Lab1/Ejercicio 01# ./piSeriesNaive3 10000000 1
Approximation of Pi: 3.141593
Execution Time: 0.019645 seconds
root@brian-VirtualBox:/media/sf_Lab1/Ejercicio 01# ./piSeriesNaive3 10000000 1
Approximation of Pi: 3.141593
Execution Time: 0.019634 seconds
root@brian-VirtualBox:/media/sf_Lab1/Ejercicio 01# ./piSeriesNaive3 10000000 1
Approximation of Pi: 3.141593
Execution Time: 0.019285 seconds
root@brian-VirtualBox:/media/sf_Lab1/Ejercicio 01# ./piSeriesNaive3 10000000 1
Approximation of Pi: 3.141593
Execution Time: 0.019556 seconds
root@brian-VirtualBox:/media/sf_Lab1/Ejercicio 01# ./piSeriesNaive3 10000000 1
Approximation of Pi: 3.141593
Execution Time: 0.019460 seconds
root@brian-VirtualBox:/media/sf_Lab1/Ejercicio 01#
```



```
root@brian-VirtualBox: /media/sf_Lab1/Ejercicio 01
root@brian-VirtualBox:/media/sf_Lab1/Ejercicio 01# ./piSeriesNaive3 10000000 4
Approximation of Pi: 3.141593
Execution Time: 0.011148 seconds
root@brian-VirtualBox:/media/sf_Lab1/Ejercicio 01# ./piSeriesNaive3 10000000 4
Approximation of Pi: 3.141593
Execution Time: 0.005462 seconds
root@brian-VirtualBox:/media/sf_Lab1/Ejercicio 01# ./piSeriesNaive3 10000000 4
Approximation of Pi: 3.141593
Execution Time: 0.007038 seconds
root@brian-VirtualBox:/media/sf_Lab1/Ejercicio 01# ./piSeriesNaive3 10000000 4
Approximation of Pi: 3.141593
Execution Time: 0.010655 seconds
root@brian-VirtualBox:/media/sf_Lab1/Ejercicio 01# ./piSeriesNaive3 10000000 4
Approximation of Pi: 3.141593
Execution Time: 0.006434 seconds
root@brian-VirtualBox:/media/sf_Lab1/Ejercicio 01#
```

Promedio $T(4) = 0.0355898$

Speedup $S(4) = T(1)/T(4) = 0.019516 / 0.0355898 = 0.55$

Eficiencia $E(4) = S(4)/4 = 0.55 / 4 = 0.14$

Escalabilidad fuerte: Dado que el tiempo de ejecución del programa aumentó al agregar más threads, en lugar de disminuir; se puede deducir que el programa no presenta escalabilidad fuerte.

Escalabilidad débil: Dado que el tiempo de ejecución no se mantuvo constante ante el incremento proporcional entre el número de threads y el tamaño del problema, se puede deducir que el programa no presenta escalabilidad débil.

- h. (15pts) Usando la versión final de su programa paralelo, modificarlo y pruebe las diferentes políticas de planificación y `block_size`. Registre sus datos y calcule las diferencias en speedup para cada uno de los mecanismos de scheduling (**static**, **dynamic**, **guided**, **auto**) usando los siguientes parámetros: **n = 10e6** (o más si aplica), **threads = cores**, probar **block_size** de **16, 64, 128** (en todos menos auto). Tome por lo menos 5 medidas de cada una. (tip: recuerde la opción *runtime* que permite pasarle el tipo para agilizar el proceso) ¿Con cuál política de planificación obtuvo mejores resultados?

Código

```
double sum = 0.0; // Inicializa la suma en 0.0
double factor = 1.0; // Inicializa el factor con 1.0

// Variable para almacenar el tipo de planificación de OpenMP
omp_sched_t schedule;

// Determina el tipo de planificación basado en el argumento 'schedule_type'
if (strcmp(schedule_type, "static") == 0) {
    schedule = omp_sched_static;
} else if (strcmp(schedule_type, "dynamic") == 0) {
    schedule = omp_sched_dynamic;
} else if (strcmp(schedule_type, "guided") == 0) {
    schedule = omp_sched_guided;
} else if (strcmp(schedule_type, "auto") == 0) {
    schedule = omp_sched_auto;
} else {
    printf("Invalid schedule type. Use static, dynamic, guided, or auto.\n");
    return 1; // Si el tipo de planificación no es válido, el programa termina con un código de error
}

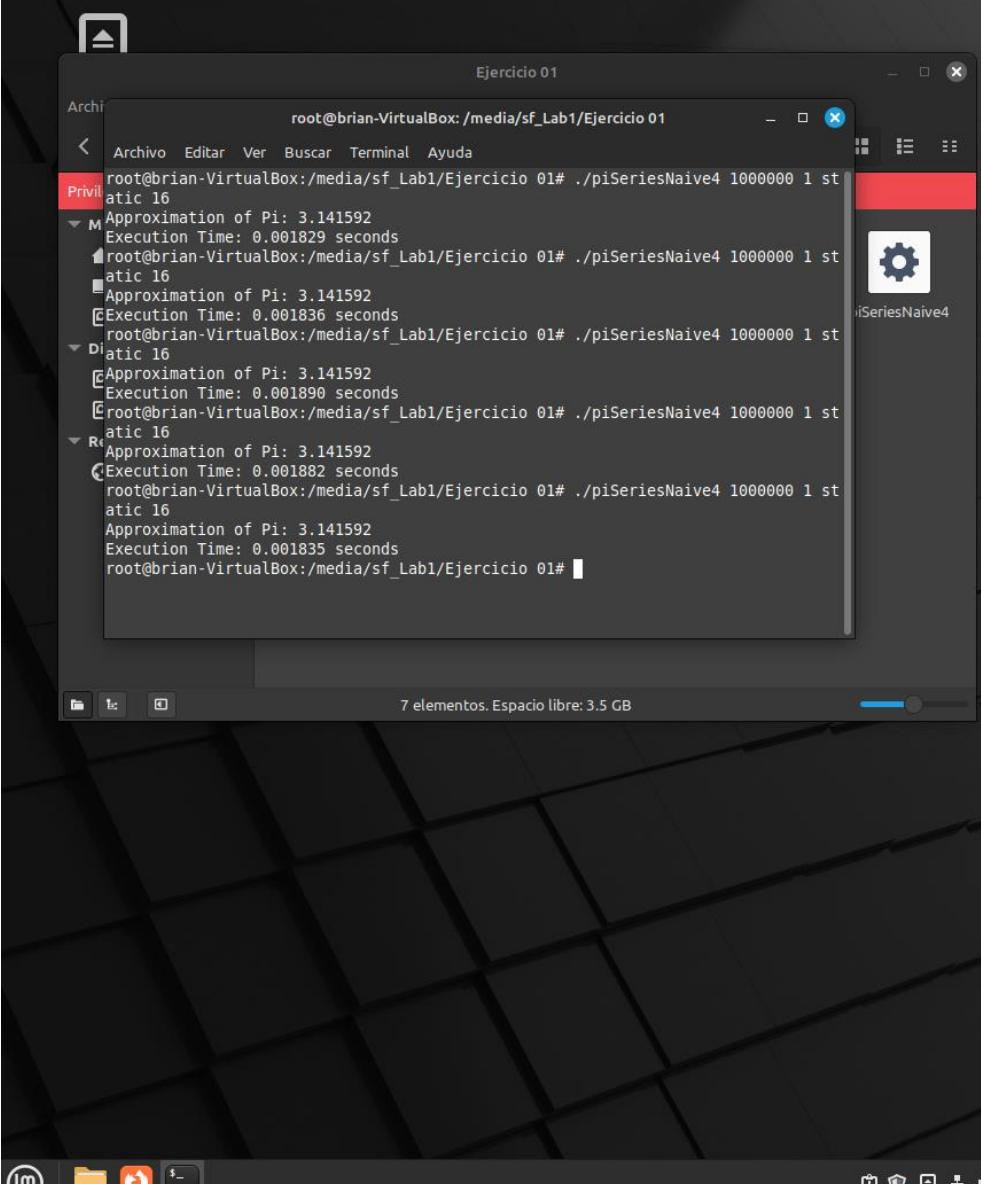
// Configura el tipo de planificación y el tamaño del chunk (si corresponde)
if (schedule == omp_sched_auto) {
    omp_set_schedule(schedule, 0); // Auto no utiliza chunk size
} else {
    omp_set_schedule(schedule, chunk_size);
}

// Inicia la medición del tiempo
double start_time = omp_get_wtime();

// Paraleliza el bucle usando OpenMP, con un número de hilos igual a 'thread_count'
// La cláusula 'reduction(+:sum)' asegura que las sumas parciales calculadas por cada hilo se acumulen
correctamente
// La cláusula 'private(factor)' asegura que cada hilo tenga su propia copia del factor
#pragma omp parallel for num_threads(thread_count) reduction(+:sum) private(factor)
```

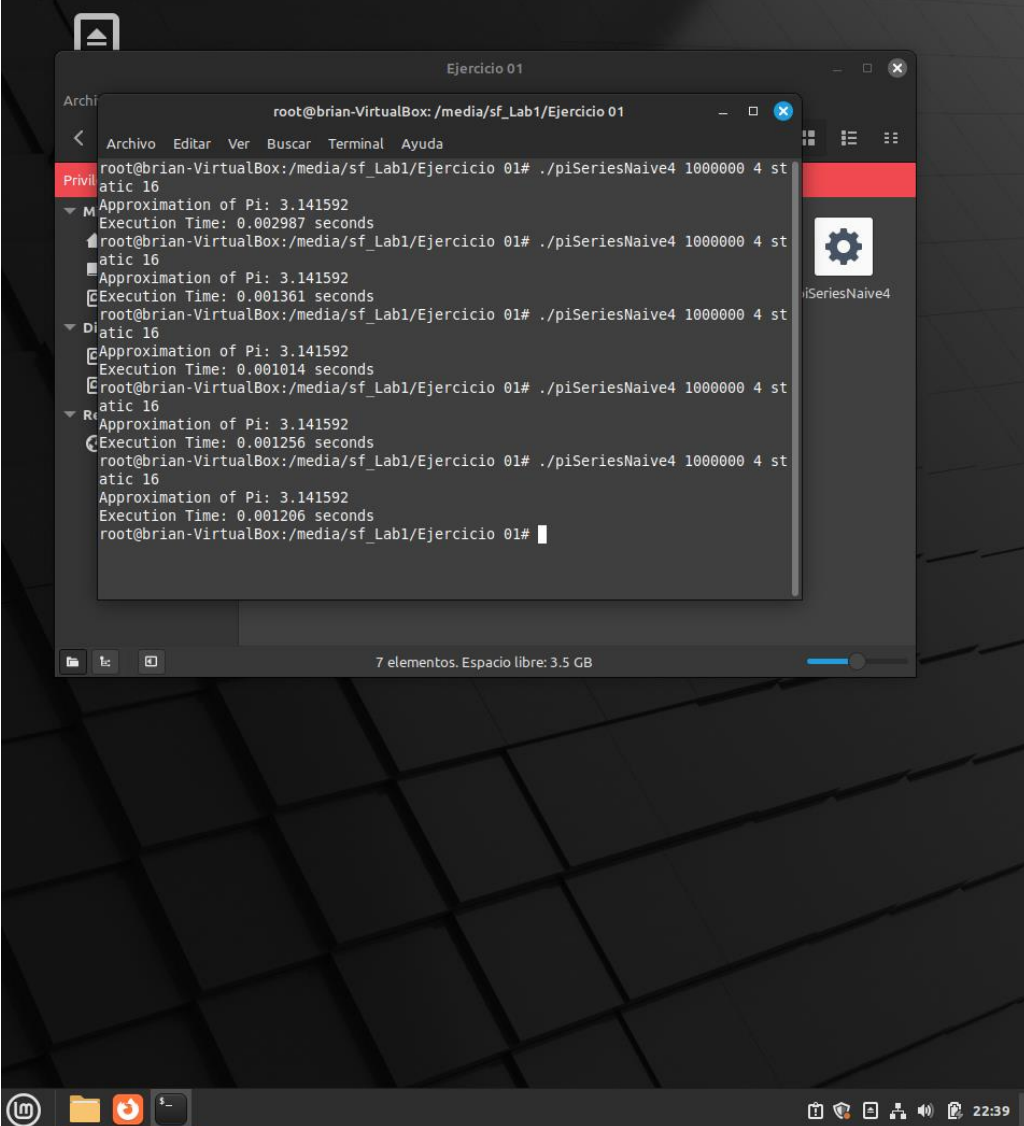
```
for (int k = 0; k < n; k++) {  
    // Determina el valor del factor basado en si 'k' es par o impar  
    if (k % 2 == 0) {  
        factor = 1.0; // Si 'k' es par, el factor es 1.0  
    } else {  
        factor = -1.0; // Si 'k' es impar, el factor es -1.0  
    }  
    sum += factor / (2 * k + 1); // Calcula el término de la serie y lo añade a la suma  
}  
  
// Calcula la aproximación de Pi multiplicando la suma por 4  
double pi_approx = 4.0 * sum;  
  
// Termina la medición del tiempo  
double end_time = omp_get_wtime();  
double execution_time = end_time - start_time; // Calcula el tiempo de ejecución
```

1. schedule(static, 16)



