Computación de alto rendimiento

Año: 2021

TP4 “Uso básico de OpenMP”

Salim Taleb, Nasim A.

Docente: Garelli, Luciano

Carrera: Lic. en Bioinformática

SEMINARIO DE CÁLCULO PARALELO

GUIA DE TRABAJOS PRÁCTICOS Nº 4

USO BÁSICO DE OpenMP

1) Implementar un código con OpenMP que realice la suma de todos los elementos de una matriz en paralelo.

1. Probar con diferentes formas de acceso a las componentes de la matriz (por columna y por fila).
2. Comparar tiempos y speedup en ambos casos.
3. Discutir los resultados obtenidos.

2) Implementar una versión paralela del Teorema de los Números Primos para arquitecturas de memoria compartida empleando OpenMP.

1. Describir cuales variables deben ser compartidas y cuales privadas. ¿Por qué?
2. Determinar el speedup para diferentes números de threads.
3. Emplear diferentes esquemas de distribución de carga. Comparar rendimiento y escalabilidad.

3) Implementar un código utilizando OpenMP que efectúe el producto de dos matrices densas en paralelo.

1. Describir cuales variables deben ser compartidas y cuales privadas. ¿Por qué?
2. Determinar el speedup para diferentes números de threads.

Desarrollo

1) Se ejecutó el código en el clúster de la universidad en un nodo con 12 procesadores. Dando como resultado los siguientes datos:

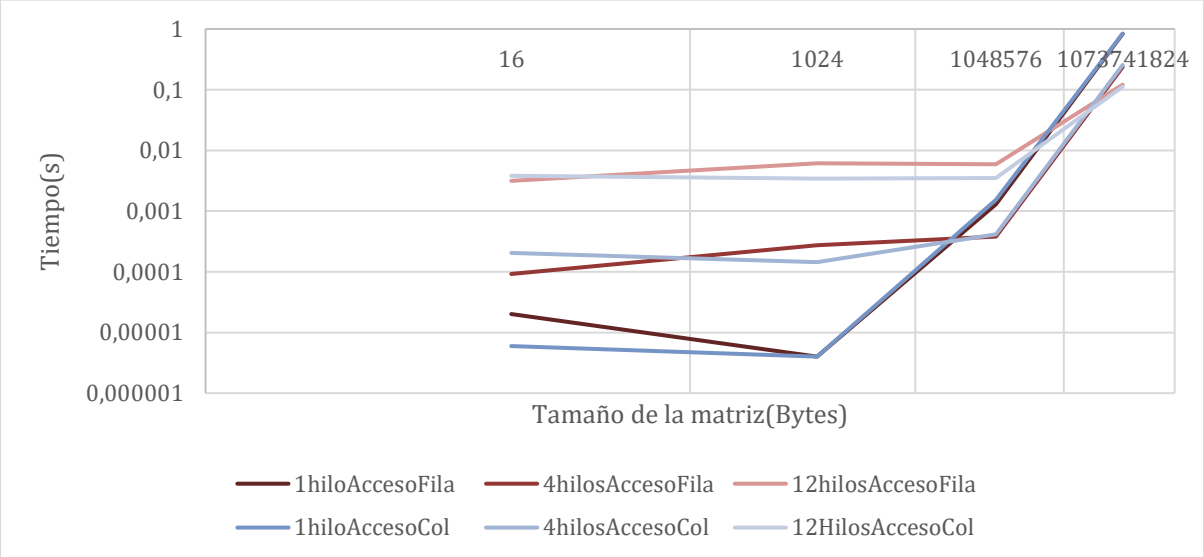
Acceso por fila

N hilos	Bytes de matriz	Tiempo	Speedup
1	16	0,00002	1
2	16	0,000097	0,206186
4	16	0,000092	0,217391
8	16	0,000356	0,05618
12	16	0,003146	0,006357
1	1024	0,000004	1
2	1024	0,000004	1
4	1024	0,000275	0,014545
8	1024	0,000071	0,056338
12	1024	0,006156	0,00065
1	1048576	0,001295	1
2	1048576	0,000747	1,733601
4	1048576	0,00038	3,407895
8	1048576	0,000284	4,559859
12	1048576	0,005918	0,218824
1	1073741824	0,831862	1
2	1073741824	0,427217	1,947165
4	1073741824	0,236425	3,518503
8	1073741824	0,139908	5,945779
12	1073741824	0,120914	6,879782

