

## Practica 4

1. Revisar el código mpi-simple.c. Compile y ejecute el código. Modifíquelo para que los procesos se comuniquen en forma de anillo: el proceso  $i$  debe enviarle un mensaje al proceso  $i+1$ , a excepción del último que debe comunicarse con el 0.

```
agusnfr@agusnfr-VirtualBox:~/Paralelos/Practica 4/Fuentes$ mpirun -np 4 punto1
Mensajes recibido por el proceso 0 (master):
Mensaje recibido: Hola Mundo! Soy el proceso 1!
Mensaje recibido: Hola Mundo! Soy el proceso 2!
Mensaje recibido: Hola Mundo! Soy el proceso 3!

agusnfr@agusnfr-VirtualBox:~/Paralelos/Practica 4/Fuentes$ mpirun -np 4 punto1-ring
Soy el proceso 1. Mensaje recibido: Hola Mundo! Soy el proceso 0!
Soy el proceso 2. Mensaje recibido: Hola Mundo! Soy el proceso 1!
Soy el proceso 3. Mensaje recibido: Hola Mundo! Soy el proceso 2!
Soy el proceso 0. Mensaje recibido: Hola Mundo! Soy el proceso 3!
```

2. Los códigos blocking.c y non-blocking.c siguen el patrón master-worker, donde los procesos worker le envían un mensaje de texto al master empleando operaciones de comunicación bloqueantes y no bloqueantes, respectivamente.
  - Compile y ejecute ambos códigos usando  $P=\{4,8,16\}$  (no importa que el número de núcleos sea menor que la cantidad de procesos). ¿Cuál de los dos retorna antes el control?
  - En el caso de la versión no bloqueante, ¿qué sucede si se elimina la operación `MPI_Wait()` (línea 52)? ¿Se imprimen correctamente los mensajes enviados? ¿Por qué?

```
agusnfr@agusnfr-VirtualBox:~/Paralelos/Practica 4/Fuentes/Punto2$ mpirun -np 4 punto2-blocking
Tiempo transcurrido 0.000000 (s): proceso 0, llamando a MPI_Recv() [bloqueante] (fuente rank 1)
Tiempo transcurrido 2.000616 (s): proceso 0, MPI_Recv() devolvió control con mensaje: Hola Mundo! Soy el proceso 1
Tiempo transcurrido 2.000641 (s): proceso 0, llamando a MPI_Recv() [bloqueante] (fuente rank 2)
Tiempo transcurrido 4.003232 (s): proceso 0, MPI_Recv() devolvió control con mensaje: Hola Mundo! Soy el proceso 2
Tiempo transcurrido 4.003255 (s): proceso 0, llamando a MPI_Recv() [bloqueante] (fuente rank 3)
Tiempo transcurrido 6.000655 (s): proceso 0, MPI_Recv() devolvió control con mensaje: Hola Mundo! Soy el proceso 3
Tiempo total = 6.000690 (s)

agusnfr@agusnfr-VirtualBox:~/Paralelos/Practica 4/Fuentes/Punto2$ mpirun -np 4 punto2-non-blocking
Tiempo transcurrido 0.000000 (s): proceso 0, llamando a MPI_IRecv() [no bloqueante] (fuente rank 1)
Tiempo transcurrido 0.000042 (s): proceso 0, MPI_IRecv() devolvió el control..
..pero el mensaje no fue aun recibido..
Tiempo transcurrido 2.000944 (s): proceso 0, operacion receive completa con mensaje: Hola Mundo! Soy el proceso 1
Tiempo transcurrido 2.000973 (s): proceso 0, llamando a MPI_IRecv() [no bloqueante] (fuente rank 2)
Tiempo transcurrido 2.000979 (s): proceso 0, MPI_IRecv() devolvió el control..
..pero el mensaje no fue aun recibido..
Tiempo transcurrido 4.000422 (s): proceso 0, operacion receive completa con mensaje: Hola Mundo! Soy el proceso 2
Tiempo transcurrido 4.000455 (s): proceso 0, llamando a MPI_IRecv() [no bloqueante] (fuente rank 3)
Tiempo transcurrido 4.000462 (s): proceso 0, MPI_IRecv() devolvió el control..
..pero el mensaje no fue aun recibido..
Tiempo transcurrido 6.000524 (s): proceso 0, operacion receive completa con mensaje: Hola Mundo! Soy el proceso 3
Tiempo total = 6.000560 (s)
```

```

agusnfr@agusnfr-VirtualBox:~/Paralelos/Practica 4/Fuentes/Punto2$ mpirun -np 8 --oversubscribe punto2-blocking
Tiempo transcurrido 0.000000 (s): proceso 0, llamando a MPI_Recv() [bloqueante] (fuente rank 1)
Tiempo transcurrido 2.000328 (s): proceso 0, MPI_Recv() devolvio control con mensaje: Hola Mundo! Soy el proceso 1
Tiempo transcurrido 2.000349 (s): proceso 0, llamando a MPI_Recv() [bloqueante] (fuente rank 2)
Tiempo transcurrido 4.000343 (s): proceso 0, MPI_Recv() devolvio control con mensaje: Hola Mundo! Soy el proceso 2
Tiempo transcurrido 4.000372 (s): proceso 0, llamando a MPI_Recv() [bloqueante] (fuente rank 3)
Tiempo transcurrido 6.000131 (s): proceso 0, MPI_Recv() devolvio control con mensaje: Hola Mundo! Soy el proceso 3
Tiempo transcurrido 6.000154 (s): proceso 0, llamando a MPI_Recv() [bloqueante] (fuente rank 4)
Tiempo transcurrido 7.999837 (s): proceso 0, MPI_Recv() devolvio control con mensaje: Hola Mundo! Soy el proceso 4
Tiempo transcurrido 7.999861 (s): proceso 0, llamando a MPI_Recv() [bloqueante] (fuente rank 5)
Tiempo transcurrido 10.000304 (s): proceso 0, MPI_Recv() devolvio control con mensaje: Hola Mundo! Soy el proceso 5
Tiempo transcurrido 10.000328 (s): proceso 0, llamando a MPI_Recv() [bloqueante] (fuente rank 6)
Tiempo transcurrido 12.000170 (s): proceso 0, MPI_Recv() devolvio control con mensaje: Hola Mundo! Soy el proceso 6
Tiempo transcurrido 12.000195 (s): proceso 0, llamando a MPI_Recv() [bloqueante] (fuente rank 7)
Tiempo transcurrido 14.000303 (s): proceso 0, MPI_Recv() devolvio control con mensaje: Hola Mundo! Soy el proceso 7

Tiempo total = 14.000327 (s)

```

```

agusnfr@agusnfr-VirtualBox:~/Paralelos/Practica 4/Fuentes/Punto2$ mpirun -np 8 --oversubscribe punto2-non-blocking
Tiempo transcurrido 0.000000 (s): proceso 0, llamando a MPI_IRecv() [no bloqueante] (fuente rank 1)
Tiempo transcurrido 0.000041 (s): proceso 0, MPI_IRecv() devolvio el control..
..pero el mensaje no fue aun recibido..
Tiempo transcurrido 2.000153 (s): proceso 0, operacion receive completa con mensaje: Hola Mundo! Soy el proceso 1
Tiempo transcurrido 2.000180 (s): proceso 0, llamando a MPI_IRecv() [no bloqueante] (fuente rank 2)
Tiempo transcurrido 2.000186 (s): proceso 0, MPI_IRecv() devolvio el control..
..pero el mensaje no fue aun recibido..
Tiempo transcurrido 4.005464 (s): proceso 0, operacion receive completa con mensaje: Hola Mundo! Soy el proceso 2
Tiempo transcurrido 4.005487 (s): proceso 0, llamando a MPI_IRecv() [no bloqueante] (fuente rank 3)
Tiempo transcurrido 4.005493 (s): proceso 0, MPI_IRecv() devolvio el control..
..pero el mensaje no fue aun recibido..
Tiempo transcurrido 6.000550 (s): proceso 0, operacion receive completa con mensaje: Hola Mundo! Soy el proceso 3
Tiempo transcurrido 6.000573 (s): proceso 0, llamando a MPI_IRecv() [no bloqueante] (fuente rank 4)
Tiempo transcurrido 6.000578 (s): proceso 0, MPI_IRecv() devolvio el control..
..pero el mensaje no fue aun recibido..
Tiempo transcurrido 8.000696 (s): proceso 0, operacion receive completa con mensaje: Hola Mundo! Soy el proceso 4
Tiempo transcurrido 8.000722 (s): proceso 0, llamando a MPI_IRecv() [no bloqueante] (fuente rank 5)
Tiempo transcurrido 8.000729 (s): proceso 0, MPI_IRecv() devolvio el control..
..pero el mensaje no fue aun recibido..
Tiempo transcurrido 10.000004 (s): proceso 0, operacion receive completa con mensaje: Hola Mundo! Soy el proceso 5
Tiempo transcurrido 10.000030 (s): proceso 0, llamando a MPI_IRecv() [no bloqueante] (fuente rank 6)
Tiempo transcurrido 10.000037 (s): proceso 0, MPI_IRecv() devolvio el control..
..pero el mensaje no fue aun recibido..
Tiempo transcurrido 12.000341 (s): proceso 0, operacion receive completa con mensaje: Hola Mundo! Soy el proceso 6
Tiempo transcurrido 12.000365 (s): proceso 0, llamando a MPI_IRecv() [no bloqueante] (fuente rank 7)
Tiempo transcurrido 12.000371 (s): proceso 0, MPI_IRecv() devolvio el control..
..pero el mensaje no fue aun recibido..
Tiempo transcurrido 14.000232 (s): proceso 0, operacion receive completa con mensaje: Hola Mundo! Soy el proceso 7

Tiempo total = 14.000271 (s)

