



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

ESCUELA SUPERIOR DE CÓMPUTO

Práctica 2 Análisis temporal y notación de orden (Algoritmos de búsqueda)



EQUIPO: "HUNTERS"



ALUMNOS:

GUDIÑO GONZÁLEZ EMMANUEL ALEJANDRO

VARELA AGUILAR LUIS PAVEL

MATERIA: Análisis de algoritmos

GRUPO: 3CM2

PROFESOR: M. en C. EDGARDO ADRIÁN FRANCO MARTÍNEZ

Planteamiento del problema:

Con base en el ordenamiento obtenido a partir del archivo de entrada de la práctica 01 que tiene 10,000,000 de números diferentes. Realizar la búsqueda de elementos bajo 3 métodos de búsqueda, realizar el análisis teórico y experimental de las complejidades; así como encontrar las cotas de los algoritmos.

- Búsqueda lineal o secuencial
- Búsqueda binaria o dicotómica
- Búsqueda en un árbol binario de búsqueda
- Implementación de las tres búsquedas con su variante de Threads

Implementación de los algoritmos

Búsqueda lineal

Básicamente consiste en buscar de manera secuencial un elemento, es decir, preguntar si el elemento buscado es igual al primero, segundo, tercero y así sucesivamente hasta encontrar el deseado. Y por lo tanto como su nombre lo indica tiene una complejidad lineal $O(n)$.

Búsqueda binaria

Para el algoritmo se pregunta si el elemento buscado es igual al elemento que se encuentra en la posición medio del arreglo, si es afirmativo ya encontramos el elemento y no hay nada más que hacer.

De no ser así. Se pregunta si el elemento que se encuentra en la posición medio es mayor al elemento buscado, si es afirmativo y como el array está ordenado, quiere decir que elemento buscado es menor al del medio. Entonces ahora solo buscaríamos en esa división del array, por lo tanto, el fin ahora sería el elemento anterior al medio. Tiene una complejidad logarítmica de $O(\log n)$.

Búsqueda en un árbol binario de búsqueda

Un árbol binario de búsqueda (ABB) es un árbol binario con la propiedad de que todos los elementos almacenados en el subárbol izquierdo de cualquier nodo x son menores que el elemento almacenado en x , y todos los

elementos almacenados en el subárbol derecho de x son mayores que el elemento almacenado en x. Se basa en ir construyendo poco a poco el árbol binario introduciendo cada uno de los elementos, los cuales quedarán ya ordenados. Después, se obtiene la lista de los elementos ordenados recorriendo el árbol en inorden. Tiene una complejidad $O(n \log n)$.

Realizar un análisis teórico de la complejidad temporal de cada algoritmo (Mejor, peor y medio; tal cual se implementara).

- Búsqueda Lineal.

Mejor caso: Este caso se da cuando el número se encuentra en la primer posición del arreglo.

$$ft_{Mejor}(n)=1$$

Peor caso: Este caso se da cuando el número no se encuentra en el arreglo o se encuentra en la última posición.

$$ft_{Peor}(n)=n$$

Caso medio: Es la suma del número de operaciones que se realizan si el número está en cada una de las n posiciones del arreglo por la probabilidad de que estén en cada lugar.

$$ft_{cm}(n) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n i$$

- Búsqueda Binaria.

Mejor caso: Este caso se da cuando el elemento a buscar se encuentra en la posición central del arreglo.

$$ft_{Mejor}(n)=1$$

Peor caso: Cuando el elemento no se encuentra en el arreglo o se encuentra hasta la última operación.

$$ft_{peor}(n) = \log_2(n)$$

Caso medio: Se consideraron los caminos mencionados antes como posibilidades y se multiplicó por la probabilidad de que sucedan -tomando en cuenta que sólo son 2, es un medio la probabilidad-.

$$ft_{cm}(n) = \frac{1}{2}(\log_2(n) + 1)$$

- Árbol Binario de Búsqueda.

Mejor caso: Este caso sucede cuando el elemento a buscar se encuentra en el nodo raíz.

$$ft_{Mejor}(n) = 1$$

Peor caso: Sucede cuando se tiene un árbol nada balanceado, es decir, todos los hijos se encuentran hacia un sólo lado dando la impresión de ser como un arreglo lineal. Además, el elemento a buscar está en el último hijo.

$$ft_{peor}(n) = n$$

Caso medio: Para el cálculo de este caso, se consideraron 3 posibles instancias específicas. Las primeras 2 son los casos anteriormente mencionados. La tercera, es que el árbol se encuentre balanceado.

$$ft_{cm}(n) = \frac{1}{3}(n + \log_2(n) + 1)$$

Realizar un registro del tiempo para cada algoritmo y su variante con hilos buscando diferentes números en varios tamaños de problema.

Para los siguientes números A=[322486, 14700764, 3128036, 6337399, 61396, 10393545, 2147445644, 1295390003, 450057883, 187645041, 1980098116, 152503, 5000, 1493283650, 214826, 1843349527, 1360839354, 2109248666 , 2147470852 y 0].

Considerar para tamaño de problema "n" primeramente los primeros 100, 1000, 5000, 10000, 50000, 100000, 200000, 400000, 600000, 800000, 1000000, 2000000, 3000000, 4000000, 5000000, 6000000, 7000000, 8000000, 9000000 y 10000000 elementos del arreglo.

Sin Hilos.

- Búsqueda Lineal

Número	Tam Problema	Tiempo real	Encontrado
322486	100	2.1458E-06	No
322486	1000	5.0068E-06	No
322486	5000	1.00136E-05	Si
322486	10000	1.09673E-05	Si
322486	50000	6.9141E-06	Si
322486	100000	8.1062E-06	Si
322486	200000	8.1062E-06	Si
322486	400000	8.1062E-06	Si
322486	600000	7.1526E-06	Si
322486	800000	8.1062E-06	Si
322486	1000000	7.8678E-06	Si
322486	2000000	7.8678E-06	Si
322486	3000000	8.1062E-06	Si
322486	4000000	8.1062E-06	Si
322486	5000000	8.1062E-06	Si
322486	6000000	7.8678E-06	Si
322486	7000000	8.1062E-06	Si
322486	8000000	2.19345E-05	Si

322486	9000000	7.8678E-06	Si
322486	10000000	8.1062E-06	Si

Número	Tam Problema	Tiempo real	Encontrado
14700764	100	2.1458E-06	No
14700764	1000	5.0068E-06	No
14700764	5000	2.88486E-05	No
14700764	10000	0.000056982	No
14700764	50000	0.000201941	No
14700764	100000	0.000405788	No
14700764	200000	0.000819206	No
14700764	400000	0.001667023	No
14700764	600000	0.002485037	No
14700764	800000	0.003324986	No
14700764	1000000	0.004062891	No
14700764	2000000	0.008152962	No
14700764	3000000	0.012286902	No
14700764	4000000	0.016146898	No
14700764	5000000	0.020509005	No
14700764	6000000	0.024433136	No

14700764	7000000	0.028532028	No
14700764	8000000	0.032638073	No
14700764	9000000	0.036906004	No
14700764	10000000	0.040680885	No

Número	Tam Problema	Tiempo real	Encontrado
3128036	100	2.1458E-06	No
3128036	1000	3.8147E-06	No
3128036	5000	2.88486E-05	No
3128036	10000	0.000056982	No
3128036	50000	5.98431E-05	Si
3128036	100000	5.98431E-05	Si
3128036	200000	6.00815E-05	Si
3128036	400000	6.10352E-05	Si
3128036	600000	6.10352E-05	Si
3128036	800000	6.19888E-05	Si
3128036	1000000	6.19888E-05	Si
3128036	2000000	6.10352E-05	Si
3128036	3000000	6.10352E-05	Si

3128036	4000000	6.10352E-05	Si
3128036	5000000	6.07967E-05	Si
3128036	6000000	6.10352E-05	Si
3128036	7000000	6.29425E-05	Si
3128036	8000000	6.10352E-05	Si
3128036	9000000	6.19888E-05	Si
3128036	10000000	6.10352E-05	Si

Número	Tam Problema	Tiempo real	Encontrado
6337399	100	1.9073E-06	No
6337399	1000	4.0531E-06	No
6337399	5000	2.88486E-05	No
6337399	10000	5.60284E-05	No
6337399	50000	0.000118971	Si
6337399	100000	0.000119925	Si
6337399	200000	0.000118971	Si
6337399	400000	0.000121117	Si
6337399	600000	0.000120878	Si
6337399	800000	0.000121117	Si
6337399	1000000	0.000119925	Si

6337399	2000000	0.000120878	Si
6337399	3000000	0.000120878	Si
6337399	4000000	0.000120163	Si
6337399	5000000	0.000120878	Si
6337399	6000000	0.000120163	Si
6337399	7000000	0.000120878	Si
6337399	8000000	0.000120163	Si
6337399	9000000	0.000121117	Si
6337399	10000000	0.000120878	Si

Número	Tam Problema	Tiempo real	Encontrado
61396	100	9.537E-07	No
61396	1000	4.0531E-06	No
61396	5000	2.88486E-05	No
61396	10000	5.72205E-05	No
61396	50000	0.000200987	No
61396	100000	0.000401974	No
61396	200000	0.000802994	No
61396	400000	0.001709938	No

61396	600000	0.002447844	No
61396	800000	0.003278971	No
61396	1000000	0.004090071	No
61396	2000000	0.008146048	No
61396	3000000	0.012105942	No
61396	4000000	0.016248941	No
61396	5000000	0.020172834	No
61396	6000000	0.024514914	No
61396	7000000	0.028296948	No
61396	8000000	0.032358885	No
61396	9000000	0.036518097	No
61396	10000000	0.040431976	No

Número	Tam Problema	Tiempo real	Encontrado
10393545	100	1.9073E-06	No
10393545	1000	4.0531E-06	No
10393545	5000	0.000027895	No
10393545	10000	0.000056982	No
10393545	50000	0.000195026	Si

10393545	100000	0.000196219	Si
10393545	200000	0.000195026	Si
10393545	400000	0.00019598	Si
10393545	600000	0.000197887	Si
10393545	800000	0.000293016	Si
10393545	1000000	0.000202894	Si
10393545	2000000	0.00019908	Si
10393545	3000000	0.00019908	Si
10393545	4000000	0.000198841	Si
10393545	5000000	0.00019908	Si
10393545	6000000	0.000199795	Si
10393545	7000000	0.000209093	Si
10393545	8000000	0.000203848	Si
10393545	9000000	0.000200033	Si
10393545	10000000	0.00019908	Si

Número	Tam Problema	Tiempo real	Encontrado
2147445644	100	1.9073E-06	No
2147445644	1000	4.0531E-06	No
2147445644	5000	2.88486E-05	No

2147445644	10000	0.000056982	No
2147445644	50000	0.000201941	No
2147445644	100000	0.00047493	No
2147445644	200000	0.000803947	No
2147445644	400000	0.001612902	No
2147445644	600000	0.00245595	No
2147445644	800000	0.003286839	No
2147445644	1000000	0.004157066	No
2147445644	2000000	0.008142948	No
2147445644	3000000	0.012108088	No
2147445644	4000000	0.016187906	No
2147445644	5000000	0.020153999	No
2147445644	6000000	0.024534941	No
2147445644	7000000	0.02835989	No
2147445644	8000000	0.032281876	No
2147445644	9000000	0.036545038	No
2147445644	10000000	0.04053402	No

Número	Tam Problema	Tiempo real	Encontrado
1295390003	100	9.537E-07	No

1295390003	1000	5.0068E-06	No
1295390003	5000	2.88486E-05	No
1295390003	10000	0.000056982	No
1295390003	50000	0.000200987	No
1295390003	100000	0.000402212	No
1295390003	200000	0.000818014	No
1295390003	400000	0.001694918	No
1295390003	600000	0.002475023	No
1295390003	800000	0.003298044	No
1295390003	1000000	0.004068136	No
1295390003	2000000	0.008117914	No
1295390003	3000000	0.012144804	No
1295390003	4000000	0.016132116	No
1295390003	5000000	0.020168066	No
1295390003	6000000	0.024785042	No
1295390003	7000000	0.024411917	Si
1295390003	8000000	0.024319172	Si
1295390003	9000000	0.024494171	Si
1295390003	10000000	0.024563074	Si

Número	Tam Problema	Tiempo real	Encontrado
450057883	100	2.1458E-06	No
450057883	1000	5.0068E-06	No
450057883	5000	2.88486E-05	No
450057883	10000	5.60284E-05	No
450057883	50000	0.000200987	No
450057883	100000	0.000401974	No
450057883	200000	0.000802994	No
450057883	400000	0.001613855	No
450057883	600000	0.002448082	No
450057883	800000	0.003291845	No
450057883	1000000	0.00407815	No
450057883	2000000	0.00812006	No
450057883	3000000	0.012225151	No
450057883	4000000	0.016139984	No
450057883	5000000	0.020375967	No
450057883	6000000	0.024485111	No
450057883	7000000	0.028443098	No
450057883	8000000	0.032719851	No

450057883	9000000	0.036532879	No
450057883	10000000	0.0405972	No

Número	Tam Problema	Tiempo real	Encontrado
187645041	100	1.9073E-06	No
187645041	1000	5.0068E-06	No
187645041	5000	2.90871E-05	No
187645041	10000	0.000056982	No
187645041	50000	0.000200987	No
187645041	100000	0.000401974	No
187645041	200000	0.000802994	No
187645041	400000	0.001611948	No
187645041	600000	0.002465963	No
187645041	800000	0.003372908	No
187645041	1000000	0.004082918	No
187645041	2000000	0.008121967	No
187645041	3000000	0.013235807	No
187645041	4000000	0.016149998	No
187645041	5000000	0.0201931	No
187645041	6000000	0.024444103	No

187645041	7000000	0.028346062	No
187645041	8000000	0.032501936	No
187645041	9000000	0.036599875	No
187645041	10000000	0.040616989	No

Número	Tam Problema	Tiempo real	Encontrado
1980098116	100	1.9073E-06	No
1980098116	1000	5.0068E-06	No
1980098116	5000	2.90871E-05	No
1980098116	10000	0.000056982	No
1980098116	50000	0.000201941	No
1980098116	100000	0.000401974	No
1980098116	200000	0.000802994	No
1980098116	400000	0.001619101	No
1980098116	600000	0.002460003	No
1980098116	800000	0.003299952	No
1980098116	1000000	0.004083872	No
1980098116	2000000	0.00809598	No
1980098116	3000000	0.012427092	No
1980098116	4000000	0.016479015	No

1980098116	5000000	0.021920919	No
1980098116	6000000	0.024565935	No
1980098116	7000000	0.028434038	No
1980098116	8000000	0.03295207	No
1980098116	9000000	0.036539793	No
1980098116	10000000	0.04054904	No

Número	Tam Problema	Tiempo real	Encontrado
152503	100	1.9073E-06	No
152503	1000	5.0068E-06	No
152503	5000	2.90871E-05	No
152503	10000	0.000056982	No
152503	50000	0.000200987	No
152503	100000	0.000402927	No
152503	200000	0.000802994	No
152503	400000	0.001611948	No
152503	600000	0.002468109	No
152503	800000	0.003290176	No
152503	1000000	0.004110098	No
152503	2000000	0.008173943	No

152503	3000000	0.012274981	No
152503	4000000	0.016435146	No
152503	5000000	0.020534992	No
152503	6000000	0.02464509	No
152503	7000000	0.028613091	No
152503	8000000	0.032448053	No
152503	9000000	0.036402941	No
152503	10000000	0.040539026	No

Número	Tam Problema	Tiempo real	Encontrado
5000	100	2.1458E-06	No
5000	1000	5.0068E-06	No
5000	5000	2.90871E-05	No
5000	10000	0.000056982	No
5000	50000	0.000201941	No
5000	100000	0.000401974	No
5000	200000	0.0008111	No
5000	400000	0.001616001	No
5000	600000	0.002457142	No
5000	800000	0.003279924	No

5000	1000000	0.004066944	No
5000	2000000	0.008103132	No
5000	3000000	0.012270927	No
5000	4000000	0.016361952	No
5000	5000000	0.02038312	No
5000	6000000	0.024455071	No
5000	7000000	0.028277159	No
5000	8000000	0.032591105	No
5000	9000000	0.036544085	No
5000	10000000	0.040369034	No

Número	Tam Problema	Tiempo real	Encontrado
1493283650	100	2.1458E-06	No
1493283650	1000	5.0068E-06	No
1493283650	5000	2.90871E-05	No
1493283650	10000	0.000056982	No
1493283650	50000	0.000200987	No
1493283650	100000	0.000401974	No
1493283650	200000	0.000802994	No

1493283650	400000	0.001610994	No
1493283650	600000	0.002447844	No
1493283650	800000	0.003303051	No
1493283650	1000000	0.00407505	No
1493283650	2000000	0.008121014	No
1493283650	3000000	0.012109995	No
1493283650	4000000	0.016165972	No
1493283650	5000000	0.02038312	No
1493283650	6000000	0.024487972	No
1493283650	7000000	0.028141022	Si
1493283650	8000000	0.028438807	Si
1493283650	9000000	0.028286934	Si
1493283650	10000000	0.028167963	Si

Número	Tam Problema	Tiempo real	Encontrado
214826	100	1.9073E-06	No
214826	1000	5.0068E-06	No
214826	5000	2.90871E-05	No
214826	10000	0.000056982	No

214826	50000	0.000200987	No
214826	100000	0.000403166	No
214826	200000	0.000802994	No
214826	400000	0.001610994	No
214826	600000	0.002487898	No
214826	800000	0.003309965	No
214826	1000000	0.004083872	No
214826	2000000	0.00809288	No
214826	3000000	0.012176037	No
214826	4000000	0.016187906	No
214826	5000000	0.020483971	No
214826	6000000	0.024468899	No
214826	7000000	0.028269053	No
214826	8000000	0.032790899	No
214826	9000000	0.036437988	No
214826	10000000	0.040540934	No

Número	Tam Problema	Tiempo real	Encontrado
1843349527	100	1.9073E-06	No
1843349527	1000	3.8147E-06	No

1843349527	5000	2.90871E-05	No
1843349527	10000	0.000056982	No
1843349527	50000	0.000201941	No
1843349527	100000	0.000401974	No
1843349527	200000	0.000802994	No
1843349527	400000	0.001680851	No
1843349527	600000	0.002459049	No
1843349527	800000	0.003288984	No
1843349527	1000000	0.004064083	No
1843349527	2000000	0.008103848	No
1843349527	3000000	0.012202025	No
1843349527	4000000	0.016202927	No
1843349527	5000000	0.020492077	No
1843349527	6000000	0.024669886	No
1843349527	7000000	0.028423786	No
1843349527	8000000	0.032582998	No
1843349527	9000000	0.034712076	Si
1843349527	10000000	0.034607172	Si