```
root@brian-VirtualBox: /media/sf_Lab1/Ejercicio 01
Archivo Editar Ver Buscar Terminal Ayuda
Priv root@brian-VirtualBox: /media/sf_Lab1/Ejercicio 01# ./piSeriesNaive4 1000000 1 static 16
M Approximation of Pi: 3.141592
Execution Time: 0.001829 seconds
root@brian-VirtualBox: /media/sf_Lab1/Ejercicio 01# ./piSeriesNaive4 1000000 1 static 16
D Approximation of Pi: 3.141592
Execution Time: 0.001836 seconds
root@brian-VirtualBox: /media/sf_Lab1/Ejercicio 01# ./piSeriesNaive4 1000000 1 static 16
R Approximation of Pi: 3.141592
Execution Time: 0.001882 seconds
root@brian-VirtualBox: /media/sf_Lab1/Ejercicio 01# ./piSeriesNaive4 1000000 1 static 16
Approximation of Pi: 3.141592
Execution Time: 0.001835 seconds
root@brian-VirtualBox: /media/sf_Lab1/Ejercicio 01#
```

Promedio $T(1) = 0.0018544$

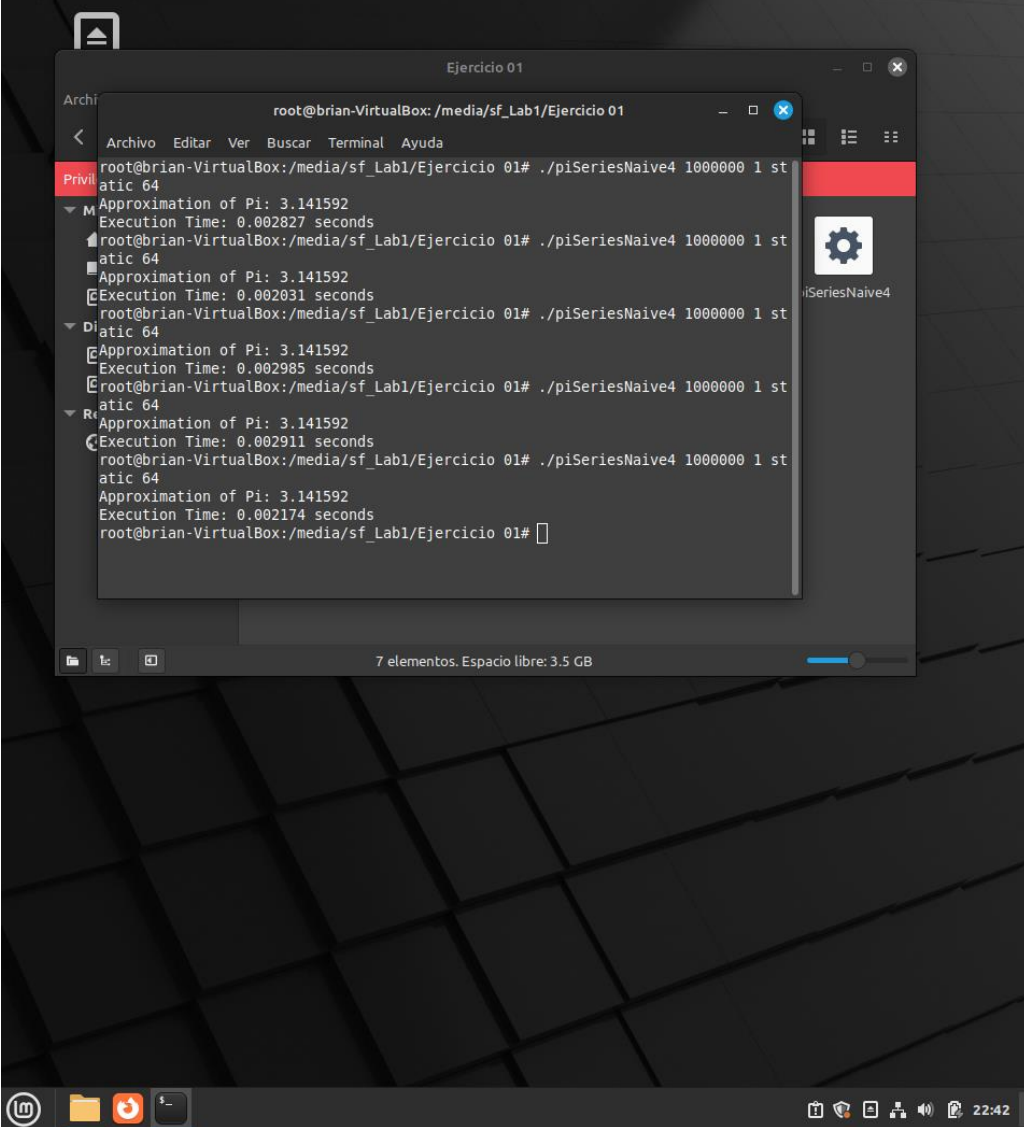


```
root@brian-VirtualBox: /media/sf_Lab1/Ejercicio 01
root@brian-VirtualBox: /media/sf_Lab1/Ejercicio 01# ./piSeriesNaive4 1000000 4 static 16
Approximation of Pi: 3.141592
Execution Time: 0.002987 seconds
root@brian-VirtualBox: /media/sf_Lab1/Ejercicio 01# ./piSeriesNaive4 1000000 4 static 16
Approximation of Pi: 3.141592
Execution Time: 0.001361 seconds
root@brian-VirtualBox: /media/sf_Lab1/Ejercicio 01# ./piSeriesNaive4 1000000 4 static 16
Approximation of Pi: 3.141592
Execution Time: 0.001014 seconds
root@brian-VirtualBox: /media/sf_Lab1/Ejercicio 01# ./piSeriesNaive4 1000000 4 static 16
Approximation of Pi: 3.141592
Execution Time: 0.001256 seconds
root@brian-VirtualBox: /media/sf_Lab1/Ejercicio 01# ./piSeriesNaive4 1000000 4 static 16
Approximation of Pi: 3.141592
Execution Time: 0.001206 seconds
root@brian-VirtualBox: /media/sf_Lab1/Ejercicio 01#
```

Promedio $T(4) = 0.0015648$

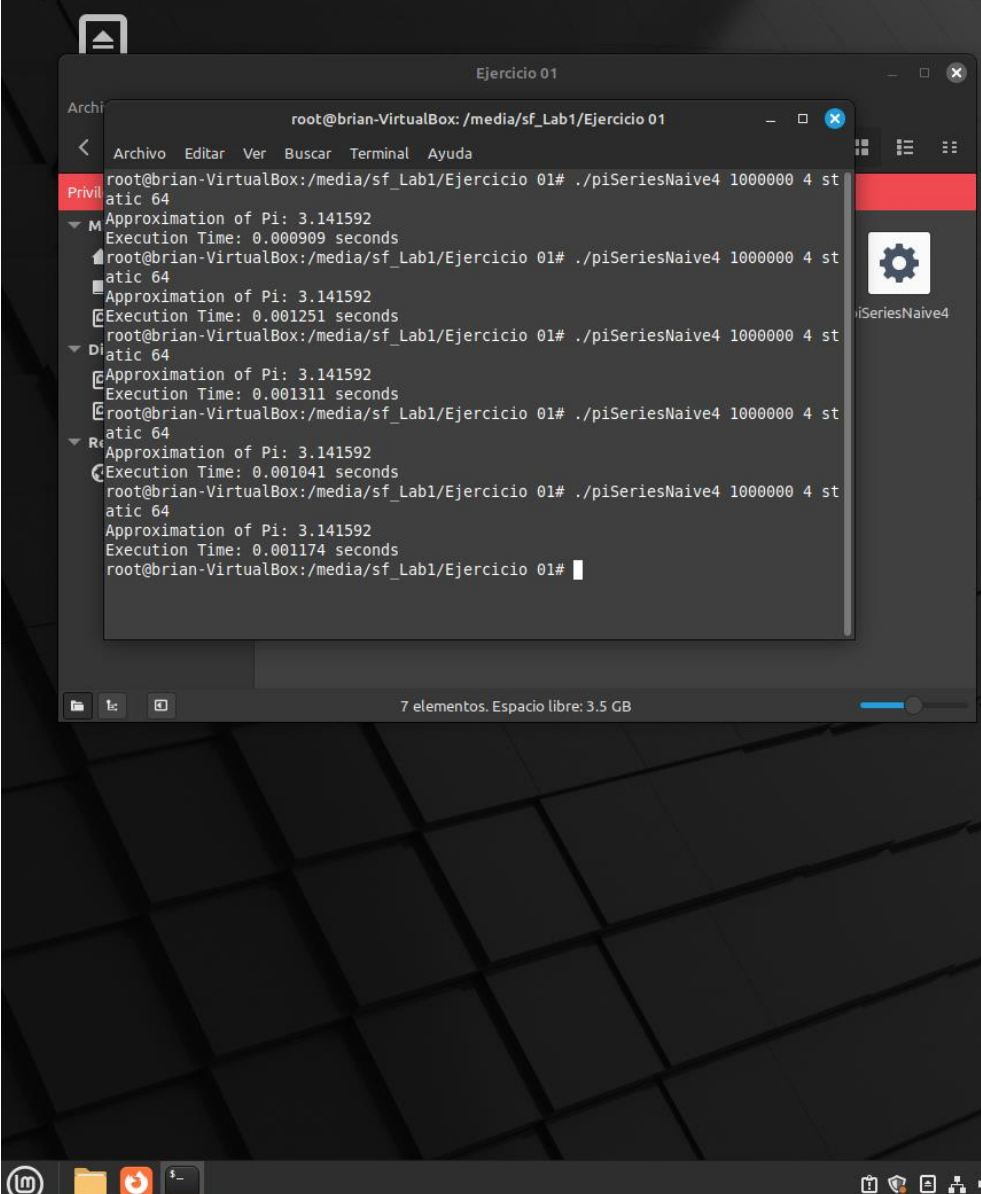
$S(4) = T(1)/T(4) = 1.19$

2. schedule(static, 64)



```
root@brian-VirtualBox: /media/sf_Lab1/Ejercicio 01
Archivo Editar Ver Buscar Terminal Ayuda
Privileged
root@brian-VirtualBox:/media/sf_Lab1/Ejercicio 01# ./piSeriesNaive4 1000000 1 static 64
Approximation of Pi: 3.141592
Execution Time: 0.002827 seconds
Main
root@brian-VirtualBox:/media/sf_Lab1/Ejercicio 01# ./piSeriesNaive4 1000000 1 static 64
Approximation of Pi: 3.141592
Execution Time: 0.002031 seconds
Daemon
root@brian-VirtualBox:/media/sf_Lab1/Ejercicio 01# ./piSeriesNaive4 1000000 1 static 64
Approximation of Pi: 3.141592
Execution Time: 0.002985 seconds
Realtime
root@brian-VirtualBox:/media/sf_Lab1/Ejercicio 01# ./piSeriesNaive4 1000000 1 static 64
Approximation of Pi: 3.141592
Execution Time: 0.002174 seconds
root@brian-VirtualBox:/media/sf_Lab1/Ejercicio 01#
```

Promedio $T(1) = 0.0025856$

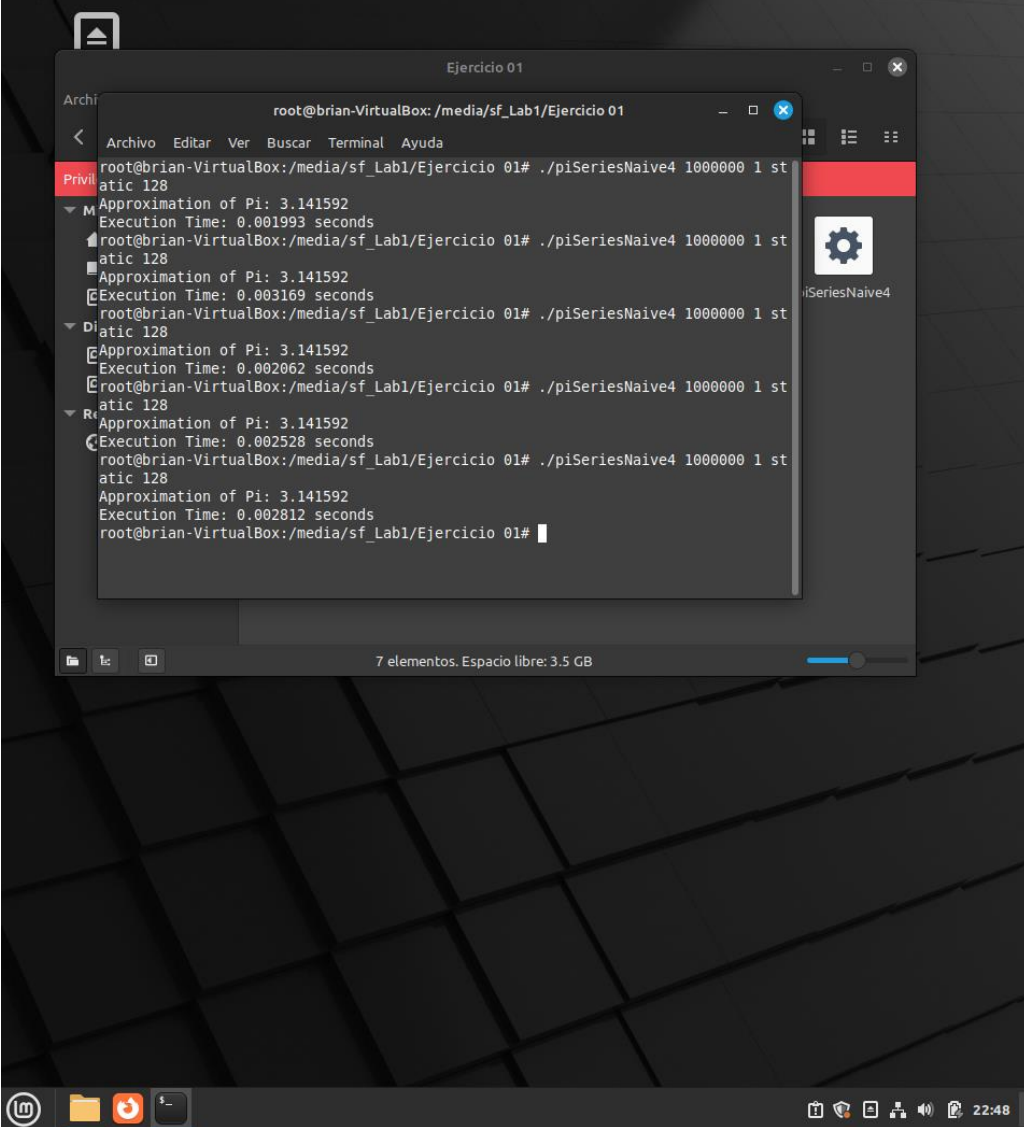


