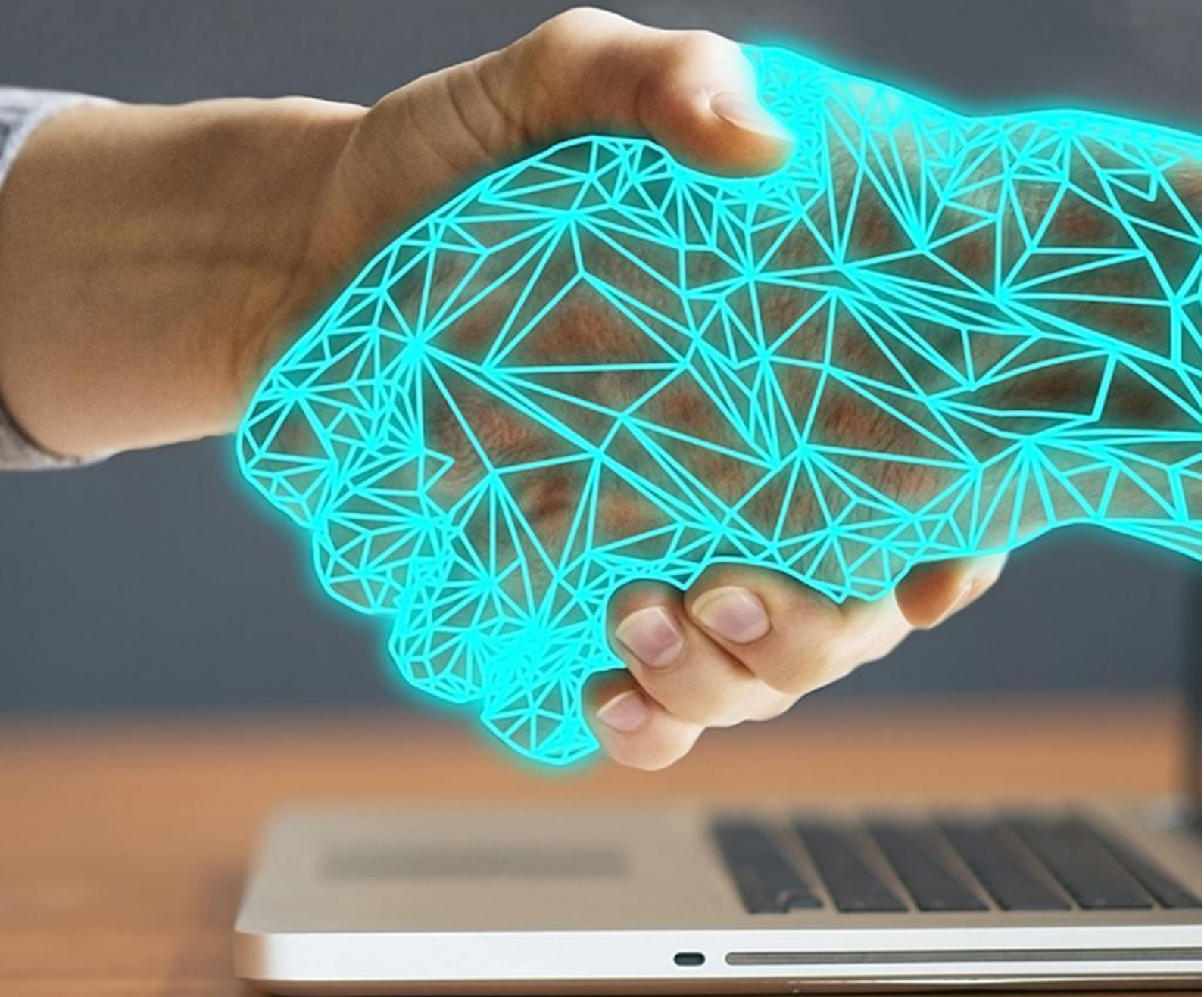


MULTIPLICACIÓN DE MATRICES

Secuencial y Paralelo



Presentado por Leidy Johanna Martinez Ramirez y

Valentín Valencia Valencia

Índice

1. Resumen	3
2. Introducción	4
3. Marco conceptual	5
3.1. Características de las máquinas	5
3.2. Desarrollo	5
4. Pruebas	7
4.1. Secuencial	7
4.2. Hilos	7
4.2.1 Dos hilos	7
4.2.2 Cuatro hilos	8
4.2.3. Ocho hilos	8
4.2.4. Dieciséis hilos	9
4.3. Procesos	9
4.3.1. Dos procesos	9
4.3.2. Cuatro procesos	10
4.3.3. Ocho procesos	10
4.3.4. Dieciséis procesos	11
5. Resultados	12
6. Conclusiones	13
7. Bibliografía	14