Número	Tam Problema	Tiempo real	Encontrado
1360839354	100	1.9073E-06	No
1360839354	1000	4.0531E-06	No
1360839354	5000	2.90871E-05	No
1360839354	10000	0.000056982	No
1360839354	50000	0.000200987	No
1360839354	100000	0.000478029	No
1360839354	200000	0.000802994	No
1360839354	400000	0.001613855	No
1360839354	600000	0.002447844	No
1360839354	800000	0.003301859	No
1360839354	1000000	0.004073858	No
1360839354	2000000	0.008093119	No
1360839354	3000000	0.012753964	No
1360839354	4000000	0.016138077	No
1360839354	5000000	0.020385027	No
1360839354	6000000	0.02453208	No
1360839354	7000000	0.028403044	No
1360839354	8000000	0.032421112	No

1360839354	9000000	0.036355019	No
1360839354	10000000	0.040406942	No

Número	Tam Problema	Tiempo real	Encontrado
2109248666	100	2.1458E-06	No
2109248666	1000	4.0531E-06	No
2109248666	5000	2.90871E-05	No
2109248666	10000	0.000056982	No
2109248666	50000	0.000200987	No
2109248666	100000	0.000402212	No
2109248666	200000	0.000813961	No
2109248666	400000	0.001617909	No
2109248666	600000	0.00245595	No
2109248666	800000	0.003298044	No
2109248666	1000000	0.00408411	No
2109248666	2000000	0.008137941	No
2109248666	3000000	0.012212992	No
2109248666	4000000	0.016175985	No
2109248666	5000000	0.02042079	No
2109248666	6000000	0.02444911	No

2109248666	7000000	0.028282881	No
2109248666	8000000	0.032300949	No
2109248666	9000000	0.036599875	No
2109248666	10000000	0.039773941	Si

Número	Tam Problema	Tiempo real	Encontrado
2147470852	100	1.9073E-06	No
2147470852	1000	4.0531E-06	No
2147470852	5000	2.90871E-05	No
2147470852	10000	0.000056982	No
2147470852	50000	0.000201941	No
2147470852	100000	0.000402927	No
2147470852	200000	0.000803947	No
2147470852	400000	0.001610041	No
2147470852	600000	0.002448082	No
2147470852	800000	0.003293991	No
2147470852	1000000	0.004081965	No
2147470852	2000000	0.008100987	No
2147470852	3000000	0.012230158	No
2147470852	4000000	0.016257048	No

2147470852	5000000	0.020365953	No
2147470852	6000000	0.024507999	No
2147470852	7000000	0.028404951	No
2147470852	8000000	0.032550097	No
2147470852	9000000	0.036636829	No
2147470852	10000000	0.040396929	Si

Número	Tam Problema	Tiempo real	Encontrado
0	100	9.537E-07	Si
0	1000	9.537E-07	Si
0	5000	9.537E-07	Si
0	10000	9.537E-07	Si
0	50000	9.537E-07	Si
0	100000	9.537E-07	Si
0	200000	1.1921E-06	Si
0	400000	9.537E-07	Si
0	600000	1.1921E-06	Si
0	800000	9.537E-07	Si
0	1000000	0	Si
0	2000000	0	Si

0	3000000	1.1921E-06	Si
0	4000000	0	Si
0	5000000	9.537E-07	Si
0	6000000	9.537E-07	Si
0	7000000	9.537E-07	Si
0	8000000	1.1921E-06	Si
0	9000000	9.537E-07	Si
0	10000000	0	Si

- Búsqueda Binaria

Numero	Tam Problema	Tiempo real	Encontrado
322486	100	2.1458E-06	No
322486	1000	9.537E-07	No
322486	5000	1.9073E-06	Si
322486	10000	1.1921E-06	Si
322486	50000	9.537E-07	Si
322486	100000	1.9073E-06	Si
322486	200000	1.9073E-06	Si
322486	400000	1.9073E-06	Si

322486	600000	2.1458E-06	Si
322486	800000	0.000002861	Si
322486	1000000	1.9073E-06	Si
322486	2000000	0.000002861	Si
322486	3000000	1.9073E-06	Si
322486	4000000	3.0994E-06	Si
322486	5000000	1.9073E-06	Si
322486	6000000	3.0994E-06	Si
322486	7000000	0.000002861	Si
322486	8000000	0.000002861	Si
322486	9000000	5.9605E-06	Si
322486	10000000	3.0994E-06	Si

Numero	Tam Problema	Tiempo real	Encontrado
14700764	100	2.1458E-06	No
14700764	1000	1.1921E-06	No
14700764	5000	1.9073E-06	No
14700764	10000	1.1921E-06	No
14700764	50000	9.537E-07	No

14700764	100000	9.537E-07	No
14700764	200000	2.1458E-06	No
14700764	400000	2.1458E-06	No
14700764	600000	2.1458E-06	No
14700764	800000	1.9073E-06	No
14700764	1000000	1.9073E-06	No
14700764	2000000	2.1458E-06	No
14700764	3000000	1.9073E-06	No
14700764	4000000	0.000002861	No
14700764	5000000	1.9073E-06	No
14700764	6000000	2.1458E-06	No
14700764	7000000	1.9073E-06	No
14700764	8000000	1.9073E-06	No
14700764	9000000	9.537E-07	No
14700764	10000000	3.0994E-06	No

Numero	Tam Problema	Tiempo real	Encontrado
3128036	100	1.1921E-06	No
3128036	1000	1.1921E-06	No
3128036	5000	9.537E-07	No

3128036	10000	9.537E-07	No
3128036	50000	9.537E-07	Si
3128036	100000	9.537E-07	Si
3128036	200000	1.9073E-06	Si
3128036	400000	2.1458E-06	Si
3128036	600000	9.537E-07	Si
3128036	800000	9.537E-07	Si
3128036	1000000	1.1921E-06	Si
3128036	2000000	9.537E-07	Si
3128036	3000000	2.1458E-06	Si
3128036	4000000	1.9073E-06	Si
3128036	5000000	1.1921E-06	Si
3128036	6000000	9.537E-07	Si
3128036	7000000	1.1921E-06	Si
3128036	8000000	9.537E-07	Si
3128036	9000000	1.9073E-06	Si
3128036	10000000	2.1458E-06	Si

Numero	Tam Problema	Tiempo real	Encontrado
6337399	100	9.537E-07	No

6337399	1000	9.537E-07	No
6337399	5000	9.537E-07	No
6337399	10000	9.537E-07	No
6337399	50000	9.537E-07	Si
6337399	100000	9.537E-07	Si
6337399	200000	1.9073E-06	Si
6337399	400000	1.9073E-06	Si
6337399	600000	1.9073E-06	Si
6337399	800000	1.1921E-06	Si
6337399	1000000	9.537E-07	Si
6337399	2000000	9.537E-07	Si
6337399	3000000	1.9073E-06	Si
6337399	4000000	9.537E-07	Si
6337399	5000000	1.9073E-06	Si
6337399	6000000	9.537E-07	Si
6337399	7000000	1.9073E-06	Si
6337399	8000000	2.1458E-06	Si
6337399	9000000	2.1458E-06	Si
6337399	10000000	9.537E-07	Si

Numero	Tam Problema	Tiempo real	Encontrado
61396	100	9.537E-07	No
61396	1000	1.9073E-06	No
61396	5000	9.537E-07	No
61396	10000	9.537E-07	No
61396	50000	9.537E-07	No
61396	100000	9.537E-07	No
61396	200000	9.537E-07	No
61396	400000	2.1458E-06	No
61396	600000	9.537E-07	No
61396	800000	1.9073E-06	No
61396	1000000	9.537E-07	No
61396	2000000	1.1921E-06	No
61396	3000000	1.9073E-06	No
61396	4000000	1.1921E-06	No
61396	5000000	2.1458E-06	No
61396	6000000	9.537E-07	No
61396	7000000	9.537E-07	No
61396	8000000	9.537E-07	No

61396	9000000	9.537E-07	No
61396	10000000	1.9073E-06	No

Numero	Tam Problema	Tiempo real	Encontrado
10393545	100	9.537E-07	No
10393545	1000	2.1458E-06	No
10393545	5000	2.1458E-06	No
10393545	10000	9.537E-07	No
10393545	50000	9.537E-07	Si
10393545	100000	9.537E-07	Si
10393545	200000	9.537E-07	Si
10393545	400000	1.9073E-06	Si
10393545	600000	9.537E-07	Si
10393545	800000	2.1458E-06	Si
10393545	1000000	0.000002861	Si
10393545	2000000	1.9073E-06	Si
10393545	3000000	2.1458E-06	Si
10393545	4000000	1.9073E-06	Si
10393545	5000000	9.537E-07	Si
10393545	6000000	1.9073E-06	Si

10393545	7000000	9.537E-07	Si
10393545	8000000	2.1458E-06	Si
10393545	9000000	1.1921E-06	Si
10393545	10000000	2.1458E-06	Si

Numero	Tam Problema	Tiempo real	Encontrado
2147445644	100	2.1458E-06	No
2147445644	1000	2.1458E-06	No
2147445644	5000	1.9073E-06	No
2147445644	10000	0	No
2147445644	50000	9.537E-07	No
2147445644	100000	9.537E-07	No
2147445644	200000	9.537E-07	No
2147445644	400000	9.537E-07	No
2147445644	600000	1.1921E-06	No
2147445644	800000	0.000002861	No
2147445644	1000000	9.537E-07	No
2147445644	2000000	1.1921E-06	No
2147445644	3000000	1.9073E-06	No
2147445644	4000000	1.9073E-06	No

2147445644	5000000	1.1921E-06	No
2147445644	6000000	9.537E-07	No
2147445644	7000000	9.537E-07	No
2147445644	8000000	9.537E-07	No
2147445644	9000000	9.537E-07	No
2147445644	10000000	1.9073E-06	No

Numero	Tam Problema	Tiempo real	Encontrado
1295390003	100	1.9073E-06	No
1295390003	1000	9.537E-07	No
1295390003	5000	9.537E-07	No
1295390003	10000	9.537E-07	No
1295390003	50000	9.537E-07	No
1295390003	100000	9.537E-07	No
1295390003	200000	0	No
1295390003	400000	9.537E-07	No
1295390003	600000	9.537E-07	No
1295390003	800000	9.537E-07	No
1295390003	1000000	9.537E-07	No
1295390003	2000000	9.537E-07	No

1295390003	3000000	1.1921E-06	No
1295390003	4000000	9.537E-07	No
1295390003	5000000	9.537E-07	No
1295390003	6000000	1.1921E-06	No
1295390003	7000000	1.9073E-06	Si
1295390003	8000000	1.9073E-06	Si
1295390003	9000000	2.1458E-06	Si
1295390003	10000000	1.9073E-06	Si

Numero	Tam Problema	Tiempo real	Encontrado
450057883	100	9.537E-07	No
450057883	1000	9.537E-07	No
450057883	5000	2.1458E-06	No
450057883	10000	9.537E-07	No
450057883	50000	9.537E-07	No
450057883	100000	9.537E-07	No
450057883	200000	9.537E-07	No
450057883	400000	1.1921E-06	No
450057883	600000	9.537E-07	No

450057883	800000	9.537E-07	No
450057883	1000000	1.1921E-06	No
450057883	2000000	9.537E-07	No
450057883	3000000	1.9073E-06	No
450057883	4000000	2.1458E-06	No
450057883	5000000	2.1458E-06	No
450057883	6000000	1.9073E-06	No
450057883	7000000	1.9073E-06	No
450057883	8000000	2.1458E-06	No
450057883	9000000	1.9073E-06	No
450057883	10000000	1.9073E-06	No

Numero	Tam Problema	Tiempo real	Encontrado
187645041	100	9.537E-07	No
187645041	1000	2.1458E-06	No
187645041	5000	1.9073E-06	No
187645041	10000	9.537E-07	No
187645041	50000	9.537E-07	No
187645041	100000	9.537E-07	No

187645041	200000	1.1921E-06	No
187645041	400000	0	No
187645041	600000	9.537E-07	No
187645041	800000	1.1921E-06	No
187645041	1000000	1.9073E-06	No
187645041	2000000	1.9073E-06	No
187645041	3000000	1.9073E-06	No
187645041	4000000	0.000002861	No
187645041	5000000	1.9073E-06	No
187645041	6000000	1.9073E-06	No
187645041	7000000	2.1458E-06	No
187645041	8000000	9.537E-07	No
187645041	9000000	9.537E-07	No
187645041	10000000	2.1458E-06	No

Numero	Tam Problema	Tiempo real	Encontrado
1980098116	100	2.1458E-06	No
1980098116	1000	9.537E-07	No
1980098116	5000	9.537E-07	No

1980098116	10000	9.537E-07	No
1980098116	50000	1.1921E-06	No
1980098116	100000	9.537E-07	No
1980098116	200000	9.537E-07	No
1980098116	400000	1.1921E-06	No
1980098116	600000	9.537E-07	No
1980098116	800000	9.537E-07	No
1980098116	1000000	9.537E-07	No
1980098116	2000000	9.537E-07	No
1980098116	3000000	1.1921E-06	No
1980098116	4000000	1.9073E-06	No
1980098116	5000000	0	No
1980098116	6000000	9.537E-07	No
1980098116	7000000	9.537E-07	No
1980098116	8000000	1.1921E-06	No
1980098116	9000000	1.1921E-06	No
1980098116	10000000	1.9073E-06	No

Numero	Tam Problema	Tiempo real	Encontrado
152503	100	1.9073E-06	No

152503	1000	1.9073E-06	No
152503	5000	2.1458E-06	No
152503	10000	9.537E-07	No
152503	50000	9.537E-07	No
152503	100000	1.1921E-06	No
152503	200000	2.1458E-06	No
152503	400000	9.537E-07	No
152503	600000	9.537E-07	No
152503	800000	1.1921E-06	No
152503	1000000	9.537E-07	No
152503	2000000	1.9073E-06	No
152503	3000000	1.9073E-06	No
152503	4000000	1.9073E-06	No
152503	5000000	9.537E-07	No
152503	6000000	9.537E-07	No
152503	7000000	1.1921E-06	No
152503	8000000	9.537E-07	No
152503	9000000	9.537E-07	No
152503	10000000	9.537E-07	No

Numero	Tam Problema	Tiempo real	Encontrado
5000	100	1.9073E-06	No
5000	1000	1.9073E-06	No
5000	5000	2.1458E-06	No
5000	10000	9.537E-07	No
5000	50000	1.1921E-06	No
5000	100000	9.537E-07	No
5000	200000	9.537E-07	No
5000	400000	1.1921E-06	No
5000	600000	1.00136E-05	No
5000	800000	9.537E-07	No
5000	1000000	1.1921E-06	No
5000	2000000	9.537E-07	No
5000	3000000	2.1458E-06	No
5000	4000000	9.537E-07	No
5000	5000000	9.537E-07	No
5000	6000000	9.537E-07	No
5000	7000000	9.537E-07	No
5000	8000000	9.537E-07	No

5000	9000000	1.1921E-06	No
5000	10000000	9.537E-07	No

Numero	Tam Problema	Tiempo real	Encontrado
1493283650	100	1.1921E-06	No
1493283650	1000	9.537E-07	No
1493283650	5000	9.537E-07	No
1493283650	10000	9.537E-07	No
1493283650	50000	9.537E-07	No
1493283650	100000	1.1921E-06	No
1493283650	200000	9.537E-07	No
1493283650	400000	9.537E-07	No
1493283650	600000	9.537E-07	No
1493283650	800000	9.537E-07	No
1493283650	1000000	0	No
1493283650	2000000	9.537E-07	No
1493283650	3000000	9.537E-07	No
1493283650	4000000	1.1921E-06	No
1493283650	5000000	9.537E-07	No
1493283650	6000000	9.537E-07	No

1493283650	7000000	1.1921E-06	Si
1493283650	8000000	1.9073E-06	Si
1493283650	9000000	1.9073E-06	Si
1493283650	10000000	1.9073E-06	Si

Numero	Tam Problema	Tiempo real	Encontrado
214826	100	9.537E-07	No
214826	1000	9.537E-07	No
214826	5000	1.9073E-06	No
214826	10000	9.537E-07	No
214826	50000	9.537E-07	No
214826	100000	9.537E-07	No
214826	200000	1.9073E-06	No
214826	400000	9.537E-07	No
214826	600000	9.537E-07	No
214826	800000	1.9073E-06	No
214826	1000000	1.1921E-06	No
214826	2000000	1.9073E-06	No
214826	3000000	9.537E-07	No
214826	4000000	9.537E-07	No

214826	5000000	1.9073E-06	No
214826	6000000	9.537E-07	No
214826	7000000	1.9073E-06	No
214826	8000000	1.1921E-06	No
214826	9000000	1.1921E-06	No
214826	10000000	1.9073E-06	No

Numero	Tam Problema	Tiempo real	Encontrado
1843349527	100	9.537E-07	No
1843349527	1000	9.537E-07	No
1843349527	5000	1.1921E-06	No
1843349527	10000	1.1921E-06	No
1843349527	50000	9.537E-07	No
1843349527	100000	9.537E-07	No
1843349527	200000	9.537E-07	No
1843349527	400000	9.537E-07	No
1843349527	600000	9.537E-07	No
1843349527	800000	9.537E-07	No
1843349527	1000000	9.537E-07	No
1843349527	2000000	9.537E-07	No

1843349527	3000000	9.537E-07	No
1843349527	4000000	9.537E-07	No
1843349527	5000000	9.537E-07	No
1843349527	6000000	1.1921E-06	No
1843349527	7000000	1.1921E-06	No
1843349527	8000000	9.537E-07	No
1843349527	9000000	4.0531E-06	Si
1843349527	10000000	2.1458E-06	Si

Numero	Tam Problema	Tiempo real	Encontrado
1360839354	100	1.9073E-06	No
1360839354	1000	1.1921E-06	No
1360839354	5000	9.537E-07	No
1360839354	10000	0	No
1360839354	50000	9.537E-07	No
1360839354	100000	9.537E-07	No
1360839354	200000	9.537E-07	No
1360839354	400000	9.537E-07	No
1360839354	600000	1.1921E-06	No
1360839354	800000	9.537E-07	No

1360839354	1000000	0	No
1360839354	2000000	9.537E-07	No
1360839354	3000000	9.537E-07	No
1360839354	4000000	9.537E-07	No
1360839354	5000000	9.537E-07	No
1360839354	6000000	0	No
1360839354	7000000	1.9073E-06	No
1360839354	8000000	2.1458E-06	No
1360839354	9000000	1.9073E-06	No
1360839354	10000000	1.9073E-06	No