```
root@brian-VirtualBox: /media/sf_Lab1/Ejercicio 01
root@brian-VirtualBox: /media/sf_Lab1/Ejercicio 01# ./piSeriesNaive4 1000000 4 static 64
Approximation of Pi: 3.141592
Execution Time: 0.000909 seconds
root@brian-VirtualBox: /media/sf_Lab1/Ejercicio 01# ./piSeriesNaive4 1000000 4 static 64
Approximation of Pi: 3.141592
Execution Time: 0.001251 seconds
root@brian-VirtualBox: /media/sf_Lab1/Ejercicio 01# ./piSeriesNaive4 1000000 4 static 64
Approximation of Pi: 3.141592
Execution Time: 0.001311 seconds
root@brian-VirtualBox: /media/sf_Lab1/Ejercicio 01# ./piSeriesNaive4 1000000 4 static 64
Approximation of Pi: 3.141592
Execution Time: 0.001041 seconds
root@brian-VirtualBox: /media/sf_Lab1/Ejercicio 01#
```

Promedio $T(4) = 0.0011372$

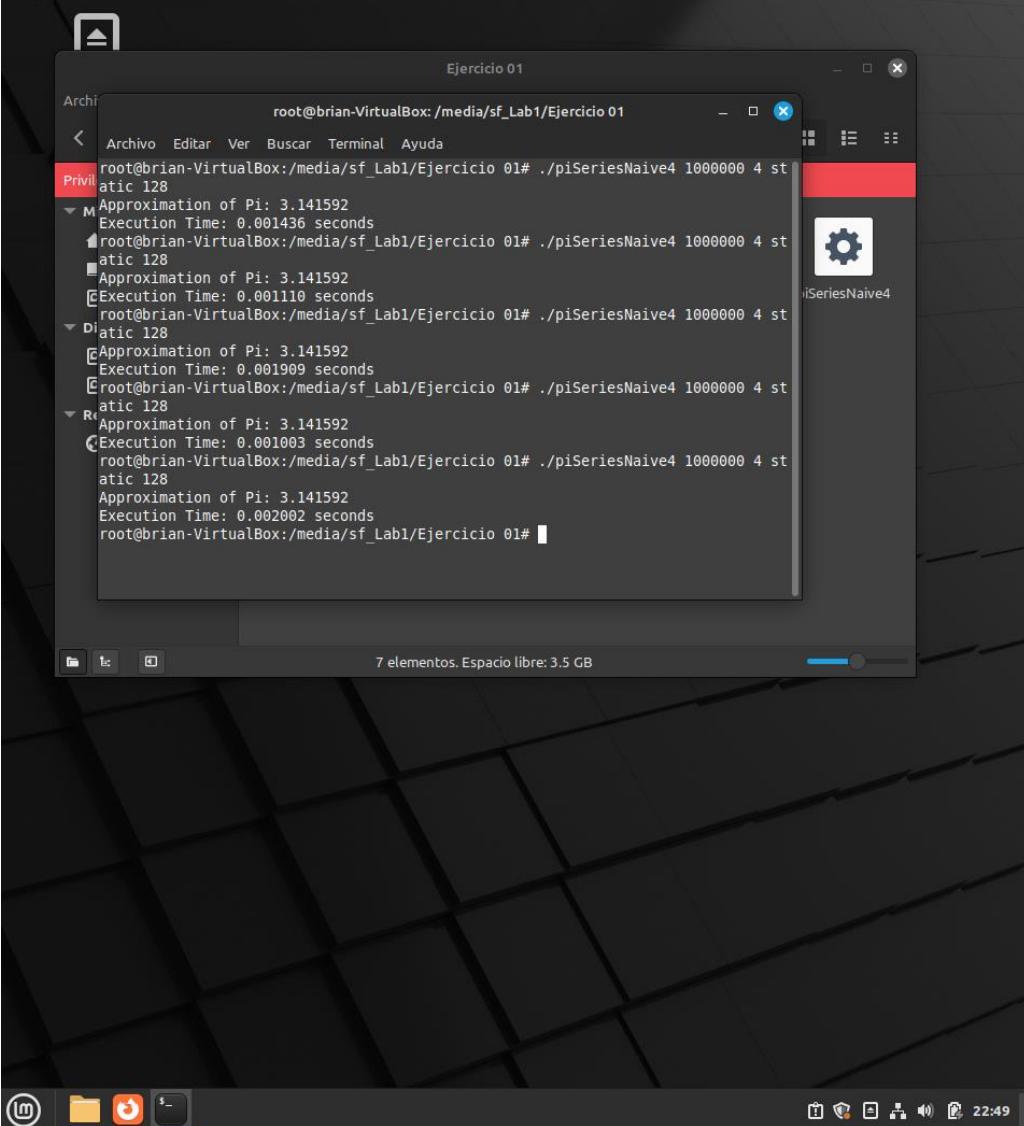
$S(4) = T(1)/T(4) = 2.27$

3. schedule(static, 128)



```
root@brian-VirtualBox: /media/sf_Lab1/Ejercicio 01
root@brian-VirtualBox:/media/sf_Lab1/Ejercicio 01# ./piSeriesNaive4 1000000 1 static 128
Approximation of Pi: 3.141592
Execution Time: 0.001993 seconds
root@brian-VirtualBox:/media/sf_Lab1/Ejercicio 01# ./piSeriesNaive4 1000000 1 static 128
Approximation of Pi: 3.141592
Execution Time: 0.003169 seconds
root@brian-VirtualBox:/media/sf_Lab1/Ejercicio 01# ./piSeriesNaive4 1000000 1 static 128
Approximation of Pi: 3.141592
Execution Time: 0.002062 seconds
root@brian-VirtualBox:/media/sf_Lab1/Ejercicio 01# ./piSeriesNaive4 1000000 1 static 128
Approximation of Pi: 3.141592
Execution Time: 0.002528 seconds
root@brian-VirtualBox:/media/sf_Lab1/Ejercicio 01# ./piSeriesNaive4 1000000 1 static 128
Approximation of Pi: 3.141592
Execution Time: 0.002812 seconds
root@brian-VirtualBox:/media/sf_Lab1/Ejercicio 01#
```

Promedio $T(1) = 0.0025128$

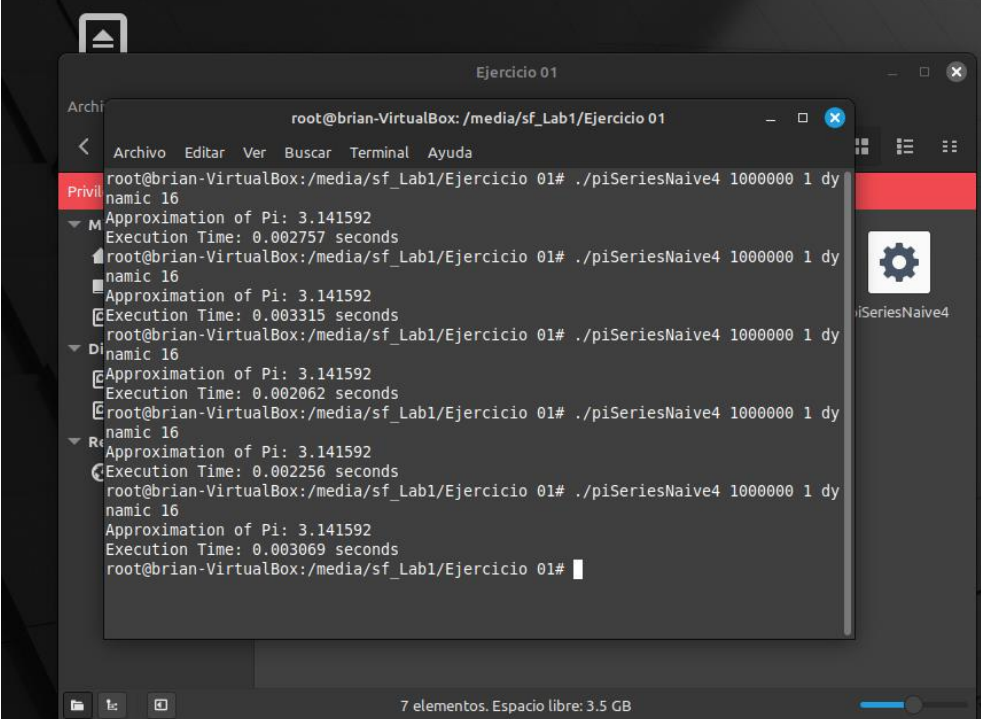


```
root@brian-VirtualBox: /media/sf_Lab1/Ejercicio 01
root@brian-VirtualBox: /media/sf_Lab1/Ejercicio 01# ./piSeriesNaive4 1000000 4 static 128
Approximation of Pi: 3.141592
Execution Time: 0.001436 seconds
root@brian-VirtualBox: /media/sf_Lab1/Ejercicio 01# ./piSeriesNaive4 1000000 4 static 128
Approximation of Pi: 3.141592
Execution Time: 0.001110 seconds
root@brian-VirtualBox: /media/sf_Lab1/Ejercicio 01# ./piSeriesNaive4 1000000 4 static 128
Approximation of Pi: 3.141592
Execution Time: 0.001909 seconds
root@brian-VirtualBox: /media/sf_Lab1/Ejercicio 01# ./piSeriesNaive4 1000000 4 static 128
Approximation of Pi: 3.141592
Execution Time: 0.001003 seconds
root@brian-VirtualBox: /media/sf_Lab1/Ejercicio 01# ./piSeriesNaive4 1000000 4 static 128
Approximation of Pi: 3.141592
Execution Time: 0.002002 seconds
root@brian-VirtualBox: /media/sf_Lab1/Ejercicio 01#
```

Promedio $T(4) = 0.001492$

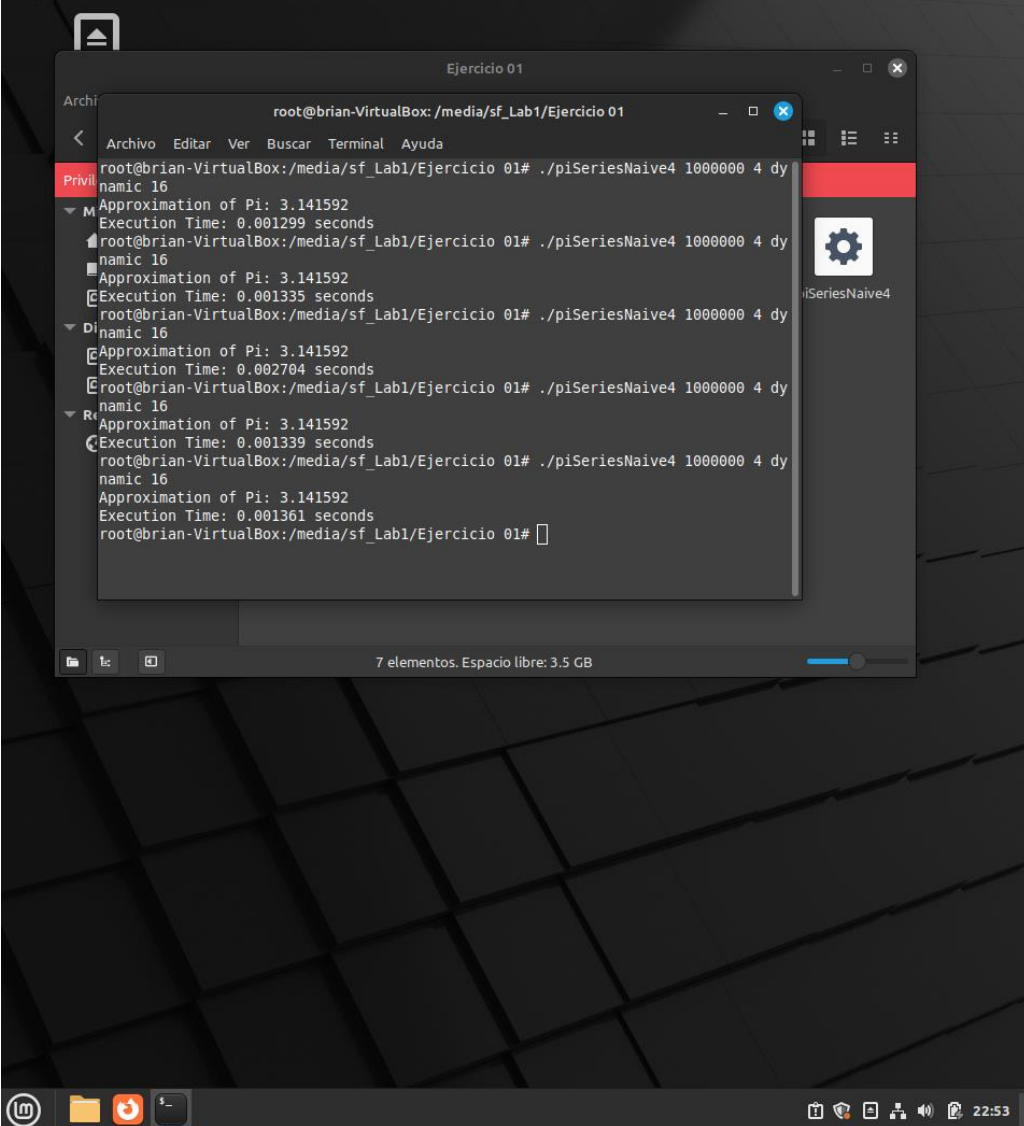
$S(4) = T(1)/T(4) = 1.68$

4. schedule(dynamic, 16)