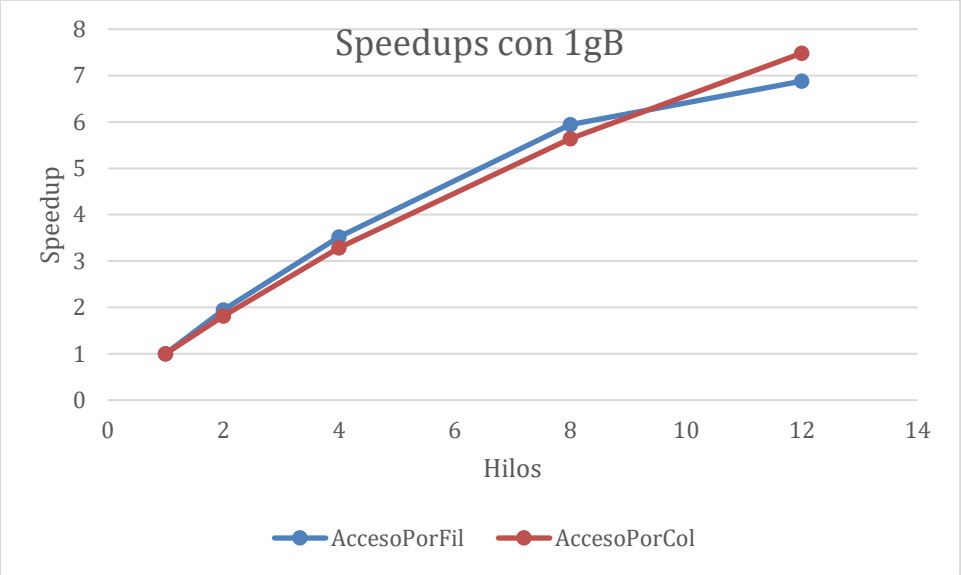
Acceso por columna

N hilos	Bytes de matriz	Tiempo	
1	16	0,000006	1
2	16	0,000056	0,107143
4	16	0,000204	0,029412
8	16	0,000084	0,071429
12	16	0,003803	0,001578
1	1024	0,000004	1
2	1024	0,001857	0,002154
4	1024	0,000144	0,027778
8	1024	0,000086	0,046512
12	1024	0,003425	0,001168
1	1048576	0,001536	1
2	1048576	0,000797	1,927227
4	1048576	0,000414	3,710145
8	1048576	0,000296	5,189189
12	1048576	0,003505	0,438231
1	1073741824	0,838737	1
2	1073741824	0,462329	1,814156
4	1073741824	0,255122	3,287592
8	1073741824	0,148792	5,636976
12	1073741824	0,112081	7,483311

1. Comparando los tiempos para 1,4 y 12 hilos se obtiene la siguiente gráfica:



2. Comparando los speedup del último tamaño de matriz (1gB):



3. En principio, se esperaría que el acceso por fila sea más rápido que el acceso por columna, sin embargo, no queda del todo claro a través de los datos obtenidos. Para el caso del análisis de los speedups en la matriz mas grande se puede observar cierta mejoría por parte del acceso por fila, excepto en el último dato.

2) El código se ejecutó en un nodo de 12 procesadores del clúster de la universidad, obteniendo los siguientes datos:

static

N hilos	Chunk	Tiempo
1	1000	6,444677
1	10000	6,212629
1	100000	6,215325
1	1000000	6,215406
2	1000	3,911614
2	10000	3,869734
2	100000	3,869521
2	1000000	3,870542
4	1000	2,112175
4	10000	2,069712
4	100000	2,069701
4	1000000	2,06969
8	1000	1,106222
8	10000	1,130889
8	100000	1,118404
8	1000000	1,119204
12	1000	0,778317
12	10000	0,770142
12	100000	0,837083
12	1000000	0,846729