Numero	Tam Problema	Tiempo real	Encontrado
2109248666	100	1.1921E-06	No
2109248666	1000	9.537E-07	No
2109248666	5000	1.9073E-06	No
2109248666	10000	1.1921E-06	No
2109248666	50000	1.1921E-06	No
2109248666	100000	0	No
2109248666	200000	9.537E-07	No
2109248666	400000	1.1921E-06	No

2109248666	600000	9.537E-07	No
2109248666	800000	9.537E-07	No
2109248666	1000000	9.537E-07	No
2109248666	2000000	1.1921E-06	No
2109248666	3000000	9.537E-07	No
2109248666	4000000	9.537E-07	No
2109248666	5000000	9.537E-07	No
2109248666	6000000	1.1921E-06	No
2109248666	7000000	1.1921E-06	No
2109248666	8000000	9.537E-07	No
2109248666	9000000	9.537E-07	No
2109248666	10000000	1.9073E-06	Si

Numero	Tam Problema	Tiempo real	Encontrado
2147470852	100	9.537E-07	No
2147470852	1000	9.537E-07	No
2147470852	5000	9.537E-07	No
2147470852	10000	9.537E-07	No
2147470852	50000	9.537E-07	No
2147470852	100000	9.537E-07	No

2147470852	200000	1.1921E-06	No
2147470852	400000	9.537E-07	No
2147470852	600000	9.537E-07	No
2147470852	800000	9.537E-07	No
2147470852	1000000	9.537E-07	No
2147470852	2000000	9.537E-07	No
2147470852	3000000	9.537E-07	No
2147470852	4000000	1.1921E-06	No
2147470852	5000000	0	No
2147470852	6000000	9.537E-07	No
2147470852	7000000	9.537E-07	No
2147470852	8000000	1.1921E-06	No
2147470852	9000000	9.537E-07	No
2147470852	10000000	2.1458E-06	Si

Numero	Tam Problema	Tiempo real	Encontrado
0	100	9.537E-07	Si
0	1000	2.1458E-06	Si
0	5000	1.9073E-06	Si
0	10000	1.1921E-06	Si

0	50000	9.537E-07	Si
0	100000	9.537E-07	Si
0	200000	9.537E-07	Si
0	400000	9.537E-07	Si
0	600000	9.537E-07	Si
0	800000	9.537E-07	Si
0	1000000	1.1921E-06	Si
0	2000000	9.537E-07	Si
0	3000000	9.537E-07	Si
0	4000000	9.537E-07	Si
0	5000000	9.537E-07	Si
0	6000000	9.537E-07	Si
0	7000000	9.537E-07	Si
0	8000000	9.537E-07	Si
0	9000000	9.537E-07	Si
0	10000000	9.537E-07	Si

- Árbol Binario de Búsqueda

Número	Tam Problema	Tiempo real	Encontrado
322486	100	2.09808E-05	No

322486	1000	0.000436068	No
322486	5000	0.002148867	No
322486	10000	0.004866123	No
322486	50000	0.022886038	No
322486	100000	0.053879976	No
322486	200000	0.173851013	No
322486	400000	0.349545956	No
322486	600000	0.580864906	No
322486	800000	0.838393927	No
322486	1000000	1.11480999	No
322486	2000000	2.65169096	No
322486	3000000	4.541795015	No
322486	4000000	6.210468054	No
322486	5000000	8.131469965	No
322486	6000000	10.06548595	No
322486	7000000	12.10616589	No
322486	8000000	14.3423512	No
322486	9000000	16.3406949	SI
322486	10000000	17.84785414	SI

Numero	Tam Problema	Tiempo real	Encontrado
14700764	100	2.40803E-05	No
14700764	1000	0.000418901	No
14700764	5000	0.002144098	No
14700764	10000	0.004883051	No
14700764	50000	0.023033142	No
14700764	100000	0.059051991	No
14700764	200000	0.146581888	No
14700764	400000	0.369283915	No
14700764	600000	0.611367941	No
14700764	800000	0.890861988	No
14700764	1000000	1.173324108	No
14700764	2000000	2.78291297	No
14700764	3000000	4.775964022	No
14700764	4000000	6.590718985	No
14700764	5000000	8.551903009	No
14700764	6000000	10.65664506	No
14700764	7000000	12.98682594	No
14700764	8000000	15.09073401	No

14700764	9000000	17.43262696	No
14700764	10000000	19.76197886	No

Numero	Tam Problema	Tiempo real	Encontrado
3128036	100	2.09808E-05	No
3128036	1000	0.000411987	No
3128036	5000	0.002089024	No
3128036	10000	0.003621101	No
3128036	50000	0.022994995	No
3128036	100000	0.060235024	No
3128036	200000	0.147423029	No
3128036	400000	0.357578993	No
3128036	600000	0.607446909	No
3128036	800000	0.877930164	No
3128036	1000000	1.168079853	No
3128036	2000000	2.814640999	SI
3128036	3000000	4.606535196	SI
3128036	4000000	6.541614056	SI
3128036	5000000	8.557427883	SI

3128036	6000000	10.68526006	SI
3128036	7000000	12.89608097	SI
3128036	8000000	15.15398312	SI
3128036	9000000	17.37929988	SI
3128036	10000000	19.82923293	SI

Numero	Tam Problema	Tiempo real	Encontrado
6337399	100	2.09808E-05	No
6337399	1000	0.000422001	No
6337399	5000	0.00214386	No
6337399	10000	0.003484964	No
6337399	50000	0.023010016	No
6337399	100000	0.060930014	No
6337399	200000	0.14250207	No
6337399	400000	0.37433815	No
6337399	600000	0.602673054	No
6337399	800000	0.877177954	No
6337399	1000000	1.169547081	No
6337399	2000000	2.836395025	No
6337399	3000000	4.599498987	No

6337399	4000000	6.530297041	No
6337399	5000000	8.571326971	No
6337399	6000000	10.66582298	No
6337399	7000000	12.92323613	SI
6337399	8000000	15.10769486	SI
6337399	9000000	17.46227312	SI
6337399	10000000	19.84189105	SI

Numero	Tam Problema	Tiempo real	Encontrado
61396	100	2.09808E-05	No
61396	1000	0.000415087	No
61396	5000	0.002137899	No
61396	10000	0.003427982	No
61396	50000	0.023111105	No
61396	100000	0.059810877	No
61396	200000	0.144033909	No
61396	400000	0.35592103	No
61396	600000	0.609903097	No
61396	800000	0.878079891	No
61396	1000000	1.175381899	No

61396	2000000	2.796946049	No
61396	3000000	4.590570927	No
61396	4000000	6.532890081	No
61396	5000000	8.560139895	No
61396	6000000	10.68962097	No
61396	7000000	12.91187191	No
61396	8000000	15.17139697	No
61396	9000000	17.51040506	No
61396	10000000	19.78804207	No

Numero	Tam Problema	Tiempo real	Encontrado
10393545	100	1.78814E-05	No
10393545	1000	0.000413895	No
10393545	5000	0.001746893	No
10393545	10000	0.003406048	No
10393545	50000	0.022843123	No
10393545	100000	0.055275202	No
10393545	200000	0.165390968	No
10393545	400000	0.357230902	No
10393545	600000	0.610449076	No

10393545	800000	0.880661011	No
10393545	1000000	1.169620037	No
10393545	2000000	2.78863883	No
10393545	3000000	4.592218161	No
10393545	4000000	6.515166998	No
10393545	5000000	8.577274084	No
10393545	6000000	10.7034421	No
10393545	7000000	12.950701	SI
10393545	8000000	15.22283196	SI
10393545	9000000	17.56450796	SI
10393545	10000000	19.83233786	SI

Numero	Tam Problema	Tiempo real	Encontrado
2147445644	100	2.09808E-05	No
2147445644	1000	0.000413895	No
2147445644	5000	0.001503944	No
2147445644	10000	0.003412008	No
2147445644	50000	0.022876978	No
2147445644	100000	0.05615592	No
2147445644	200000	0.163249016	No

2147445644	400000	0.360183001	No
2147445644	600000	0.60611105	No
2147445644	800000	0.882071972	No
2147445644	1000000	1.17659092	No
2147445644	2000000	2.952734947	No
2147445644	3000000	4.592843056	No
2147445644	4000000	6.523490906	No
2147445644	5000000	8.557299137	No
2147445644	6000000	10.71080089	No
2147445644	7000000	12.92164779	No
2147445644	8000000	15.14308715	No
2147445644	9000000	17.39636707	No
2147445644	10000000	19.99996996	No

Numero	Tam Problema	Tiempo real	Encontrado
1295390003	100	2.40803E-05	No
1295390003	1000	0.000422001	No
1295390003	5000	0.001554012	No
1295390003	10000	0.003417015	No
1295390003	50000	0.022898912	No

1295390003	100000	0.054221869	No
1295390003	200000	0.160922051	No
1295390003	400000	0.361281872	No
1295390003	600000	0.604314089	No
1295390003	800000	0.882092953	No
1295390003	1000000	1.171181202	No
1295390003	2000000	2.863488913	No
1295390003	3000000	4.59335804	No
1295390003	4000000	6.524274826	No
1295390003	5000000	8.552736998	No
1295390003	6000000	10.71157694	No
1295390003	7000000	12.94000697	No
1295390003	8000000	15.20270014	No
1295390003	9000000	17.52360082	SI
1295390003	10000000	19.97839999	SI

Numero	Tam Problema	Tiempo real	Encontrado
450057883	100	2.09808E-05	No
450057883	1000	0.000455141	No
450057883	5000	0.001503944	No

450057883	10000	0.003508091	No
450057883	50000	0.023066998	No
450057883	100000	0.063164949	No
450057883	200000	0.154709101	No
450057883	400000	0.355808973	No
450057883	600000	0.605295181	No
450057883	800000	0.885134935	No
450057883	1000000	1.173629046	No
450057883	2000000	2.867045879	No
450057883	3000000	4.587136984	No
450057883	4000000	6.527541876	No
450057883	5000000	8.573636055	No
450057883	6000000	10.664819	No
450057883	7000000	12.9073751	No
450057883	8000000	15.14977694	No
450057883	9000000	17.46516109	No
450057883	10000000	19.95854402	No

Numero	Tam Problema	Tiempo real	Encontrado
187645041	100	1.69277E-05	No

187645041	1000	0.00032115	No
187645041	5000	0.00150609	No
187645041	10000	0.003779173	No
187645041	50000	0.022999048	No
187645041	100000	0.061628819	No
187645041	200000	0.169525147	No
187645041	400000	0.35569191	No
187645041	600000	0.601324081	No
187645041	800000	0.878696203	No
187645041	1000000	1.17392993	No
187645041	2000000	2.845062017	No
187645041	3000000	4.589880943	No
187645041	4000000	6.526263952	No
187645041	5000000	8.569873095	No
187645041	6000000	10.93794799	No
187645041	7000000	12.90152907	No
187645041	8000000	15.14747787	No
187645041	9000000	17.53135586	No
187645041	10000000	19.92683291	No

Numero	Tam Problema	Tiempo real	Encontrado
1980098116	100	2.09808E-05	No
1980098116	1000	0.000324965	No
1980098116	5000	0.001549006	No
1980098116	10000	0.003455162	No
1980098116	50000	0.023066998	No
1980098116	100000	0.057794094	No
1980098116	200000	0.159293175	No
1980098116	400000	0.358700991	No
1980098116	600000	0.605370045	No
1980098116	800000	0.882501125	No
1980098116	1000000	1.17018795	No
1980098116	2000000	2.870362997	No
1980098116	3000000	4.585757971	No
1980098116	4000000	6.517880201	No
1980098116	5000000	8.547768116	No
1980098116	6000000	10.95859909	No
1980098116	7000000	12.93677402	No
1980098116	8000000	15.17334104	No

1980098116	9000000	17.47063518	No
1980098116	10000000	19.92784119	No

Numero	Tam Problema	Tiempo real	Encontrado
152503	100	2.09808E-05	No
152503	1000	0.000326157	No
152503	5000	0.001504898	No
152503	10000	0.003422022	No
152503	50000	0.023247957	No
152503	100000	0.071789026	No
152503	200000	0.157021999	No
152503	400000	0.359378815	No
152503	600000	0.603617191	No
152503	800000	0.883877039	No
152503	1000000	1.174009085	No
152503	2000000	2.828215122	No
152503	3000000	4.586650133	No
152503	4000000	6.51949501	No
152503	5000000	8.56041503	No
152503	6000000	10.68859196	No

152503	7000000	12.89418793	No
152503	8000000	15.20271802	No
152503	9000000	17.58194089	No
152503	10000000	19.93072104	No

Numero	Tam Problema	Tiempo real	Encontrado
5000	100	2.00272E-05	No
5000	1000	0.000325918	No
5000	5000	0.001516104	No
5000	10000	0.00339818	No
5000	50000	0.02302289	No
5000	100000	0.059656143	No
5000	200000	0.151401043	No
5000	400000	0.354418993	No
5000	600000	0.601420879	No
5000	800000	0.887360096	No
5000	1000000	1.171315908	No
5000	2000000	2.8916471	No
5000	3000000	4.577768087	No
5000	4000000	6.518225908	No

5000	5000000	8.562527895	No
5000	6000000	10.82344294	No
5000	7000000	12.91433501	No
5000	8000000	15.17566681	No
5000	9000000	17.52052903	No
5000	10000000	19.92517495	No

Numero	Tam Problema	Tiempo real	Encontrado
1493283650	100	2.09808E-05	No
1493283650	1000	0.000323057	No
1493283650	5000	0.001549959	No
1493283650	10000	0.003403902	No
1493283650	50000	0.023322821	No
1493283650	100000	0.061501026	No
1493283650	200000	0.148127079	No
1493283650	400000	0.355285168	No
1493283650	600000	0.604157925	SI
1493283650	800000	0.882359028	SI
1493283650	1000000	1.173461914	SI
1493283650	2000000	2.907585859	SI

1493283650	3000000	4.578865051	SI
1493283650	4000000	6.52729702	SI
1493283650	5000000	8.556657076	SI
1493283650	6000000	10.72658491	SI
1493283650	7000000	12.90226603	SI
1493283650	8000000	15.13996291	SI
1493283650	9000000	17.51036191	SI
1493283650	10000000	19.95631313	SI

Numero	Tam Problema	Tiempo real	Encontrado
214826	100	1.71661E-05	No
214826	1000	0.000324965	No
214826	5000	0.001540899	No
214826	10000	0.003422022	No
214826	50000	0.023132086	No
214826	100000	0.054871082	No
214826	200000	0.139003992	No
214826	400000	0.354504824	No
214826	600000	0.605829954	No
214826	800000	0.879332066	No

214826	1000000	1.173686981	No
214826	2000000	2.840898037	No
214826	3000000	4.580015898	No
214826	4000000	6.545918942	No
214826	5000000	8.55476594	No
214826	6000000	10.68833494	No
214826	7000000	12.89405608	No
214826	8000000	15.12950993	No
214826	9000000	17.45731306	No
214826	10000000	19.94027305	No

Numero	Tam Problema	Tiempo real	Encontrado
1843349527	100	2.00272E-05	No
1843349527	1000	0.00032115	No
1843349527	5000	0.00156188	No
1843349527	10000	0.003381968	No
1843349527	50000	0.022901058	No
1843349527	100000	0.057600975	No
1843349527	200000	0.140910864	No
1843349527	400000	0.351531982	No

1843349527	600000	0.605316877	No
1843349527	800000	0.881107092	No
1843349527	1000000	1.168958187	No
1843349527	2000000	2.875119925	No
1843349527	3000000	4.585129023	SI
1843349527	4000000	6.592180967	SI
1843349527	5000000	8.570765019	SI
1843349527	6000000	10.68327403	SI
1843349527	7000000	12.91276503	SI
1843349527	8000000	15.18007612	SI
1843349527	9000000	17.47899389	SI
1843349527	10000000	19.96264505	SI

Numero	Tam Problema	Tiempo real	Encontrado
1360839354	100	2.09808E-05	No
1360839354	1000	0.000325918	No
1360839354	5000	0.001513004	No
1360839354	10000	0.003399134	No
1360839354	50000	0.022975206	No
1360839354	100000	0.070225	No

1360839354	200000	0.138791084	No
1360839354	400000	0.351688862	No
1360839354	600000	0.605113983	No
1360839354	800000	0.878234863	No
1360839354	1000000	1.172888041	No
1360839354	2000000	2.892992973	No
1360839354	3000000	4.575114965	No
1360839354	4000000	6.601647854	No
1360839354	5000000	8.56889987	No
1360839354	6000000	10.69471002	No
1360839354	7000000	12.91342616	No
1360839354	8000000	15.15232611	No
1360839354	9000000	17.47378302	No
1360839354	10000000	24.71989012	No

Numero	Tam Problema	Tiempo real	Encontrado
2109248666	100	2.00272E-05	No
2109248666	1000	0.000327826	No
2109248666	5000	0.001540899	No
2109248666	10000	0.003406048	No

2109248666	50000	0.023249865	No
2109248666	100000	0.074889183	No
2109248666	200000	0.140482903	No
2109248666	400000	0.353577852	No
2109248666	600000	0.604671001	No
2109248666	800000	0.875548124	No
2109248666	1000000	1.178091049	No
2109248666	2000000	2.862382889	No
2109248666	3000000	4.588379145	No
2109248666	4000000	6.541990995	No
2109248666	5000000	8.54904604	No
2109248666	6000000	10.7024951	No
2109248666	7000000	13.47537994	SI
2109248666	8000000	15.15974998	SI
2109248666	9000000	17.52201605	SI
2109248666	10000000	19.83151603	SI

Numero	Tam Problema	Tiempo real	Encontrado
2147470852	100	1.69277E-05	No
2147470852	1000	0.000319958	No

2147470852	5000	0.001531839	No
2147470852	10000	0.003379107	No
2147470852	50000	0.023055077	No
2147470852	100000	0.068427086	No
2147470852	200000	0.145571947	No
2147470852	400000	0.355301142	No
2147470852	600000	0.603340149	No
2147470852	800000	0.878652096	No
2147470852	1000000	1.175512075	No
2147470852	2000000	2.846212864	No
2147470852	3000000	4.58526516	No
2147470852	4000000	6.550518036	No
2147470852	5000000	8.575976133	No
2147470852	6000000	10.64158702	No
2147470852	7000000	12.86791205	No
2147470852	8000000	15.64039397	SI
2147470852	9000000	24.07078886	SI
2147470852	10000000	19.77423501	SI

Numero	Tam Problema	Tiempo real	Encontrado
--------	--------------	-------------	------------

0	100	1.88351E-05	No
0	1000	0.000326157	No
0	5000	0.001519918	No
0	10000	0.003386974	No
0	50000	0.02322793	No
0	100000	0.070456028	No
0	200000	0.148857832	No
0	400000	0.354798794	No
0	600000	0.603981018	No
0	800000	0.878916025	No
0	1000000	1.175368071	No
0	2000000	2.85264802	No
0	3000000	4.593816996	No
0	4000000	6.616394043	No
0	5000000	8.588043928	No
0	6000000	10.49313807	No
0	7000000	12.94287682	No
0	8000000	15.12898707	No
0	9000000	17.59952116	No

0

10000000

25.66287994

No

Variante con Hilos.