```
root@brian-VirtualBox: /media/sf_Lab1/Ejercicio 01
root@brian-VirtualBox:/media/sf_Lab1/Ejercicio 01# ./piSeriesNaive4 1000000 1 dynamic 16
Approximation of Pi: 3.141592
Execution Time: 0.002757 seconds
root@brian-VirtualBox:/media/sf_Lab1/Ejercicio 01# ./piSeriesNaive4 1000000 1 dynamic 16
Approximation of Pi: 3.141592
Execution Time: 0.003315 seconds
root@brian-VirtualBox:/media/sf_Lab1/Ejercicio 01# ./piSeriesNaive4 1000000 1 dynamic 16
Approximation of Pi: 3.141592
Execution Time: 0.002062 seconds
root@brian-VirtualBox:/media/sf_Lab1/Ejercicio 01# ./piSeriesNaive4 1000000 1 dynamic 16
Approximation of Pi: 3.141592
Execution Time: 0.002256 seconds
root@brian-VirtualBox:/media/sf_Lab1/Ejercicio 01# ./piSeriesNaive4 1000000 1 dynamic 16
Approximation of Pi: 3.141592
Execution Time: 0.003069 seconds
root@brian-VirtualBox:/media/sf_Lab1/Ejercicio 01#
```

Promedio $T(1) = 0.0026918$

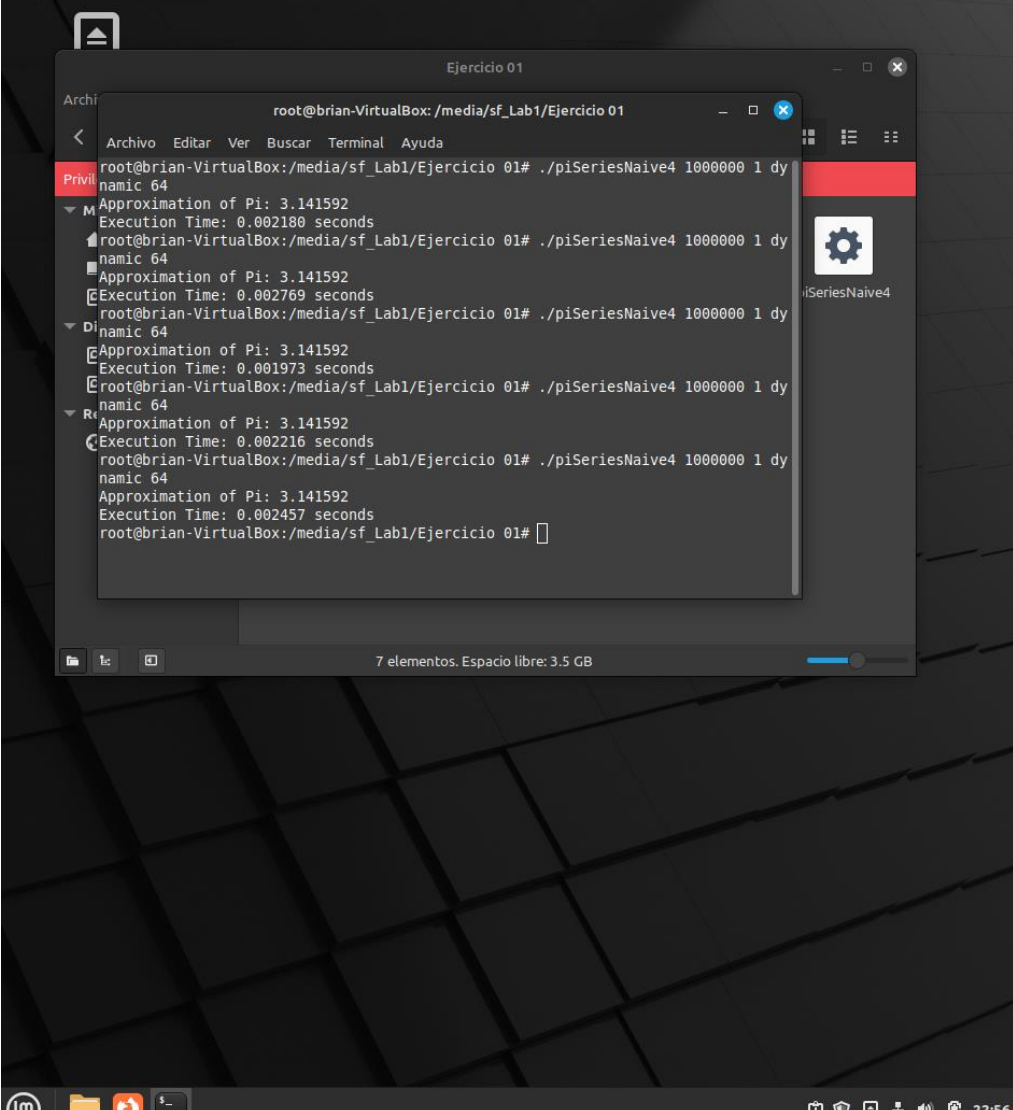


```
root@brian-VirtualBox: /media/sf_Lab1/Ejercicio 01
root@brian-VirtualBox: /media/sf_Lab1/Ejercicio 01# ./piSeriesNaive4 1000000 4 dy
namic 16
Approximation of Pi: 3.141592
Execution Time: 0.001299 seconds
root@brian-VirtualBox: /media/sf_Lab1/Ejercicio 01# ./piSeriesNaive4 1000000 4 dy
namic 16
Approximation of Pi: 3.141592
Execution Time: 0.001335 seconds
root@brian-VirtualBox: /media/sf_Lab1/Ejercicio 01# ./piSeriesNaive4 1000000 4 dy
namic 16
Approximation of Pi: 3.141592
Execution Time: 0.002704 seconds
root@brian-VirtualBox: /media/sf_Lab1/Ejercicio 01# ./piSeriesNaive4 1000000 4 dy
namic 16
Approximation of Pi: 3.141592
Execution Time: 0.001339 seconds
root@brian-VirtualBox: /media/sf_Lab1/Ejercicio 01#
```

Promedio $T(4) = 0.0016076$

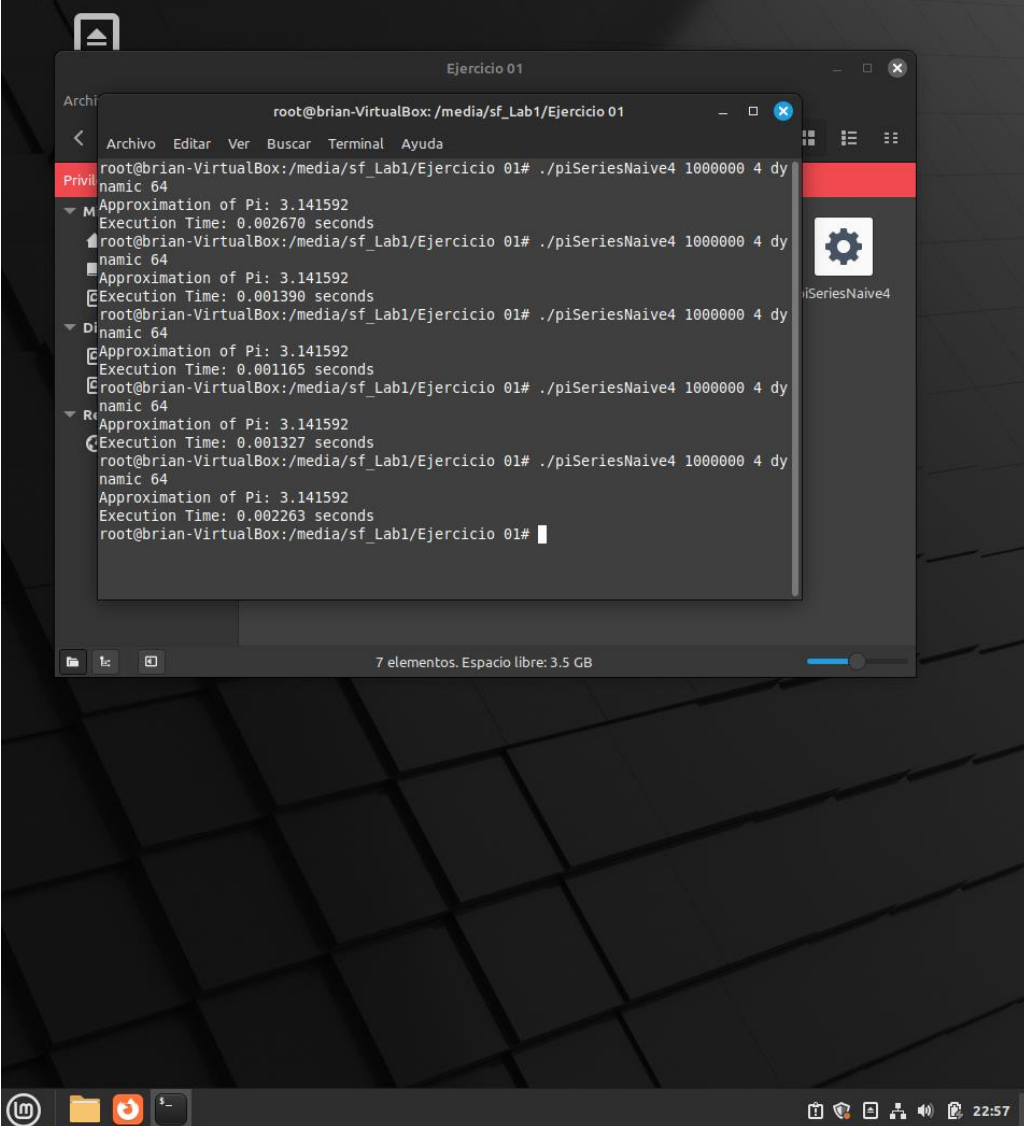
$S(4) = T(1)/T(4) = 1.67$

5. schedule(dynamic, 64)



```
root@brian-VirtualBox: /media/sf_Lab1/Ejercicio 01
root@brian-VirtualBox: /media/sf_Lab1/Ejercicio 01# ./piSeriesNaive4 1000000 1 dynamic 64
Approximation of Pi: 3.141592
Execution Time: 0.002180 seconds
root@brian-VirtualBox: /media/sf_Lab1/Ejercicio 01# ./piSeriesNaive4 1000000 1 dynamic 64
Approximation of Pi: 3.141592
Execution Time: 0.002769 seconds
root@brian-VirtualBox: /media/sf_Lab1/Ejercicio 01# ./piSeriesNaive4 1000000 1 dynamic 64
Approximation of Pi: 3.141592
Execution Time: 0.001973 seconds
root@brian-VirtualBox: /media/sf_Lab1/Ejercicio 01# ./piSeriesNaive4 1000000 1 dynamic 64
Approximation of Pi: 3.141592
Execution Time: 0.002216 seconds
root@brian-VirtualBox: /media/sf_Lab1/Ejercicio 01# ./piSeriesNaive4 1000000 1 dynamic 64
Approximation of Pi: 3.141592
Execution Time: 0.002457 seconds
root@brian-VirtualBox: /media/sf_Lab1/Ejercicio 01#
```

Promedio $T(1) = 0.002319$

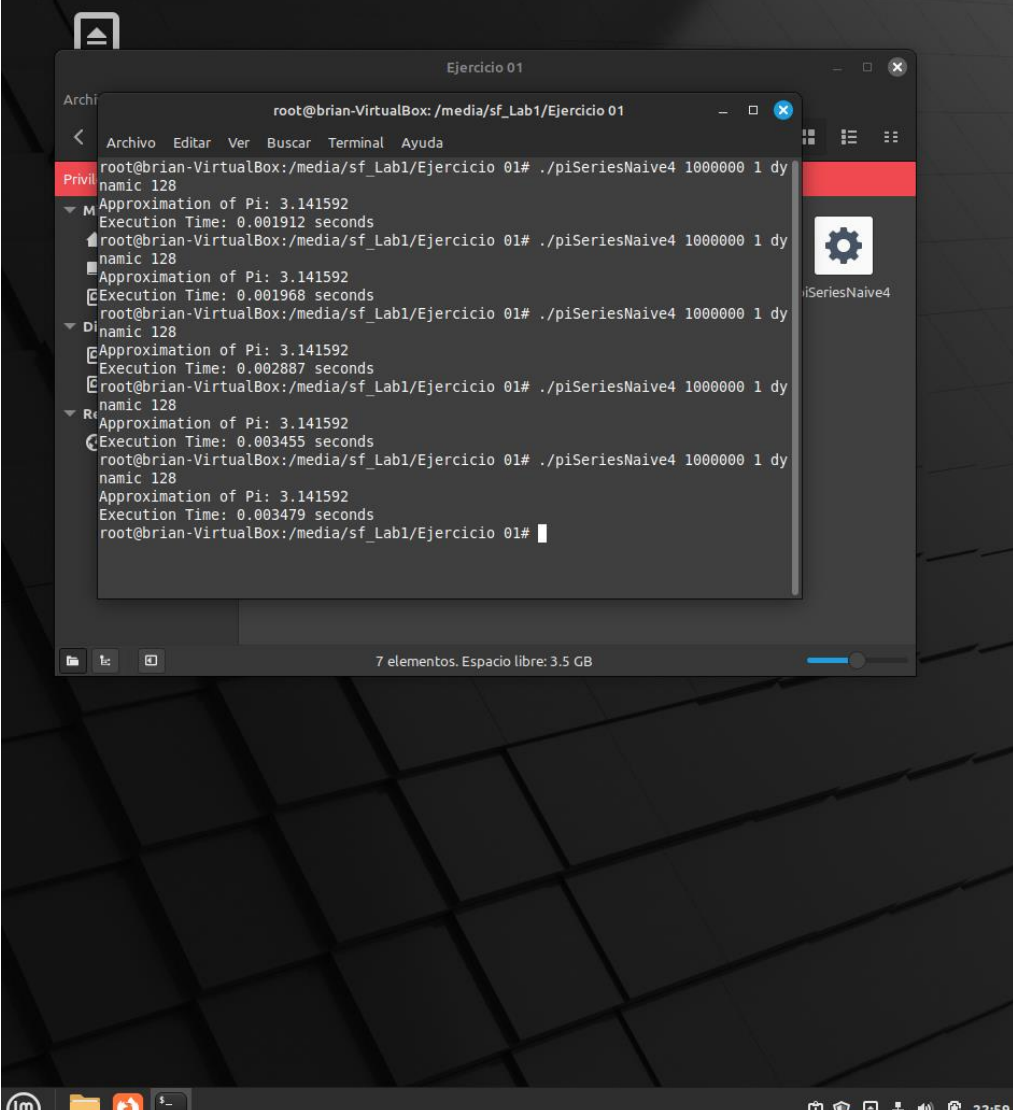