dinamic

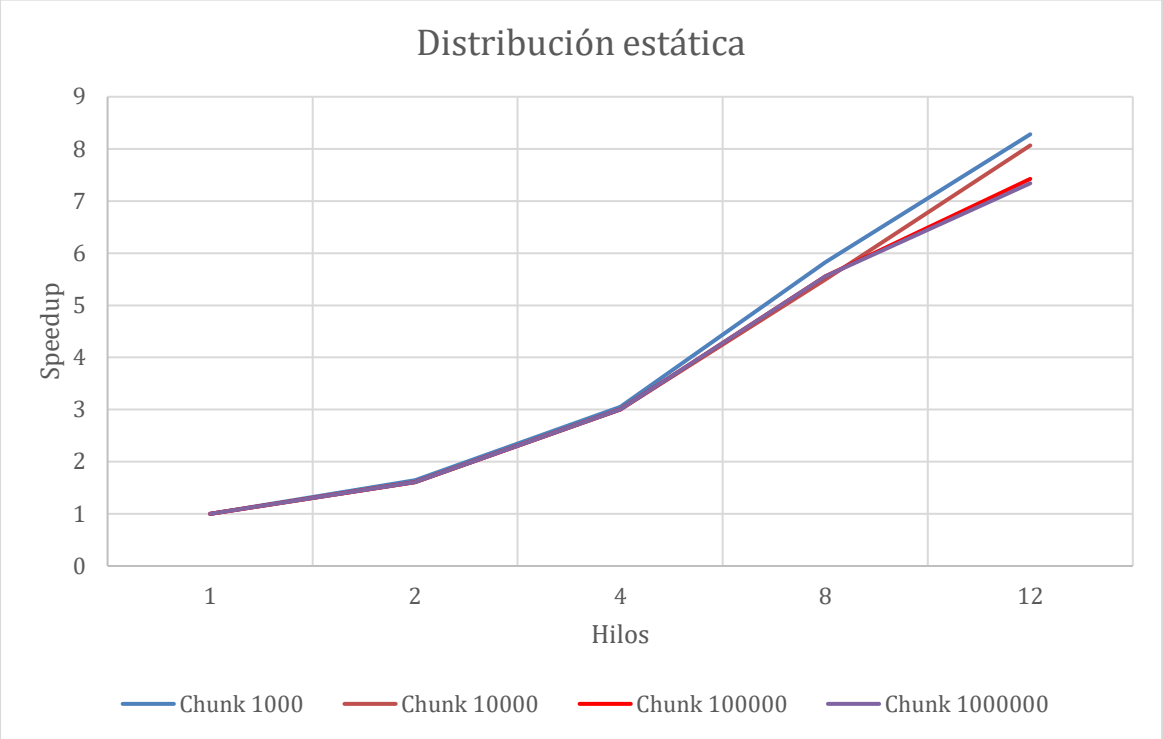
N hilos	Chunk	Tiempo
1	1000	6,254533
1	10000	6,210692
1	100000	6,21096
1	1000000	6,210841
2	1000	3,127266
2	10000	3,105522
2	100000	3,124295
2	1000000	3,327899
4	1000	1,585714
4	10000	1,55511
4	100000	1,580116
4	1000000	1,9408
8	1000	0,813747
8	10000	0,779892
8	100000	0,815476
8	1000000	1,302456
12	1000	0,566797
12	10000	0,520776
12	100000	0,561385
12	1000000	0,861164