- Búsqueda Lineal

#	Tamaño Problema	Tamaño Problema2	Tamaño Problema3	Tamaño Problema4	Tamaño Problema5
Número	100	1000	5000	10000	50000
322486	0.000144005	0.001029015	0.000153065	0.000131846	0.000146866
1470076 4	4.98295E-05	0.000911951	3.91006E-05	4.00543E-05	4.41074E-05
3128036	3.48091E-05	4.48227E-05	4.22001E-05	3.21865E-05	3.21865E-05
6337399	3.38554E-05	3.91006E-05	3.29018E-05	0.000027895	3.69549E-05
61396	3.69549E-05	3.69549E-05	3.09944E-05	3.29018E-05	3.29018E-05
1039354 5	3.69549E-05	4.31538E-05	2.90871E-05	0.000038147	0.000038147
2147445 644	3.29018E-05	3.50475E-05	3.19481E-05	3.00407E-05	3.60012E-05
1295390 003	3.09944E-05	3.19481E-05	3.00407E-05	4.00543E-05	2.88486E-05
4500578 83	3.48091E-05	3.00407E-05	3.21865E-05	3.60012E-05	3.71933E-05
1876450 41	2.98023E-05	3.21865E-05	3.19481E-05	0.000027895	3.79086E-05
1980098 116	3.48091E-05	3.09944E-05	2.90871E-05	3.00407E-05	2.88486E-05
152503	3.38554E-05	3.19481E-05	3.21865E-05	3.69549E-05	3.09944E-05

5000	3.09944E-05	3.79086E-05	3.69549E-05	2.90871E-05	3.60012E-05
1493283 650	0.000027895	2.90871E-05	0.000038147	3.09944E-05	3.60012E-05
214826	3.29018E-05	5.91278E-05	3.69549E-05	2.81334E-05	3.91006E-05
1843349 527	3.09944E-05	3.19481E-05	3.00407E-05	2.90871E-05	2.90871E-05
1360839 354	3.48091E-05	3.19481E-05	3.79086E-05	3.31402E-05	3.00407E-05
2109248 666	3.09944E-05	2.59876E-05	2.98023E-05	3.00407E-05	3.00407E-05
2147470 852	3.50475E-05	0.000043869	3.60012E-05	4.00543E-05	3.60012E-05
0	3.50475E-05	3.38554E-05	3.69549E-05	3.71933E-05	4.00543E-05
	3.96132E-05	0.000129545	3.98755E-05	3.80874E-05	4.03643E-05

#	Tamaño Problema6	Tamaño Problema7	Tamaño Problema8	Tamaño Problema9	Tamaño Problema10
Número	100000	200000	400000	600000	800000
322486	0.000224114	0.000225067	0.00022316	0.000206947	0.000224114
1470076 4	4.79221E-05	0.000118017	5.88894E-05	0.000043869	5.50747E-05
3128036	3.69549E-05	0.00009799	3.98159E-05	3.79086E-05	4.88758E-05
6337399	0.000041008	9.48906E-05	3.40939E-05	3.91006E-05	4.29153E-05
61396	3.09944E-05	6.31809E-05	3.31402E-05	3.09944E-05	4.41074E-05
1039354 5	2.90871E-05	3.69549E-05	3.50475E-05	3.19481E-05	4.19617E-05

2147445 644	3.19481E-05	7.41482E-05	4.00543E-05	3.40939E-05	3.88622E-05
1295390 003	3.29018E-05	3.09944E-05	0.000038147	3.21865E-05	0.000340939
4500578 83	2.59876E-05	3.79086E-05	3.88622E-05	4.00543E-05	0.000874996
1876450 41	3.19481E-05	3.60012E-05	3.29018E-05	3.91006E-05	0.000082016
1980098 116	3.50475E-05	3.71933E-05	3.19481E-05	3.69549E-05	6.00815E-05
152503	2.88486E-05	3.88622E-05	3.09944E-05	2.98023E-05	0.000158787
5000	3.60012E-05	3.79086E-05	3.38554E-05	3.00407E-05	5.79357E-05
1493283 650	3.50475E-05	3.09944E-05	3.71933E-05	3.38554E-05	4.60148E-05
214826	3.09944E-05	3.29018E-05	3.79086E-05	3.38554E-05	0.000126123
1843349 527	3.00407E-05	0.000038147	3.60012E-05	3.40939E-05	0.000641108
1360839 354	0.000038147	3.79086E-05	3.09944E-05	3.09944E-05	4.91142E-05
2109248 666	3.50475E-05	3.69549E-05	0.000038147	3.29018E-05	4.19617E-05
2147470 852	3.21865E-05	3.69549E-05	3.40939E-05	3.31402E-05	0.000115871
0	2.88486E-05	3.71933E-05	3.79086E-05	3.19481E-05	4.19617E-05
	4.31538E-05	5.90086E-05	4.61578E-05	4.31895E-05	0.000156641

#	Tamaño Problema11	Tamaño Problema12	Tamaño Problema13	Tamaño Problema14	Tamaño Problema15
---	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------

Número	1000000	2000000	3000000	4000000	5000000
322486	0.000277996	0.000242949	0.000270844	0.000204086	0.000296116
147007 64	0.000114203	0.000105858	7.20024E-05	4.00543E-05	0.000114918
312803 6	6.38962E-05	0.000116825	0.000038147	3.69549E-05	0.000110149
633739 9	3.60012E-05	0.000119925	8.51154E-05	3.38554E-05	0.000111103
61396	3.50475E-05	0.000118017	3.88622E-05	3.29018E-05	0.000108957
103935 45	3.50475E-05	4.19617E-05	3.60012E-05	3.31402E-05	3.21865E-05
214744 5644	3.60012E-05	0.000041008	9.08375E-05	4.00543E-05	3.60012E-05
129539 0003	3.19481E-05	4.00543E-05	3.60012E-05	0.000038147	3.98159E-05
450057 883	3.09944E-05	3.09944E-05	3.40939E-05	3.00407E-05	3.29018E-05
187645 041	4.00543E-05	3.40939E-05	3.88622E-05	0.000038147	3.40939E-05
198009 8116	4.19617E-05	3.09944E-05	3.79086E-05	3.79086E-05	4.00543E-05
152503	3.00407E-05	3.88622E-05	3.19481E-05	3.79086E-05	0.000038147
5000	3.31402E-05	3.88622E-05	3.69549E-05	2.90871E-05	4.00543E-05
149328 3650	2.81334E-05	3.19481E-05	3.60012E-05	3.31402E-05	0.000038147
214826	3.60012E-05	3.91006E-05	3.19481E-05	3.79086E-05	3.09944E-05
184334 9527	3.48091E-05	3.69549E-05	3.19481E-05	3.40939E-05	3.31402E-05

136083 9354	3.38554E-05	3.79086E-05	3.79086E-05	3.40939E-05	3.38554E-05
210924 8666	3.91006E-05	3.91006E-05	4.07696E-05	2.81334E-05	3.19481E-05
214747 0852	3.31402E-05	3.09944E-05	3.09944E-05	3.21865E-05	0.000038147
0	3.09944E-05	3.38554E-05	3.40939E-05	3.09944E-05	3.19481E-05
	5.21183E-05	6.25133E-05	5.45621E-05	4.31419E-05	6.36339E-05

#	Tamaño Problema16	Tamaño Problema17	Tamaño Problema18	Tamaño Problema19	Tamaño Problema20
Número	6000000	7000000	8000000	9000000	10000000
322486	0.000209093	0.000253916	0.000267983	0.000258923	0.00022006
147007 64	4.60148E-05	0.000108004	0.000118971	7.60555E-05	0.00010705
312803 6	4.29153E-05	0.00012207	0.000127077	3.71933E-05	0.000115871
633739 9	3.60012E-05	4.31538E-05	7.79629E-05	3.79086E-05	0.000120878
61396	0.000038147	3.71933E-05	3.71933E-05	8.39233E-05	4.19617E-05
103935 45	0.000041008	3.00407E-05	8.39233E-05	3.40939E-05	3.71933E-05
214744 5644	3.00407E-05	0.000103951	3.29018E-05	3.29018E-05	3.00407E-05
129539 0003	2.88486E-05	3.50475E-05	3.40939E-05	3.09944E-05	3.60012E-05
450057 883	3.79086E-05	0.000041008	3.21865E-05	3.31402E-05	3.69549E-05

187645 041	3.09944E-05	4.00543E-05	3.38554E-05	3.31402E-05	3.21865E-05
198009 8116	3.98159E-05	3.91006E-05	3.98159E-05	3.19481E-05	3.88622E-05
152503	3.00407E-05	3.88622E-05	4.00543E-05	3.09944E-05	2.90871E-05
5000	3.19481E-05	3.79086E-05	3.09944E-05	3.09944E-05	3.88622E-05
149328 3650	3.40939E-05	3.71933E-05	3.60012E-05	3.91006E-05	3.00407E-05
214826	3.00407E-05	3.19481E-05	3.38554E-05	3.79086E-05	3.19481E-05
184334 9527	3.50475E-05	0.000041008	2.88486E-05	3.91006E-05	3.21865E-05
136083 9354	3.21865E-05	3.19481E-05	3.60012E-05	3.60012E-05	3.29018E-05
210924 8666	4.00543E-05	0.000038147	3.71933E-05	3.29018E-05	3.69549E-05
214747 0852	0.000038147	3.69549E-05	3.38554E-05	3.91006E-05	3.19481E-05
0	3.69549E-05	3.21865E-05	3.88622E-05	4.00543E-05	3.09944E-05
Promedio	4.44651E-05	5.89848E-05	6.00815E-05	5.08189E-05	5.55992E-05

- Búsqueda Binaria

Número	Tamaño Problema	Tamaño Problema	Tamaño Problema	Tamaño Problema
	100	1000	5000	10000
322486	0.000182867	0.000118017	0.000117064	0.000117779

14700764	0.000038147	6.60419E-05	2.19345E-05	2.00272E-05
3128036	7.70092E-05	7.00951E-05	1.69277E-05	1.71661E-05
6337399	9.89437E-05	6.41346E-05	0.000015974	1.69277E-05
61396	0.000095129	2.28882E-05	0.000015974	0.000015974
10393545	4.91142E-05	5.79357E-05	0.000015974	0.000015974
2147445644	1.50204E-05	2.40803E-05	1.50204E-05	0.000015974
1295390003	1.50204E-05	6.41346E-05	1.50204E-05	1.50204E-05
450057883	0.000015974	1.78814E-05	1.50204E-05	0.000015974
187645041	0.000015974	2.09808E-05	0.000015974	1.50204E-05
1980098116	1.50204E-05	2.09808E-05	0.000015974	1.50204E-05
152503	1.40667E-05	2.00272E-05	1.40667E-05	1.50204E-05
5000	1.50204E-05	1.71661E-05	1.50204E-05	0.000015974
1493283650	1.69277E-05	1.50204E-05	1.38283E-05	1.50204E-05
214826	1.50204E-05	1.50204E-05	1.38283E-05	1.50204E-05
1843349527	1.50204E-05	1.50204E-05	0.000014782	1.71661E-05
1360839354	1.50204E-05	1.69277E-05	1.50204E-05	0.000015974
2109248666	1.50204E-05	0.000015974	0.000015974	0.000015974
2147470852	0.000015974	1.50204E-05	0.000015974	1.38283E-05
0	1.50204E-05	1.50204E-05	1.50204E-05	1.50204E-05

Promedio	3.77655E-05	3.46184E-05	2.07186E-05	2.09928E-05
----------	-------------	-------------	-------------	-------------

Número	Tamaño Problema	Tamaño Problema	Tamaño Problema	Tamaño Problema	Tamaño Problema
	50000	100000	200000	400000	600000
322486	0.000152826	0.000123978	0.000182152	0.000174999	0.000187874
14700764	2.40803E-05	7.39098E-05	6.69956E-05	7.70092E-05	2.21729E-05
3128036	1.69277E-05	2.28882E-05	0.000025034	6.50883E-05	2.69413E-05
6337399	1.69277E-05	1.81198E-05	0.000015974	0.00010705	2.21729E-05
61396	1.50204E-05	1.50204E-05	2.00272E-05	0.000111103	2.00272E-05
10393545	1.50204E-05	1.90735E-05	1.50204E-05	0.000110149	2.19345E-05
2147445644	1.50204E-05	2.09808E-05	1.90735E-05	6.60419E-05	2.00272E-05
1295390003	1.40667E-05	2.09808E-05	2.00272E-05	1.69277E-05	1.50204E-05
450057883	1.50204E-05	2.00272E-05	2.19345E-05	1.69277E-05	0.000014782
187645041	1.40667E-05	0.000015974	2.09808E-05	0.000015974	1.50204E-05
1980098116	1.50204E-05	1.50204E-05	1.50204E-05	1.69277E-05	0.000015974
152503	1.50204E-05	0.000015974	1.50204E-05	1.90735E-05	1.50204E-05
5000	0.000014782	0.000015974	1.50204E-05	0.000015974	1.50204E-05
1493283650	1.50204E-05	0.000014782	0.000015974	0.000015974	1.50204E-05
214826	1.40667E-05	0.000015974	0.000015974	0.000015974	1.62125E-05

1843349527	1.38283E-05	1.50204E-05	1.50204E-05	1.50204E-05	1.50204E-05
1360839354	1.50204E-05	0.000015974	1.50204E-05	0.000015974	1.50204E-05
2109248666	1.50204E-05	1.62125E-05	1.40667E-05	1.69277E-05	0.000015974
2147470852	1.50204E-05	1.50204E-05	1.50204E-05	0.000015974	1.50204E-05
0	1.50204E-05	0.000015974	1.50204E-05	1.90735E-05	1.50204E-05
Promedio	2.23398E-05	2.53439E-05	2.79188E-05	4.64082E-05	2.59638E-05
Tamaño Problema	50000	100000	200000	400000	600000

Número	Tamaño Problema	Tamaño Problema	Tamaño Problema	Tamaño Problema	Tamaño Problema
	800000	1000000	2000000	3000000	4000000
322486	0.000173092	0.00026989	0.00023818	0.000255823	0.000231028
14700764	2.90871E-05	0.000115871	7.70092E-05	0.000108957	6.00815E-05
3128036	2.40803E-05	0.00009799	7.20024E-05	0.00011301	2.12193E-05
6337399	2.09808E-05	0.000100136	0.000114918	0.000106096	6.29425E-05
61396	1.90735E-05	0.000027895	0.000119209	0.00010705	0.000111103
10393545	1.81198E-05	1.69277E-05	0.000106096	0.000110149	9.60827E-05
2147445644	1.90735E-05	6.91414E-05	6.69956E-05	6.79493E-05	2.81334E-05
1295390003	1.90735E-05	2.09808E-05	1.69277E-05	1.69277E-05	1.69277E-05

450057883	1.78814E-05	0.000025034	2.00272E-05	2.09808E-05	7.41482E-05
187645041	1.78814E-05	2.19345E-05	1.81198E-05	1.50204E-05	2.09808E-05
1980098116	1.90735E-05	1.71661E-05	0.000015974	0.000015974	1.71661E-05
152503	2.00272E-05	1.69277E-05	1.71661E-05	1.50204E-05	1.50204E-05
5000	1.90735E-05	0.000015974	0.000015974	0.000014782	1.90735E-05
1493283650	1.81198E-05	0.000015974	0.000015974	1.78814E-05	1.50204E-05
214826	1.81198E-05	1.88351E-05	1.50204E-05	0.000015974	0.000015974
1843349527	2.00272E-05	1.50204E-05	1.50204E-05	1.50204E-05	1.50204E-05
1360839354	1.81198E-05	1.50204E-05	0.000015974	1.50204E-05	0.000015974
2109248666	1.81198E-05	0.000015974	0.000015974	1.69277E-05	1.50204E-05
2147470852	1.69277E-05	1.50204E-05	0.000015974	1.50204E-05	1.50204E-05
0	1.78814E-05	0.000015974	1.69277E-05	1.62125E-05	1.78814E-05
Promedio	2.71916E-05	4.63843E-05	5.04732E-05	5.39899E-05	4.41909E-05
Tamaño Problema	800000	1000000	2000000	3000000	4000000

Número	Tamaño Problema	Tamaño Problema	Tamaño Problema	Tamaño Problema	Tamaño Problema	Tamaño Problema
	5000000	6000000	7000000	8000000	9000000	10000000
322486	0.00018620 5	0.00023698 8	0.00018596 7	0.00028514 9	0.00022792 8	0.00022292 1

14700764	2.69413E-05	7.79629E-05	7.79629E-05	0.000118017	7.31945E-05	0.00011301
3128036	2.38419E-05	6.98566E-05	0.00011301	2.81334E-05	2.69413E-05	0.000108957
6337399	1.71661E-05	0.000110865	0.000114918	6.98566E-05	2.31266E-05	0.000110865
61396	1.69277E-05	0.000110865	0.000108004	2.69413E-05	2.09808E-05	0.00010705
10393545	1.62125E-05	0.000108004	9.60827E-05	2.19345E-05	2.21729E-05	0.000108004
2147445644	0.000015974	7.29561E-05	9.98974E-05	6.91414E-05	2.09808E-05	2.81334E-05
1295390003	1.69277E-05	1.78814E-05	2.09808E-05	7.20024E-05	1.69277E-05	1.81198E-05
450057883	0.000014782	0.000015974	1.71661E-05	2.09808E-05	1.69277E-05	0.000015974
187645041	0.000015974	1.50204E-05	0.000015974	2.38419E-05	0.000015974	7.20024E-05
1980098116	1.69277E-05	0.000015974	0.000015974	1.69277E-05	1.50204E-05	2.09808E-05
152503	1.62125E-05	0.000015974	1.62125E-05	2.00272E-05	1.62125E-05	1.78814E-05
5000	0.000015974	0.000014782	0.000015974	1.90735E-05	1.50204E-05	0.000015974
1493283650	1.50204E-05	1.69277E-05	0.000015974	1.71661E-05	0.000015974	1.50204E-05
214826	0.000015974	0.000015974	1.50204E-05	1.69277E-05	0.000015974	0.000015974
1843349527	1.50204E-05	0.000015974	1.69277E-05	1.71661E-05	1.62125E-05	0.000015974
1360839354	0.000014782	1.50204E-05	0.000015974	0.000015974	1.69277E-05	1.50204E-05