```

```

agusnfr@agusnfr-VirtualBox:~/Paralelos/Practica 4/Fuentes/Punto2$ mpirun -np 16 --oversubscribe punto2-blocking
Tiempo transcurrido 0.000000 (s): proceso 0, llamando a MPI_Recv() [bloqueante] (fuente rank 1)
Tiempo transcurrido 2.000247 (s): proceso 0, MPI_Recv() devolvio control con mensaje: Hola Mundo! Soy el proceso 1
Tiempo transcurrido 2.000274 (s): proceso 0, llamando a MPI_Recv() [bloqueante] (fuente rank 2)
Tiempo transcurrido 4.000350 (s): proceso 0, MPI_Recv() devolvio control con mensaje: Hola Mundo! Soy el proceso 2
Tiempo transcurrido 4.000373 (s): proceso 0, llamando a MPI_Recv() [bloqueante] (fuente rank 3)
Tiempo transcurrido 6.000162 (s): proceso 0, MPI_Recv() devolvio control con mensaje: Hola Mundo! Soy el proceso 3
Tiempo transcurrido 6.000184 (s): proceso 0, llamando a MPI_Recv() [bloqueante] (fuente rank 4)
Tiempo transcurrido 8.000614 (s): proceso 0, MPI_Recv() devolvio control con mensaje: Hola Mundo! Soy el proceso 4
Tiempo transcurrido 8.000640 (s): proceso 0, llamando a MPI_Recv() [bloqueante] (fuente rank 5)
Tiempo transcurrido 10.000625 (s): proceso 0, MPI_Recv() devolvio control con mensaje: Hola Mundo! Soy el proceso 5
Tiempo transcurrido 10.000659 (s): proceso 0, llamando a MPI_Recv() [bloqueante] (fuente rank 6)
Tiempo transcurrido 12.000152 (s): proceso 0, MPI_Recv() devolvio control con mensaje: Hola Mundo! Soy el proceso 6
Tiempo transcurrido 12.000177 (s): proceso 0, llamando a MPI_Recv() [bloqueante] (fuente rank 7)
Tiempo transcurrido 13.999902 (s): proceso 0, MPI_Recv() devolvio control con mensaje: Hola Mundo! Soy el proceso 7
Tiempo transcurrido 13.999982 (s): proceso 0, llamando a MPI_Recv() [bloqueante] (fuente rank 8)
Tiempo transcurrido 16.000174 (s): proceso 0, MPI_Recv() devolvio control con mensaje: Hola Mundo! Soy el proceso 8
Tiempo transcurrido 16.000197 (s): proceso 0, llamando a MPI_Recv() [bloqueante] (fuente rank 9)
Tiempo transcurrido 18.000114 (s): proceso 0, MPI_Recv() devolvio control con mensaje: Hola Mundo! Soy el proceso 9
Tiempo transcurrido 18.000137 (s): proceso 0, llamando a MPI_Recv() [bloqueante] (fuente rank 10)
Tiempo transcurrido 20.000428 (s): proceso 0, MPI_Recv() devolvio control con mensaje: Hola Mundo! Soy el proceso 10
Tiempo transcurrido 20.000453 (s): proceso 0, llamando a MPI_Recv() [bloqueante] (fuente rank 11)
Tiempo transcurrido 22.000181 (s): proceso 0, MPI_Recv() devolvio control con mensaje: Hola Mundo! Soy el proceso 11
Tiempo transcurrido 22.000205 (s): proceso 0, llamando a MPI_Recv() [bloqueante] (fuente rank 12)
Tiempo transcurrido 24.000557 (s): proceso 0, MPI_Recv() devolvio control con mensaje: Hola Mundo! Soy el proceso 12
Tiempo transcurrido 24.000582 (s): proceso 0, llamando a MPI_Recv() [bloqueante] (fuente rank 13)
Tiempo transcurrido 26.000300 (s): proceso 0, MPI_Recv() devolvio control con mensaje: Hola Mundo! Soy el proceso 13
Tiempo transcurrido 26.000339 (s): proceso 0, llamando a MPI_Recv() [bloqueante] (fuente rank 14)
Tiempo transcurrido 28.000362 (s): proceso 0, MPI_Recv() devolvio control con mensaje: Hola Mundo! Soy el proceso 14
Tiempo transcurrido 28.000385 (s): proceso 0, llamando a MPI_Recv() [bloqueante] (fuente rank 15)
Tiempo transcurrido 30.000632 (s): proceso 0, MPI_Recv() devolvio control con mensaje: Hola Mundo! Soy el proceso 15

Tiempo total = 30.000656 (s)

```

```

agusnfr@agusnfr-VirtualBox:~/Paralelos/Practica 4/Fuentes/Punto2$ mpirun -np 16 --oversubscribe punto2-non-blocking
Tiempo transcurrido 0.000000 (s): proceso 0, llamando a MPI_IRecv() [no bloqueante] (fuente rank 1)
Tiempo transcurrido 0.000048 (s): proceso 0, MPI_IRecv() devolvio el control..
..pero el mensaje no fue aun recibido..
Tiempo transcurrido 2.000268 (s): proceso 0, operacion receive completa con mensaje: Hola Mundo! Soy el proceso 1
Tiempo transcurrido 2.000295 (s): proceso 0, llamando a MPI_IRecv() [no bloqueante] (fuente rank 2)
Tiempo transcurrido 2.000301 (s): proceso 0, MPI_IRecv() devolvio el control..
..pero el mensaje no fue aun recibido..
Tiempo transcurrido 4.000414 (s): proceso 0, operacion receive completa con mensaje: Hola Mundo! Soy el proceso 2
Tiempo transcurrido 4.000455 (s): proceso 0, llamando a MPI_IRecv() [no bloqueante] (fuente rank 3)
Tiempo transcurrido 4.000464 (s): proceso 0, MPI_IRecv() devolvio el control..
..pero el mensaje no fue aun recibido..
Tiempo transcurrido 6.000585 (s): proceso 0, operacion receive completa con mensaje: Hola Mundo! Soy el proceso 3
Tiempo transcurrido 6.000639 (s): proceso 0, llamando a MPI_IRecv() [no bloqueante] (fuente rank 4)
Tiempo transcurrido 6.000653 (s): proceso 0, MPI_IRecv() devolvio el control..
..pero el mensaje no fue aun recibido..
Tiempo transcurrido 7.999985 (s): proceso 0, operacion receive completa con mensaje: Hola Mundo! Soy el proceso 4
Tiempo transcurrido 8.000015 (s): proceso 0, llamando a MPI_IRecv() [no bloqueante] (fuente rank 5)
Tiempo transcurrido 8.000022 (s): proceso 0, MPI_IRecv() devolvio el control..
..pero el mensaje no fue aun recibido..
Tiempo transcurrido 10.000075 (s): proceso 0, operacion receive completa con mensaje: Hola Mundo! Soy el proceso 5
Tiempo transcurrido 10.000110 (s): proceso 0, llamando a MPI_IRecv() [no bloqueante] (fuente rank 6)
Tiempo transcurrido 10.000118 (s): proceso 0, MPI_IRecv() devolvio el control..
..pero el mensaje no fue aun recibido..
Tiempo transcurrido 12.000413 (s): proceso 0, operacion receive completa con mensaje: Hola Mundo! Soy el proceso 6
Tiempo transcurrido 12.000438 (s): proceso 0, llamando a MPI_IRecv() [no bloqueante] (fuente rank 7)
Tiempo transcurrido 12.000444 (s): proceso 0, MPI_IRecv() devolvio el control..
..pero el mensaje no fue aun recibido..
Tiempo transcurrido 14.000343 (s): proceso 0, operacion receive completa con mensaje: Hola Mundo! Soy el proceso 7
Tiempo transcurrido 14.000369 (s): proceso 0, llamando a MPI_IRecv() [no bloqueante] (fuente rank 8)
Tiempo transcurrido 14.000375 (s): proceso 0, MPI_IRecv() devolvio el control..
..pero el mensaje no fue aun recibido..
Tiempo transcurrido 16.000643 (s): proceso 0, operacion receive completa con mensaje: Hola Mundo! Soy el proceso 8
Tiempo transcurrido 16.000675 (s): proceso 0, llamando a MPI_IRecv() [no bloqueante] (fuente rank 9)
Tiempo transcurrido 16.000682 (s): proceso 0, MPI_IRecv() devolvio el control..
..pero el mensaje no fue aun recibido..
Tiempo transcurrido 18.000122 (s): proceso 0, operacion receive completa con mensaje: Hola Mundo! Soy el proceso 9
Tiempo transcurrido 18.000147 (s): proceso 0, llamando a MPI_IRecv() [no bloqueante] (fuente rank 10)
Tiempo transcurrido 18.000153 (s): proceso 0, MPI_IRecv() devolvio el control..
..pero el mensaje no fue aun recibido..
Tiempo transcurrido 20.000038 (s): proceso 0, operacion receive completa con mensaje: Hola Mundo! Soy el proceso 10
Tiempo transcurrido 20.000060 (s): proceso 0, llamando a MPI_IRecv() [no bloqueante] (fuente rank 11)
Tiempo transcurrido 20.000066 (s): proceso 0, MPI_IRecv() devolvio el control..
..pero el mensaje no fue aun recibido..
Tiempo transcurrido 22.000627 (s): proceso 0, operacion receive completa con mensaje: Hola Mundo! Soy el proceso 11
Tiempo transcurrido 22.000663 (s): proceso 0, llamando a MPI_IRecv() [no bloqueante] (fuente rank 12)
Tiempo transcurrido 22.000671 (s): proceso 0, MPI_IRecv() devolvio el control..
..pero el mensaje no fue aun recibido..
Tiempo transcurrido 24.000614 (s): proceso 0, operacion receive completa con mensaje: Hola Mundo! Soy el proceso 12
Tiempo transcurrido 24.000718 (s): proceso 0, llamando a MPI_IRecv() [no bloqueante] (fuente rank 13)
Tiempo transcurrido 24.000731 (s): proceso 0, MPI_IRecv() devolvio el control..
..pero el mensaje no fue aun recibido..
Tiempo transcurrido 26.000864 (s): proceso 0, operacion receive completa con mensaje: Hola Mundo! Soy el proceso 13
Tiempo transcurrido 26.000886 (s): proceso 0, llamando a MPI_IRecv() [no bloqueante] (fuente rank 14)
Tiempo transcurrido 26.000892 (s): proceso 0, MPI_IRecv() devolvio el control..
..pero el mensaje no fue aun recibido..
Tiempo transcurrido 28.000745 (s): proceso 0, operacion receive completa con mensaje: Hola Mundo! Soy el proceso 14
Tiempo transcurrido 28.000781 (s): proceso 0, llamando a MPI_IRecv() [no bloqueante] (fuente rank 15)
Tiempo transcurrido 28.000788 (s): proceso 0, MPI_IRecv() devolvio el control..
..pero el mensaje no fue aun recibido..
Tiempo transcurrido 30.000545 (s): proceso 0, operacion receive completa con mensaje: Hola Mundo! Soy el proceso 15
Tiempo total = 30.000599 (s)

```

Siempre retorna antes el control el receive no bloqueante ya que las sentencias no bloqueantes básicamente retornan el control inmediatamente (pero no garantizan que la operación haya finalizado), mientras que las bloqueantes lo retornan una vez que la operación finalizó.

```

agusnfr@agusnfr-VirtualBox:~/Paralelos/Practica 4/Fuentes/Punto2$ mpirun -np 4 punto2-non-blocking-nowait
Tiempo transcurrido 0.000000 (s): proceso 0, llamando a MPI_IRecv() [no bloqueante] (fuente rank 1)
Tiempo transcurrido 0.000036 (s): proceso 0, MPI_IRecv() devolvio el control..
..pero el mensaje no fue aun recibido..
Tiempo transcurrido 0.000041 (s): proceso 0, operacion receive completa con mensaje: No deberia estar leyendo esta frase.
Tiempo transcurrido 0.000044 (s): proceso 0, llamando a MPI_IRecv() [no bloqueante] (fuente rank 2)
Tiempo transcurrido 0.000047 (s): proceso 0, MPI_IRecv() devolvio el control..
..pero el mensaje no fue aun recibido..
Tiempo transcurrido 0.000055 (s): proceso 0, operacion receive completa con mensaje: No deberia estar leyendo esta frase.
Tiempo transcurrido 0.000058 (s): proceso 0, llamando a MPI_IRecv() [no bloqueante] (fuente rank 3)
Tiempo transcurrido 0.000061 (s): proceso 0, MPI_IRecv() devolvio el control..
..pero el mensaje no fue aun recibido..
Tiempo transcurrido 0.000070 (s): proceso 0, operacion receive completa con mensaje: No deberia estar leyendo esta frase.
Tiempo total = 0.000076 (s)

```

Si elimino la operación MPI\_Wait los mensajes no se imprimen correctamente. Esto se debe a que, al utilizar el receive no bloqueante, la función retorna el control de manera inmediata, sin esperar a que la operación de recepción finalice. Sin la función MPI\_Wait, el programa no espera a que se complete la recepción antes de imprimir el mensaje recibido.