guided

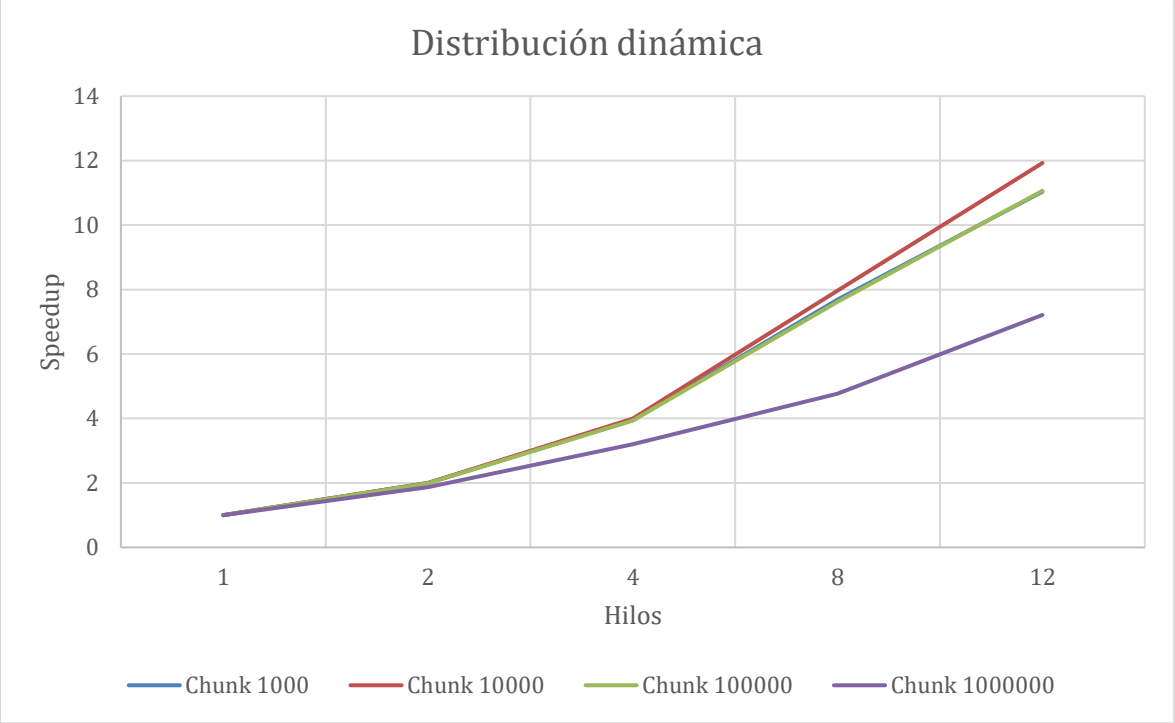
N hilos	Chunk	Tiempo
1	1000	6,208998
1	10000	6,229528
1	100000	6,229782
1	1000000	6,130581
2	1000	3,128575
2	10000	3,110888
2	100000	3,120122
2	1000000	3,199117
4	1000	1,589657
4	10000	1,558324
4	100000	1,580273
4	1000000	1,789642
8	1000	0,815846
8	10000	0,780499
8	100000	0,824928
8	1000000	1,173568
12	1000	0,562774
12	10000	0,522198
12	100000	0,528641
12	1000000	0,856153

1. Para este caso no es necesario que ninguna variable sea privada, n es una variable privada por defecto ya que esta usada en la iteración, también se debe tener en cuenta las condiciones de carrera que pueden generarse con la variable primes ya que está siendo actualizada constantemente.