```
root@brian-VirtualBox: /media/sf_Lab1/Ejercicio 01
root@brian-VirtualBox: /media/sf_Lab1/Ejercicio 01# ./piSeriesNaive4 1000000 4 dy
namic 64
Approximation of Pi: 3.141592
Execution Time: 0.002670 seconds
root@brian-VirtualBox: /media/sf_Lab1/Ejercicio 01# ./piSeriesNaive4 1000000 4 dy
namic 64
Approximation of Pi: 3.141592
Execution Time: 0.001390 seconds
root@brian-VirtualBox: /media/sf_Lab1/Ejercicio 01# ./piSeriesNaive4 1000000 4 dy
namic 64
Approximation of Pi: 3.141592
Execution Time: 0.001165 seconds
root@brian-VirtualBox: /media/sf_Lab1/Ejercicio 01# ./piSeriesNaive4 1000000 4 dy
namic 64
Approximation of Pi: 3.141592
Execution Time: 0.001327 seconds
root@brian-VirtualBox: /media/sf_Lab1/Ejercicio 01# ./piSeriesNaive4 1000000 4 dy
namic 64
Approximation of Pi: 3.141592
Execution Time: 0.002263 seconds
root@brian-VirtualBox: /media/sf_Lab1/Ejercicio 01#
```

Promedio $T(4) = 0.00135566$

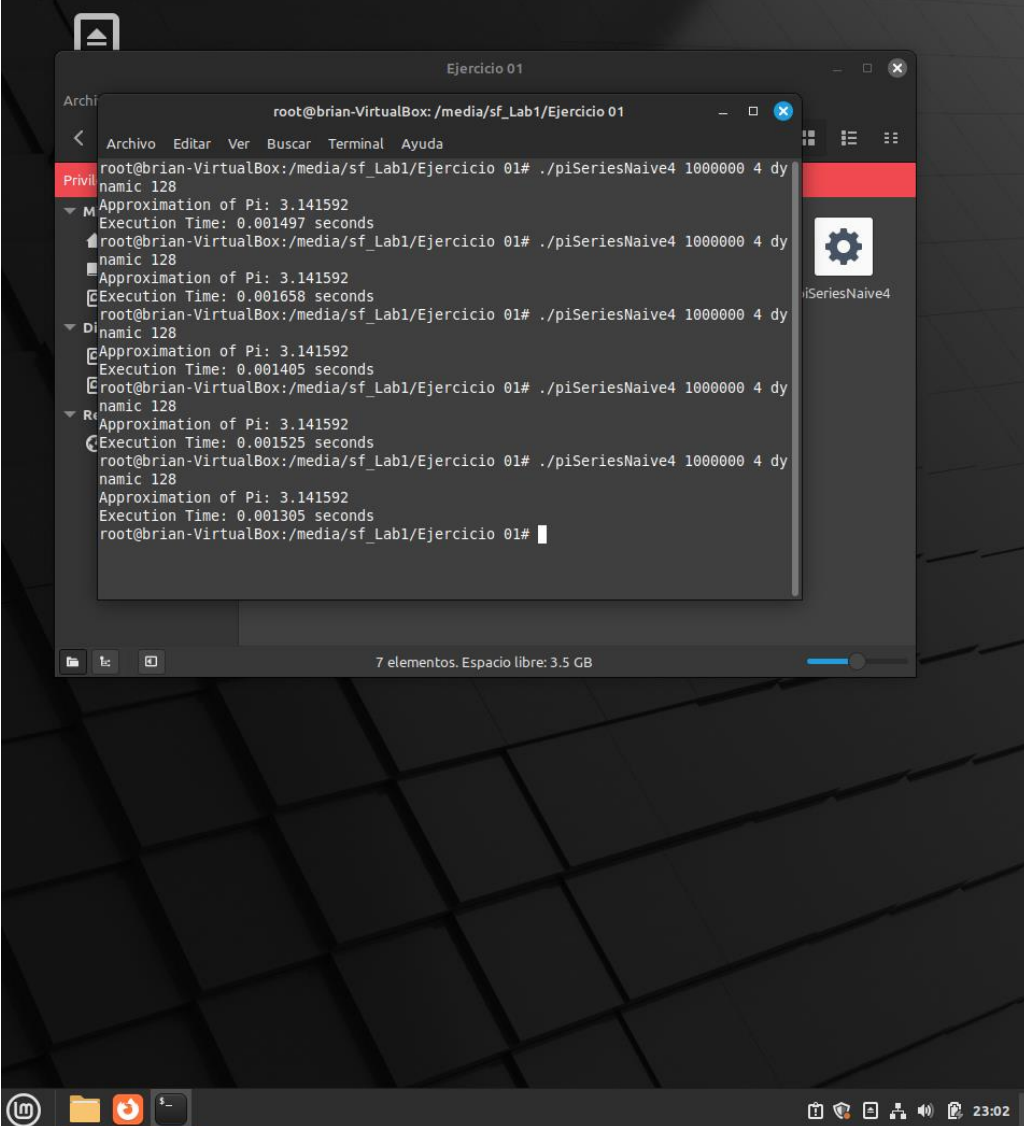
$S(4) = T(1)/T(4) = 1.71$

6. schedule(dynamic, 128)



```
root@brian-VirtualBox: /media/sf_Lab1/Ejercicio 01
root@brian-VirtualBox:/media/sf_Lab1/Ejercicio 01# ./piSeriesNaive4 1000000 1 dynamic 128
Approximation of Pi: 3.141592
Execution Time: 0.001912 seconds
root@brian-VirtualBox:/media/sf_Lab1/Ejercicio 01# ./piSeriesNaive4 1000000 1 dynamic 128
Approximation of Pi: 3.141592
Execution Time: 0.001968 seconds
root@brian-VirtualBox:/media/sf_Lab1/Ejercicio 01# ./piSeriesNaive4 1000000 1 dynamic 128
Approximation of Pi: 3.141592
Execution Time: 0.002887 seconds
root@brian-VirtualBox:/media/sf_Lab1/Ejercicio 01# ./piSeriesNaive4 1000000 1 dynamic 128
Approximation of Pi: 3.141592
Execution Time: 0.003455 seconds
root@brian-VirtualBox:/media/sf_Lab1/Ejercicio 01# ./piSeriesNaive4 1000000 1 dynamic 128
Approximation of Pi: 3.141592
Execution Time: 0.003479 seconds
root@brian-VirtualBox:/media/sf_Lab1/Ejercicio 01#
```

Promedio $T(1) = 0.0027402$

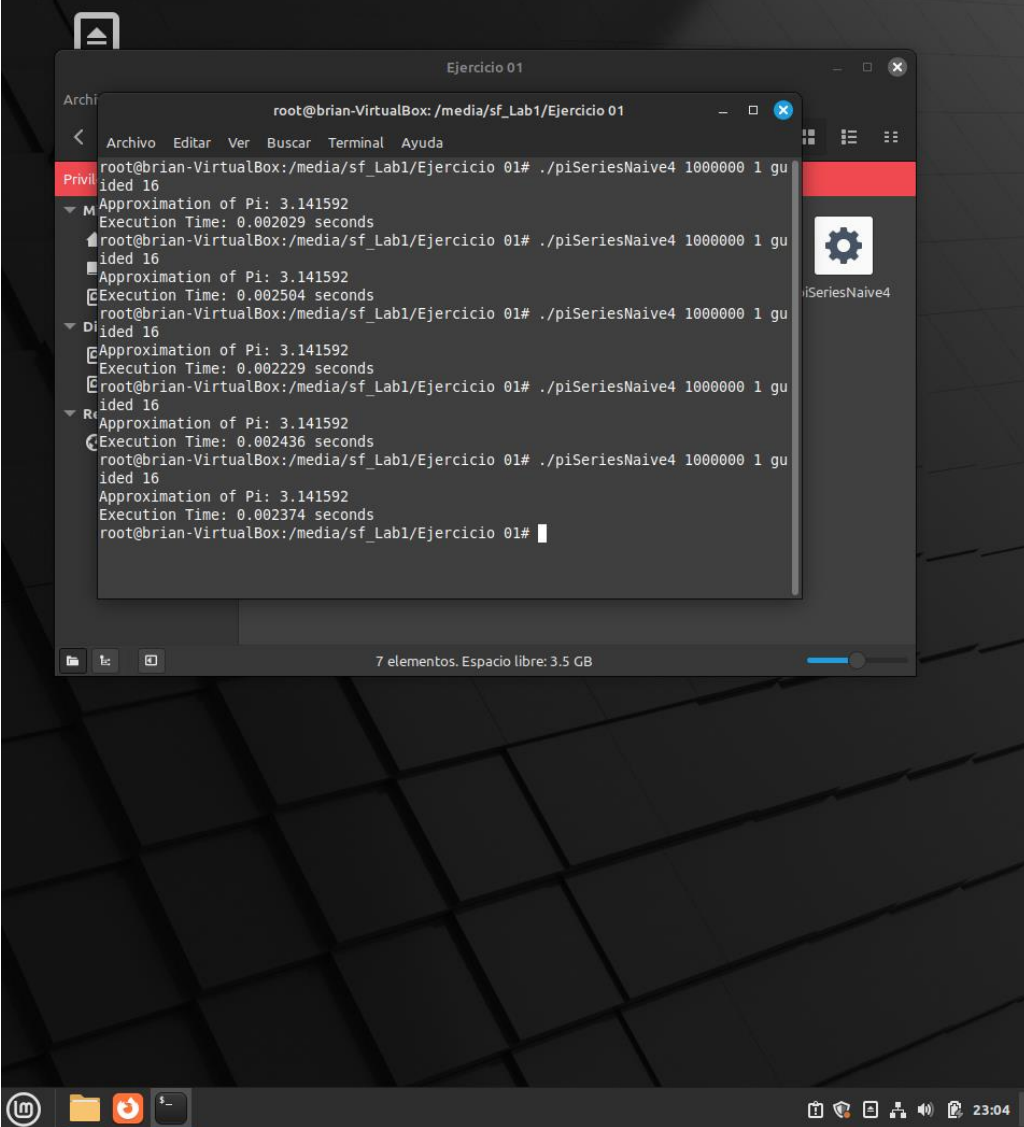


```
root@brian-VirtualBox: /media/sf_Lab1/Ejercicio 01
root@brian-VirtualBox: /media/sf_Lab1/Ejercicio 01# ./piSeriesNaive4 1000000 4 dynamic 128
Approximation of Pi: 3.141592
Execution Time: 0.001497 seconds
root@brian-VirtualBox: /media/sf_Lab1/Ejercicio 01# ./piSeriesNaive4 1000000 4 dynamic 128
Approximation of Pi: 3.141592
Execution Time: 0.001658 seconds
root@brian-VirtualBox: /media/sf_Lab1/Ejercicio 01# ./piSeriesNaive4 1000000 4 dynamic 128
Approximation of Pi: 3.141592
Execution Time: 0.001405 seconds
root@brian-VirtualBox: /media/sf_Lab1/Ejercicio 01# ./piSeriesNaive4 1000000 4 dynamic 128
Approximation of Pi: 3.141592
Execution Time: 0.001525 seconds
root@brian-VirtualBox: /media/sf_Lab1/Ejercicio 01# ./piSeriesNaive4 1000000 4 dynamic 128
Approximation of Pi: 3.141592
Execution Time: 0.001305 seconds
root@brian-VirtualBox: /media/sf_Lab1/Ejercicio 01#
```

Promedio $T(4) = 0.001478$

$S(4) = T(1)/T(4) = 1.85$

7. schedule(guided, 16)



```
root@brian-VirtualBox: /media/sf_Lab1/Ejercicio 01
root@brian-VirtualBox:/media/sf_Lab1/Ejercicio 01# ./piSeriesNaive4 1000000 1 guided 16
Approximation of Pi: 3.141592
Execution Time: 0.002029 seconds
root@brian-VirtualBox:/media/sf_Lab1/Ejercicio 01# ./piSeriesNaive4 1000000 1 guided 16
Approximation of Pi: 3.141592
Execution Time: 0.002504 seconds
root@brian-VirtualBox:/media/sf_Lab1/Ejercicio 01# ./piSeriesNaive4 1000000 1 guided 16
Approximation of Pi: 3.141592
Execution Time: 0.002229 seconds
root@brian-VirtualBox:/media/sf_Lab1/Ejercicio 01# ./piSeriesNaive4 1000000 1 guided 16
Approximation of Pi: 3.141592
Execution Time: 0.002436 seconds
root@brian-VirtualBox:/media/sf_Lab1/Ejercicio 01# ./piSeriesNaive4 1000000 1 guided 16
Approximation of Pi: 3.141592
Execution Time: 0.002374 seconds
root@brian-VirtualBox:/media/sf_Lab1/Ejercicio 01#
```

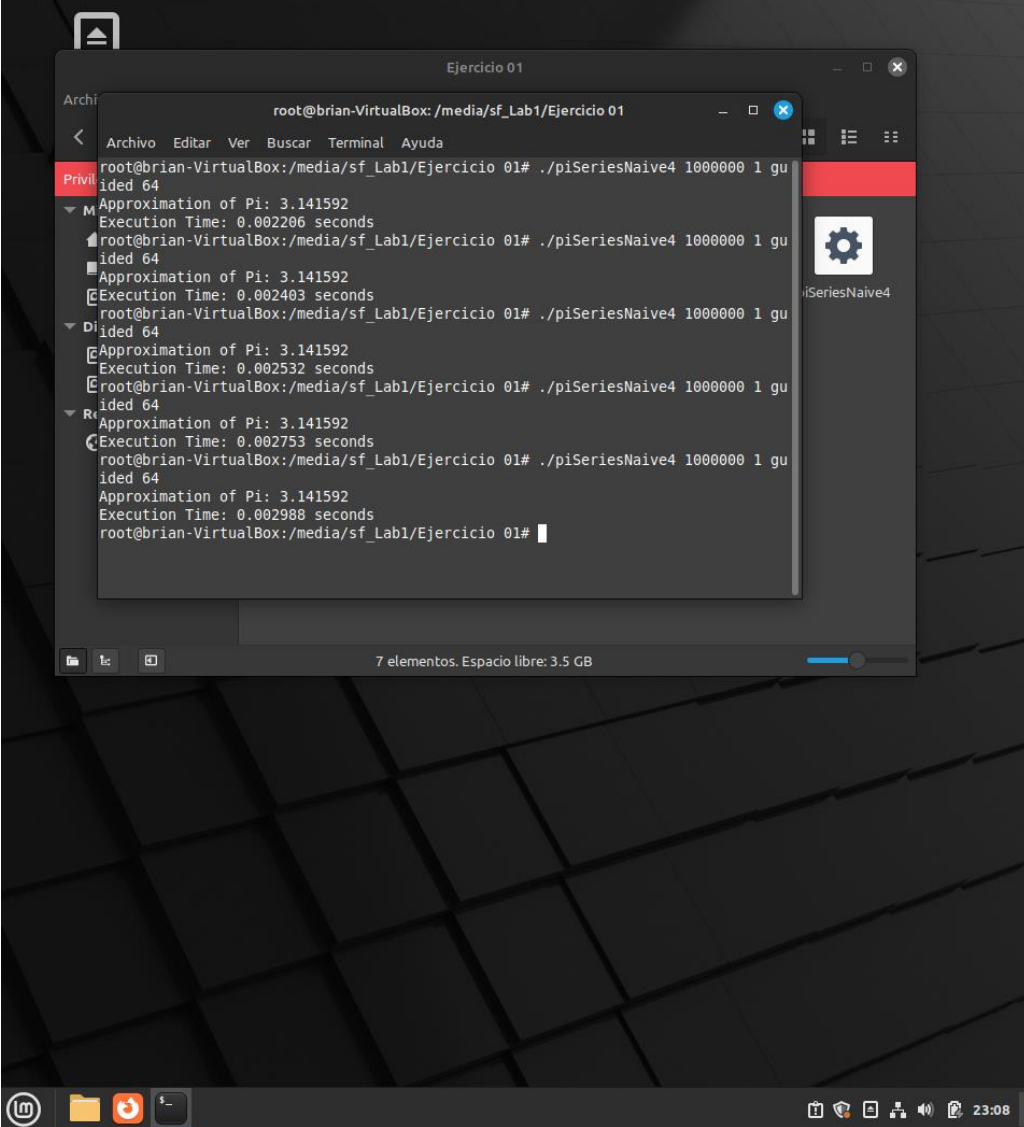
Promedio $T(1) = 0.0023144$