3. Los códigos blocking-ring.c y non-blocking-ring.c comunican a los procesos en forma de anillo empleando operaciones bloqueantes y no bloqueantes, respectivamente. Compile y ejecute ambos códigos empleando  $P=\{4,8,16\}$  (no importa que el número de núcleos sea menor que la cantidad de procesos) y  $N=\{10000000, 20000000, 40000000, \dots\}$ . ¿Cuál de los dos algoritmos requiere menos tiempo de comunicación? ¿Por qué?

```
agusnfr@agusnfr-VirtualBox:~/Paralelos/Practica 4/Fuentes/Punto3$ mpirun -np 4 punto3-blocking-ring 10000000

#####

Comunicacion punto-a-punto bloqueante: MPI_Send, MPI_Recv

Dimension del vector: 10000000
Numero de procesos: 4

#####

--> ANTES DE LA COMUNICACION <--

Proceso 0 : Suma del vector enviado a 1 = 4.999937e+06
Proceso 1 : Suma del vector enviado a 2 = 5.000408e+06
Proceso 2 : Suma del vector enviado a 3 = 4.999907e+06
Proceso 3 : Suma del vector enviado a 0 = 5.000442e+06

#####

--> DESPUES DE LA COMUNICACION <--

Proceso 0 : Suma del vector recibido = 5.000442e+06 : Tiempo=0.044226 segundos
Proceso 1 : Suma del vector recibido = 4.999937e+06 : Tiempo=0.131096 segundos
Proceso 2 : Suma del vector recibido = 5.000408e+06 : Tiempo=0.219276 segundos
Proceso 3 : Suma del vector recibido = 4.999907e+06 : Tiempo=0.347960 segundos

#####

Tiempo de comunicacion : 0.363944 seconds

#####
```



```
agusnfr@agusnfr-VirtualBox:~/Paralelos/Practica 4/Fuentes/Punto3$ mpirun -np 4 punto3-non-blocking-ring 10000000
```

```
#####
```

Comunicacion punto-a-punto no bloqueante: MPI\_Isend, MPI\_Irecv

Dimension del vector: 10000000

Numero de procesos: 4

```
#####
```

--> ANTES DE LA COMUNICACION <--

Proceso 0 : Suma del vector enviado a 1 = 4.999048e+06

Proceso 1 : Suma del vector enviado a 2 = 5.000735e+06

Proceso 2 : Suma del vector enviado a 3 = 5.000482e+06

Proceso 3 : Suma del vector enviado a 0 = 5.000334e+06

```
#####
```

--> DESPUES DE LA COMUNICACION <--

Proceso 0 : Suma del vector recibido = 5.000334e+06 : Tiempo=0.058832 segundos

Proceso 1 : Suma del vector recibido = 4.999048e+06 : Tiempo=0.000017 segundos

Proceso 2 : Suma del vector recibido = 5.000735e+06 : Tiempo=0.000003 segundos

Proceso 3 : Suma del vector recibido = 5.000482e+06 : Tiempo=0.000011 segundos

```
#####
```

Tiempo de comunicacion : 0.058840 seconds

```
#####
```

```
agusnfr@agusnfr-VirtualBox:~/Paralelos/Practica 4/Fuentes/Punto3$ mpirun -np 4 punto3-blocking-ring 20000000
```

```
#####
```

Comunicacion punto-a-punto bloqueante: MPI\_Send, MPI\_Recv

Dimension del vector: 20000000

Numero de procesos: 4

```
#####
```

--> ANTES DE LA COMUNICACION <--

Proceso 0 : Suma del vector enviado a 1 = 9.998811e+06

Proceso 1 : Suma del vector enviado a 2 = 9.998962e+06

Proceso 2 : Suma del vector enviado a 3 = 9.997875e+06

Proceso 3 : Suma del vector enviado a 0 = 1.000058e+07

```
#####
```

--> DESPUES DE LA COMUNICACION <--

Proceso 0 : Suma del vector recibido = 1.000058e+07 : Tiempo=0.090566 segundos

Proceso 1 : Suma del vector recibido = 9.998811e+06 : Tiempo=0.210680 segundos

Proceso 2 : Suma del vector recibido = 9.998962e+06 : Tiempo=0.307027 segundos

Proceso 3 : Suma del vector recibido = 9.997875e+06 : Tiempo=0.396144 segundos

```
#####
```

Tiempo de comunicacion : 0.344649 seconds

```
#####
```

```

agusnfr@agusnfr-VirtualBox:~/Paralelos/Practica 4/Fuentes/Punto3$ mpirun -np 4 punto3-non-blocking-ring 20000000

#####

Comunicacion punto-a-punto no bloqueante: MPI_Isend, MPI_Irecv

Dimension del vector: 20000000
Numero de procesos: 4

#####

--> ANTES DE LA COMUNICACION <--

Proceso 0 : Suma del vector enviado a 1 = 1.000281e+07
Proceso 1 : Suma del vector enviado a 2 = 1.000013e+07
Proceso 2 : Suma del vector enviado a 3 = 1.000182e+07
Proceso 3 : Suma del vector enviado a 0 = 1.000118e+07
#####

--> DESPUES DE LA COMUNICACION <--

Proceso 0 : Suma del vector recibido = 1.000118e+07 : Tiempo=0.122109 segundos
Proceso 1 : Suma del vector recibido = 1.000281e+07 : Tiempo=0.000007 segundos
Proceso 2 : Suma del vector recibido = 1.000013e+07 : Tiempo=0.000005 segundos
Proceso 3 : Suma del vector recibido = 1.000182e+07 : Tiempo=0.000012 segundos

#####

Tiempo de comunicacion : 0.122133 seconds

#####

```

```

agusnfr@agusnfr-VirtualBox:~/Paralelos/Practica 4/Fuentes/Punto3$ mpirun -np 4 punto3-blocking-ring 40000000

#####

Comunicacion punto-a-punto bloqueante: MPI_Send, MPI_Recv

Dimension del vector: 40000000
Numero de procesos: 4

#####

--> ANTES DE LA COMUNICACION <--

Proceso 0 : Suma del vector enviado a 1 = 2.000187e+07
Proceso 1 : Suma del vector enviado a 2 = 2.000233e+07
Proceso 2 : Suma del vector enviado a 3 = 1.999823e+07
Proceso 3 : Suma del vector enviado a 0 = 1.999571e+07
#####

--> DESPUES DE LA COMUNICACION <--

Proceso 0 : Suma del vector recibido = 1.999571e+07 : Tiempo=0.190761 segundos
Proceso 1 : Suma del vector recibido = 2.000187e+07 : Tiempo=0.430618 segundos
Proceso 2 : Suma del vector recibido = 2.000233e+07 : Tiempo=0.584498 segundos
Proceso 3 : Suma del vector recibido = 1.999823e+07 : Tiempo=0.780978 segundos

#####

Tiempo de comunicacion : 0.700288 seconds

#####

```

```

agusnfr@agusnfr-VirtualBox:~/Paralelos/Practica 4/Fuentes/Punto3$ mpirun -np 4 punto3-non-blocking-ring 4000000

#####

Comunicacion punto-a-punto no bloqueante: MPI_Isend, MPI_Irecv

Dimension del vector: 4000000
Numero de procesos: 4

#####

--> ANTES DE LA COMUNICACION <--

Proceso 0 : Suma del vector enviado a 1 = 1.999723e+07
Proceso 1 : Suma del vector enviado a 2 = 2.000459e+07
Proceso 2 : Suma del vector enviado a 3 = 1.999888e+07
Proceso 3 : Suma del vector enviado a 0 = 2.000284e+07
#####

--> DESPUES DE LA COMUNICACION <--

Proceso 0 : Suma del vector recibido = 2.000284e+07 : Tiempo=0.241212 segundos
Proceso 1 : Suma del vector recibido = 1.999723e+07 : Tiempo=0.000008 segundos
Proceso 2 : Suma del vector recibido = 2.000459e+07 : Tiempo=0.231652 segundos
Proceso 3 : Suma del vector recibido = 1.999888e+07 : Tiempo=0.000012 segundos

#####

Tiempo de comunicacion : 0.241397 seconds

#####

```

```

agusnfr@agusnfr-VirtualBox:~/Paralelos/Practica 4/Fuentes/Punto3$ mpirun -np 8 --oversubscribe punto3-blocking-ring 1000000

#####

Comunicacion punto-a-punto bloqueante: MPI_Send, MPI_Recv

Dimension del vector: 1000000
Numero de procesos: 8

#####

--> ANTES DE LA COMUNICACION <--

Proceso 0 : Suma del vector enviado a 1 = 4.998572e+06
Proceso 1 : Suma del vector enviado a 2 = 5.001034e+06
Proceso 2 : Suma del vector enviado a 3 = 4.998993e+06
Proceso 3 : Suma del vector enviado a 4 = 5.001043e+06
Proceso 4 : Suma del vector enviado a 5 = 5.000972e+06
Proceso 5 : Suma del vector enviado a 6 = 4.999839e+06
Proceso 6 : Suma del vector enviado a 7 = 5.000290e+06
Proceso 7 : Suma del vector enviado a 0 = 4.999174e+06
#####

--> DESPUES DE LA COMUNICACION <--

Proceso 0 : Suma del vector recibido = 4.999174e+06 : Tiempo=0.095449 segundos
Proceso 1 : Suma del vector recibido = 4.998572e+06 : Tiempo=0.196321 segundos
Proceso 2 : Suma del vector recibido = 5.001034e+06 : Tiempo=0.260459 segundos
Proceso 3 : Suma del vector recibido = 4.998993e+06 : Tiempo=0.350967 segundos
Proceso 4 : Suma del vector recibido = 5.001043e+06 : Tiempo=0.408992 segundos
Proceso 5 : Suma del vector recibido = 5.000972e+06 : Tiempo=0.514988 segundos
Proceso 6 : Suma del vector recibido = 4.999839e+06 : Tiempo=0.548563 segundos
Proceso 7 : Suma del vector recibido = 5.000290e+06 : Tiempo=0.735134 segundos

#####

Tiempo de comunicacion : 0.614214 seconds

#####

```

```

agusnfr@agusnfr-VirtualBox:~/Paralelos/Practica 4/Fuentes/Punto3$ mpirun -np 8 --oversubscribe punto3-non-blocking-ring 10000000

#####

Comunicacion punto-a-punto no bloqueante: MPI_Isend, MPI_Irecv

Dimension del vector: 10000000
Numero de procesos: 8

#####

--> ANTES DE LA COMUNICACION <--

Proceso 0 : Suma del vector enviado a 1 = 5.001763e+06
Proceso 1 : Suma del vector enviado a 2 = 5.001872e+06
Proceso 2 : Suma del vector enviado a 3 = 5.000625e+06
Proceso 3 : Suma del vector enviado a 4 = 5.001663e+06
Proceso 4 : Suma del vector enviado a 5 = 5.001241e+06
Proceso 5 : Suma del vector enviado a 6 = 5.000745e+06
Proceso 6 : Suma del vector enviado a 7 = 4.999993e+06
Proceso 7 : Suma del vector enviado a 0 = 4.999232e+06
#####

--> DESPUES DE LA COMUNICACION <--

Proceso 0 : Suma del vector recibido = 4.999232e+06 : Tiempo=0.094113 segundos
Proceso 1 : Suma del vector recibido = 5.001763e+06 : Tiempo=0.000011 segundos
Proceso 2 : Suma del vector recibido = 5.001872e+06 : Tiempo=0.109081 segundos
Proceso 3 : Suma del vector recibido = 5.000625e+06 : Tiempo=0.000012 segundos
Proceso 4 : Suma del vector recibido = 5.001663e+06 : Tiempo=0.115414 segundos
Proceso 5 : Suma del vector recibido = 5.001241e+06 : Tiempo=0.000010 segundos
Proceso 6 : Suma del vector recibido = 5.000745e+06 : Tiempo=0.143362 segundos
Proceso 7 : Suma del vector recibido = 4.999993e+06 : Tiempo=0.000023 segundos
#####

Tiempo de comunicacion : 0.094140 seconds

#####