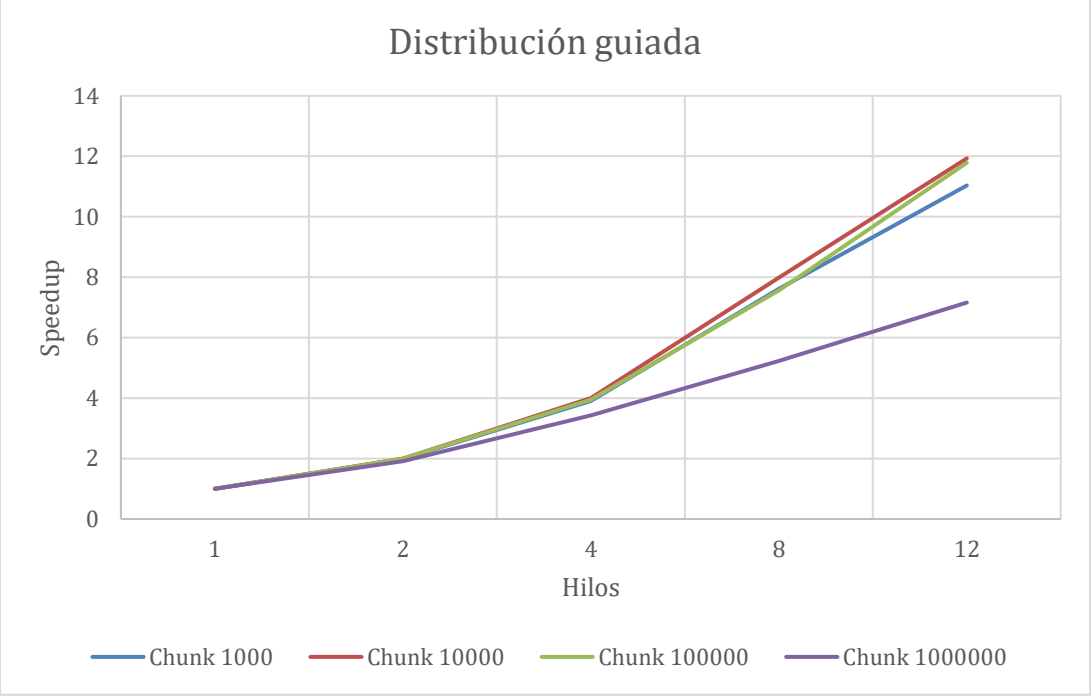
2. Speedup para los distintos números de threads en cada distribución:



Para este caso, no se observa una diferencia al usar una cantidad de 4 o menos hilos, pero si se puede evidenciar que a medida que la cantidad de hilos aumenta se hace mas notable que a menor número de chunks, mayor speedup, lo cuál tiene sentido ya que al haber una mayor cantidad de hilos y menor tamaño de chunks, habrá una mayor cantidad de particiones que podrán ser distribuidas entre los hilos y permite un mayor aprovechamiento de los mismos.