```
root@brian-VirtualBox: /media/sf_Lab1/Ejercicio 01
root@brian-VirtualBox: /media/sf_Lab1/Ejercicio 01# ./piSeriesNaive4 1000000 4 gu
ided 16
Approximation of Pi: 3.141592
Execution Time: 0.000980 seconds
root@brian-VirtualBox: /media/sf_Lab1/Ejercicio 01# ./piSeriesNaive4 1000000 4 gu
ided 16
Approximation of Pi: 3.141592
Execution Time: 0.001317 seconds
root@brian-VirtualBox: /media/sf_Lab1/Ejercicio 01# ./piSeriesNaive4 1000000 4 gu
ided 16
Approximation of Pi: 3.141592
Execution Time: 0.001243 seconds
root@brian-VirtualBox: /media/sf_Lab1/Ejercicio 01# ./piSeriesNaive4 1000000 4 gu
ided 16
Approximation of Pi: 3.141592
Execution Time: 0.002201 seconds
root@brian-VirtualBox: /media/sf_Lab1/Ejercicio 01# ./piSeriesNaive4 1000000 4 gu
ided 16
Approximation of Pi: 3.141592
Execution Time: 0.001518 seconds
root@brian-VirtualBox: /media/sf_Lab1/Ejercicio 01#
```

Promedio $T(4) = 0.0014518$

$S(4) = T(1)/T(4) = 1.59$

8. `schedule(guided, 64)`



```
root@brian-VirtualBox: /media/sf_Lab1/Ejercicio 01
root@brian-VirtualBox:/media/sf_Lab1/Ejercicio 01# ./piSeriesNaive4 1000000 1 guided 64
Approximation of Pi: 3.141592
Execution Time: 0.002206 seconds
root@brian-VirtualBox:/media/sf_Lab1/Ejercicio 01# ./piSeriesNaive4 1000000 1 guided 64
Approximation of Pi: 3.141592
Execution Time: 0.002403 seconds
root@brian-VirtualBox:/media/sf_Lab1/Ejercicio 01# ./piSeriesNaive4 1000000 1 guided 64
Approximation of Pi: 3.141592
Execution Time: 0.002532 seconds
root@brian-VirtualBox:/media/sf_Lab1/Ejercicio 01# ./piSeriesNaive4 1000000 1 guided 64
Approximation of Pi: 3.141592
Execution Time: 0.002988 seconds
root@brian-VirtualBox:/media/sf_Lab1/Ejercicio 01#
```

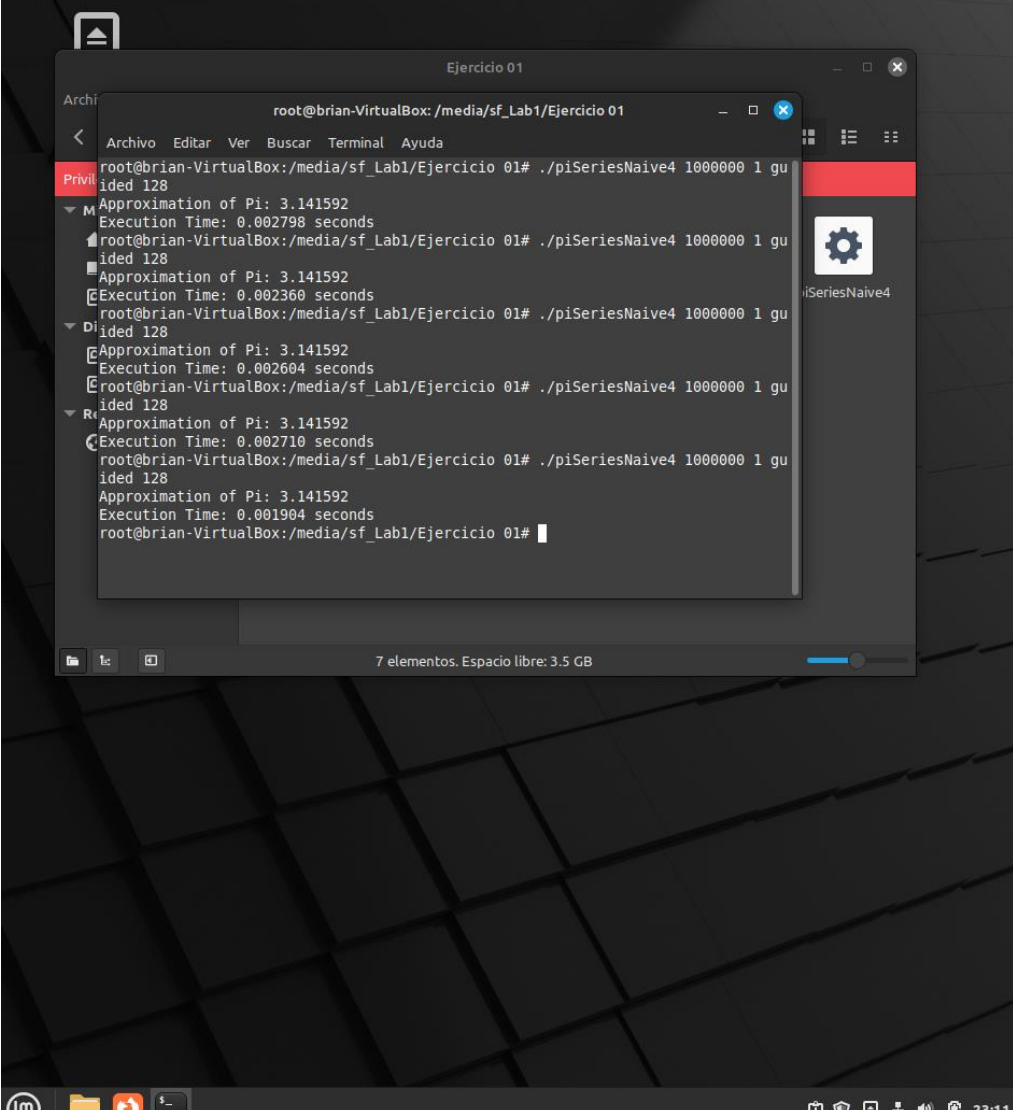
Promedio $T(1) = 0.0025764$

```
root@brian-VirtualBox: /media/sf_Lab1/Ejercicio 01
root@brian-VirtualBox: /media/sf_Lab1/Ejercicio 01# ./piSeriesNaive4 1000000 4 gu
ided 64
Approximation of Pi: 3.141592
Execution Time: 0.001576 seconds
root@brian-VirtualBox: /media/sf_Lab1/Ejercicio 01# ./piSeriesNaive4 1000000 4 gu
ided 64
Approximation of Pi: 3.141592
Execution Time: 0.002686 seconds
root@brian-VirtualBox: /media/sf_Lab1/Ejercicio 01# ./piSeriesNaive4 1000000 4 gu
ided 64
Approximation of Pi: 3.141592
Execution Time: 0.001747 seconds
root@brian-VirtualBox: /media/sf_Lab1/Ejercicio 01# ./piSeriesNaive4 1000000 4 gu
ided 64
Approximation of Pi: 3.141592
Execution Time: 0.001746 seconds
root@brian-VirtualBox: /media/sf_Lab1/Ejercicio 01# ./piSeriesNaive4 1000000 4 gu
ided 64
Approximation of Pi: 3.141592
Execution Time: 0.001595 seconds
root@brian-VirtualBox: /media/sf_Lab1/Ejercicio 01#
```

Promedio $T(4) = 0.00187$

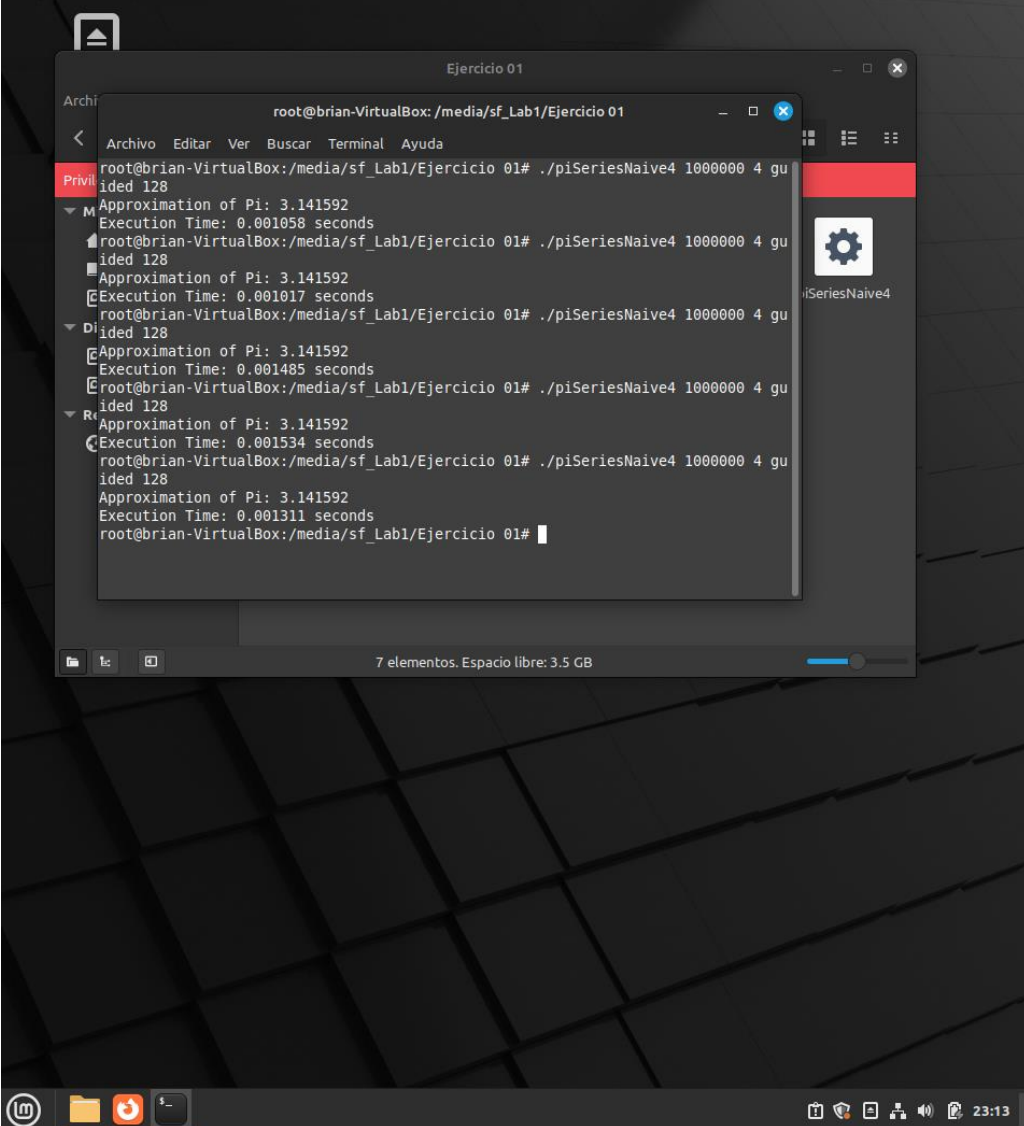
$S(4) = T(1)/T(4) = 1.38$

9. schedule(guided, 128)



```
root@brian-VirtualBox: /media/sf_Lab1/Ejercicio 01
root@brian-VirtualBox:/media/sf_Lab1/Ejercicio 01# ./piSeriesNaive4 1000000 1 guided 128
Approximation of Pi: 3.141592
Execution Time: 0.002798 seconds
root@brian-VirtualBox:/media/sf_Lab1/Ejercicio 01# ./piSeriesNaive4 1000000 1 guided 128
Approximation of Pi: 3.141592
Execution Time: 0.002360 seconds
root@brian-VirtualBox:/media/sf_Lab1/Ejercicio 01# ./piSeriesNaive4 1000000 1 guided 128
Approximation of Pi: 3.141592
Execution Time: 0.002604 seconds
root@brian-VirtualBox:/media/sf_Lab1/Ejercicio 01# ./piSeriesNaive4 1000000 1 guided 128
Approximation of Pi: 3.141592
Execution Time: 0.002710 seconds
root@brian-VirtualBox:/media/sf_Lab1/Ejercicio 01# ./piSeriesNaive4 1000000 1 guided 128
Approximation of Pi: 3.141592
Execution Time: 0.001904 seconds
root@brian-VirtualBox:/media/sf_Lab1/Ejercicio 01#
```

Promedio $T(1) = 0.0024752$