```

```

agusnfr@agusnfr-VirtualBox:~/Paralelos/Practica 4/Fuentes/Punto3$ mpirun -np 8 --oversubscribe punto3-blocking-ring 20000000

#####

Comunicacion punto-a-punto bloqueante: MPI_Send, MPI_Recv

Dimension del vector: 20000000
Numero de procesos: 8

#####

--> ANTES DE LA COMUNICACION <--

Proceso 0 : Suma del vector enviado a 1 = 9.998621e+06
Proceso 1 : Suma del vector enviado a 2 = 1.000014e+07
Proceso 2 : Suma del vector enviado a 3 = 1.000048e+07
Proceso 3 : Suma del vector enviado a 4 = 9.998786e+06
Proceso 4 : Suma del vector enviado a 5 = 9.999614e+06
Proceso 5 : Suma del vector enviado a 6 = 9.998606e+06
Proceso 6 : Suma del vector enviado a 7 = 1.000069e+07
Proceso 7 : Suma del vector enviado a 0 = 9.999845e+06
#####

--> DESPUES DE LA COMUNICACION <--

Proceso 0 : Suma del vector recibido = 9.999845e+06 : Tiempo=0.173459 segundos
Proceso 1 : Suma del vector recibido = 9.998621e+06 : Tiempo=0.328301 segundos
Proceso 2 : Suma del vector recibido = 1.000014e+07 : Tiempo=0.678547 segundos
Proceso 3 : Suma del vector recibido = 1.000048e+07 : Tiempo=0.843968 segundos
Proceso 4 : Suma del vector recibido = 9.998786e+06 : Tiempo=0.971364 segundos
Proceso 5 : Suma del vector recibido = 9.999614e+06 : Tiempo=1.132895 segundos
Proceso 6 : Suma del vector recibido = 9.998606e+06 : Tiempo=1.823596 segundos
Proceso 7 : Suma del vector recibido = 1.000069e+07 : Tiempo=2.306545 segundos
#####

Tiempo de comunicacion : 1.947326 seconds

#####

```



```

agusnfr@agusnfr-VirtualBox:~/Paralelos/Practica 4/Fuentes/Punto3$ mpirun -np 8 --oversubscribe punto3-non-blocking-ring 20000000

#####

Comunicacion punto-a-punto no bloqueante: MPI_Isend, MPI_Irecv

Dimension del vector: 20000000
Numero de procesos: 8

#####

--> ANTES DE LA COMUNICACION <--

Proceso 0 : Suma del vector enviado a 1 = 1.000183e+07
Proceso 1 : Suma del vector enviado a 2 = 1.000028e+07
Proceso 2 : Suma del vector enviado a 3 = 9.999421e+06
Proceso 3 : Suma del vector enviado a 4 = 9.997471e+06
Proceso 4 : Suma del vector enviado a 5 = 9.999014e+06
Proceso 5 : Suma del vector enviado a 6 = 9.998930e+06
Proceso 6 : Suma del vector enviado a 7 = 1.000019e+07
Proceso 7 : Suma del vector enviado a 0 = 1.000186e+07
#####

--> DESPUES DE LA COMUNICACION <--

Proceso 0 : Suma del vector recibido = 1.000186e+07 : Tiempo=0.243789 segundos
Proceso 1 : Suma del vector recibido = 1.000183e+07 : Tiempo=0.000017 segundos
Proceso 2 : Suma del vector recibido = 1.000028e+07 : Tiempo=0.212779 segundos
Proceso 3 : Suma del vector recibido = 9.999421e+06 : Tiempo=0.000013 segundos
Proceso 4 : Suma del vector recibido = 9.997471e+06 : Tiempo=0.209577 segundos
Proceso 5 : Suma del vector recibido = 9.999014e+06 : Tiempo=0.000014 segundos
Proceso 6 : Suma del vector recibido = 9.998930e+06 : Tiempo=0.225000 segundos
Proceso 7 : Suma del vector recibido = 1.000019e+07 : Tiempo=0.000016 segundos

#####

Tiempo de comunicacion : 0.243796 seconds

#####

```

Si hago con 40000000 explota

```

agusnfr@agusnfr-VirtualBox:~/Paralelos/Practica 4/Fuentes/Punto3$ mpirun -np 16 --oversubscribe punto3-blocking-ring 10000000

#####

Comunicacion punto-a-punto bloqueante: MPI_Send, MPI_Recv

Dimension del vector: 10000000
Numero de procesos: 16

#####

--> ANTES DE LA COMUNICACION <--

Proceso 0 : Suma del vector enviado a 1 = 5.001951e+06
Proceso 1 : Suma del vector enviado a 2 = 5.001951e+06
Proceso 2 : Suma del vector enviado a 3 = 5.000620e+06
Proceso 3 : Suma del vector enviado a 4 = 4.999855e+06
Proceso 4 : Suma del vector enviado a 5 = 4.999237e+06
Proceso 5 : Suma del vector enviado a 6 = 4.999981e+06
Proceso 6 : Suma del vector enviado a 7 = 5.000687e+06
Proceso 7 : Suma del vector enviado a 8 = 4.999742e+06
Proceso 8 : Suma del vector enviado a 9 = 4.999624e+06
Proceso 9 : Suma del vector enviado a 10 = 4.998719e+06
Proceso 10 : Suma del vector enviado a 11 = 4.999242e+06
Proceso 11 : Suma del vector enviado a 12 = 5.000785e+06
Proceso 12 : Suma del vector enviado a 13 = 5.000319e+06
Proceso 13 : Suma del vector enviado a 14 = 5.000384e+06
Proceso 14 : Suma del vector enviado a 15 = 4.999093e+06
Proceso 15 : Suma del vector enviado a 0 = 4.999627e+06
#####

--> DESPUES DE LA COMUNICACION <--

Proceso 0 : Suma del vector recibido = 4.999627e+06 : Tiempo=0.137576 segundos
Proceso 1 : Suma del vector recibido = 5.001951e+06 : Tiempo=0.361731 segundos
Proceso 2 : Suma del vector recibido = 5.001951e+06 : Tiempo=0.440282 segundos
Proceso 3 : Suma del vector recibido = 5.000620e+06 : Tiempo=0.699897 segundos
Proceso 4 : Suma del vector recibido = 4.999855e+06 : Tiempo=0.689768 segundos
Proceso 5 : Suma del vector recibido = 4.999237e+06 : Tiempo=0.816393 segundos
Proceso 6 : Suma del vector recibido = 4.999981e+06 : Tiempo=1.019288 segundos
Proceso 7 : Suma del vector recibido = 5.000687e+06 : Tiempo=1.180296 segundos
Proceso 8 : Suma del vector recibido = 4.999742e+06 : Tiempo=1.294322 segundos
Proceso 9 : Suma del vector recibido = 4.999624e+06 : Tiempo=1.557151 segundos
Proceso 10 : Suma del vector recibido = 4.998719e+06 : Tiempo=1.576723 segundos

Proceso 11 : Suma del vector recibido = 4.999242e+06 : Tiempo=1.686960 segundos
Proceso 12 : Suma del vector recibido = 5.000785e+06 : Tiempo=1.804928 segundos
Proceso 13 : Suma del vector recibido = 5.000319e+06 : Tiempo=1.987275 segundos
Proceso 14 : Suma del vector recibido = 5.000384e+06 : Tiempo=2.068645 segundos
Proceso 15 : Suma del vector recibido = 4.999093e+06 : Tiempo=2.372295 segundos

#####

Tiempo de comunicacion : 2.286531 seconds

#####

```

```

agusnfr@agusnfr-VirtualBox:~/Paralelos/Practica 4/Fuentes/Punto3$ mpirun -np 16 --oversubscribe punto3-non-blocking-ring 1000000

#####

Comunicacion punto-a-punto no bloqueante: MPI_Isend, MPI_Irecv

Dimension del vector: 10000000
Numero de procesos: 16

#####

--> ANTES DE LA COMUNICACION <--

Proceso 0 : Suma del vector enviado a 1 = 5.000984e+06
Proceso 1 : Suma del vector enviado a 2 = 4.999851e+06
Proceso 2 : Suma del vector enviado a 3 = 4.999881e+06
Proceso 3 : Suma del vector enviado a 4 = 5.001089e+06
Proceso 4 : Suma del vector enviado a 5 = 4.999865e+06
Proceso 5 : Suma del vector enviado a 6 = 4.999017e+06
Proceso 6 : Suma del vector enviado a 7 = 5.000167e+06
Proceso 7 : Suma del vector enviado a 8 = 4.999127e+06
Proceso 8 : Suma del vector enviado a 9 = 4.998678e+06
Proceso 9 : Suma del vector enviado a 10 = 5.000520e+06
Proceso 10 : Suma del vector enviado a 11 = 5.003085e+06
Proceso 11 : Suma del vector enviado a 12 = 4.999981e+06
Proceso 12 : Suma del vector enviado a 13 = 4.999084e+06
Proceso 13 : Suma del vector enviado a 14 = 4.998020e+06
Proceso 14 : Suma del vector enviado a 15 = 5.002456e+06
Proceso 15 : Suma del vector enviado a 0 = 5.000023e+06
#####

--> DESPUES DE LA COMUNICACION <--

Proceso 0 : Suma del vector recibido = 5.000023e+06 : Tiempo=0.224070 segundos
Proceso 1 : Suma del vector recibido = 5.000984e+06 : Tiempo=0.000011 segundos
Proceso 2 : Suma del vector recibido = 4.999851e+06 : Tiempo=0.255536 segundos
Proceso 3 : Suma del vector recibido = 4.999881e+06 : Tiempo=0.000014 segundos
Proceso 4 : Suma del vector recibido = 5.001089e+06 : Tiempo=0.000006 segundos
Proceso 5 : Suma del vector recibido = 4.999865e+06 : Tiempo=0.000005 segundos
Proceso 6 : Suma del vector recibido = 4.999017e+06 : Tiempo=0.000003 segundos
Proceso 7 : Suma del vector recibido = 5.000167e+06 : Tiempo=0.000011 segundos
Proceso 8 : Suma del vector recibido = 4.999127e+06 : Tiempo=0.207036 segundos
Proceso 9 : Suma del vector recibido = 4.998678e+06 : Tiempo=0.000019 segundos
Proceso 10 : Suma del vector recibido = 5.000520e+06 : Tiempo=0.257672 segundos

Proceso 11 : Suma del vector recibido = 5.003085e+06 : Tiempo=0.000012 segundos
Proceso 12 : Suma del vector recibido = 4.999981e+06 : Tiempo=0.224939 segundos
Proceso 13 : Suma del vector recibido = 4.999084e+06 : Tiempo=0.000012 segundos
Proceso 14 : Suma del vector recibido = 4.998020e+06 : Tiempo=0.220513 segundos
Proceso 15 : Suma del vector recibido = 5.002456e+06 : Tiempo=0.000017 segundos

#####

Tiempo de comunicacion : 0.249603 seconds

#####

```

Si hago +20000000 explota

Siempre tiene menos tiempo de comunicación el no bloqueante debido a que comienza la operación de comunicación y devuelve el control inmediatamente, el proceso no se queda esperando a que la comunicación finalice, por lo tanto la misma dura menos tiempo ya que el proceso en vez de quedarse esperando realiza computo. En el caso del código, el proceso comienza un envío e inmediatamente pasa a realizar una recepción sin que el envío se realice completamente. Lo mismo sucede con la recepción, el proceso comienza una recepción e inmediatamente calcula el tiempo de recepción.