1. Resumen

Este informe se centra en el problema de la multiplicación de matrices $N \times N$ desde dos enfoques fundamentales: la programación secuencial y la programación paralela mediante hilos y procesos. La multiplicación de matrices es una operación de suma importancia en los campos de la informática y la ciencia de la computación, y su aplicación abarca una amplia variedad de disciplinas. El objetivo principal de este informe consiste en realizar un análisis comparativo del rendimiento y la eficiencia de estos dos enfoques al abordar este problema. El informe se inicia con una introducción que sitúa el contexto del problema y resalta la relevancia de lograr una eficiencia óptima en su resolución. A continuación, se explora el marco conceptual, que comprende una revisión teórica de la multiplicación de matrices y una descripción detallada de la programación secuencial y paralela.

En el transcurso del informe completo, se lleva a cabo la implementación de algoritmos tanto secuenciales como concurrentes para la multiplicación de matrices, se efectúa la medición de sus tiempos de ejecución y se procede a la evaluación de su escalabilidad en relación con las dimensiones de las matrices involucradas. Este análisis exhaustivo permitirá arrojar luz sobre las ventajas y desventajas de cada enfoque y ofrecerá valiosas recomendaciones respecto a cuándo y cómo seleccionar la estrategia más adecuada para optimizar el rendimiento, dependiendo de las necesidades específicas de la aplicación.

2. Introducción

El presente informe se enfoca en el desafiante y esencial problema de la multiplicación de matrices de dimensiones $N \times N$. Este problema, que tiene aplicaciones críticas en campos que abarcan desde la ingeniería hasta la inteligencia artificial, es objeto de una detenida investigación que busca mejorar su eficiencia y rendimiento. En este contexto, se abordan dos enfoques fundamentales: la programación secuencial y la programación paralela mediante hilos y procesos.

La multiplicación de matrices, aunque aparentemente sencilla, plantea desafíos significativos cuando se trata de matrices de gran tamaño. La elección de la estrategia de programación adecuada es crucial para lograr la máxima eficiencia computacional. Este informe se propone analizar y comparar detenidamente estos dos enfoques, con el objetivo de brindar una comprensión profunda de sus ventajas, desventajas y aplicaciones ideales.

3. Marco conceptual

3.1. Características de las máquinas

Característica	Especificación
Procesador	Procesador Intel(R) Core(TM) i5-1035G1 CPU @ 1.00GHz, 1190 Mhz,
Sistema Operativo	ubuntu-22.04.3-live-server-amd64
Número de núcleos	4 procesadores principales, 8 procesadores lógicos

3.2. Desarrollo

Lo primero que se hizo fue crear e investigar el código en lenguaje C para la multiplicación de dos matrices cuadradas de tamaño N. Después, se establecieron los parámetros para la ejecución del código, tales como:

- El número de veces que se iba a realizar la multiplicación con el tamaño N.
- Cuantos tamaños N iban a ser utilizados en las pruebas, en este caso, seis: “100, 500 800, 900, 1000, 2000”.
- La posibilidad de impresión de la matriz resultante.
- La generación aleatoria de los valores de las matrices.

Después se procedió a ejecutar las pruebas para la parte secuencial, que es, como tal, la parte primitiva y sin optimización del problema que se está tratando.

Para la segunda parte, se tuvo en cuenta la teoría de los hilos (Threads), generados a través de la biblioteca Pthread.h. Se realizaron las pruebas para los mismos tamaños de matriz y la misma cantidad de veces.

Para poder realizar el cálculo se requirió el ajuste del código para que cada hilo tomara un rango determinado del número de filas y columnas de cada matriz según la cantidad de los mismos.

Por último, para los procesos (Forks) se utilizó la biblioteca se debió utilizar una estrategia para configurar la memoria compartida.