210924866 6	1.69277E- 05	0.00001597 4	1.50204E- 05	1.50204E- 05	1.50204E- 05	0.00001597 4
214747085 2	0.00001597 4	1.50204E- 05	1.62125E- 05	1.50204E- 05	1.62125E- 05	1.50204E- 05
0	1.50204E- 05	0.00001597 4	1.50204E- 05	1.38283E- 05	1.50204E- 05	1.78814E- 05
Promedio	2.54393E- 05	4.96983E- 05	5.04136E- 05	4.51565E- 05	3.11375E- 05	5.35369E- 05
Tamaño Problema	5000000	6000000	7000000	8000000	9000000	10000000

- Árbol Binario de Búsqueda

#	Tamaño Problema	Tamaño Problema2	Tamaño Problema3	Tamaño Problema4	Tamaño Problema5
Numero	100	1000	5000	10000	50000
322486	0.000183106	0.000121832	0.000119209	0.000108957	0.000205994
1470076 4	0.000114203	2.09808E-05	2.00272E-05	2.00272E-05	6.50883E-05
3128036	7.00951E-05	1.69277E-05	1.69277E-05	1.50204E-05	2.00272E-05
6337399	2.00272E-05	1.69277E-05	1.81198E-05	1.50204E-05	1.97887E-05
61396	1.50204E-05	0.000014782	1.50204E-05	1.50204E-05	2.09808E-05
1039354 5	7.10487E-05	1.50204E-05	0.000015974	1.50204E-05	2.09808E-05
2147445	1.81198E-05	1.50204E-05	0.000015974	0.000015974	2.09808E-05

644					
1295390003	5.00679E-05	0.000015974	1.50204E-05	1.71661E-05	2.09808E-05
450057883	5.79357E-05	1.50204E-05	0.000015974	1.50204E-05	2.00272E-05
187645041	1.81198E-05	0.000015974	1.50204E-05	1.50204E-05	1.50204E-05
1980098116	1.81198E-05	1.50204E-05	1.50204E-05	0.000015974	0.000015974
152503	1.88351E-05	1.50204E-05	1.50204E-05	1.50204E-05	1.38283E-05
5000	0.000015974	0.000025034	0.000015974	1.50204E-05	1.69277E-05
1493283650	1.69277E-05	0.000015974	1.50204E-05	0.000015974	0.000015974
214826	1.50204E-05	1.50204E-05	1.50204E-05	1.78814E-05	1.50204E-05
1843349527	0.000015974	1.69277E-05	1.50204E-05	0.000014782	1.50204E-05
1360839354	1.50204E-05	1.50204E-05	1.71661E-05	0.000015974	0.000014782
2109248666	0.000015974	1.50204E-05	1.50204E-05	1.50204E-05	1.78814E-05
2147470852	0.000015974	1.50204E-05	1.50204E-05	1.50204E-05	1.50204E-05
0	0.000015974	1.50204E-05	1.50204E-05	1.50204E-05	1.50204E-05
Promedio	3.90768E-05	2.15769E-05	2.10285E-05	2.03967E-05	2.92659E-05

#	Tamaño Problema6	Tamaño Problema7	Tamaño Problema8	Tamaño Problema9	Tamaño Problema10
---	------------------	------------------	------------------	------------------	-------------------

Numero	100000	200000	400000	600000	800000
322486	0.000188112	0.000194073	0.000201941	0.000261068	0.000200033
1470076 4	6.69956E-05	6.79493E-05	7.29561E-05	0.000109911	3.40939E-05
3128036	1.69277E-05	0.000071764	6.60419E-05	0.00010705	2.09808E-05
6337399	2.28882E-05	6.60419E-05	0.000108957	0.00011301	2.19345E-05
61396	2.21729E-05	0.000102997	0.000109911	0.000109911	2.00272E-05
1039354 5	2.09808E-05	9.70364E-05	0.000111103	9.98974E-05	1.78814E-05
2147445 644	2.00272E-05	6.41346E-05	6.69956E-05	2.28882E-05	1.90735E-05
1295390 003	2.00272E-05	1.78814E-05	1.81198E-05	1.90735E-05	2.00272E-05
4500578 83	0.000015974	1.78814E-05	2.09808E-05	0.000015974	2.31266E-05
1876450 41	1.50204E-05	0.000015974	2.09808E-05	0.000015974	5.81741E-05
1980098 116	0.000015974	0.000015974	2.09808E-05	0.000015974	0.000137091
152503	1.69277E-05	0.000015974	1.69277E-05	1.81198E-05	8.60691E-05
5000	0.000014782	1.71661E-05	1.81198E-05	1.50204E-05	0.000025034
1493283 650	0.000015974	0.000015974	0.000015974	0.000015974	2.00272E-05
214826	1.40667E-05	1.50204E-05	1.71661E-05	1.50204E-05	2.09808E-05
1843349 527	1.50204E-05	0.000015974	1.50204E-05	0.000015974	2.09808E-05
1360839	1.50204E-05	1.50204E-05	1.50204E-05	0.000015974	1.81198E-05

354					
2109248 666	1.50204E-05	0.000015974	0.000015974	0.000015974	1.78814E-05
2147470 852	1.71661E-05	0.000015974	1.69277E-05	1.90735E-05	1.69277E-05
0	1.50204E-05	0.000015974	1.50204E-05	0.000015974	1.81198E-05
Promedio	2.82049E-05	4.37379E-05	4.82559E-05	5.18918E-05	4.08292E-05

#	Tamaño Problema11	Tamaño Problema12	Tamaño Problema13	Tamaño Problema14	Tamaño Problema15
Numero	1000000	2000000	3000000	4000000	5000000
322486	0.000264168	0.000274897	0.000226975	0.000238895	0.000230074
147007 64	0.000109911	0.00011611	8.08239E-05	0.000121832	7.70092E-05
312803 6	6.98566E-05	0.000112057	1.78814E-05	0.000112057	2.28882E-05
633739 9	2.09808E-05	2.81334E-05	1.97887E-05	0.000108004	1.81198E-05
61396	1.81198E-05	7.10487E-05	2.09808E-05	0.000111103	2.09808E-05
103935 45	6.69956E-05	2.69413E-05	2.09808E-05	0.000110149	2.09808E-05
214744 5644	6.69956E-05	1.97887E-05	7.41482E-05	7.00951E-05	2.09808E-05
129539 0003	1.69277E-05	0.000015974	1.69277E-05	2.09808E-05	2.09808E-05
450057 883	2.09808E-05	0.000015974	1.71661E-05	1.81198E-05	0.000015974

187645 041	2.09808E-05	0.000015974	1.50204E-05	0.000015974	1.69277E-05
198009 8116	2.09808E-05	2.00272E-05	0.000015974	0.000015974	1.50204E-05
152503	0.000015974	1.50204E-05	1.69277E-05	0.000015974	0.000015974
5000	1.62125E-05	0.000015974	1.50204E-05	1.71661E-05	1.50204E-05
149328 3650	0.000015974	1.50204E-05	0.000015974	0.000015974	0.000015974
214826	0.000015974	0.000015974	1.50204E-05	0.000015974	1.50204E-05
184334 9527	0.000015974	1.50204E-05	0.000015974	0.000015974	1.50204E-05
136083 9354	0.000015974	1.50204E-05	0.000015974	0.000015974	0.000015974
210924 8666	1.50204E-05	1.71661E-05	1.50204E-05	1.69277E-05	1.69277E-05
214747 0852	0.000015974	0.000015974	1.62125E-05	0.000015974	0.000014782
0	0.000015974	0.000015974	0.000015974	1.69277E-05	0.000015974
Promedio	4.19974E-05	4.29034E-05	3.34382E-05	5.45025E-05	3.10302E-05

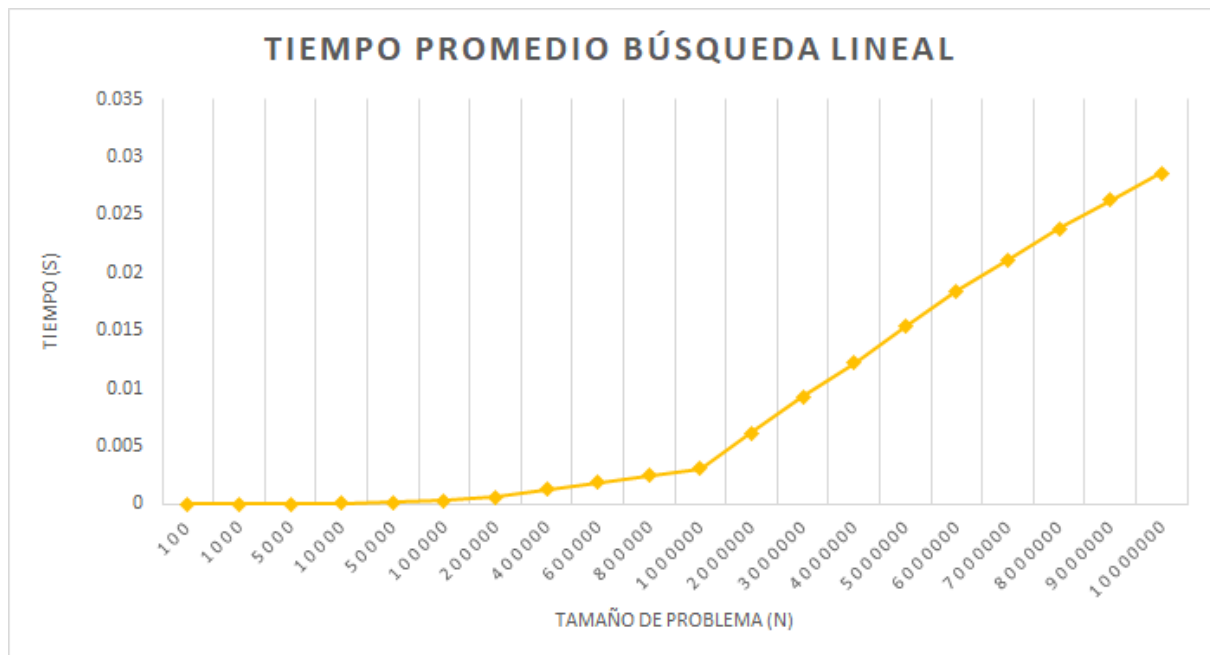
#	Tamaño Problema16	Tamaño Problema17	Tamaño Problema18	Tamaño Problema19	Tamaño Problema20
Numero	6000000	7000000	8000000	9000000	10000000
322486	0.000200987	0.000236988	0.000263929	0.000251055	0.000272036
147007 64	6.29425E-05	0.000115156	0.00011301	0.000102043	0.00011301

312803 6	2.28882E-05	8.01086E-05	0.000112772	0.000100851	0.000112057
633739 9	0.000068903	0.000025034	5.60284E-05	8.98838E-05	0.000109196
61396	6.50883E-05	2.00272E-05	2.09808E-05	8.89301E-05	9.89437E-05
103935 45	0.000102043	2.21729E-05	1.97887E-05	0.000027895	2.28882E-05
214744 5644	7.39098E-05	1.90735E-05	0.000015974	6.81877E-05	1.71661E-05
129539 0003	2.47955E-05	2.00272E-05	0.000015974	2.09808E-05	0.000015974
450057 883	2.09808E-05	2.00272E-05	1.90735E-05	0.000015974	0.000015974
187645 041	2.00272E-05	1.90735E-05	0.000015974	0.000015974	0.000015974
198009 8116	2.19345E-05	1.90735E-05	0.000015974	1.69277E-05	0.000015974
152503	1.71661E-05	1.90735E-05	1.50204E-05	0.000015974	2.69413E-05
5000	0.000015974	1.90735E-05	0.000015974	1.50204E-05	2.28882E-05
149328 3650	1.50204E-05	2.09808E-05	0.000015974	1.81198E-05	1.62125E-05
214826	1.50204E-05	1.81198E-05	0.000015974	0.000015974	1.69277E-05
184334 9527	0.000014782	1.90735E-05	0.000015974	0.000015974	1.62125E-05
136083 9354	0.000015974	1.90735E-05	1.81198E-05	2.00272E-05	0.000015974
210924 8666	0.000015974	1.90735E-05	0.000015974	1.97887E-05	0.000015974
214747 0852	0.000015974	1.78814E-05	2.71797E-05	0.000015974	0.000015974

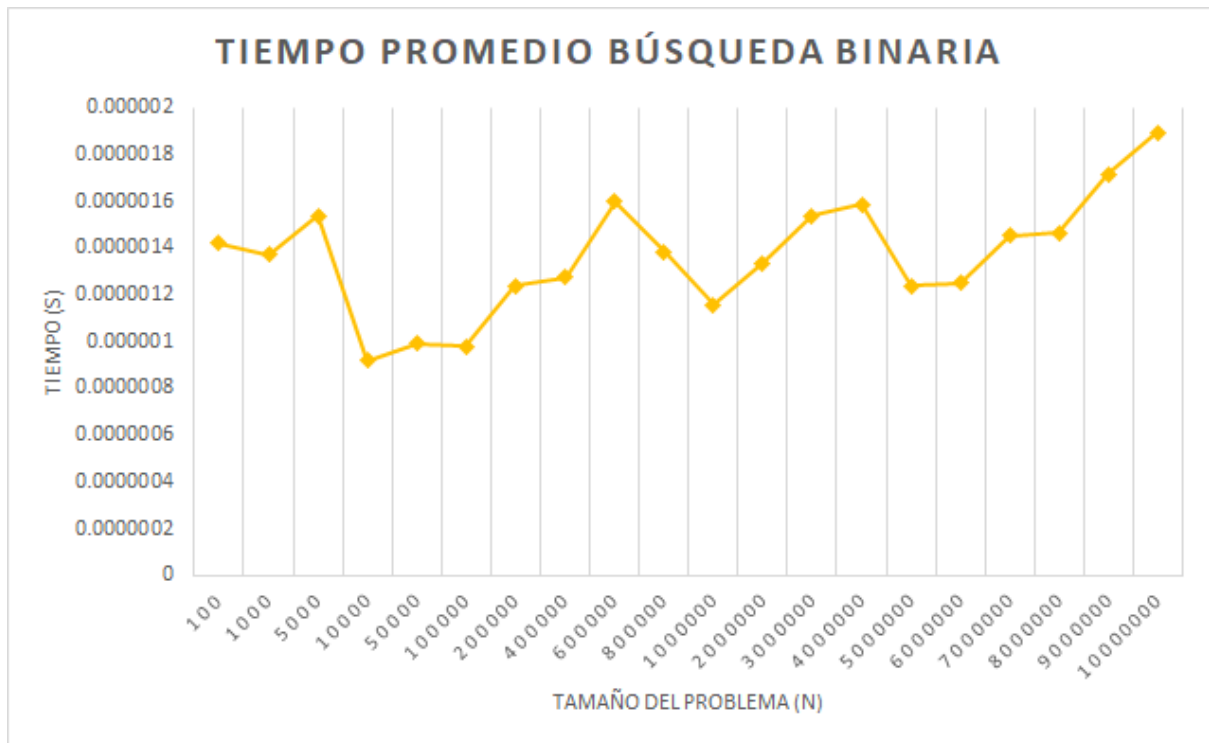
0	1.69277E-05	1.90735E-05	1.69277E-05	1.81198E-05	1.69277E-05
Promedio	4.13656E-05	3.84092E-05	4.13298E-05	4.76837E-05	4.86612E-05

Graficar el comportamiento temporal de cada algoritmo, considerando el tiempo de búsqueda promedio de todos los números A[] en cada n.