4. El algoritmo mpi\_matmul.c computa una multiplicación de matrices cuadradas empleando comunicaciones punto a punto:
  - Compile y ejecute el código empleando  $N=\{512,1024,2048\}$  usando todos los núcleos de 1 y 2 nodos. (como lo estoy haciendo en máquina local voy a usar todos los núcleos de 1 nodo, es decir, 4 procesos.)

- Revise las secciones de código donde se realiza la comunicación de las matrices. Analice el patrón de comunicación y piense si es posible emplear comunicaciones colectivas en lugar de a punto a punto. En ese caso, modifique el código original, compile y ejecute la nueva versión. ¿Se mejora la legibilidad? ¿Se logra mejorar el rendimiento? ¿Por qué?

Ejecución en Máquina Local:

Paralelo sin comunicación colectiva

```
agusnfr@agusnfr-VirtualBox:~/Paralelos/Practica 4/Fuentes/Punto4$ mpicc mpi_matmul.c -o punto4-mpi_matmul
agusnfr@agusnfr-VirtualBox:~/Paralelos/Practica 4/Fuentes/Punto4$ mpirun -np 4 punto4-mpi_matmul 512
Multiplicacion de matrices resultado correcto
Multiplicacion de matrices (N=512)      Tiempo total=0.179627   Tiempo comunicacion=0.013606
agusnfr@agusnfr-VirtualBox:~/Paralelos/Practica 4/Fuentes/Punto4$ mpirun -np 4 punto4-mpi_matmul 1024
Multiplicacion de matrices resultado correcto
Multiplicacion de matrices (N=1024)     Tiempo total=1.281982   Tiempo comunicacion=0.063131
agusnfr@agusnfr-VirtualBox:~/Paralelos/Practica 4/Fuentes/Punto4$ mpirun -np 4 punto4-mpi_matmul 2048
Multiplicacion de matrices resultado correcto
Multiplicacion de matrices (N=2048)     Tiempo total=9.470088   Tiempo comunicacion=0.212964
```

Paralelo con comunicación colectiva

```
agusnfr@agusnfr-VirtualBox:~/Paralelos/Practica 4/Fuentes/Punto4$ mpirun -np 4 punto4-mpi_matmul_global 512
Multiplicacion de matrices resultado correcto
Multiplicacion de matrices (N=512)      Tiempo total=0.173545   Tiempo comunicacion=0.013973
agusnfr@agusnfr-VirtualBox:~/Paralelos/Practica 4/Fuentes/Punto4$ mpirun -np 4 punto4-mpi_matmul_global 1024
Multiplicacion de matrices resultado correcto
Multiplicacion de matrices (N=1024)     Tiempo total=1.160309   Tiempo comunicacion=0.066213
agusnfr@agusnfr-VirtualBox:~/Paralelos/Practica 4/Fuentes/Punto4$ mpirun -np 4 punto4-mpi_matmul_global 2048
Multiplicacion de matrices resultado correcto
Multiplicacion de matrices (N=2048)     Tiempo total=9.852990   Tiempo comunicacion=0.338742
```

Secuencial

```
agusnfr@agusnfr-VirtualBox:~/Paralelos/Practica 4/Fuentes/Punto4$ gcc 0_matmul.c -o matmul
agusnfr@agusnfr-VirtualBox:~/Paralelos/Practica 4/Fuentes/Punto4$ ./matmul 512
Multiplicacion de matrices resultado correcto
Multiplicacion de matrices (N=512)      Tiempo total=0.559729
agusnfr@agusnfr-VirtualBox:~/Paralelos/Practica 4/Fuentes/Punto4$ ./matmul 1024
Multiplicacion de matrices resultado correcto
Multiplicacion de matrices (N=1024)     Tiempo total=4.730343
agusnfr@agusnfr-VirtualBox:~/Paralelos/Practica 4/Fuentes/Punto4$ ./matmul 2048
Multiplicacion de matrices resultado correcto
Multiplicacion de matrices (N=2048)     Tiempo total=36.323462
```

Speedup y Eficiencia:

N = 512

Tiempo en segundos secuencial 0.559729

Tiempo en segundos paralelo 4 0.179627

Tiempo en segundos paralelo 4 c/comunicación 0.173545

Comparación respecto a 4 hilos  $\rightarrow 0.559729 / 0.179627 = 3.116$

Eficiencia  $\rightarrow 3.116 / 4 = 0.779$

Comparación respecto a 4 hilos c/comunicación  $\rightarrow 0.559729 / 0.173545 = 3.225$

Eficiencia  $\rightarrow 3.225 / 4 = 0.806$

N = 1024

Tiempo en segundos secuencial 4.730343

Tiempo en segundos paralelo 4 1.281982

Tiempo en segundos paralelo 4 c/comunicación 1.160309

Comparación respecto a 4 hilos  $\rightarrow 4.730343 / 1.281982 = 3.689$

Eficiencia  $\rightarrow 3.689 / 4 = 0.922$

Comparación respecto a 4 hilos c/comunicación  $\rightarrow 4.730343 / 1.160309 = 4.076$

Eficiencia  $\rightarrow 4.076 / 4 = 1.019$

N = 2048

Tiempo en segundos secuencial 36.323462

Tiempo en segundos paralelo 4 9.470088

Tiempo en segundos paralelo 4 c/comunicación 9.852990

Comparación respecto a 4 hilos  $\rightarrow 36.323462 / 9.470088 = 3.835$

Eficiencia  $\rightarrow 3.835 / 4 = 0.958$

Comparación respecto a 4 hilos c/comunicación  $\rightarrow 36.323462 / 9.852990 =$

Eficiencia  $\rightarrow 3.686 / 4 = 0.921$

Ejecución en Cluster Remoto:

- Secuencial:
  - N = 512
    - Tiempo total=1.602527
  - N = 1024
    - Tiempo total=12.960117
  - N = 2048
    - Tiempo total=103.628931

- Usando 1 único nodo con 1 proceso por núcleo:
  - Sin comunicaciones globales:
    - N = 512
      - Tiempo total=0.219983
      - Tiempo comunicacion=0.034396
    - N = 1024
      - Tiempo total=1.746051
      - Tiempo comunicacion=0.166036
    - N = 2048
      - Tiempo total=13.599080
      - Tiempo comunicacion=0.710712
  - Con comunicaciones globales:
    - N = 512
      - Tiempo total=0.219538
      - Tiempo comunicacion=0.033195
    - N = 1024
      - Tiempo total=1.744703
      - Tiempo comunicacion=0.151525
    - N = 2048
      - Tiempo total=13.607071
      - Tiempo comunicacion=0.751001
- Usando 2 nodos con 1 proceso cada 2 núcleos:
  - Sin comunicaciones globales:
    - N = 512
      - Tiempo total=0.302155
      - Tiempo comunicacion=0.187801
    - N = 1024
      - Tiempo total=3.801359
      - Tiempo comunicacion=2.395171
    - N = 2048
      - Tiempo total=29.390606
      - Tiempo comunicacion=17.313958
  - Con comunicaciones globales:
    - N = 512



- Tiempo total=0.288223
  - Tiempo comunicacion=0.120553
- N = 1024
  - Tiempo total=3.745924
  - Tiempo comunicacion=2.114006
- N = 2048
  - Tiempo total=29.202205
  - Tiempo comunicacion=16.170980
- Usando 2 nodos con 1 proceso por núcleo:
  - Sin comunicaciones globales:
    - N = 512
      - Tiempo total=0.284368
      - Tiempo comunicacion=0.352316
    - N = 1024
      - Tiempo total=1.551741
      - Tiempo comunicacion=1.393873
    - N = 2048
      - Tiempo total=9.447459
      - Tiempo comunicacion=5.492554
  - Con comunicaciones globales:
    - N = 512
      - Tiempo total=0.147571
      - Tiempo comunicacion=0.057271
    - N = 1024
      - Tiempo total=1.004748
      - Tiempo comunicacion=0.191008
    - N = 2048
      - Tiempo total=7.339739
      - Tiempo comunicacion=0.789724

Speedup y Eficiencia:

N = 512

Tiempo en segundos secuencial 1.602527

Tiempo en segundos paralelo 1 solo nodo 0.219983

Tiempo en segundos paralelo 1 solo nodo c/comunicación colectiva 0.219538

Tiempo en segundos paralelo 2 nodos p/c 2 núcleos 0.302155

Tiempo en segundos paralelo 2 nodos p/c 2 núcleos c/comunicación colectiva  
0.288223

Tiempo en segundos paralelo 2 nodos 0.284368

Tiempo en segundos paralelo 2 nodos c/comunicación colectiva 0.147571

Comparación respecto a 1 solo nodo  $\rightarrow 1.602527 / 0.219983 = 7.28477655092$

Eficiencia  $\rightarrow 7.284 / 8 = 0.910$

Comparación respecto a 1 solo nodo c/comunicación colectiva  $\rightarrow 1.602527 /$   
 $0.219538 = 7.299$

Eficiencia  $\rightarrow 7.299 / 8 = 0.912$

Comparación respecto a 2 nodos p/c 2 núcleos  $\rightarrow 1.602527 / 0.302155 = 5.303$

Eficiencia  $\rightarrow 5.303 / 8 = 0.662$

Comparación respecto a 2 nodos p/c 2 núcleos c/comunicación colectiva  $\rightarrow$   
 $1.602527 / 0.288223 =$

Eficiencia  $\rightarrow 5.560 / 8 = 0.695$

Comparación respecto a 2 nodos  $\rightarrow 1.602527 / 0.284368 = 5.635$

Eficiencia  $\rightarrow 5.635 / 16 = 0.352$

Comparación respecto a 2 nodos c/comunicación colectiva  $\rightarrow 1.602527 /$   
 $0.147571 = 10.859$

Eficiencia  $\rightarrow 10.859 / 16 = 0.678$

N = 1024

Tiempo en segundos secuencial 12.960117

Tiempo en segundos paralelo 1 solo nodo 1.746051

Tiempo en segundos paralelo 1 solo nodo c/comunicación colectiva 1.744703

Tiempo en segundos paralelo 2 nodos p/c 2 núcleos 3.801359

Tiempo en segundos paralelo 2 nodos p/c 2 núcleos c/comunicación colectiva  
3.745924

Tiempo en segundos paralelo 2 nodos 1.551741

Tiempo en segundos paralelo 2 nodos c/comunicación colectiva 1.004748

Comparación respecto a 1 solo nodo  $\rightarrow 12.960117 / 1.746051 = 7.422$

Eficiencia  $\rightarrow 7.422 / 8 = 0.927$

Comparación respecto a 1 solo nodo c/comunicación colectiva  $\rightarrow 12.960117 / 1.744703 = 7.428$

Eficiencia  $\rightarrow 7.428 / 8 = 0.928$

Comparación respecto a 2 nodos p/c 2 núcleos  $\rightarrow 12.960117 / 3.801359 = 3.409$

Eficiencia  $\rightarrow 3.409 / 8 = 0.426$

Comparación respecto a 2 nodos p/c 2 núcleos c/comunicación colectiva  $\rightarrow 12.960117 / 3.745924 = 3.459$