```
root@brian-VirtualBox: /media/sf_Lab1/Ejercicio 01
root@brian-VirtualBox: /media/sf_Lab1/Ejercicio 01# ./piSeriesNaive4 1000000 4 gu
ided 128
Approximation of Pi: 3.141592
Execution Time: 0.001058 seconds
root@brian-VirtualBox: /media/sf_Lab1/Ejercicio 01# ./piSeriesNaive4 1000000 4 gu
ided 128
Approximation of Pi: 3.141592
Execution Time: 0.001017 seconds
root@brian-VirtualBox: /media/sf_Lab1/Ejercicio 01# ./piSeriesNaive4 1000000 4 gu
ided 128
Approximation of Pi: 3.141592
Execution Time: 0.001485 seconds
root@brian-VirtualBox: /media/sf_Lab1/Ejercicio 01# ./piSeriesNaive4 1000000 4 gu
ided 128
Approximation of Pi: 3.141592
Execution Time: 0.001534 seconds
root@brian-VirtualBox: /media/sf_Lab1/Ejercicio 01# ./piSeriesNaive4 1000000 4 gu
ided 128
Approximation of Pi: 3.141592
Execution Time: 0.001311 seconds
root@brian-VirtualBox: /media/sf_Lab1/Ejercicio 01#
```

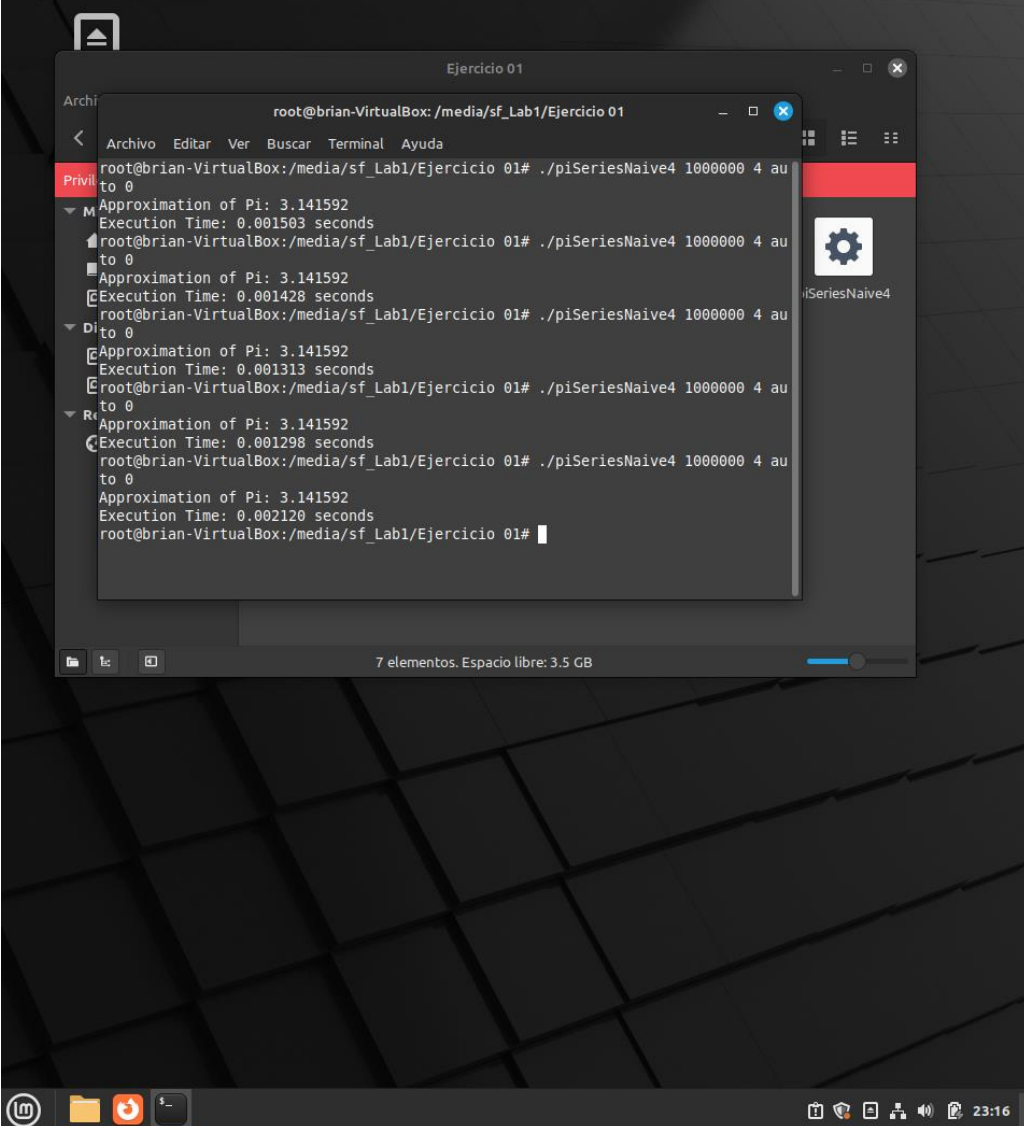
Promedio $T(4) = 0.001281$

$S(4) = T(1)/T(4) = 1.93$

10. `schedule(auto)`

```
root@brian-VirtualBox: /media/sf_Lab1/Ejercicio 01# ./piSeriesNaive4 1000000 1 auto 0
Approximation of Pi: 3.141592
Execution Time: 0.003235 seconds
root@brian-VirtualBox: /media/sf_Lab1/Ejercicio 01# ./piSeriesNaive4 1000000 1 auto 0
Approximation of Pi: 3.141592
Execution Time: 0.001956 seconds
root@brian-VirtualBox: /media/sf_Lab1/Ejercicio 01# ./piSeriesNaive4 1000000 1 auto 0
Approximation of Pi: 3.141592
Execution Time: 0.002903 seconds
root@brian-VirtualBox: /media/sf_Lab1/Ejercicio 01# ./piSeriesNaive4 1000000 1 auto 0
Approximation of Pi: 3.141592
Execution Time: 0.002120 seconds
root@brian-VirtualBox: /media/sf_Lab1/Ejercicio 01# ./piSeriesNaive4 1000000 1 auto 0
Approximation of Pi: 3.141592
Execution Time: 0.002286 seconds
root@brian-VirtualBox: /media/sf_Lab1/Ejercicio 01#
```

Promedio $T(1) = 0.0025$



```
root@brian-VirtualBox: /media/sf_Lab1/Ejercicio 01
root@brian-VirtualBox: /media/sf_Lab1/Ejercicio 01# ./piSeriesNaive4 1000000 4 au
to 0
Approximation of Pi: 3.141592
Execution Time: 0.001503 seconds
root@brian-VirtualBox: /media/sf_Lab1/Ejercicio 01# ./piSeriesNaive4 1000000 4 au
to 0
Approximation of Pi: 3.141592
Execution Time: 0.001428 seconds
root@brian-VirtualBox: /media/sf_Lab1/Ejercicio 01# ./piSeriesNaive4 1000000 4 au
to 0
Approximation of Pi: 3.141592
Execution Time: 0.001313 seconds
root@brian-VirtualBox: /media/sf_Lab1/Ejercicio 01# ./piSeriesNaive4 1000000 4 au
to 0
Approximation of Pi: 3.141592
Execution Time: 0.001298 seconds
root@brian-VirtualBox: /media/sf_Lab1/Ejercicio 01# ./piSeriesNaive4 1000000 4 au
to 0
Approximation of Pi: 3.141592
Execution Time: 0.002120 seconds
root@brian-VirtualBox: /media/sf_Lab1/Ejercicio 01#
```

Promedio $T(4) = 0.0015324$

$S(4) = T(1)/T(4) = 1.63$

Se obtuvieron mejores resultados con la siguiente configuración: `schedule(static, 64)`

Ejercicio 2 (10 puntos)

- a. **(15 pts.)** Implemente el programa descrito por la ecuación anterior (**piSeriesAlt.c**) , compílelo y ejecútelo. Realice al menos 5 mediciones del valor con *threads* ≥ 2 y *n* $\geq 10e6$ o *adecuado* (*registre todos los números resultantes*). Describa lo que sucede con el resultado respecto al valor preciso de PI (3.1415926535 8979323846). Haga una comparación con los mismos parámetros (threads, n) de esta versión y su mejor versión del inciso h.

Código

```
double even_sum = 0.0; // Inicializa la suma para los índices pares en 0.0
```

```
double odd_sum = 0.0; // Inicializa la suma para los índices impares en 0.0
```

```
// Inicia la medición del tiempo
```

```
double start_time = omp_get_wtime();
```

```
// Paraleliza el bucle usando OpenMP, con un número de hilos igual a 'thread_count'
```

```
// La cláusula 'reduction(+:even_sum, odd_sum)' asegura que las sumas parciales calculadas por  
cada hilo para 'even_sum' y 'odd_sum' se acumulen correctamente
```

```
#pragma omp parallel for num_threads(thread_count) reduction(+:even_sum, odd_sum)
```

```
for (int k = 0; k < n; k++) {
```

```
    if (k % 2 == 0) {
```

```
        even_sum += 1.0 / (2 * k + 1); // Calcula la suma para los índices pares
```

```
    } else {
```

```
        odd_sum += 1.0 / (2 * k + 1); // Calcula la suma para los índices impares
```

```
    }
```

```
}
```

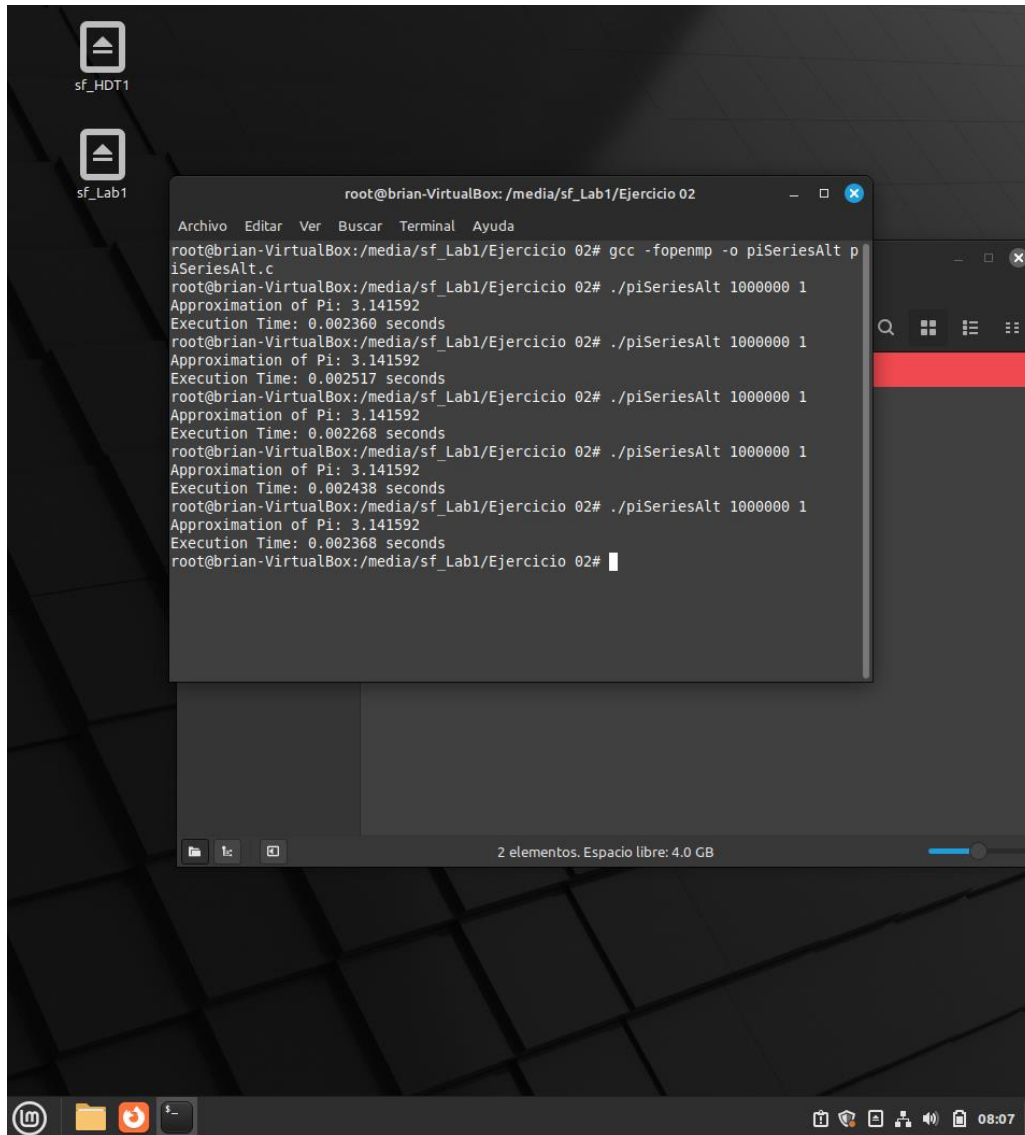
```
// Calcula la aproximación de Pi restando la suma de los índices impares de la suma de los índices  
pares y multiplicando por 4
```