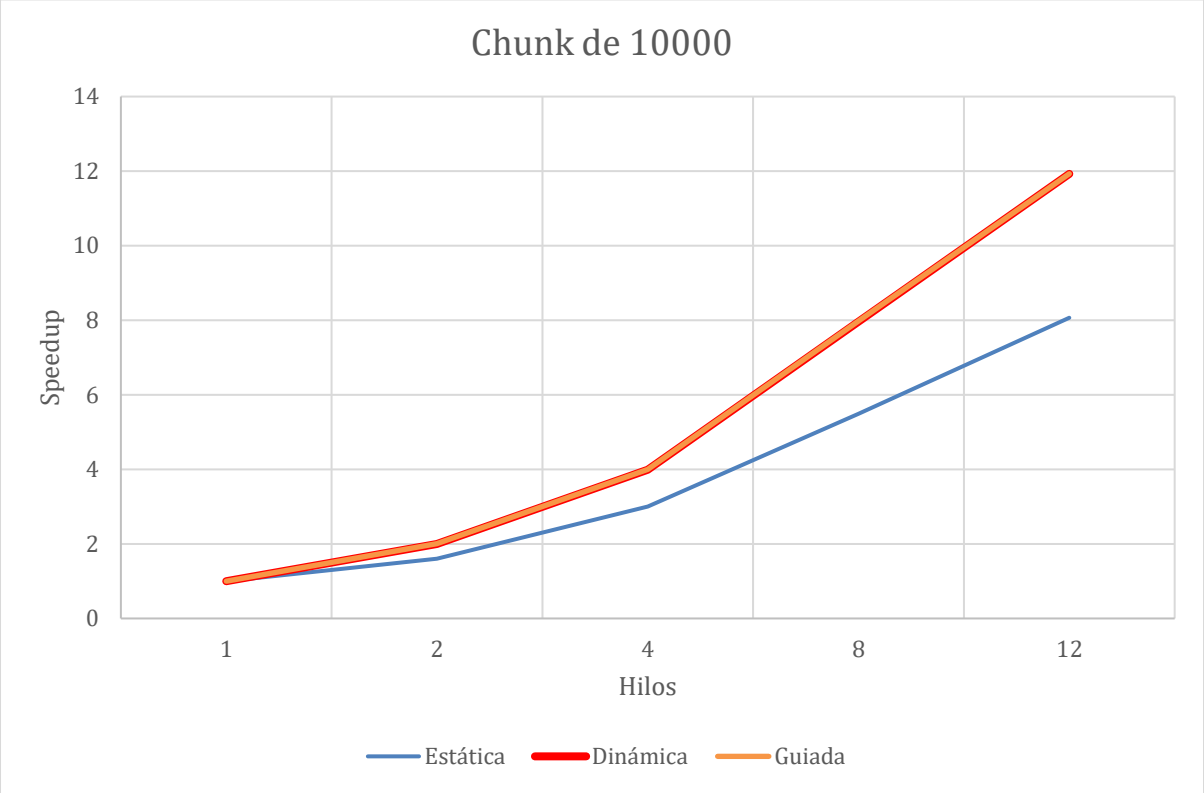


Lo anterior mencionado se evidencia aún mas si se utiliza una distribución de carga dinámica, cabe recalcar que la diferencia entre un chunk de 1000 y 100000 es casi ninguna.



Nuevamente sucede algo similar a los anteriores resultados, también aumenta el speedup del chunk de 100000 y 12 hilos con respecto al dinámico.

3. Para los diferentes esquemas de carga se realizó una comparación utilizando chunk de 10000 que resulta ser de los más óptimos.



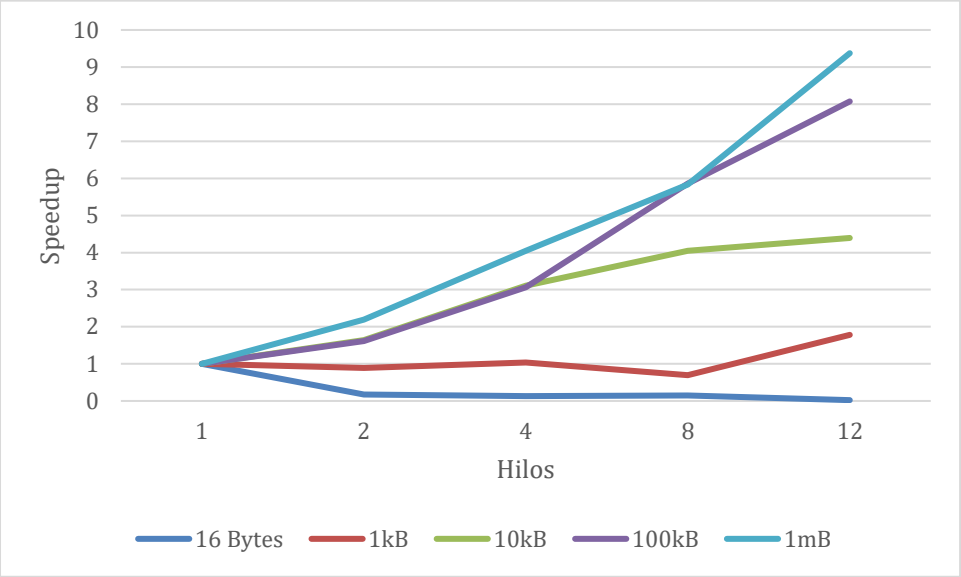
Se observa una gran mejoría en el speedup a mayor cantidad de hilos en las distribuciones dinámica y guiada con respecto a la estática, en cuanto a la distribución dinámica y guiada no se observan diferencias significativas.