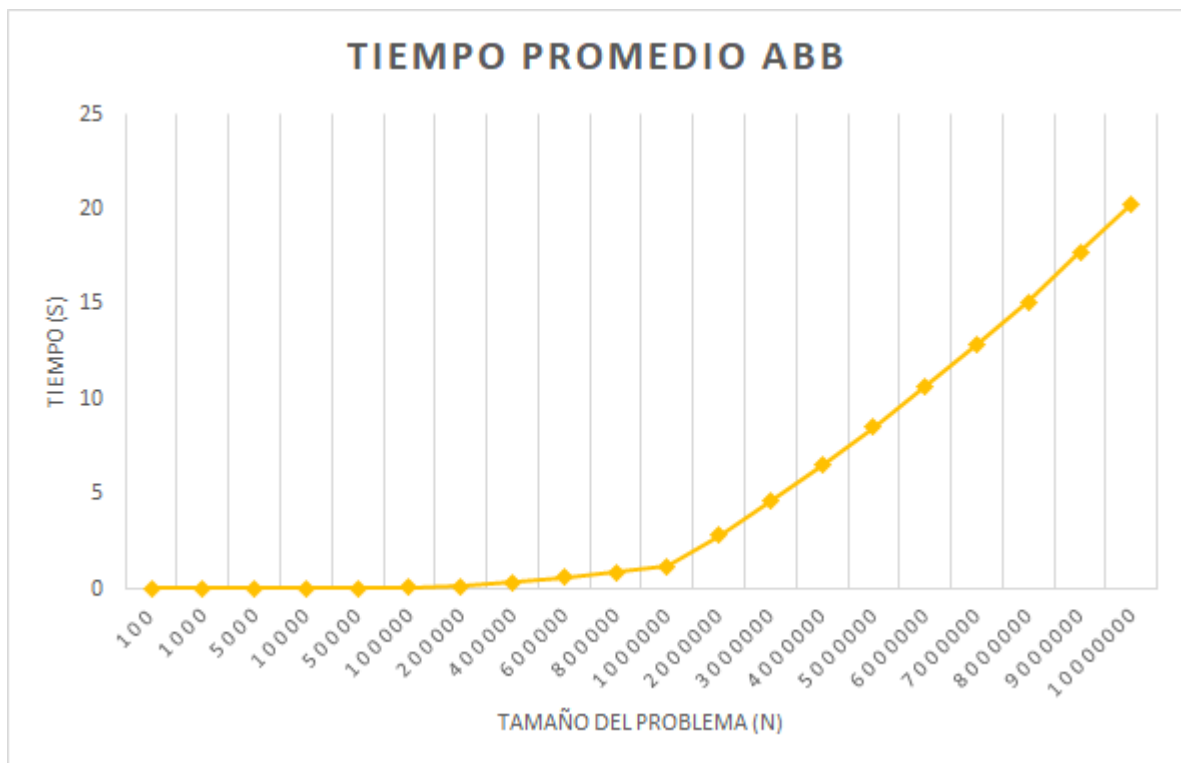
- Búsqueda Lineal



- Búsqueda Binaria

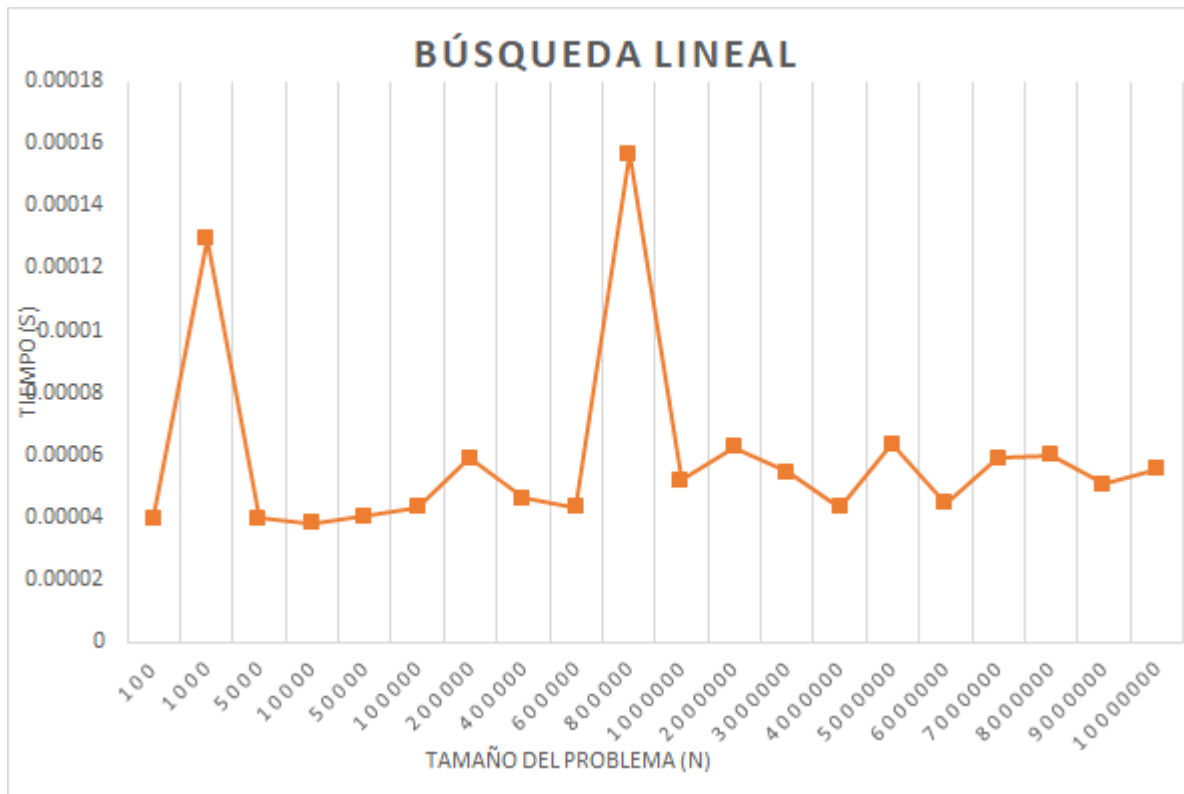


- Árbol Binario de Búsqueda

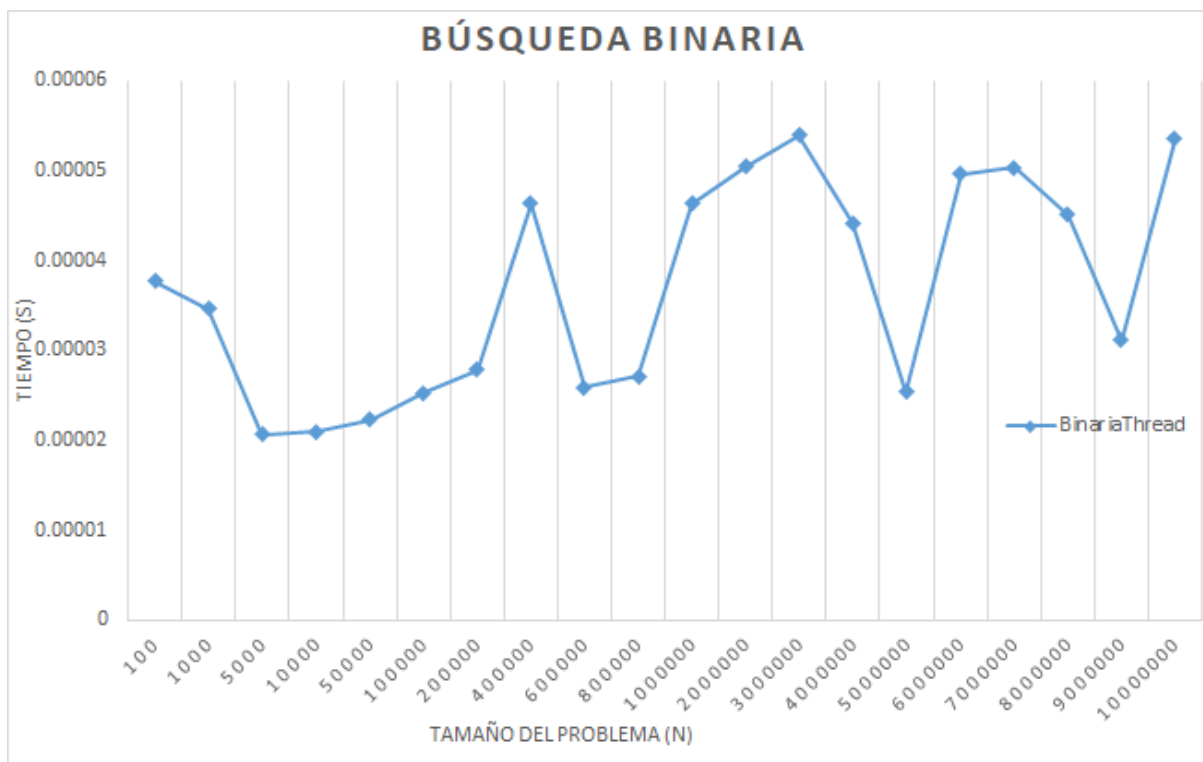


Variantes con Hilos.

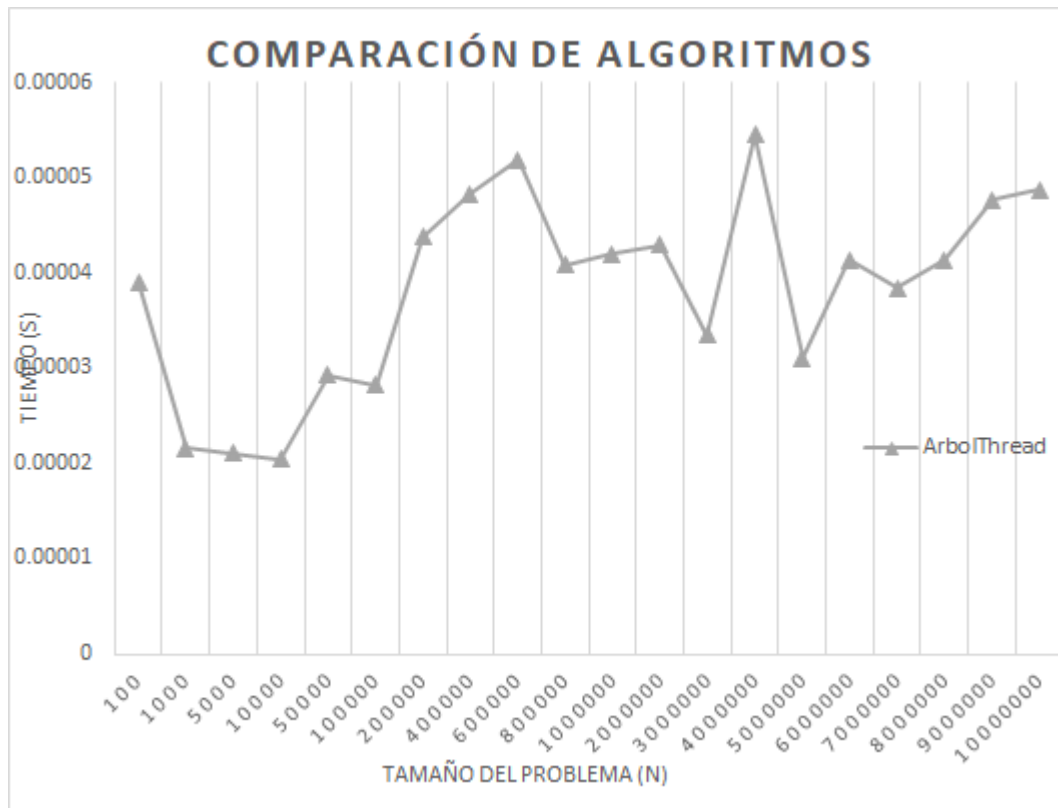
- Búsqueda Lineal



- Búsqueda Binaria



- Árbol Binario de búsqueda.

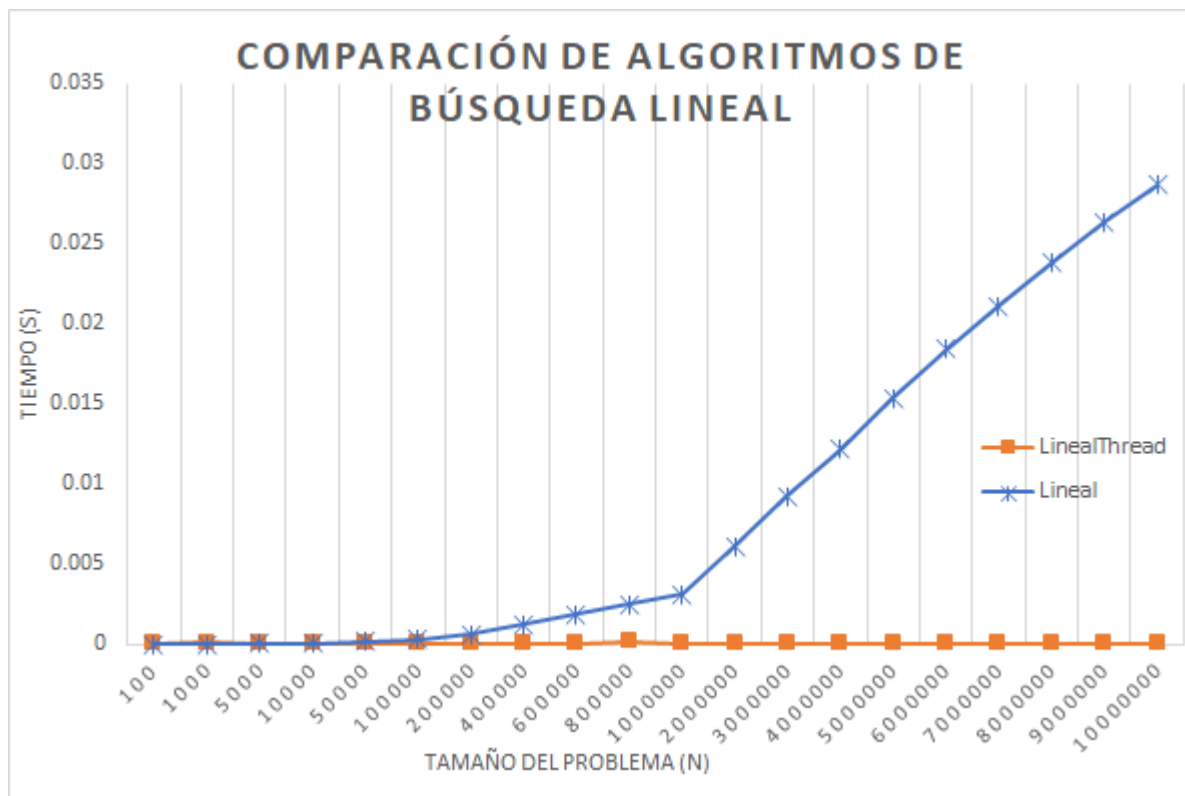


Graficar una comparativa de los 3 algoritmos y sus variantes con hilos considerando el tiempo promedio de búsqueda de cada uno de ellos para cada tamaño de problema n.

Se compararon uno contra uno cada algoritmo con su variante en hilos. Además, se hizo una comparación de los 3 algoritmos sin hilos, los 3 con hilos y los 6 algoritmos de búsqueda.

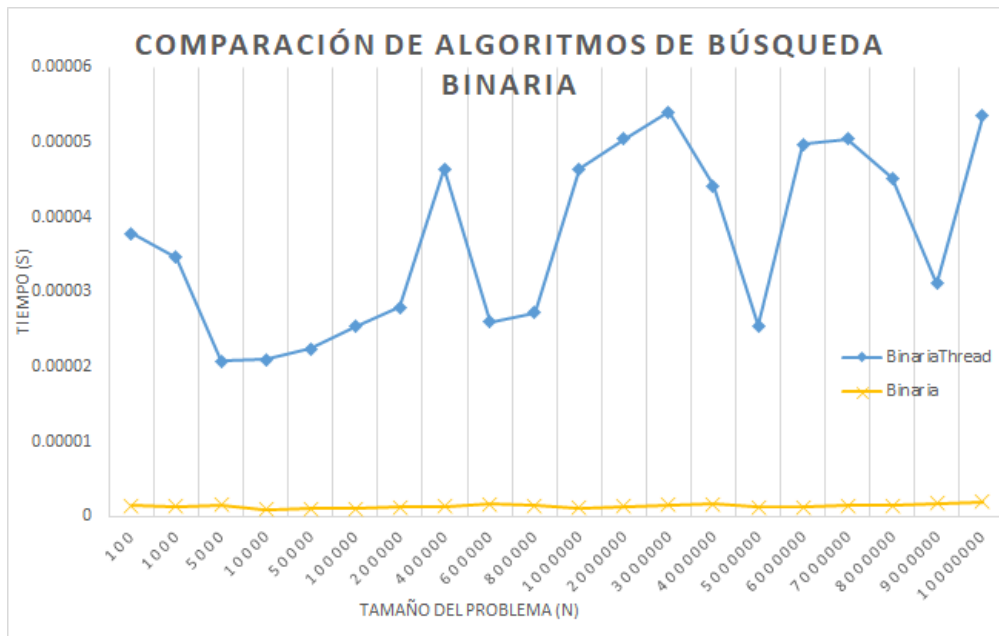
Cabe aclarar, que para este momento se detectó un fallo en el algoritmo del árbol binario de búsqueda sin hilos, pues el tiempo que le tomó para realizar la búsqueda fue excesivo. Por lo tanto, se agrega un gráfica adicional en la que no se muestra dicho algoritmo ya que sobrepasa con creces a el tiempo de los demás.

- Búsqueda Lineal.



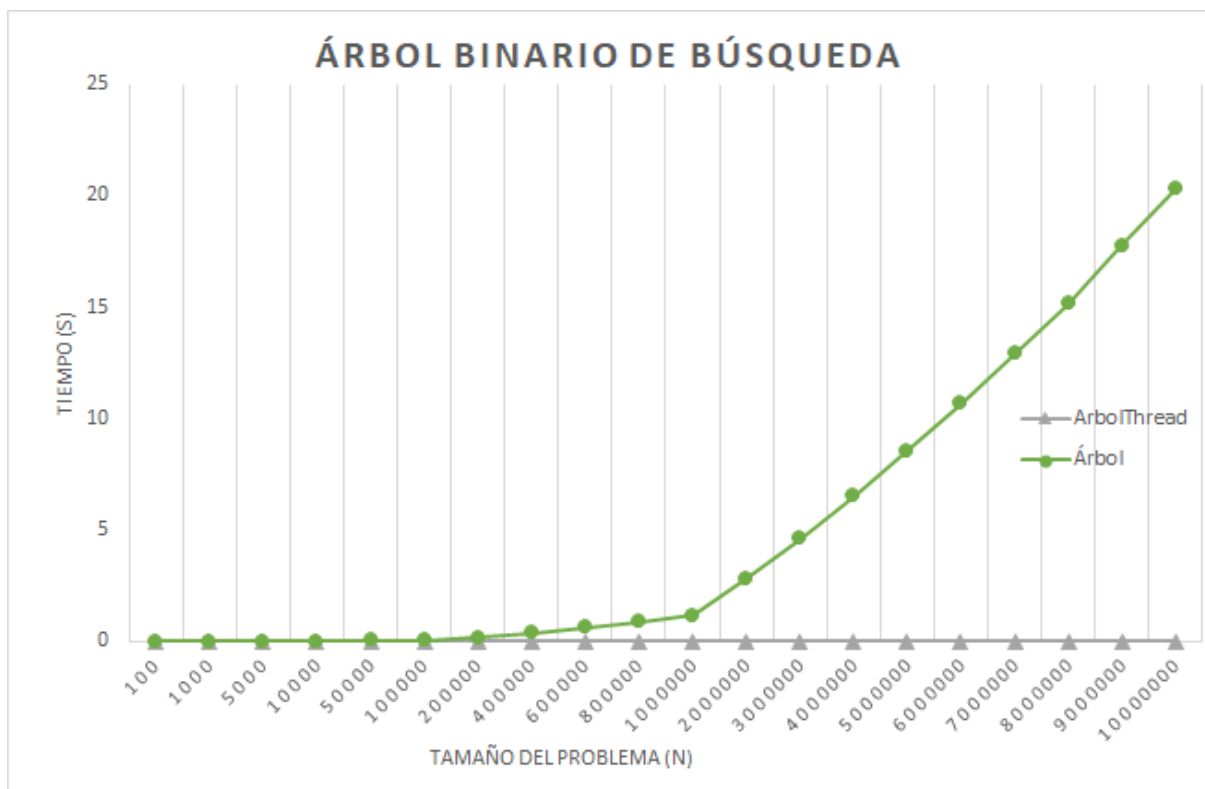
Se observa que en la búsqueda lineal, utilizar threads es de gran utilidad y reduce en gran medida el tiempo que le toma analizar el problema. Es de hecho, el único donde encontramos esta cualidad ya que como veremos más adelante, el uso de threads con los otros algoritmos resultó diferente.

- Búsqueda Binaria.