4. Pruebas

4.1. Secuencial

Tamaño (N)	100	500	800	900	1000	2000
1	0,014757	0,554282	3,155554	4,781991	7,394309	64,404192
2	0,003828	0,659580	3,454550	4,362846	6,212509	79,362296
3	0,004184	0,708793	2,793107	4,284970	6,724569	64,330648
4	0,004727	0,730302	3,473376	4,420838	6,889278	64,370357
5	0,005037	0,699917	3,042622	4,323811	5,963884	62,976417
6	0,003428	0,650663	2,894060	4,277415	5,822118	61,344688
7	0,004258	0,615590	2,908209	4,104324	6,159533	65,848677
8	0,003581	0,653073	2,971956	4,221505	6,444328	63,053241
9	0,003416	0,633322	3,106084	4,347475	6,510886	63,027774
10	0,003429	0,668069	3,154142	4,245528	5,915940	58,943570
Promedio	0,005065	0,657359	3,095366	4,337070	6,403735	64,766186

4.2. Hilos

4.2.1 Dos hilos

2 Hilos						
Tamaño (N)	100	500	800	900	1000	2000
1	0,003993	0,482554	3,056858	3,327976	5,038680	54,490676
2	0,004492	0,497954	2,384735	3,232516	4,827640	51,868935
3	0,004389	0,491270	2,312201	3,273349	4,831792	51,373177
4	0,004181	0,501180	2,351410	3,379078	4,870180	51,432006
5	0,003910	0,496211	2,294496	3,220440	4,870455	51,748786
6	0,003551	0,492350	2,318207	3,298527	4,802325	51,360480
7	0,004067	0,492970	2,893258	3,632409	5,211546	52,040737
8	0,003962	0,503085	2,337852	3,286642	4,965356	51,246939
9	0,003622	0,506720	2,304380	3,311698	5,016445	53,489379
10	0,003799	0,497405	2,292046	3,325732	4,890083	51,536691
Promedio	0,003997	0,496170	2,454544	3,328837	4,932450	52,058781
Speedup	1,267202122	1,324866946	1,26107563	1,30287866	1,298286884	1,244097254

4.2.2 Cuatro hilos

4 Hilos						
Tamaño (N)	100	500	800	900	1000	2000
1	0,0044900	0,4818020	2,3211960	3,2255520	5,3218290	50,8998800
2	0,0046100	0,4871630	2,3137150	3,2755900	4,7728260	53,1750680
3	0,0022520	0,5059420	2,5818140	3,6259730	5,1076070	52,2137500
4	0,0039730	0,4076390	1,9693260	2,7540190	5,9765560	63,4744710
5	0,0063820	0,7199720	4,0371250	5,2569840	7,9401730	65,2889140
6	0,0046360	0,5169130	2,5588940	3,2851220	4,6068150	54,1067840
7	0,0050340	0,6315540	2,8194950	3,3028640	4,4601170	44,8101310
8	0,0044770	0,3980780	2,0987000	3,5017060	4,9936730	44,3564750
9	0,0038420	0,3987830	1,9928760	3,1765300	5,1005330	52,5816990
10	0,0042270	0,4912730	2,3101920	3,2602240	4,8619410	52,0893600
Promedio	0,0043923	0,5039119	2,5003333	3,4664564	5,3142070	53,2996532
Speedup	1,153040548	1,304511959	1,237981352	1,251153858	1,205021822	1,215133347

4.2.3. Ocho hilos

8 Hilos						
Tamaño (N)	100	500	800	900	1000	2000
1	0,003978	0,530692	2,986279	3,607200	5,867500	58,010609
2	0,002688	0,539978	2,291363	3,303553	5,620305	53,366806
3	0,004445	0,482223	2,322320	3,278544	5,478348	56,087956
4	0,004503	0,495219	2,414539	3,418855	4,916042	53,183409
5	0,001707	0,486553	2,320000	3,364608	4,822566	52,880277
6	0,002788	0,485004	2,278762	3,304812	4,825005	53,712335
7	0,005686	0,491341	2,441880	3,358523	4,990503	53,081699
8	0,004173	0,500652	2,500986	3,430315	4,960937	53,158166
9	0,004863	0,495481	2,283417	3,265966	4,781967	52,891432
10	0,004798	0,487229	2,333650	3,510159	4,712166	56,105331
Promedio	0,003963	0,499437	2,417320	3,384254	5,097534	54,247802
Speedup	1,277978248	1,316199714	1,28049514	1,281544157	1,256241847	1,193895119