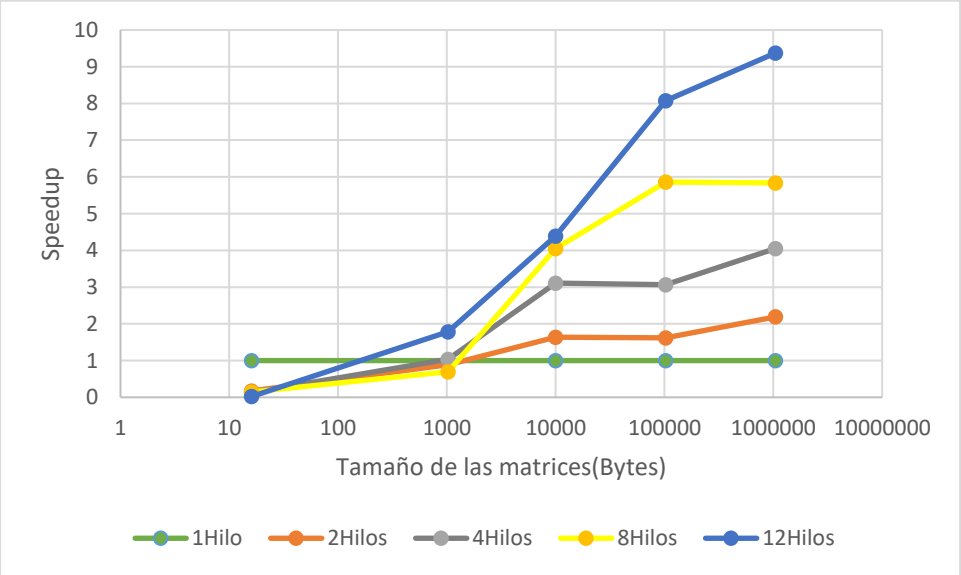
3) Se ejecutó el código en un nodo de 12 procesadores del clúster de la universidad y se obtuvieron los siguientes datos:

Tam de A	Hilos	Tiempo
16	1	0,00002
1024	1	0,000057
10000	1	0,001709
102400	1	0,047687
1048576	1	1,143652
16	2	0,000115
1024	2	0,000064
10000	2	0,001043
102400	2	0,029529
1048576	2	0,522216
16	4	0,000154
1024	4	0,000055
10000	4	0,00055
102400	4	0,015561
1048576	4	0,282352
16	8	0,000138
1024	8	0,000082
10000	8	0,000422
102400	8	0,008139
1048576	8	0,195987
16	12	0,000915
1024	12	0,000032
10000	12	0,000389
102400	12	0,005906
1048576	12	0,122002

1. Para este caso, las variables privadas deben ser las que se encargan de recorrer los bucles e iterar, i, j y k que es privada por estar usada en el primer bucle. Por otro lado, las matrices A y B no necesitan ser privadas ya que no se modifican sus valores y son solamente leídos, y tampoco para la matriz C ya que cada hilo se encarga del calculo se cada elemento por separado.

2. Analizando para número de threads, se obtienen las siguientes gráficas:





Se puede observar que a medida que el problema crece, también crece el speedup para ejecuciones con una gran cantidad de hilos, sin embargo, en problemas pequeños es menos eficiente utilizar una gran cantidad de hilos para resolverlos.

Códigos

Ejercicio1:

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <omp.h>

int main(int argc, char **argv) {
    int fil,col,tam,sum;
    double starttime,endtime;
    int* matriz;