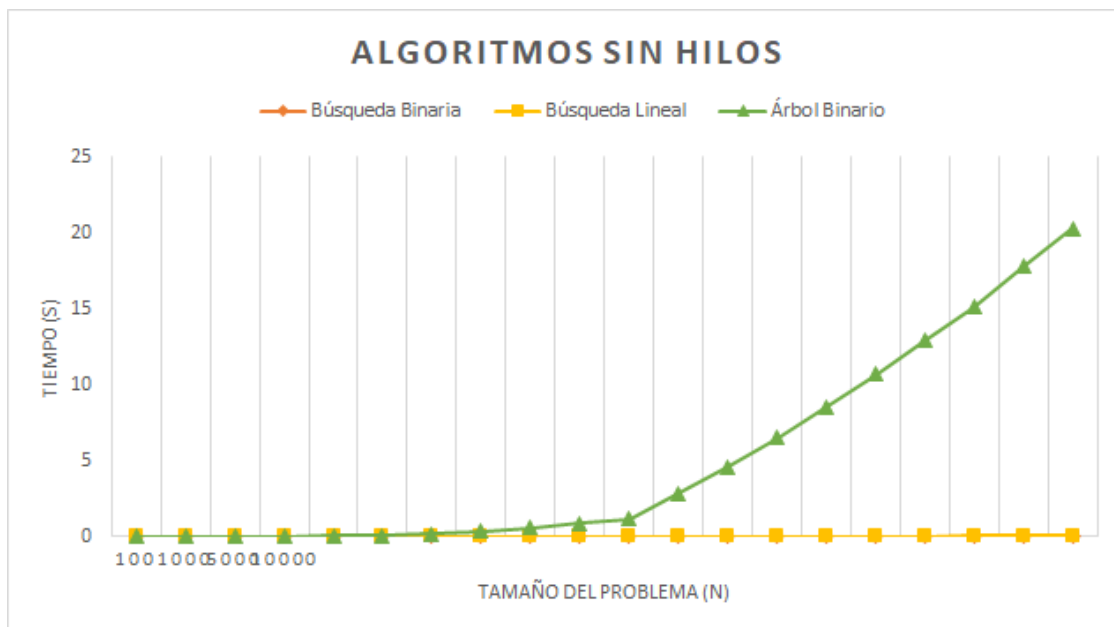
Se aprecia que el uso de threads de algún modo hizo mucho más lenta la búsqueda de los elementos. Además, se encuentran grandes variaciones en los tiempos utilizados; esto resulta llamativo. Se pudo encontrar que había ocasiones en las que se trabajaba con un sólo núcleo según se observó en la monitorización de éstos.

- Árbol Binario de Búsqueda.

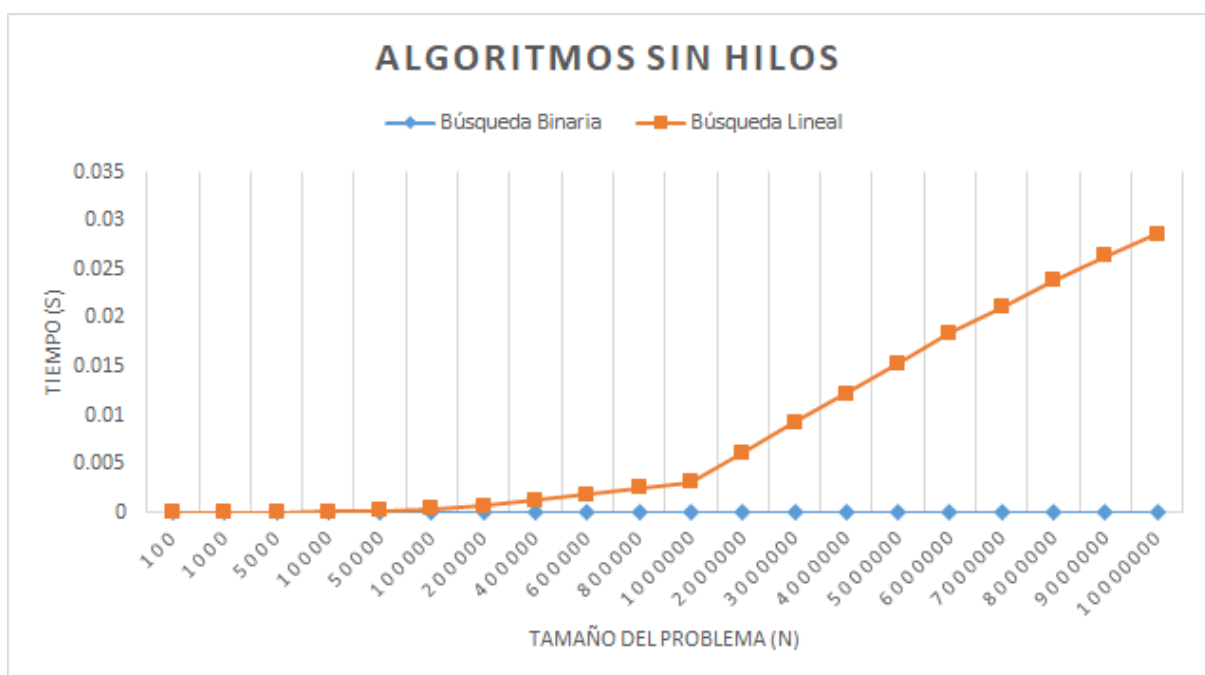


Aunque se esperaba un comportamiento similar al caso de la búsqueda binaria, donde los hilos no favorecieron significativamente, se encontró que sí mejoró. Sin embargo, esto no es debido a los hilos como tal, ya que como se mencionó previamente, el algoritmo presentó un error que hizo que sorpresivamente tardará mucho tiempo.

- 3 algoritmos sin hilos.

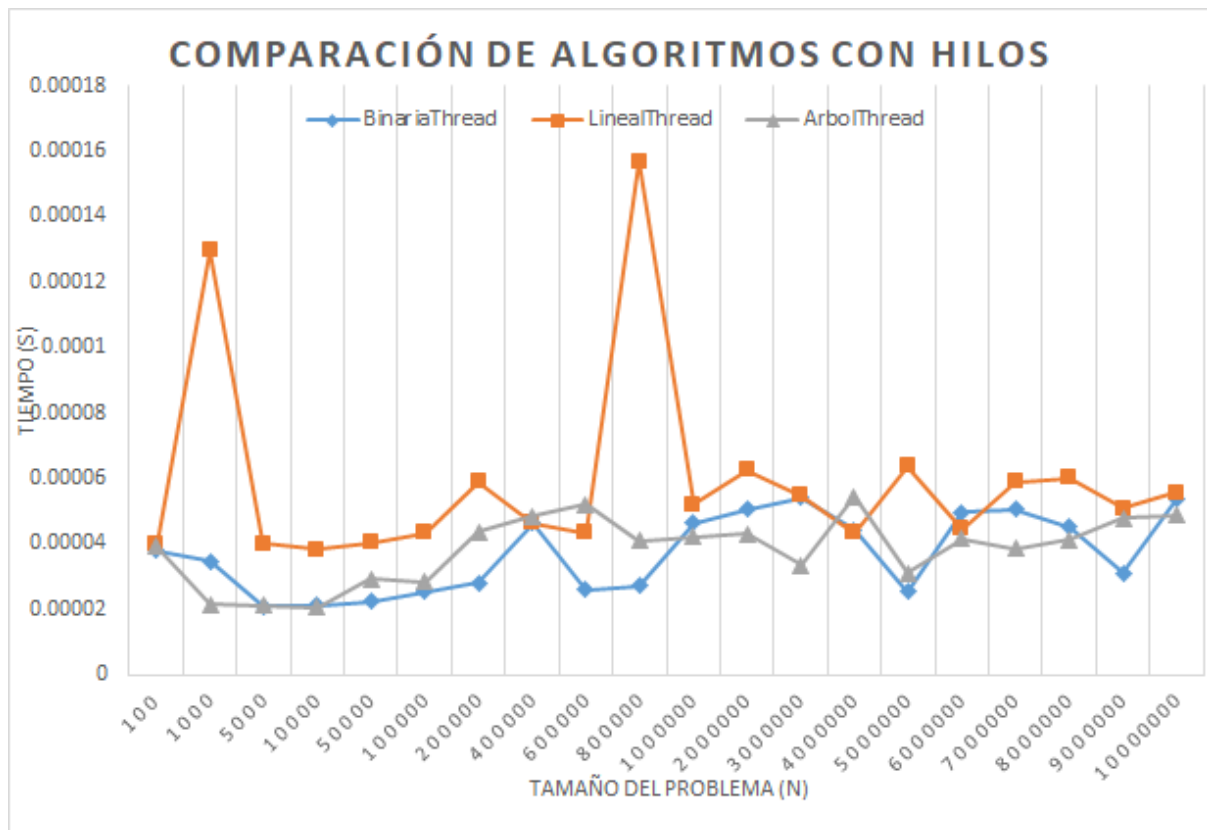


Nuevamente se observa la tendencia del árbol binario de búsqueda a tiempos muy altos. Por lo que se agrega una gráfica más sin el árbol.



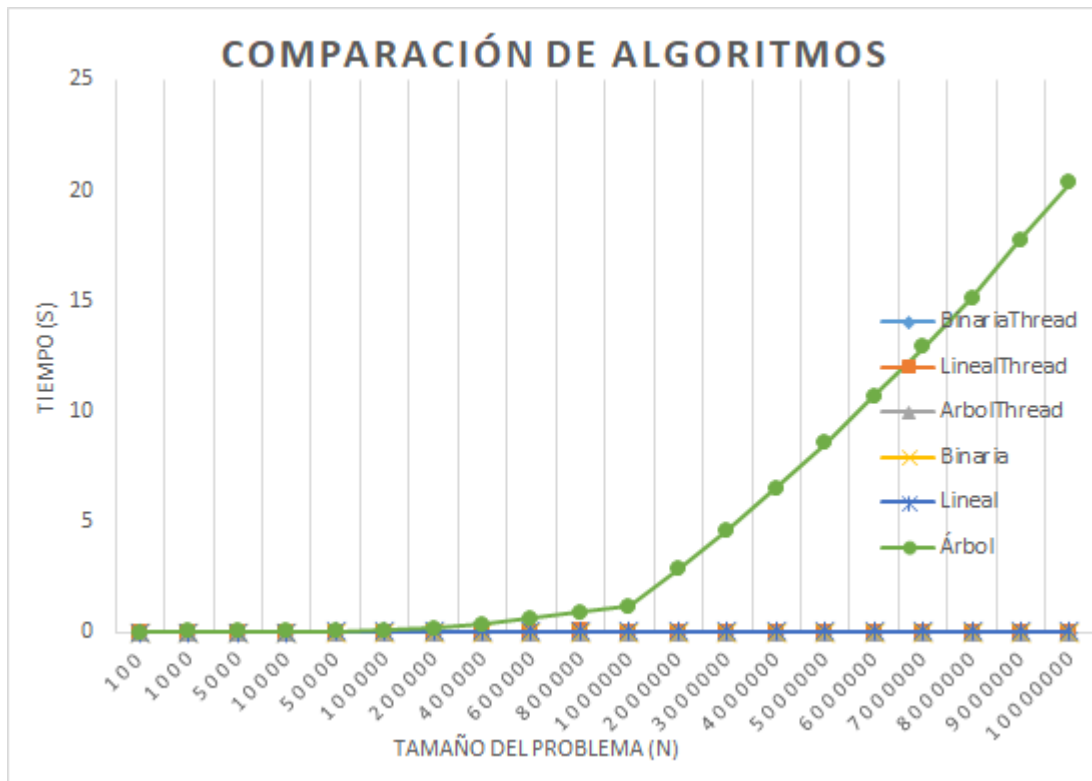
Es notoria la ventaja que toma la búsqueda binaria sobre la lineal. Simplemente, los tiempos son mucho más cortos.

- 3 algoritmos con hilos.

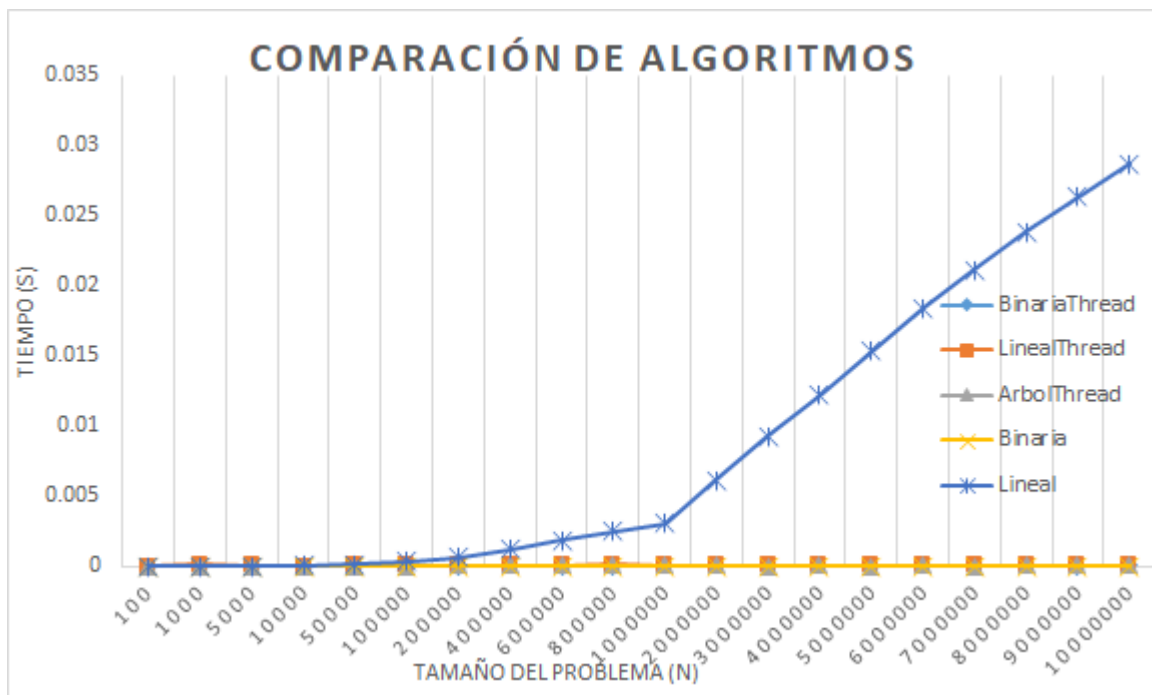


Se vuelven a observar los picos en todos los algoritmos, en es pecial en la búsqueda lineal. Sin embargo, todos tienen cierta similitud en cuanto a tiempo en la mayoría de las ocasiones.

- Todos los algoritmos.



El árbol binario opaca a todos los demás algoritmos de búsqueda. Sin embargo, se reitera que es debido a algún error en su ejecución. Dicho esto, se muestra una gráfica más sin el árbol binario.

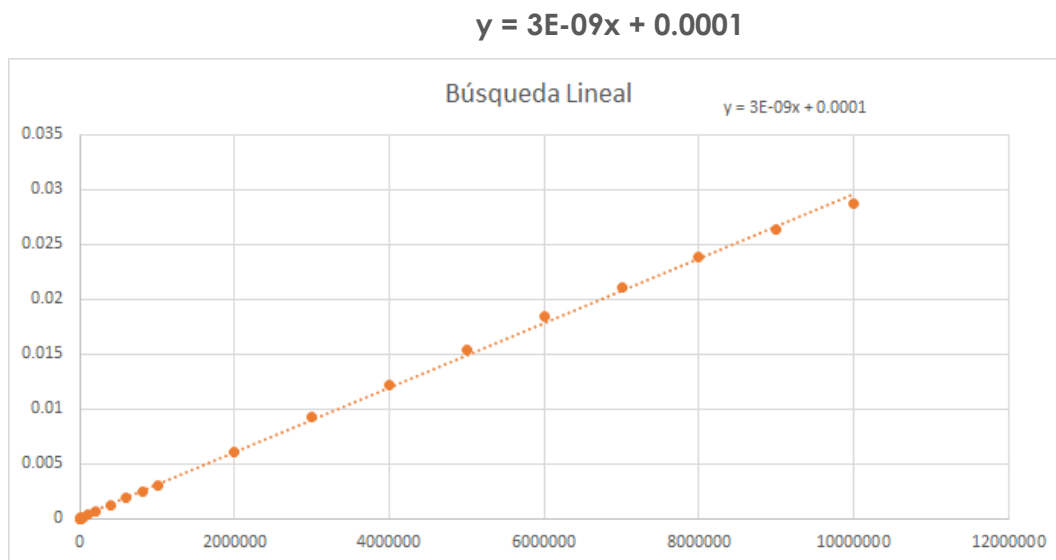


También es notoria la desventaja de la búsqueda lineal ante los demás algoritmos, incluyendo su variante con hilos.

Realizar una aproximación polinomial del comportamiento temporal (tiempo real promedio), de cada uno de los algoritmos probados

- Búsqueda Lineal.

Polinomio Utilizado: Grado 1.

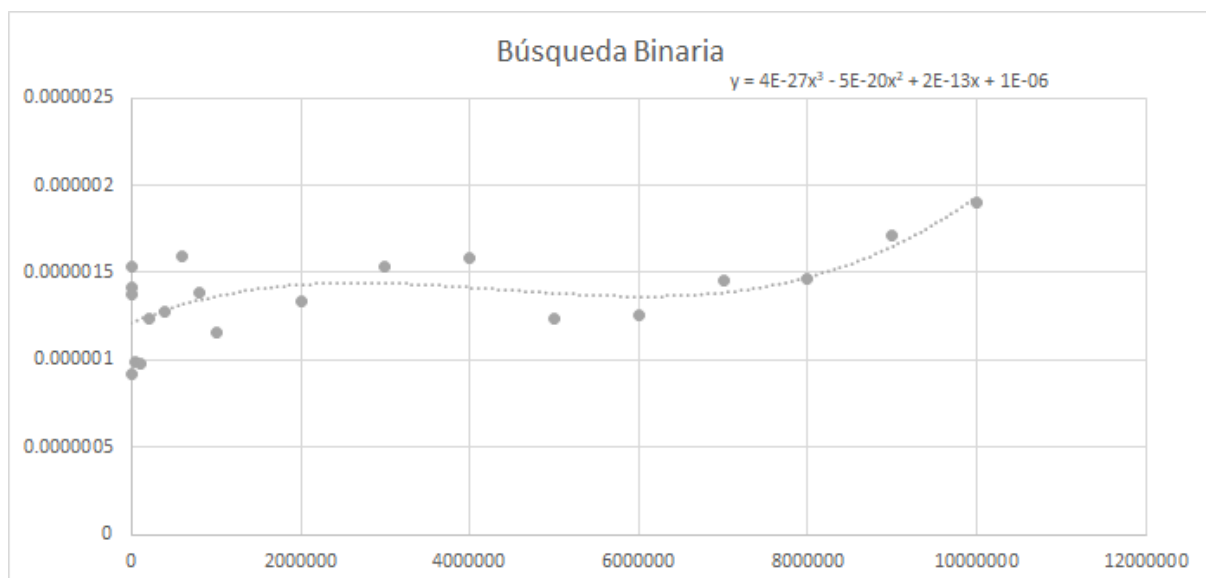


- Búsqueda Binaria.