4.2.4. Dieciséis hilos

16 Hilos						
Tamaño (N)	100	500	800	900	1000	2000
1	0,008376	0,498005	2,734927	3,978096	5,745719	54,571196
2	0,005827	0,536101	2,508925	3,611040	5,026924	53,368828
3	0,004962	0,506412	2,483126	3,356643	4,902855	53,451206
4	0,005244	0,516306	2,276583	3,244592	4,728942	53,905684
5	0,002286	0,505087	2,463580	3,401988	4,941993	52,779380
6	0,004941	0,497437	2,445231	3,410909	4,949603	53,271094
7	0,004493	0,503670	2,856276	3,373470	4,820235	52,912094
8	0,004419	0,506761	2,253545	3,214263	4,654607	53,011005
9	0,003968	0,483590	2,300426	3,321995	5,569612	54,065748
10	0,004579	0,502216	2,321525	3,286961	4,819827	54,067372
Promedio	0,004910	0,505559	2,464414	3,419996	5,016032	53,540361
Speedup	1,031571443	1,300263174	1,256024961	1,268150805	1,276653694	1,209670334

4.3. Procesos

4.3.1. Dos procesos

2 procesos						
Tamaño (N)	100	500	800	900	1000	2000
1	0,006770	0,625397	2,684249	3,741478	5,856999	55,158036
2	0,004469	0,634410	2,834388	4,128857	6,181123	54,536818
3	0,007624	0,652815	2,722422	4,435729	5,833584	53,799304
4	0,004646	0,602133	2,453314	3,661069	5,042095	51,606904
5	0,004121	0,682900	2,858509	4,261430	5,470576	54,932043
6	0,004191	0,590860	2,520956	3,974435	5,290232	86,184003
7	0,006621	0,651589	3,755451	7,255753	7,095061	74,440636
8	0,005034	0,903212	3,661334	5,147413	7,871018	74,134593
9	0,009246	0,813733	3,658066	5,464430	6,153651	67,009238
10	0,008937	1,162170	3,115270	5,669130	7,856572	59,118430
Promedio	0,006166	0,731922	3,026396	4,773972	6,265091	63,092001
Speedup	0,821372386 8	0,898127382 2	1,022789517	0,908482483 1	1,022129654	1,026535622

4.3.2. Cuatro procesos

4 procesos						
Tamaño (N)	100	500	800	900	1000	2000
1	0,005342	0,552280	2,746378	4,220615	5,106526	51,505164
2	0,004409	0,546570	2,316978	3,536343	4,917333	51,324002
3	0,004870	0,564595	2,329371	3,477884	5,208206	52,142603
4	0,004344	0,525192	2,284100	3,448011	4,855572	59,289503
5	0,006040	0,880695	3,354083	6,494662	6,621584	62,065583
6	0,004556	0,639849	2,948515	4,030578	5,790689	55,579238
7	0,004262	0,536300	2,293680	3,496644	4,865064	52,113384
8	0,006104	0,526174	2,290245	3,477668	4,830831	50,659322
9	0,004778	0,516444	2,294877	3,410361	4,776002	53,661377
10	0,006009	0,528721	2,253626	3,495008	4,749860	51,341009
Promedio	0,005071	0,581682	2,511185	3,908777	5,172167	53,968119
Speedup	0,998639429	1,130100467	1,232631459	1,109572088	1,238114657	1,200082341