    for (int z=0;z<2;z++) //z=acceso; 0=por fil, 1=por col
    {
        if(z==0) printf("Acceso por fila\nN hilos;Bytes de
matriz;Tiempo\n");
        else printf("\nAcceso por columna\nN hilos;Bytes de
matriz;Tiempo\n");
        for (int p=0;p<4;p++)
        {
            if(p==0) fil=col=2; //16B
            if(p==1) fil=col=16; //1kB
            if(p==2) fil=col=512; //1mB
            if(p==3) fil=col=16384; //1gB
            tam=fil*col;
            matriz= new int [tam];
            for (int l = 0; l < tam; l++) matriz[l]=1;
            int aux=0;
            for (int k=1;k<13;k+=aux)
            {
                sum=0;
                omp_set_num_threads(k); //Cantidad de hilos:
1,2,4,8,16
                int i,j;
                if(z==0)
                {
                    starttime=omp_get_wtime();
                    #pragma omp parallel for default(shared)
private(j) reduction(+:sum)
                    for (j = 0; j < tam; j++)
                        sum+=matriz[j];
                    endtime=omp_get_wtime();
                }
                else
                {
                    starttime=omp_get_wtime();
                    #pragma omp parallel for default(shared)
private(i,j) reduction(+:sum)
                    for (j = 0; j < fil; j++)
                        for( i=0; i< col;i++)
                            sum+=matriz[j*col+i];
                    endtime=omp_get_wtime();
                }
                printf("%d;%d;%f\n",k,tam*4,endtime-starttime);
                if(k==1)aux=1;
                if(k==2)aux=2;
                if(k==4)aux=4;
            }
            if(matriz) delete matriz;
        }
    }
}
```

Ejercicio2:

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <omp.h>
#include <math.h>

int isprime(int n)
{
    int m = int(sqrt(n));
    for (int j=2; j<=m; j++)
        if (!(n % j)) return 0;
    return 1;
}

int main(int argc, char **argv)
{
    int primes, n, chunk= 100, limite=10000000;
    double starttime,endtime;
    for (int k=0;k<3;k++) //k=distribucion; 0=static, 1=dinamic,
2=guided
    {
        if(k==0)printf("static\n");
        if(k==1)printf("\ndinamic\n");
        if(k==2)printf("\nguided\n");
        printf("N hilos;Chunk;Tiempo\n");
        int aux=0;
        for(int j=1;j<13;j+=aux)
        {
            chunk=100;
            omp_set_num_threads(j); //Cantidad de hilos: 1,2,4,8,16
            for(int i=0;i<4;i++)
            {
                chunk*=10;
                primes=0;
                if(k==0)
                {
                starttime=omp_get_wtime();
                #pragma omp parallel for schedule (static)
default(shared) reduction(+:primes)
                for(int n=2;n<limite;n++) if (isprime(n)) primes++;
                endtime=omp_get_wtime();
                }
                if(k==1)
                {
                starttime=omp_get_wtime();
                #pragma omp parallel for schedule (dynamic,chunk)
default(shared) reduction(+:primes)
                for(int n=2;n<limite;n++) if (isprime(n)) primes++;
                endtime=omp_get_wtime();
                }
                if(k==2)
                {
                starttime=omp_get_wtime();
                #pragma omp parallel for schedule (guided,chunk)
default(shared) reduction(+:primes)
                for(int n=2;n<limite;n++) if (isprime(n)) primes++;
                endtime=omp_get_wtime();
                }
                printf("%d;%d;%f\n",j,chunk,endtime-starttime);
            }
            if(j==1)aux=1;
            if(j==2)aux=2;
```

Ejercicio3:

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <omp.h>

int main(int argc, char **argv)
{
    double starttime,endtime;
    int filA,colA,colB;
    printf("Tam de A;Hilos;Tiempo\n");
    int aux=0;
    for (int hilos=1;hilos<13;hilos+=aux)
    {
        omp_set_num_threads(hilos); //Cantidad de hilos: 1,2,4,8,16
        for(int p=0;p<5;++p)//VER P
        {
            if(p==0) filA=colA=colB=2; //16B c/matriz
            if(p==1) filA=colA=colB=16; //1kB c/matriz
            if(p==2) filA=colA=colB=50; //~10kB c/matriz
            if(p==3) filA=colA=colB=160; //100kB c/matriz
            if(p==4) filA=colA=colB=512; //1mB c/matriz
            if(p==5) filA=colA=colB=1619; //~10mB c/matriz
            if(p==6) filA=colA=colB=5120; //100mB c/matriz
            if(p==7) filA=colA=colB=16384; //1gB c/matriz
            int *a= new int[filA*colA];
            int *b= new int[colA*colB];
            int *c= new int[filA*colB];

            int i,j,k;
            starttime=omp_get_wtime();
            #pragma omp parallel for default(shared) private(i,j)
            for (k=0; k<colB; k++)
                for (i=0; i<filA; ++i)
                {
                    c[i*colB+k] = 0.0;
                    for (j=0; j<colA; j++) c[i*colB+k] = c[i*colB+k] +
a[i*colA+j] * b[j*colB+k];
                }
            endtime=omp_get_wtime();
            if(a) delete a;
            if(b) delete b;
            if(c) delete c;
            printf("%d;%d;%f\n",filA*colA*4,hilos,endtime-starttime);
        }
    if(hilos==1)aux=1;
    if(hilos==2)aux=2;
    if(hilos==4)aux=4;

    }
}
```