“AÑO DE LA UNIVERSALIZACIÓN DE LA SALUD”.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTÍN DE AREQUIPA

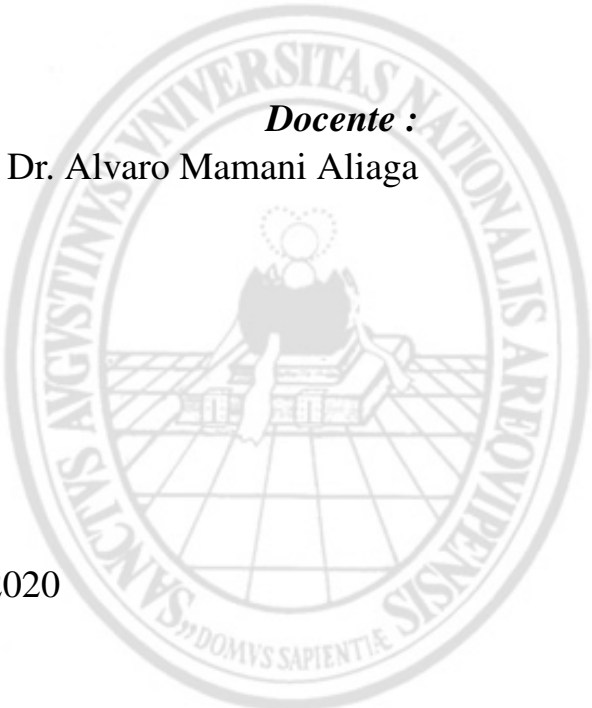
ESCUELA PROFESIONAL DE CIENCIA DE LA COMPUTACIÓN

COMPUTACIÓN PARALELA Y DISTRIBUIDA

Práctica 05

Alumnos:
Miguel Alexander, Herrera Cooper

Docente :
Dr. Alvaro Mamani Aliaga



11 de noviembre de 2020

Índice

1. Ping Pong Algorithm

Resolución

Los procesos usan MPI_Send y MPI_Recv para lanzarse continuamente mensajes entre hasta 10 veces. El programa hace uso de un contador y determina el rango del otro proceso con la operación módulo.Mientras el contador incrementa, los procesos se turnan para ser emisor y receptor.

```
#include <mpi.h>
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <unistd.h>

int main(int argc, char** argv) {
  const int n_operaciones = 10;


  MPI_Init(NULL, NULL);
  // Find out rank, size
  int rank_actual;
  MPI_Comm_rank(MPI_COMM_WORLD, &rank_actual);
  int world_size;
  MPI_Comm_size(MPI_COMM_WORLD, &world_size);

  int pp_contador = 0;
  int rank = (rank_actual + 1) % 2;
  while (pp_contador < n_operaciones) {
    if (rank_actual == pp_contador % 2) {
      pp_contador++;
      MPI_Send(&pp_contador, 1, MPI_INT, rank, 0, MPI_COMM_WORLD);
      sleep(1);//0.5 seg
      printf("Proceso %d envio e incremento pp_contador %d  al proceso %d\n
    ",
             rank_actual, pp_contador, rank);
      sleep(1);//0.5 seg
    } else {
      MPI_Recv(&pp_contador, 1, MPI_INT, rank, 0, MPI_COMM_WORLD,
               MPI_STATUS_IGNORE);
      sleep(1);//0.5 seg
      printf("Proceso %d recibio pp_contador %d de proceso %d\n",
             rank_actual, pp_contador, rank);
      sleep(1);//0.5 seg
    }
  }
  MPI_Finalize();
}
```

```
Proceso 0 envio e incremento pp_contador 1  al proceso 1
Proceso 1 recibio pp_contador 1 de proceso 0
Proceso 1 envio e incremento pp_contador 2  al proceso 0
Proceso 0 recibio pp_contador 2 de proceso 1
Proceso 0 envio e incremento pp_contador 3  al proceso 1
Proceso 1 recibio pp_contador 3 de proceso 0
Proceso 1 envio e incremento pp_contador 4  al proceso 0
Proceso 0 recibio pp_contador 4 de proceso 1
Proceso 0 envio e incremento pp_contador 5  al proceso 1
Proceso 1 recibio pp_contador 5 de proceso 0
Proceso 0 recibio pp_contador 6 de proceso 1
Proceso 1 envio e incremento pp_contador 6  al proceso 0
Proceso 0 envio e incremento pp_contador 7  al proceso 1
Proceso 1 recibio pp_contador 7 de proceso 0
Proceso 0 recibio pp_contador 8 de proceso 1
Proceso 1 envio e incremento pp_contador 8  al proceso 0
Proceso 0 envio e incremento pp_contador 9  al proceso 1
Proceso 1 recibio pp_contador 9 de proceso 0
Proceso 0 recibio pp_contador 10 de proceso 1
Proceso 1 envio e incremento pp_contador 10  al proceso 0
```