4.3.3. Ocho procesos

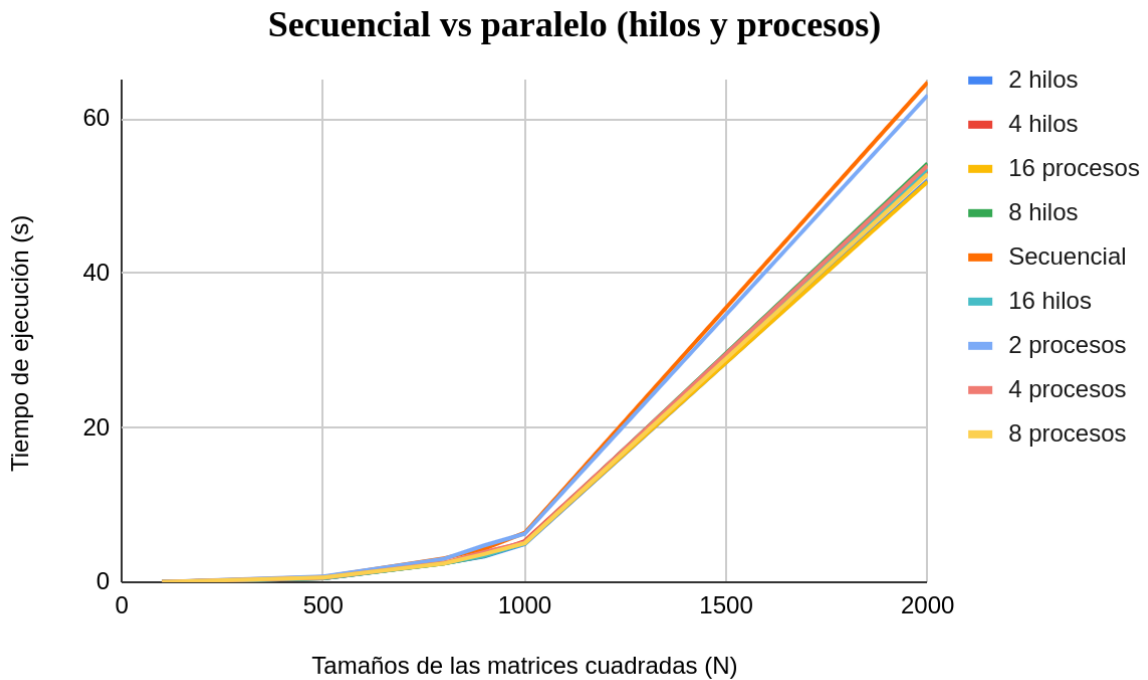
8 procesos						
Tamaño (N)	100	500	800	900	1000	2000
1	0,008006	0,574848	2,628920	3,654005	4,949670	52,247830
2	0,007400	0,568210	2,392660	3,568151	5,596591	53,580482
3	0,008581	0,632988	2,413300	3,755908	5,036595	53,734057
4	0,008161	0,606922	2,430913	3,743160	5,016295	51,937805
5	0,004975	0,569451	2,326668	3,562358	4,898494	53,576697
6	0,009196	0,597182	2,393909	3,670825	4,936885	52,899118
7	0,007563	0,607308	2,465367	3,671858	5,044281	52,149964
8	0,008368	0,621050	2,431541	3,658973	4,979990	52,554526
9	0,013624	0,585785	2,417213	3,639703	4,969442	52,421959
10	0,006086	0,597651	2,384503	3,640367	5,082074	53,527750
Promedio	0,008196	0,596140	2,428499	3,656531	5,051032	52,863019
Speedup	0,617923377 3	1,102693413	1,274600274	1,186116168	1,267807407	1,225170024