Eficiencia  $\rightarrow 3.459 / 8 = 0.432$

Comparación respecto a 2 nodos  $\rightarrow 12.960117 / 1.551741 = 8.351$

Eficiencia  $\rightarrow 8.351 / 16 = 0.521$

Comparación respecto a 2 nodos c/comunicación colectiva  $\rightarrow 12.960117 / 1.004748 = 12.898$

Eficiencia  $\rightarrow 12.898 / 16 = 0.806$

N = 2048

Tiempo en segundos secuencial 103.628931

Tiempo en segundos paralelo 1 solo nodo 13.599080

Tiempo en segundos paralelo 1 solo nodo c/comunicación colectiva 13.607071

Tiempo en segundos paralelo 2 nodos p/c 2 núcleos 29.390606

Tiempo en segundos paralelo 2 nodos p/c 2 núcleos c/comunicación colectiva 29.202205

Tiempo en segundos paralelo 2 nodos 9.447459

Tiempo en segundos paralelo 2 nodos c/comunicación colectiva 7.339739

Comparación respecto a 1 solo nodo  $\rightarrow 103.628931 / 13.599080 = 7.620$

Eficiencia  $\rightarrow 7.620 / 8 = 0.952$

Comparación respecto a 1 solo nodo c/comunicación colectiva  $\rightarrow 103.628931 / 13.607071 = 7.615$

Eficiencia  $\rightarrow 7.615 / 8 = 0.951$

Comparación respecto a 2 nodos p/c 2 núcleos  $\rightarrow 103.628931 / 29.390606 = 3.525$

Eficiencia  $\rightarrow 3.525 / 8 = 0.440$

Comparación respecto a 2 nodos p/c 2 núcleos c/comunicación colectiva →

$$103.628931 / 29.202205 = 3.548$$

$$\text{Eficiencia} \rightarrow 3.548 / 8 = 0.443$$

$$\text{Comparación respecto a 2 nodos} \rightarrow 103.628931 / 9.447459 = 10.968$$

$$\text{Eficiencia} \rightarrow 10.968 / 16 = 0.443$$

$$\text{Comparación respecto a 2 nodos c/comunicación colectiva} \rightarrow 103.628931 / 7.339739 = 14.118$$

$$\text{Eficiencia} \rightarrow 14.118 / 16 = 0.882$$

A pesar de que se tiene la misma cantidad de unidades de procesamiento cuando se tiene un 1 solo nodo y 2 nodos con un proceso cada dos núcleos, es mejor el de 1 solo nodo porque se tiene menos tiempo de comunicación. Esto seguramente se deba a que la red de conexión entre nodos es más lenta que la red de conexión entre los procesos de un mismo nodo.

Si se mejora la legibilidad. El rendimiento mejora en el cluster cuando se está trabajando con dos nodos. Esto se debe a que OpenMPI tiene una optimización respecto a las comunicaciones colectivas. A medida que N es más grande, se mejora más el rendimiento.

Escalabilidad y Overhead comunicaciones:

Cuando se incrementa N incrementa el tiempo de comunicaciones. También se incrementa si se incrementan los nodos, pero a medida que hay más tareas por nodo este tiempo de comunicaciones disminuye.

5. Desarrolle un algoritmo paralelo que resuelva la expresión  $R = AB + CD + EF$ , donde A, B, C, D, E y F son matrices cuadradas de  $N \times N$ . Ejecute para  $N = \{512, 1024, 2048\}$  con  $P = \{2, 4, 8, 16\}$ .

Ejecución en Máquina Local:

Secuencial

```

agusnfr@agusnfr-VirtualBox:~/Paralelos/Practica 4/Fuentes/Punto5$ ./matcal 512 32
Calculo de matrices resultado correcto
Calculo de matrices (N=512)      Tiempo total=1.430695
agusnfr@agusnfr-VirtualBox:~/Paralelos/Practica 4/Fuentes/Punto5$ ./matcal 1024 32
Calculo de matrices resultado correcto
Calculo de matrices (N=1024)     Tiempo total=10.187658
agusnfr@agusnfr-VirtualBox:~/Paralelos/Practica 4/Fuentes/Punto5$ ./matcal 2048 32
Calculo de matrices resultado correcto
Calculo de matrices (N=2048)     Tiempo total=79.286047

```

P = 2

```

agusnfr@agusnfr-VirtualBox:~/Paralelos/Practica 4/Fuentes/Punto5$ mpirun -np 2 punto5-mpi_matcal 512 32
Calculo de matrices resultado correcto
Calculo de matrices (N=512)      Tiempo total=0.724760  Tiempo comunicacion=0.008797
agusnfr@agusnfr-VirtualBox:~/Paralelos/Practica 4/Fuentes/Punto5$ mpirun -np 2 punto5-mpi_matcal 1024 32
Calculo de matrices resultado correcto
Calculo de matrices (N=1024)     Tiempo total=5.204675  Tiempo comunicacion=0.065746
agusnfr@agusnfr-VirtualBox:~/Paralelos/Practica 4/Fuentes/Punto5$ mpirun -np 2 punto5-mpi_matcal 2048 32
Calculo de matrices resultado correcto
Calculo de matrices (N=2048)     Tiempo total=39.774177  Tiempo comunicacion=0.298381

```

P = 4

```

agusnfr@agusnfr-VirtualBox:~/Paralelos/Practica 4/Fuentes/Punto5$ mpirun -np 4 punto5-mpi_matcal 512 32
Calculo de matrices resultado correcto
Calculo de matrices (N=512)      Tiempo total=0.412161  Tiempo comunicacion=0.048231
agusnfr@agusnfr-VirtualBox:~/Paralelos/Practica 4/Fuentes/Punto5$ mpirun -np 4 punto5-mpi_matcal 1024 32
Calculo de matrices resultado correcto
Calculo de matrices (N=1024)     Tiempo total=2.962485  Tiempo comunicacion=0.085578
agusnfr@agusnfr-VirtualBox:~/Paralelos/Practica 4/Fuentes/Punto5$ mpirun -np 4 punto5-mpi_matcal 2048 32
Calculo de matrices resultado correcto
Calculo de matrices (N=2048)     Tiempo total=20.603000  Tiempo comunicacion=0.807188

```

P = 8

```

agusnfr@agusnfr-VirtualBox:~/Paralelos/Practica 4/Fuentes/Punto5$ mpirun -np 8 --oversubscribe punto5-mpi_matcal 512 32
Calculo de matrices resultado correcto
Calculo de matrices (N=512)      Tiempo total=0.375634  Tiempo comunicacion=0.208703
agusnfr@agusnfr-VirtualBox:~/Paralelos/Practica 4/Fuentes/Punto5$ mpirun -np 8 --oversubscribe punto5-mpi_matcal 1024 32
Calculo de matrices resultado correcto
Calculo de matrices (N=1024)     Tiempo total=2.980411  Tiempo comunicacion=0.202308
agusnfr@agusnfr-VirtualBox:~/Paralelos/Practica 4/Fuentes/Punto5$ mpirun -np 8 --oversubscribe punto5-mpi_matcal 2048 32
Calculo de matrices resultado correcto
Calculo de matrices (N=2048)     Tiempo total=21.803864  Tiempo comunicacion=2.431599

```

P = 16

```

agusnfr@agusnfr-VirtualBox:~/Paralelos/Practica 4/Fuentes/Punto5$ mpirun -np 16 --oversubscribe punto5-mpi_matcal 512 32
Calculo de matrices resultado correcto
Calculo de matrices (N=512)      Tiempo total=0.436838  Tiempo comunicacion=0.126920
agusnfr@agusnfr-VirtualBox:~/Paralelos/Practica 4/Fuentes/Punto5$ mpirun -np 16 --oversubscribe punto5-mpi_matcal 1024 32
Calculo de matrices resultado correcto
Calculo de matrices (N=1024)     Tiempo total=3.156073  Tiempo comunicacion=1.190719
agusnfr@agusnfr-VirtualBox:~/Paralelos/Practica 4/Fuentes/Punto5$ mpirun -np 16 --oversubscribe punto5-mpi_matcal 2048 32
Calculo de matrices resultado correcto
Calculo de matrices (N=2048)     Tiempo total=49.034139  Tiempo comunicacion=36.064635

```

Speedup y Eficiencia:

N = 512

Tiempo en segundos secuencial 1.430695

Tiempo en segundos paralelo 2 0.724760



Tiempo en segundos paralelo 4 0.412161  
Tiempo en segundos paralelo 8 0.375634  
Tiempo en segundos paralelo 16 0.436838

Comparación respecto a 2 hilos  $\rightarrow 1.430695 / 0.724760 = 1.974$   
Eficiencia  $\rightarrow 1.974 / 2 = 0.987$   
Comparación respecto a 4 hilos  $\rightarrow 1.430695 / 0.412161 = 3.471$   
Eficiencia  $\rightarrow 3.471 / 4 = 0.867$   
Comparación respecto a 8 hilos  $\rightarrow 1.430695 / 0.375634 = 3.8087$   
Eficiencia  $\rightarrow 3.8087 / 8 = 0.4760$   
Comparación respecto a 16 hilos  $\rightarrow 1.430695 / 0.436838 = 3.275$   
Eficiencia  $\rightarrow 3.275 / 16 = 0.204$

N = 1024

Tiempo en segundos secuencial 10.187658  
Tiempo en segundos paralelo 2 5.204675  
Tiempo en segundos paralelo 4 2.962485  
Tiempo en segundos paralelo 8 2.980411  
Tiempo en segundos paralelo 16 3.156073

Comparación respecto a 2 hilos  $\rightarrow 10.187658 / 5.204675 = 1.957$   
Eficiencia  $\rightarrow 1.957 / 2 = 0.978$   
Comparación respecto a 4 hilos  $\rightarrow 10.187658 / 2.962485 =$   
Eficiencia  $\rightarrow 3.438 / 4 = 0.859$   
Comparación respecto a 8 hilos  $\rightarrow 10.187658 / 2.980411 =$   
Eficiencia  $\rightarrow 3.418 / 8 = 0.427$   
Comparación respecto a 16 hilos  $\rightarrow 10.187658 / 3.156073 =$   
Eficiencia  $\rightarrow 3.227 / 8 = 0.403$

N = 2048

Tiempo en segundos secuencial 78.286047  
Tiempo en segundos paralelo 2 39.774177  
Tiempo en segundos paralelo 4 20.603000

Tiempo en segundos paralelo 8 21.803864

Tiempo en segundos paralelo 16 49.034139

Comparación respecto a 2 hilos  $\rightarrow 78.286047 / 39.774177 = 1.968$

Eficiencia  $\rightarrow 1.968 / 2 = 0.984$

Comparación respecto a 4 hilos  $\rightarrow 78.286047 / 20.603000 = 3.79$

Eficiencia  $\rightarrow 3.79 / 4 = 0.947$

Comparación respecto a 8 hilos  $\rightarrow 78.286047 / 21.803864 = 3.590$

Eficiencia  $\rightarrow 3.590 / 8 = 0.448$

Comparación respecto a 16 hilos  $\rightarrow 78.286047 / 49.034139 = 1.596$

Eficiencia  $\rightarrow 1.596 / 16 = 0.099$

Ejecución en Cluster Remoto:

- Secuencial:
  - N = 512
    - Tiempo total=3.037244
  - N = 1024
    - Tiempo total=24.374532
  - N = 2048
    - Tiempo total=194.134201
- Usando 1 único nodo con 1 proceso por núcleo:
  - N = 512
    - Tiempo total=0.431713
    - Tiempo comunicacion=0.052329
  - N = 1024
    - Tiempo total=3.209979
    - Tiempo comunicacion=0.174776
  - N = 2048
    - Tiempo total=25.058514
    - Tiempo comunicacion=0.773083
- Usando 2 nodos con 1 proceso cada 2 núcleos:
  - N = 512
    - Tiempo total=0.668407
    - Tiempo comunicacion=0.331975

- N = 1024
  - Tiempo total=3.682224
  - Tiempo comunicacion=0.638450
- N = 2048
  - Tiempo total=27.134706
  - Tiempo comunicacion=2.840250
- Usando 2 nodos con 1 proceso por núcleo:
  - N = 512
    - Tiempo total=0.555465
    - Tiempo comunicacion=0.186135
  - N = 1024
    - Tiempo total=2.196267
    - Tiempo comunicacion=0.687806
  - N = 2048
    - Tiempo total=14.718232
    - Tiempo comunicacion=2.595262

Speedup y Eficiencia:

N = 512

Tiempo en segundos secuencial 3.037244

Tiempo en segundos paralelo 1 solo nodo 0.431713

Tiempo en segundos paralelo 2 nodos p/c 2 núcleos 0.668407

Tiempo en segundos paralelo 2 nodos 0.555465

Comparación respecto a 1 solo nodo  $\rightarrow 3.037244 / 0.431713 = 7.035$

Eficiencia  $\rightarrow 7.035 / 8 = 0.879$

Comparación respecto a 2 nodos p/c 2 núcleos  $\rightarrow 3.037244 / 0.668407 = 4.544$

Eficiencia  $\rightarrow 4.544 / 8 = 0.568$

Comparación respecto a 2 nodos  $\rightarrow 3.037244 / 0.555465 = 5.467$

Eficiencia  $\rightarrow 5.467 / 16 = 0.341$

N = 1024

Tiempo en segundos secuencial 24.374532

Tiempo en segundos paralelo 1 solo nodo 3.209979

Tiempo en segundos paralelo 2 nodos p/c 2 núcleos 3.682224

Tiempo en segundos paralelo 2 nodos 2.196267

Comparación respecto a 1 solo nodo  $\rightarrow 24.374532 / 3.209979 = 7.593$

Eficiencia  $\rightarrow 7.593 / 8 =$

Comparación respecto a 2 nodos p/c 2 núcleos  $\rightarrow 24.374532 / 3.682224 = 6.619$

Eficiencia  $\rightarrow 6.619 / 8 = 0.827$

Comparación respecto a 2 nodos  $\rightarrow 24.374532 / 2.196267 = 11.098$

Eficiencia  $\rightarrow 11.098 / 16 = 0.693$

N = 2048

Tiempo en segundos secuencial 194.134201

Tiempo en segundos paralelo 1 solo nodo 25.058514

Tiempo en segundos paralelo 2 nodos p/c 2 núcleos 27.134706

Tiempo en segundos paralelo 2 nodos 14.718232

Comparación respecto a 1 solo nodo  $\rightarrow 194.134201 / 25.058514 = 7.747$

Eficiencia  $\rightarrow 7.747 / 8 = 0.968$

Comparación respecto a 2 nodos p/c 2 núcleos  $\rightarrow 194.134201 / 27.134706 = 7.154$

Eficiencia  $\rightarrow 7.154 / 8 = 0.894$

Comparación respecto a 2 nodos  $\rightarrow 194.134201 / 14.718232 = 13.190$

Eficiencia  $\rightarrow 13.190 / 16 = 0.824$

Cuando se incrementa las unidades de procesamiento baja el rendimiento. Si se tiene la misma cantidad de unidades de procesamiento pero distribuidas es distintos nodos, baja el rendimiento.

Escalabilidad y Overhead comunicaciones:

Nuevamente cuando se incrementa N incrementa el tiempo de comunicaciones.

También se incrementa si se incrementan los nodos, pero a medida que hay más tareas por nodo este tiempo de comunicaciones disminuye.

6. Desarrolle un algoritmo paralelo que dado un vector V de tamaño N obtenga el valor máximo, el valor mínimo y valor promedio de sus elementos. Ejecute para  $P=\{2,4,8,16\}$  variando el valor de N.

Ejecución en Máquina Local:

Secuencial:

```
agusnfr@agusnfr-VirtualBox:~/Paralelos/Practica 4/Fuentes/Punto6$ ./punto6 16384
Tiempo en segundos 0.000130
Minimo: 0
Maximo: 16383
Promedio: 8191.000000
Resultado correcto
agusnfr@agusnfr-VirtualBox:~/Paralelos/Practica 4/Fuentes/Punto6$ ./punto6 32768
Tiempo en segundos 0.000274
Minimo: 0
Maximo: 32767
Promedio: 16383.000000
Resultado correcto
agusnfr@agusnfr-VirtualBox:~/Paralelos/Practica 4/Fuentes/Punto6$ ./punto6 65536
Tiempo en segundos 0.000538
Minimo: 0
Maximo: 65535
Promedio: 32767.000000
Resultado correcto
```

P = 2

```
agusnfr@agusnfr-VirtualBox:~/Paralelos/Practica 4/Fuentes/Punto6$ mpirun -np 2 punto6-mpi_calculos 16384
Resultado correcto
Minimo: 0
Maximo: 16383
Promedio: 8191.000000
Calculo de vector (N=16384)    Tiempo total=0.000138    Tiempo comunicacion=0.000067
agusnfr@agusnfr-VirtualBox:~/Paralelos/Practica 4/Fuentes/Punto6$ mpirun -np 2 punto6-mpi_calculos 32768
Resultado correcto
Minimo: 0
Maximo: 32767
Promedio: 16383.000000
Calculo de vector (N=32768)    Tiempo total=0.000241    Tiempo comunicacion=0.000101
agusnfr@agusnfr-VirtualBox:~/Paralelos/Practica 4/Fuentes/Punto6$ mpirun -np 2 punto6-mpi_calculos 65536
Resultado correcto
Minimo: 0
Maximo: 65535
Promedio: 32767.000000
Calculo de vector (N=65536)    Tiempo total=0.000539    Tiempo comunicacion=0.000255
```

P= 4



```

agusnfr@agusnfr-VirtualBox:~/Paralelos/Practica 4/Fuentes/Punto6$ mpirun -np 4 punto6-mpi_calculos 16384
Resultado correcto
Minimo: 0
Maximo: 16383
Promedio: 8191.000000
Calculo de vector (N=16384)      Tiempo total=0.000111   Tiempo comunicacion=0.000084
agusnfr@agusnfr-VirtualBox:~/Paralelos/Practica 4/Fuentes/Punto6$ mpirun -np 4 punto6-mpi_calculos 32768
Resultado correcto
Minimo: 0
Maximo: 32767
Promedio: 16383.000000
Calculo de vector (N=32768)      Tiempo total=0.000230   Tiempo comunicacion=0.000181
agusnfr@agusnfr-VirtualBox:~/Paralelos/Practica 4/Fuentes/Punto6$ mpirun -np 4 punto6-mpi_calculos 65536
Resultado correcto
Minimo: 0
Maximo: 65535
Promedio: 32767.000000
Calculo de vector (N=65536)      Tiempo total=0.000300   Tiempo comunicacion=0.000180

```

P = 8

```

Calculo de vector (N=16384)      Tiempo total=0.000300   Tiempo comunicacion=0.000180
agusnfr@agusnfr-VirtualBox:~/Paralelos/Practica 4/Fuentes/Punto6$ mpirun -np 8 --oversubscribe punto6-mpi_calculos 16384
Resultado correcto
Minimo: 0
Maximo: 16383
Promedio: 8191.000000
Calculo de vector (N=16384)      Tiempo total=0.000426   Tiempo comunicacion=0.000558
agusnfr@agusnfr-VirtualBox:~/Paralelos/Practica 4/Fuentes/Punto6$ mpirun -np 8 --oversubscribe punto6-mpi_calculos 32768
Resultado correcto
Minimo: 0
Maximo: 32767
Promedio: 16383.000000
Calculo de vector (N=32768)      Tiempo total=0.000728   Tiempo comunicacion=0.001132
agusnfr@agusnfr-VirtualBox:~/Paralelos/Practica 4/Fuentes/Punto6$ mpirun -np 8 --oversubscribe punto6-mpi_calculos 65536
Resultado correcto
Minimo: 0
Maximo: 65535
Promedio: 32767.000000
Calculo de vector (N=65536)      Tiempo total=0.000759   Tiempo comunicacion=0.001249

```

P = 16

```

Calculo de vector (N=16384)      Tiempo total=0.000300   Tiempo comunicacion=0.000180
agusnfr@agusnfr-VirtualBox:~/Paralelos/Practica 4/Fuentes/Punto6$ mpirun -np 16 --oversubscribe punto6-mpi_calculos 16384
^[[AResultado correcto
Minimo: 0
Maximo: 16383
Promedio: 8191.000000
Calculo de vector (N=16384)      Tiempo total=0.001656   Tiempo comunicacion=0.002332
agusnfr@agusnfr-VirtualBox:~/Paralelos/Practica 4/Fuentes/Punto6$ mpirun -np 16 --oversubscribe punto6-mpi_calculos 32768
Resultado correcto
Minimo: 0
Maximo: 32767
Promedio: 16383.000000
Calculo de vector (N=32768)      Tiempo total=0.001720   Tiempo comunicacion=0.002954
agusnfr@agusnfr-VirtualBox:~/Paralelos/Practica 4/Fuentes/Punto6$ mpirun -np 16 --oversubscribe punto6-mpi_calculos 65536
Resultado correcto
Minimo: 0
Maximo: 65535
Promedio: 32767.000000
Calculo de vector (N=65536)      Tiempo total=0.001483   Tiempo comunicacion=0.002488

```

Speedup y Eficiencia:

N = 16384

Tiempo en segundos secuencial 0.000130

Tiempo en segundos paralelo 2 0.000138

Tiempo en segundos paralelo 4 0.000111

Tiempo en segundos paralelo 8 0.000426

Tiempo en segundos paralelo 16 0.001656

Comparación respecto a 2 hilos  $\rightarrow 0.000130 / 0.000138 = 0.9420$

Eficiencia  $\rightarrow 0.9420 / 2 = 0.471$

Comparación respecto a 4 hilos  $\rightarrow 0.000130 / 0.000111 = 1.171$

Eficiencia  $\rightarrow 1.171 / 4 = 0.292$

Comparación respecto a 8 hilos  $\rightarrow 0.000130 / 0.000426 = 0.305$

Eficiencia  $\rightarrow 0.305 / 8 = 0.0381$

Comparación respecto a 16 hilos  $\rightarrow 0.000130 / 0.001656 = 0.0785$

Eficiencia  $\rightarrow 0.0785 / 16 = 0.0049$

N = 32768

Tiempo en segundos secuencial 0.000274

Tiempo en segundos paralelo 2 0.000241

Tiempo en segundos paralelo 4 0.000230

Tiempo en segundos paralelo 8 0.000728

Tiempo en segundos paralelo 16 0.001720

Comparación respecto a 2 hilos  $\rightarrow 0.000274 / 0.000241 = 1.136$

Eficiencia  $\rightarrow 1.136 / 2 = 0.568$

Comparación respecto a 4 hilos  $\rightarrow 0.000274 / 0.000230 = 1.1913$

Eficiencia  $\rightarrow 1.1913 / 4 = 0.297$

Comparación respecto a 8 hilos  $\rightarrow 0.000274 / 0.000728 = 0.376$

Eficiencia  $\rightarrow 0.376 / 8 = 0.047$

Comparación respecto a 16 hilos  $\rightarrow 0.000274 / 0.001720 = 0.159$

Eficiencia  $\rightarrow 0.159 / 16 = 0.0099$

N = 65536

Tiempo en segundos secuencial 0.000538

Tiempo en segundos paralelo 2 0.000539

Tiempo en segundos paralelo 4 0.000300

Tiempo en segundos paralelo 8 0.000759

Tiempo en segundos paralelo 16 0.001483

Comparación respecto a 2 hilos  $\rightarrow 0.000538 / 0.000539 = 0.998$

Eficiencia  $\rightarrow 0.998 / 2 = 0.499$

Comparación respecto a 4 hilos  $\rightarrow 0.000538 / 0.000300 = 1.793$

Eficiencia  $\rightarrow 1.793 / 4 = 0.448$

Comparación respecto a 8 hilos  $\rightarrow 0.000538 / 0.000759 = 0.708$

Eficiencia  $\rightarrow 0.708 / 8 = 0.088$

Comparación respecto a 16 hilos  $\rightarrow 0.000538 / 0.001483 = 0.362$

Eficiencia  $\rightarrow 0.362 / 16 = 0.0226$

#### Ejecución en Cluster Remoto:

- Secuencial:
  - N = 16384
    - Tiempo total=0.000173
  - N = 32768
    - Tiempo total=0.000331
  - N = 65536
    - Tiempo total=0.000658
- Usando 1 único nodo con 1 proceso por núcleo:
  - N = 16384
    - Tiempo total=0.000468
    - Tiempo comunicacion=0.000800
  - N = 32768
    - Tiempo total=0.000629
    - Tiempo comunicacion=0.001061
  - N = 65536
    - Tiempo total=0.000883
    - Tiempo comunicacion=0.001444
- Usando 2 nodos con 1 proceso cada 2 núcleos:
  - N = 16384
    - Tiempo total=0.002399
    - Tiempo comunicacion=0.004504
  - N = 32768
    - Tiempo total=0.002821
    - Tiempo comunicacion=0.005263

- N = 65536
  - Tiempo total=0.004425
  - Tiempo comunicacion=0.007952
- Usando 2 nodos con 1 proceso por núcleo:
  - N = 16384
    - Tiempo total=0.010227
    - Tiempo comunicacion=0.020004
  - N = 32768
    - Tiempo total=0.004711
    - Tiempo comunicacion=0.008877
  - N = 65536
    - Tiempo total=0.006350
    - Tiempo comunicacion=0.011704

Speedup y Eficiencia:

N = 16384

Tiempo en segundos secuencial 0.000173

Tiempo en segundos paralelo 1 solo nodo 0.000468

Tiempo en segundos paralelo 2 nodos p/c 2 núcleos 0.002399

Tiempo en segundos paralelo 2 nodos 0.010227

Comparación respecto a 1 solo nodo  $\rightarrow 0.000173 / 0.000468 = 0.369$

Eficiencia  $\rightarrow 0.369 / 8 = 0.046$

Comparación respecto a 2 nodos p/c 2 núcleos  $\rightarrow 0.000173 / 0.002399 = 0.0721$

Eficiencia  $\rightarrow 0.0721 / 8 = 0.0090$

Comparación respecto a 2 nodos  $\rightarrow 0.000173 / 0.010227 = 0.0169$

Eficiencia  $\rightarrow 0.0169 / 16 = 0.0010$

N = 32768

Tiempo en segundos secuencial 0.000331

Tiempo en segundos paralelo 1 solo nodo 0.000629

Tiempo en segundos paralelo 2 nodos p/c 2 núcleos 0.002821

Tiempo en segundos paralelo 2 nodos 0.004711

Comparación respecto a 1 solo nodo  $\rightarrow 0.000331 / 0.000629 = 0.526$

Eficiencia  $\rightarrow 0.526 / 8 = 0.065$

Comparación respecto a 2 nodos p/c 2 núcleos  $\rightarrow 0.000331 / 0.002821 = 0.1173$

Eficiencia  $\rightarrow 0.1173 / 8 = 0.014$

Comparación respecto a 2 nodos  $\rightarrow 0.000331 / 0.004711 = 0.0702$

Eficiencia  $\rightarrow 0.0702 / 16 = 0.014$

N = 65536

Tiempo en segundos secuencial 0.000658

Tiempo en segundos paralelo 1 solo nodo 0.000883

Tiempo en segundos paralelo 2 nodos p/c 2 núcleos 0.004425

Tiempo en segundos paralelo 2 nodos 0.006350

Comparación respecto a 1 solo nodo  $\rightarrow 0.000658 / 0.000883 = 0.7451$

Eficiencia  $\rightarrow 0.7451 / 8 = 0.093$

Comparación respecto a 2 nodos p/c 2 núcleos  $\rightarrow 0.000658 / 0.004425 = 0.1487$

Eficiencia  $\rightarrow 0.1487 / 8 = 0.0185$

Comparación respecto a 2 nodos  $\rightarrow 0.000658 / 0.006350 = 0.103$

Eficiencia  $\rightarrow 0.103 / 16 = 0.0064$

7. Desarrolle una versión híbrida (MPI+OpenMP) de la multiplicación de matrices. Replique el análisis realizado para el algoritmo puro MPI (ejercicio 5) y compare sus rendimientos. ¿Cuál es mejor? ¿Por qué?

Ejecución en Máquina Local:

P = 1 con 4 hilos

```
agusnfr@agusnfr-VirtualBox:~/Paralelos/Practica 4/Fuentes/Punto7$ mpirun --bind-to none -np 1 punto7-mpio_matcal.c 512 32 4
Calculo de matrices resultado correcto
Calculo de matrices (N=512)    Tiempo total=0.378723    Tiempo comunicacion=0.000030
agusnfr@agusnfr-VirtualBox:~/Paralelos/Practica 4/Fuentes/Punto7$ mpirun --bind-to none -np 1 punto7-mpio_matcal.c 1024 32 4
Calculo de matrices resultado correcto
Calculo de matrices (N=1024)  Tiempo total=2.758799    Tiempo comunicacion=0.000070
agusnfr@agusnfr-VirtualBox:~/Paralelos/Practica 4/Fuentes/Punto7$ mpirun --bind-to none -np 1 punto7-mpio_matcal.c 2048 32 4
Calculo de matrices resultado correcto
Calculo de matrices (N=2048)  Tiempo total=20.543208    Tiempo comunicacion=0.000315
```

P = 2 con 2 hilos



```

agusnfr@agusnfr-VirtualBox:~/Paralelos/Practica 4/Fuentes/Punto7$ mpirun --bind-to none -np 2 punto7-mpio_matcal.c 512 32 2
Calculo de matrices resultado correcto
Calculo de matrices (N=512)    Tiempo total=0.345876    Tiempo comunicacion=0.009186
agusnfr@agusnfr-VirtualBox:~/Paralelos/Practica 4/Fuentes/Punto7$ mpirun --bind-to none -np 2 punto7-mpio_matcal.c 1024 32 2
Calculo de matrices resultado correcto
Calculo de matrices (N=1024)  Tiempo total=2.519340    Tiempo comunicacion=0.038786
agusnfr@agusnfr-VirtualBox:~/Paralelos/Practica 4/Fuentes/Punto7$ mpirun --bind-to none -np 2 punto7-mpio_matcal.c 2048 32 2
Calculo de matrices resultado correcto
Calculo de matrices (N=2048)  Tiempo total=19.901500    Tiempo comunicacion=0.185965

```

### Ejecución en Cluster Remoto:

- Usando 1 único nodo con 1 proceso por núcleo:
  - N = 512
    - Tiempo total=0.394613
    - Tiempo comunicacion=0.010979
  - N = 1024
    - Tiempo total=3.092432
    - Tiempo comunicacion=0.037811
  - N = 2048
    - Tiempo total=24.447643
    - Tiempo comunicacion=0.126935
- Usando 2 nodos con 1 proceso cada 2 núcleos:
  - N = 512
    - Tiempo total=0.542958
    - Tiempo comunicacion=0.168871
  - N = 1024
    - Tiempo total=2.152613
    - Tiempo comunicacion=0.640232
  - N = 2048
    - Tiempo total=14.649562
    - Tiempo comunicacion=2.511322
- Usando 2 nodos con 1 proceso por núcleo:
  - N = 512
    - Tiempo total=0.547557
    - Tiempo comunicacion=0.173588
  - N = 1024
    - Tiempo total=2.161357
    - Tiempo comunicacion=0.656019
  - N = 2048
    - Tiempo total=14.777872

- Tiempo comunicacion=2.636383

Speedup y Eficiencia:

N = 512

Tiempo en segundos secuencial 3.037244

Tiempo en segundos paralelo 1 solo nodo 0.394613

Tiempo en segundos paralelo 2 nodos p/c 2 núcleos 0.542958

Tiempo en segundos paralelo 2 nodos 0.547557

Comparación respecto a 1 solo nodo  $\rightarrow 3.037244 / 0.394613 = 7.696$

Eficiencia  $\rightarrow 7.696 / 8 = 0.962$

Comparación respecto a 2 nodos p/c 2 núcleos  $\rightarrow 3.037244 / 0.542958 = 5.593$

Eficiencia  $\rightarrow 5.593 / 8 = 0.699$

Comparación respecto a 2 nodos  $\rightarrow 3.037244 / 0.547557 = 5.546$

Eficiencia  $\rightarrow 5.546 / 16 = 0.346$

N = 1024

Tiempo en segundos secuencial 24.374532

Tiempo en segundos paralelo 1 solo nodo 3.092432

Tiempo en segundos paralelo 2 nodos p/c 2 núcleos 2.152613

Tiempo en segundos paralelo 2 nodos 2.161357

Comparación respecto a 1 solo nodo  $\rightarrow 24.374532 / 3.092432 = 7.881$

Eficiencia  $\rightarrow 7.881 / 8 = 0.985$

Comparación respecto a 2 nodos p/c 2 núcleos  $\rightarrow 24.374532 / 2.152613 = 11.323$

Eficiencia  $\rightarrow 11.323 / 8 = 1.415$

Comparación respecto a 2 nodos  $\rightarrow 24.374532 / 2.161357 = 11.277$

Eficiencia  $\rightarrow 11.277 / 16 = 0.704$

N = 2048

Tiempo en segundos secuencial 194.13420

Tiempo en segundos paralelo 1 solo nodo 24.447643

Tiempo en segundos paralelo 2 nodos p/c 2 núcleos 14.649562

Tiempo en segundos paralelo 2 nodos 14.777872

Comparación respecto a 1 solo nodo  $\rightarrow 194.13420 / 24.447643 = 7.940$

Eficiencia  $\rightarrow 7.940 / 8 = 0.992$

Comparación respecto a 2 nodos p/c 2 núcleos  $\rightarrow 194.13420 / 14.649562 = 13.251$

Eficiencia  $\rightarrow 13.251 / 8 = 1.656$

Comparación respecto a 2 nodos  $\rightarrow 194.13420 / 14.777872 = 13.136$

Eficiencia  $\rightarrow 13.136 / 16 = 0.821$

Hay una mejora notable cuando se tienen dos nodos y un proceso (en realidad hilo) cada dos núcleos. Debería ser porque hay menos tiempo de comunicación pero en realidad no se nota eso.