Figura 1: Ejecucion del Ping Pong

2. Regla Trapezoidal

En este problema no se requiere comunicación entre tareas, por eso es apropiado utilizar la descomposición funcional del problema. Con este método se busca estimar el área bajo la curva para una función positiva.

La regla del Trapecio establece que si hay “n” trapecios dentro de una región, el área de todos los trapecios más el factor de error en la aproximación corresponde al área bajo la cuerva descrita por la función en el plano y se puede calcular con la Ecuación.

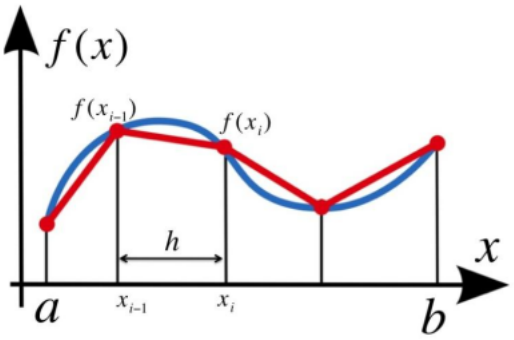
La función $f(x) = x^2$ se utilizó para evaluar el método del trapecio.

Ecuación:

$$\frac{1}{2}h[f(x_{i-1}) + f(x_i)]$$

Donde h corresponde a la base del trapecio, del vértice izquierdo del trapecio y $f(x_{i-1})$ corresponde a la longitud $f(x_i)$ corresponde a la longitud del vértice derecho del trapecio tal como lo muestra la . La base “h” de cada trapecio es la misma dado que facilita las operaciones de distribución y recolección de información del problema entre todos los procesadores.

También existen muchas estrategias para lograr paralelizar un programa en un nivel aceptable. El método que se presenta consiste en la división del dominio en pequeños grupos de tareas con el objetivo de solucionar las operaciones de cada tarea en diferentes procesadores para obtener la solución en menos tiempo.



Las operaciones que se ejecutan dentro de cada procesador son en esencia las mismas, la única diferencia radica en que las cadenas de instrucciones que se procesan son diferentes. El problema se inicializa con un intervalo de integración [a, b] en donde se almacenan "n" trapecios. La aplicación paralela diseñada por el programador debe estar en capacidad de dividir los elementos que están almacenados en el intervalo [a, b] por todos los procesadores disponibles para ejecutar el programa.

El funcionamiento apropiado de las librearías y funciones de MPI dependen del programador, dado que en la fase de conceptualización y diseño del algoritmo debe tener en cuenta aspectos que influyen de forma directa con el apropiado funcionamiento del programa. Los aspectos principales que guían al programador hacia una apropiada implementación de estructuras paralelas tienen que ver con el número de procesadores que se esperan utilizar para la ejecución del programa. MPI está enfocado a computadores con alto nivel de rendimiento, así que es común enfocar aplicaciones hacia el uso de cientos de procesadores (esto depende del tamaño de las instrucciones y del programa como tal).