4.3.4. Dieciséis procesos

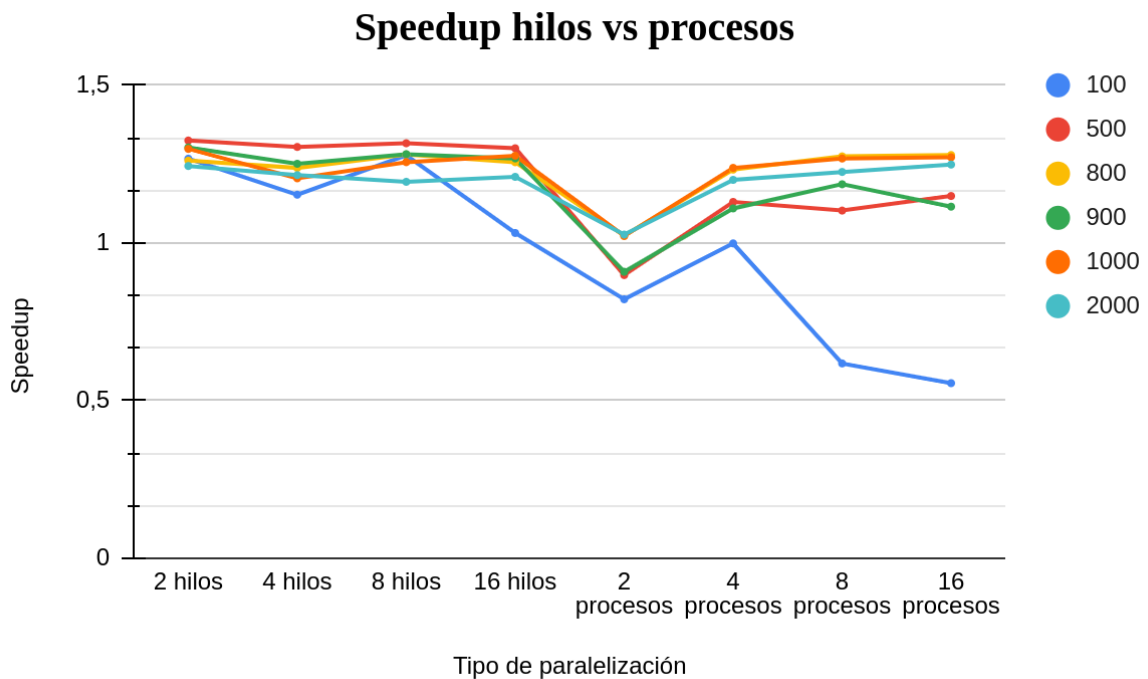
16 procesos						
Tamaño (N)	100	500	800	900	1000	2000
1	0,007694	0,546622	2,637440	3,736386	5,515748	54,388323
2	0,011673	0,623346	2,333227	3,499945	4,883734	52,462404
3	0,010067	0,567423	2,400656	3,573294	4,876199	53,175474
4	0,009738	0,563486	2,314727	3,488147	4,836476	51,579855
5	0,007322	0,535688	2,386092	3,576527	4,920856	50,317643
6	0,010214	0,563522	2,404242	5,016933	5,029144	51,807925
7	0,010214	0,563522	2,404242	5,016933	5,029144	51,807925
8	0,006077	0,587123	2,424046	3,718295	5,180079	50,764899
9	0,010848	0,577912	2,445804	3,591236	4,905684	51,399988
10	0,007350	0,592873	2,453006	3,677045	5,178132	51,012756
Promedio	0,009120	0,572152	2,420348	3,889474	5,035520	51,871719
Speedup	0,555336250 1	1,14892449	1,278892847	1,115078848	1,271712933	1,248583756

5. Resultados

En el siguiente gráfico se puede observar la comparación de los tiempos de ejecución entre los secuenciales, y los paralelos con hilos y procesos.



A continuación, se puede observar la comparación de speedup de los hilos y los procesos.



6. Conclusiones

- El tiempo de ejecución mayor está dado por la programación secuencial.
- El tiempo de ejecución menor es el de los 16 procesos.
- El mejor método de programación para resolver este tipo de problemas es el paralelo por medio del aumento de procesos. Sin embargo, se debe advertir que los procesos consumen mucha más memoria que los hilos, lo que a la larga hace a los hilos más eficientes para esta tarea.
- Se deben usar procesos para multiplicar matrices de tamaños inferiores a 3000 e hilos para la misma cantidad o mucho mayor.
- Frente al speedup en matrices considerablemente grandes (2000 en adelante), la mejora es significativa al ejecutarse en 16 procesos.
- Los valores del speedup crecen de manera proporcional al número de hilos.
- Con el aumento del tamaño de las matrices, el speedup se mantiene casi estable en el promedio de los hilos mientras que en los procesos, aumenta a medida que crece el tamaño de la matriz.

7. Bibliografía

Cortéz, A. (2004). TEORÍA DE LA COMPLEJIDAD COMPUTACIONAL Y TEORÍA DE.

Revista De Investigación De Sistemas E Informática, 1(1), 102-105. Recuperado de:

<https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/sistem/article/view/3216>

Montero, L. H., & Antunez, R. R. (2011, 07). Parallel programming: definitions, mechanisms and trouble. From

https://www.researchgate.net/publication/274960405_Parallel_programming_definitions_mechanisms_and_trouble

Qaz Wiki. (2020). Qaz Wiki. From https://es.qaz.wiki/wiki/Matrix_multiplication_algorithm