Polinomio utilizado: Grado 3.

$$y = 4E-27x^3 - 5E-20x^2 + 2E-13x + 1E-06$$

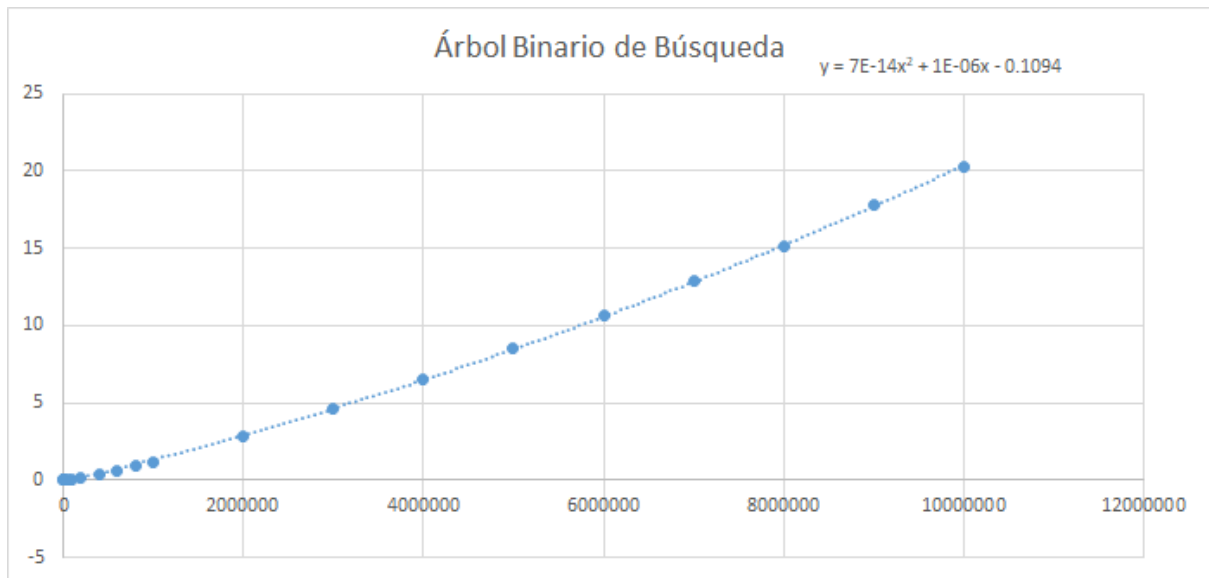
La razón por la que se utilizó un polinomio de este grado fue por los resultados obtenidos, ya que había grandes dispersiones de los valores.



- Árbol Binario de Búsqueda.

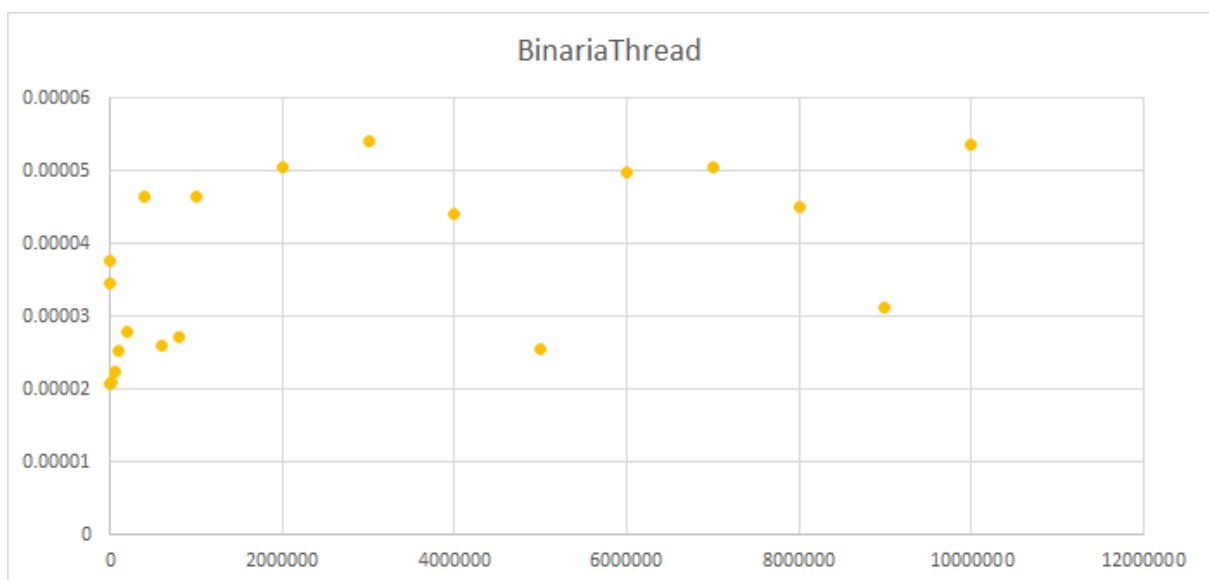
Polinomio utilizado: Grado 2.

$$y = 7E-14x^2 + 1E-06x - 0.1094$$



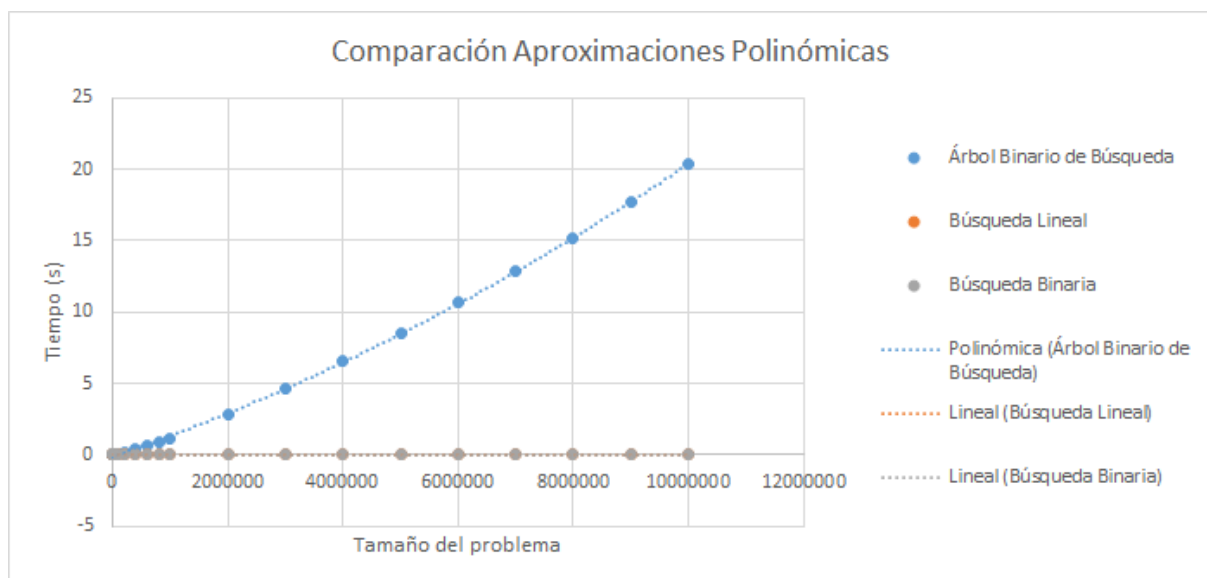
Éste parecía el polinomio que mejor se acercaba a los valores obtenidos en las pruebas.

Para los algoritmos con hilos, también se buscó algún polinomio. Sin embargo, es difícil precisar si existe alguno que pueda acercarse a los valores que se obtendrán en la práctica, pues según nuestras pruebas los valores son muy diversos. Por lo que como ejemplo, se presenta el de búsqueda binaria.

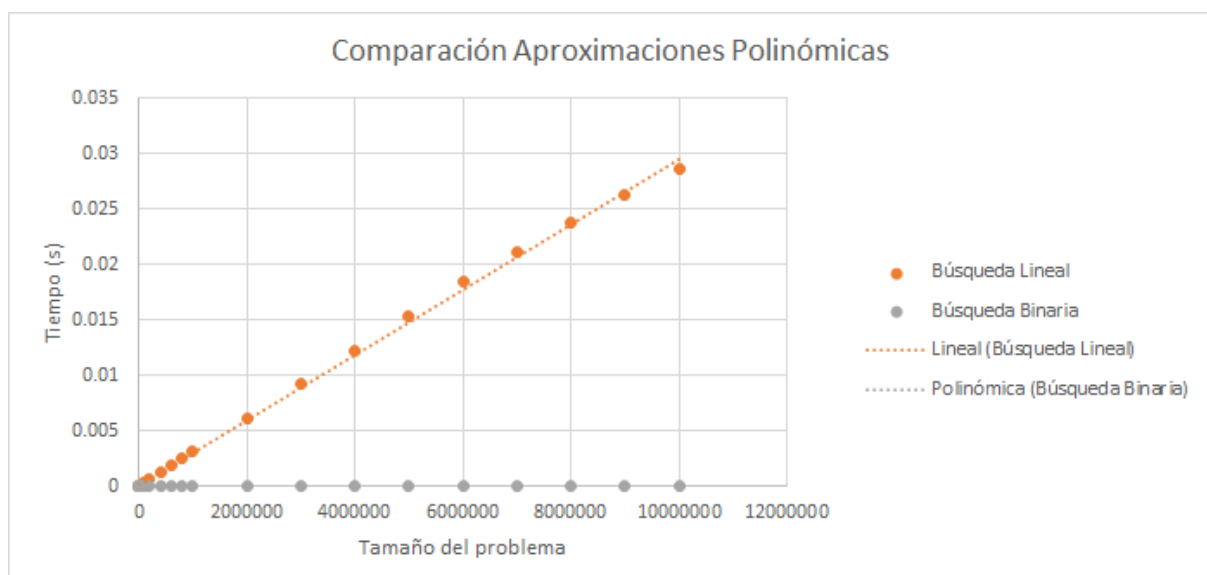


En realidad, no hay como tal una tendencia hacia arriba en nuestras pruebas, ya que el valor más alto se obtuvo en un tamaño del problema lejos del mayor. Por esta razón, se omitieron estas aproximaciones ya que ninguna predice el comportamiento de estos algoritmos con hilos.

Mostrar gráficamente la comparativa de las aproximaciones de cada algoritmo y determinar si el comportamiento experimental se aproxima a lo esperado teóricamente.



Nuevamente se observa que el árbol domina a los otros algoritmos. Esto, no era para nada esperado ya que el peor caso tenía un comportamiento lineal. Nuevamente, esto es debido a la ejecución que tuvo el algoritmo.



En esta otra comparación sin el árbol sí se obtiene un resultado esperado. Ya que el peor caso de la búsqueda binaria es de orden logarítmico, que está dominado asintóticamente por el orden lineal de la búsqueda lineal.

Determine según sus pruebas y el análisis teórico del peor caso, cuánto le lleva a la computadora ejecutar cada paso básico de cada algoritmo.

Para determinar cuánto le lleva a la computadora ejecutar cada paso básico según el análisis teórico del peor caso, se dividió el tiempo que tardó el algoritmo en las pruebas entre el número de operaciones realizadas (que está dado por la función del análisis). Así, para el árbol y la búsqueda lineal teniendo el mismo peor caso, el tiempo se dividió entre n , y para la binaria el tiempo se dividió entre $\log_2(n)$.

Como se obtuvieron valores distintos para cada tamaño de problema, se promedió el tiempo obteniendo:

Algoritmo	Tiempo Op Básica
Árbol Binario	1.15448E-06
Búsqueda Binaria	8.10414E-08
Búsqueda Lineal	4.13372E-09

Determine con base en el análisis teórico y la aproximación experimental obtenida cual será el tiempo de búsqueda de cada algoritmo para un tamaño n de 50000000, 100000000, 500000000, 1000000000 y 5000000000.

Se determinaron los siguientes tiempos para la función del análisis teórico del peor caso, utilizando los tiempos por operación básica obtenidos en el punto anterior. Y para la aproximación, se utilizaron los polinomios correspondientes.

- Árbol Binario de Búsqueda

Tamaño de Problema	Aproximación Polinomial Tiempo (s)	Análisis teórico Tiempo (s)
50000000	224.8906	57.724
100000000	799.8906	115.448
500000000	17999.8906	577.24
1000000000	70999.8906	1154.48
5000000000	1754999.891	5772.4

- Búsqueda Lineal

Tamaño de Problema	Aproximación Polinomial Tiempo (s)	Análisis Teórico Tiempo(s)
50000000	0.1501	0.206686
100000000	0.3001	0.413372
500000000	1.5001	2.06686
1000000000	3.0001	4.13372
5000000000	15.0001	20.6686

- Búsqueda Binaria

Tamaño del Problema	Aproximación Polinomial Tiempo (s)	Análisis Teórico Tiempo (s)
50000000	0.000386	2.07267E-06
100000000	0.003521	2.15371E-06
500000000	0.487601	2.34188E-06
1000000000	3.950201	2.42292E-06
5000000000	498.751001	2.6111E-06

Indique las cotas O mayúscula para cada algoritmo con base en el análisis teórico del peor caso.

- Búsqueda Lineal

$O(n)$

- Búsqueda Binaria

$O(\log n)$

- Árbol Binario de Búsqueda

$O(n)$

Indique las cotas O mayúscula para cada aproximación polinomial seleccionada y justifique.

Tomando en cuenta las aproximaciones polinomiales, estas serían las cotas.

- Búsqueda Lineal

$O(n)$

- Búsqueda Binaria

$O(n^2)$

- Árbol Binario de Búsqueda

$O(n^3)$

Éstas son, de hecho, cotas que sí dominan también asintóticamente a las complejidades obtenidas en el análisis teórico. Sin embargo, debe señalarse que éstos órdenes son, en el caso de la binaria y el árbol, mucho más altos que los que tienen los algoritmos. Entonces, sí, son cotas correctas pero no son las más adecuadas.

Preguntas

i. ¿Cuál de los 3 algoritmos es más fácil de implementar?

El algoritmo más fácil de implementar resulta ser el algoritmo de búsqueda lineal debido a la complejidad del mismo, sin embargo no es el más óptimo.

ii. ¿Cuál de los 3 algoritmos es el más difícil de implementar?

El algoritmo más difícil de implementar es el del árbol de búsqueda ya que se tiene que construir previamente el árbol.

iii. ¿Cuál de los 3 algoritmos es el más difícil de implementar en su variante con hilos?

El más fácil de implementar con hilos es el de búsqueda lineal.

iv. ¿Cuál de los 3 algoritmos en su variante con hilos resultó ser más rápido?

Podríamos decir que el algoritmo de búsqueda binaria, aunque todos tenían cierta similitud en varios casos. Es difícil precisar cuál fue más rápida ya que, como se observa en las gráficas, hay muchos picos en todos los algoritmos con hilos.

v. ¿Cuál algoritmo tiene menor complejidad temporal?

El algoritmo de búsqueda binaria.

vi. ¿Cuál algoritmo tiene mayor complejidad temporal?

El algoritmo de búsqueda lineal por las comparaciones que tiene que hacer. Aunque el peor caso del árbol, tienen la misma complejidad lineal.

vii. ¿El comportamiento experimental de los algoritmos era el esperado? ¿Por qué?

No, especialmente en el algoritmo de búsqueda lineal implementado con su variante en hilos, ya que presenta ciertos picos en las gráficas. Pero, en general, el comportamiento es parecido a lo esperado ya que el tiempo real

de cada uno muestra un comportamiento congruente con el análisis hecho anterior a la realización de las pruebas.

viii. ¿Sus resultados experimentales difieren mucho de los análisis teóricos que realizó? ¿A qué se debe?

No tanto, debido a que el comportamiento de los algoritmos en las pruebas es similar al análisis hecho antes de realizar las pruebas, lo cual nos da un punto de referencia el cual indica que la aproximación obtenida antes de las pruebas es una medida de referencia aceptable.

ix. ¿Los resultados experimentales de las implementación con hilos de los algoritmos realmente tardaron $F(t)/\#hilos$ de su implementación sin hilos?

No, debido a que a pesar de ocupar más hilos el número de operaciones en este caso de comparación seguían siendo parecidas por lo que no se cumple la regla de $F(t)/\#Hilos$.

x. ¿Cuál es el % de mejora que tiene cada uno de los algoritmos en su variante con hilos? ¿Es lo que esperabas? ¿Por qué?

La mejora respecto a su variante sin hilos en el algoritmo de búsqueda lineal es significativa desde la mitad de los números de tamaño de problema gráficamente pero como se puede observar en la gráfica no es tan perceptible la mejora ya que son milésimas de segundos al igual que en la búsqueda binaria, lo que si es que su comportamiento con hilos es más legible y sin picos como se observa en las gráficas de comparación. Respecto al algoritmo del árbol de búsqueda si mejora bastante principalmente desde la mitad del rango de tamaño de problema ya que la diferencia son segundos y el caso más drástico donde para los 10,000,000 de números con respecto a su variante con hilos es de casi medio minuto.

xi. ¿Existió un entorno controlado para realizar las pruebas experimentales? ¿Cuál fue?

Se realizaron a través de laptops con sistema operativo ubuntu y sin aplicaciones ejecutadas en segundo plano más que la terminal, y se realizó una por algoritmo incluyendo sus variantes en hilos.

xii. ¿Si solo se realizará el análisis teórico de un algoritmo antes de implementarlo, podrías asegurar cual es el mejor?

Si el análisis se hace por un método confiable se podría decir cual es mejor antes de las pruebas ya que aunque los métodos den como resultados aproximaciones regularmente son cercanas al valor real.

xiii. ¿Qué tan difícil fue realizar el análisis teórico de cada algoritmo?

Para el algoritmo del árbol binario de búsqueda fue un tanto complejo ya que se tuvo que contemplar casos muy específicos como el de que el árbol estuviera totalmente cargado o no para algún lado y de ser así su complejidad se volvería lineal en lugar de $n \log n$.

xiv. ¿Qué recomendaciones darían a nuevos equipos para realizar esta práctica?

El uso de scripts facilita mucho el análisis ya que para meter los datos en tablas es de suma importancia tener los datos necesarios.

Se es necesario que se tenga un conocimiento previo en estructuras para la programación de los algoritmos. Por último, recomendamos que se le de el tiempo de realizar las pruebas y juntar los datos, ya que toma un tiempo considerable.

Bibliografía (En formato IEEE)

[1] M. en C. Edgardo Adrián Franco Martínez, "Práctica 02. Análisis temporal y notación de orden (Algoritmos de búsqueda)", Escuela Superior de Cómputo , CDMX, 2018.