```
double pi_approx = 4.0 * (even_sum - odd_sum);
```

```
// Termina la medición del tiempo
```

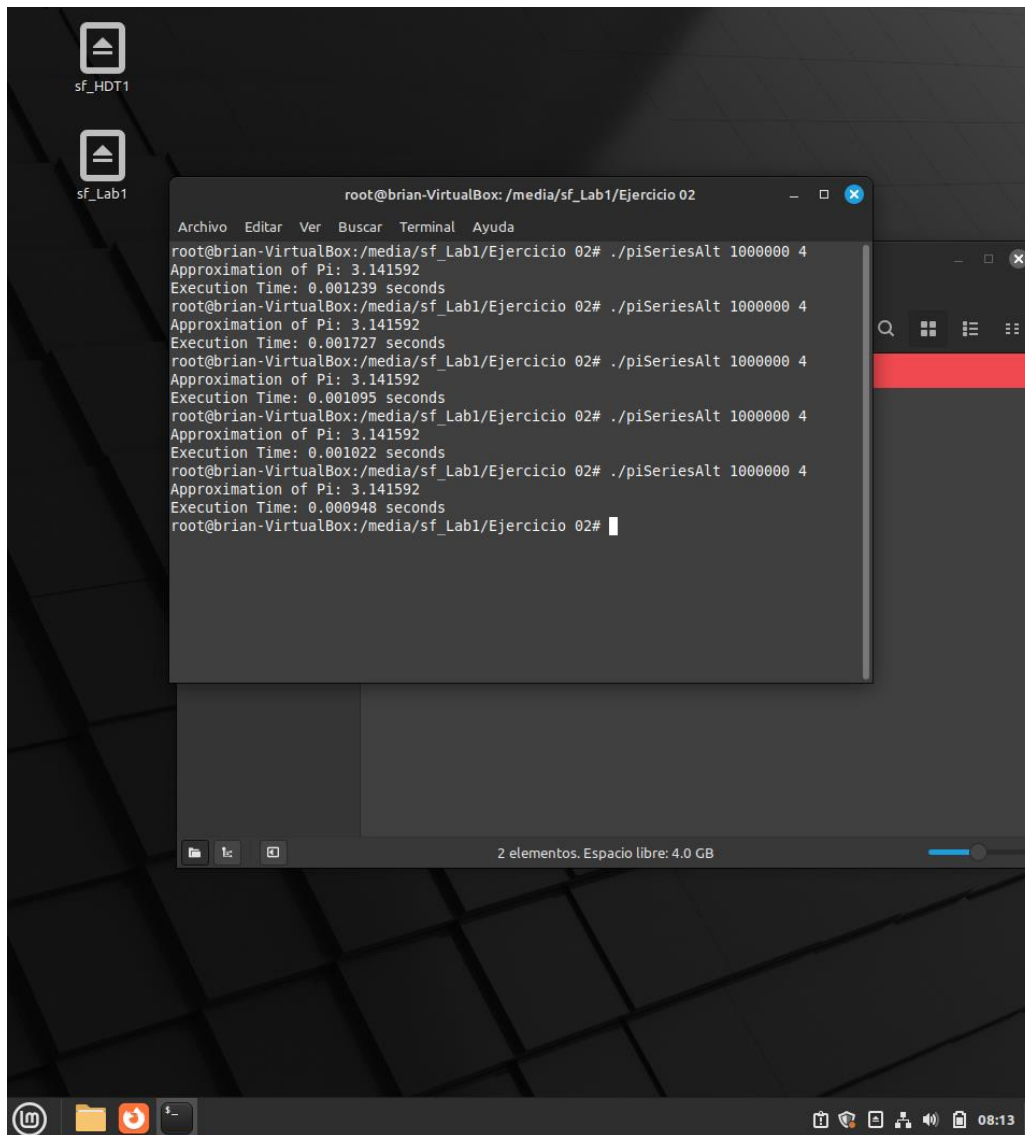
```
double end_time = omp_get_wtime();
```

```
double execution_time = end_time - start_time; // Calcula el tiempo de ejecución
```



```
root@brian-VirtualBox: /media/sf_Lab1/Ejercicio 02
Archivo Editar Ver Buscar Terminal Ayuda
root@brian-VirtualBox:/media/sf_Lab1/Ejercicio 02# gcc -fopenmp -o piSeriesAlt p
iSeriesAlt.c
root@brian-VirtualBox:/media/sf_Lab1/Ejercicio 02# ./piSeriesAlt 1000000 1
Approximation of Pi: 3.141592
Execution Time: 0.002360 seconds
root@brian-VirtualBox:/media/sf_Lab1/Ejercicio 02# ./piSeriesAlt 1000000 1
Approximation of Pi: 3.141592
Execution Time: 0.002517 seconds
root@brian-VirtualBox:/media/sf_Lab1/Ejercicio 02# ./piSeriesAlt 1000000 1
Approximation of Pi: 3.141592
Execution Time: 0.002268 seconds
root@brian-VirtualBox:/media/sf_Lab1/Ejercicio 02# ./piSeriesAlt 1000000 1
Approximation of Pi: 3.141592
Execution Time: 0.002438 seconds
root@brian-VirtualBox:/media/sf_Lab1/Ejercicio 02# ./piSeriesAlt 1000000 1
Approximation of Pi: 3.141592
Execution Time: 0.002368 seconds
root@brian-VirtualBox:/media/sf_Lab1/Ejercicio 02#
```

Promedio $T(1) = 0.0023902$



```
root@brian-VirtualBox: /media/sf_Lab1/Ejercicio 02
Archivo Editar Ver Buscar Terminal Ayuda
root@brian-VirtualBox:/media/sf_Lab1/Ejercicio 02# ./piSeriesAlt 1000000 4
Approximation of Pi: 3.141592
Execution Time: 0.001239 seconds
root@brian-VirtualBox:/media/sf_Lab1/Ejercicio 02# ./piSeriesAlt 1000000 4
Approximation of Pi: 3.141592
Execution Time: 0.001727 seconds
root@brian-VirtualBox:/media/sf_Lab1/Ejercicio 02# ./piSeriesAlt 1000000 4
Approximation of Pi: 3.141592
Execution Time: 0.001095 seconds
root@brian-VirtualBox:/media/sf_Lab1/Ejercicio 02# ./piSeriesAlt 1000000 4
Approximation of Pi: 3.141592
Execution Time: 0.001022 seconds
root@brian-VirtualBox:/media/sf_Lab1/Ejercicio 02# ./piSeriesAlt 1000000 4
Approximation of Pi: 3.141592
Execution Time: 0.000948 seconds
root@brian-VirtualBox:/media/sf_Lab1/Ejercicio 02#
```

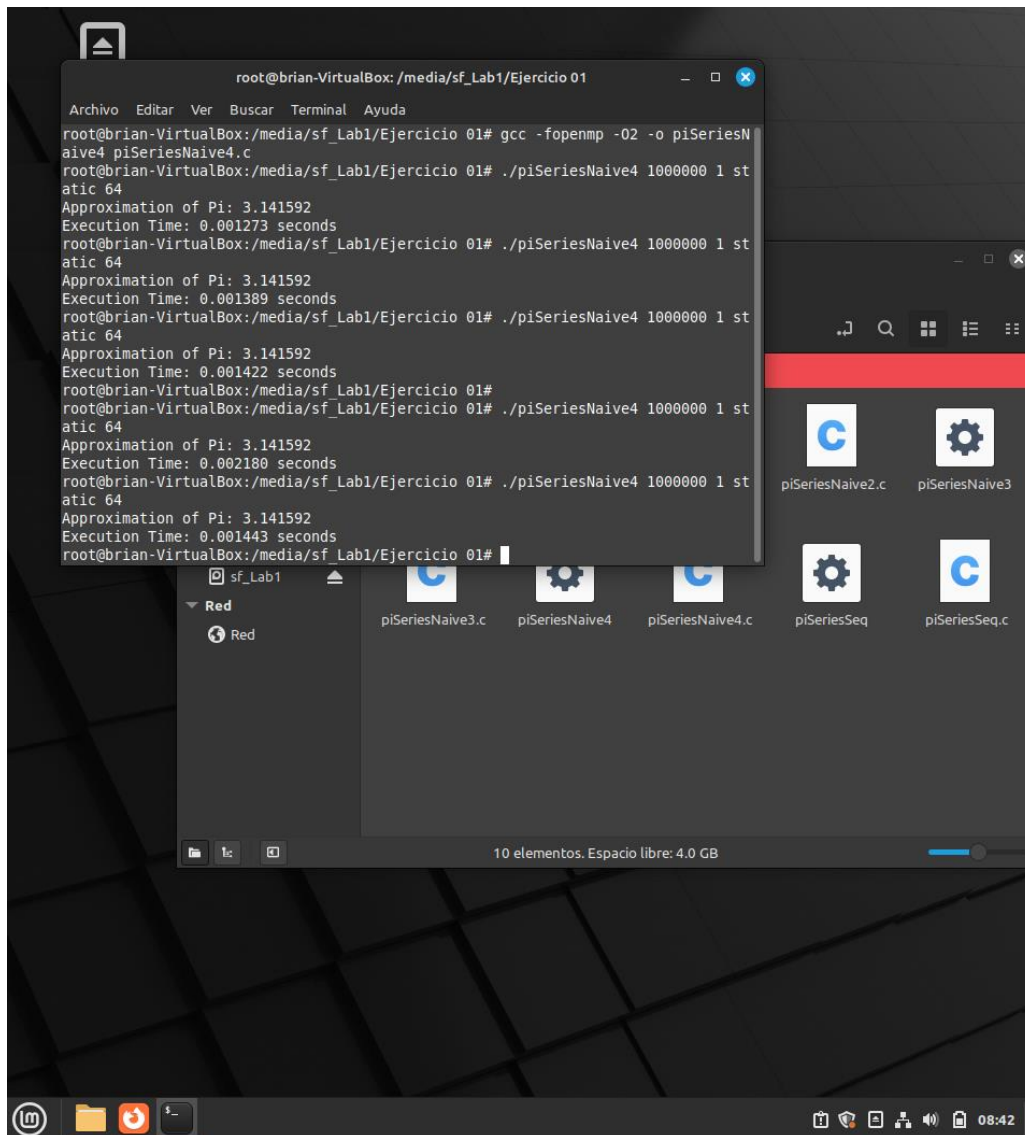
Promedio $T(4) = 0.0012062$

$S(4) = 1.98$

```
root@brian-VirtualBox: /media/sf_Lab1/Ejercicio 02
Archivo  Editar  Ver  Buscar  Terminal  Ayuda
root@brian-VirtualBox:/media/sf_Lab1/Ejercicio 02# ./piSeriesAlt 1000000 4
Approximation of Pi: 3.141592
Execution Time: 0.001927 seconds
root@brian-VirtualBox:/media/sf_Lab1/Ejercicio 02# ./piSeriesAlt 3000000 4
Approximation of Pi: 3.141592
Execution Time: 0.003019 seconds
root@brian-VirtualBox:/media/sf_Lab1/Ejercicio 02# ./piSeriesAlt 6000000 4
Approximation of Pi: 3.141592
Execution Time: 0.007543 seconds
root@brian-VirtualBox:/media/sf_Lab1/Ejercicio 02# ./piSeriesAlt 9000000 4
Approximation of Pi: 3.141593
Execution Time: 0.007934 seconds
root@brian-VirtualBox:/media/sf_Lab1/Ejercicio 02# ./piSeriesAlt 10000000 4
Approximation of Pi: 3.141593
Execution Time: 0.011959 seconds
root@brian-VirtualBox:/media/sf_Lab1/Ejercicio 02#
```

Se observa que, en todas las ejecuciones el valor de PI obtenido es bastante exacto. En comparación con la mejor configuración anterior, `schedule(static, 64)`, el speedup obtenido es menor, pero cercano.

- b. (15 pts.) Como se mencionó en clase, los compiladores (como gcc/g++) tienen muchas opciones de las cuales incluyen optimizaciones de código. En términos de speedup, lo que nos interesa son las opciones que priorizan tiempo de ejecución sobre tamaño del programa/código o facilidad para depugeo (sugerencia de lectura: <https://gcc.gnu.org/onlinedocs/gcc/Optimize-Options.html>). Pruebe compilar su mejor versión al momento pero esta vez agregando la opción de optimización `"-O2"`. Mida varias veces el tiempo de ejecución y compare con la versión sin la bandera de optimización. ¿Qué pudieron observar? Comenten entre el grupo e incluyan un resumen de su discusión.



```
root@brian-VirtualBox: /media/sf_Lab1/Ejercicio 01
Archivo Editar Ver Buscar Terminal Ayuda
root@brian-VirtualBox:/media/sf_Lab1/Ejercicio 01# gcc -fopenmp -O2 -o piSeriesNaive4 piSeriesNaive4.c
root@brian-VirtualBox:/media/sf_Lab1/Ejercicio 01# ./piSeriesNaive4 1000000 1 static 64
Approximation of Pi: 3.141592
Execution Time: 0.001273 seconds
root@brian-VirtualBox:/media/sf_Lab1/Ejercicio 01# ./piSeriesNaive4 1000000 1 static 64
Approximation of Pi: 3.141592
Execution Time: 0.001389 seconds
root@brian-VirtualBox:/media/sf_Lab1/Ejercicio 01# ./piSeriesNaive4 1000000 1 static 64
Approximation of Pi: 3.141592
Execution Time: 0.001422 seconds
root@brian-VirtualBox:/media/sf_Lab1/Ejercicio 01# ./piSeriesNaive4 1000000 1 static 64
Approximation of Pi: 3.141592
Execution Time: 0.002180 seconds
root@brian-VirtualBox:/media/sf_Lab1/Ejercicio 01# ./piSeriesNaive4 1000000 1 static 64
Approximation of Pi: 3.141592
Execution Time: 0.001443 seconds
root@brian-VirtualBox:/media/sf_Lab1/Ejercicio 01#
```

$T(1) = 0.0015414$


```
root@brian-VirtualBox: /media/sf_Lab1/Ejercicio 01
Archivo Editar Ver Buscar Terminal Ayuda
root@brian-VirtualBox:/media/sf_Lab1/Ejercicio 01# ./piSeriesNaive4 1000000 4 static 64
Approximation of Pi: 3.141592
Execution Time: 0.001028 seconds
root@brian-VirtualBox:/media/sf_Lab1/Ejercicio 01# ./piSeriesNaive4 1000000 4 static 64
Approximation of Pi: 3.141592
Execution Time: 0.001110 seconds
root@brian-VirtualBox:/media/sf_Lab1/Ejercicio 01# ./piSeriesNaive4 1000000 4 static 64
Approximation of Pi: 3.141592
Execution Time: 0.001161 seconds
root@brian-VirtualBox:/media/sf_Lab1/Ejercicio 01# ./piSeriesNaive4 1000000 4 static 64
Approximation of Pi: 3.141592
Execution Time: 0.001198 seconds
root@brian-VirtualBox:/media/sf_Lab1/Ejercicio 01# ./piSeriesNaive4 1000000 4 static 64
Approximation of Pi: 3.141592
Execution Time: 0.001092 seconds
root@brian-VirtualBox:/media/sf_Lab1/Ejercicio 01#
```

$T(4) = 0.0011178$

$S(4) = T(1) / T(4) = 1.38$

Se observa que el tiempo de ejecución con un thread fue menor en comparación que el tiempo de ejecución sin bandera. El tiempo de ejecución con cuatro threads se mantuvo similar al valor anterior. Respecto al valor de speedup, este es considerablemente más bajo, lo cual es completamente normal dado que el tiempo de ejecución secuencial es bastante bajo.