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <string.h>
#include <mpi.h>

const double a = 0;
const double b = 10;

/* Declaraciones de funciones */
void Get_input(int argc, char* argv[], int my_rank, double* n_p);
double Trap(double left_endpt, double right_endpt, int trap_count, double
   base_len);
double f(double x);

int main(int argc, char** argv) {
  int my_rank, comm_sz, local_n;
  double n, h, local_a, local_b;
  double local_int, total_int;
  double start, finish, loc_elapsed, elapsed;

  MPI_Init(NULL, NULL);
  MPI_Comm_rank(MPI_COMM_WORLD, &my_rank);
  MPI_Comm_size(MPI_COMM_WORLD, &comm_sz);

  /*Imprime en consola el nucleo que ejecuto el proceso*/
  printf("soy el core nro. %d de %d\n", my_rank, comm_sz);

```

```
27   Get_input(argc, argv, my_rank, &n); /*Leer la entrada del usuario*/
28
29   /*Nota: h y local_n son iguales para todos los procesos */
30   h = (b - a) / n;          /* longitud de cada trapecio */
31   local_n = n / comm_sz;  /* cantidad de trapecios por proceso */
32
33   /* Duraci n del intervalo de integraci n de cada proceso = local_n * h.
       */
34   local_a = a + my_rank * local_n * h;
35   local_b = local_a + local_n * h;
36
37   MPI_Barrier(MPI_COMM_WORLD);
38   start = MPI_Wtime();
39
40   /* Calcular la integral local de cada proceso utilizando puntos finales
      locales*/
41   local_int = Trap(local_a, local_b, local_n, h);
42   finish = MPI_Wtime();
43   loc_elapsed = finish - start;
44   MPI_Reduce(&loc_elapsed, &elapsed, 1, MPI_DOUBLE, MPI_MAX, 0,
      MPI_COMM_WORLD);
45
46   /* Suma las integrales calculadas por cada proceso */
47   MPI_Reduce(&local_int, &total_int, 1, MPI_DOUBLE, MPI_SUM, 0,
      MPI_COMM_WORLD);
48
49
50   if (my_rank == 0) {
51     printf("Con n = %.0f trapezoides, el valor de la integral entre %.0f a
      %.0f = %f \n", n, a, b, total_int);
52     printf("Tiempo transcurrido = %f millisegundos \n", elapsed * 1000);
53   }
54
55   /* Cerrar MPI */
56   MPI_Finalize();
57
58   return 0;
59 } /*  main  */
60
61
62 /*---------------------------------------------- -----------------
63 * Funci n: Get_input
64 * Prop sito : obtener la entrada del usuario : el n mero de trapecios
65 **
66 * Args de entrada :
67 * 1. my_rank: rango de proceso en MPI_COMM_WORLD
68 * 2. comm_sz : n mero de procesos en MPI_COMM_WORLD
69 **
70 * Args de salida :
71 * 1. n_p: puntero al n mero de trapecios
72 */
73 void Get_input(int argc, char* argv[], int my_rank, double* n_p) {
74   if (my_rank == 0) {
75     if (argc != 2) {
76       fprintf(stderr, "uso: mpirun -np <N> %s <numero de trapezoides> \n",
      argv[0]);
77       fflush(stderr);
```

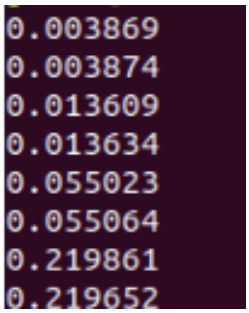
```
78        *n_p = -1;
79      }
80      else {
81        *n_p = atoi(argv[1]);
82      }
83    }
84    // Transmite el valor de n a cada proceso
85    MPI_Bcast(n_p, 1, MPI_DOUBLE, 0, MPI_COMM_WORLD);
86
87    // n negativo termina el programa
88    if (*n_p <= 0) {
89      MPI_Finalize();
90      exit(-1);
91    }
92  }  /* Get_input */
93
94  /*--------------------------------------------- ------------------
95  * Funci n: Trap
96  * Prop sito : funci n en serie para estimar una integral definida usando
        la regla trapezoidal
97  **
98  * Args de entrada :
99  * -left_endpt
100 * -right_endpt
101 * -trap_count
102 * -base_len
103 **
104 * Valor de retorno : estimaci n de la regla trapezoidal de la integral de
105 * left_endpt a right_endpt usando trap_count trapecios
106 */
107 double Trap(double left_endpt, double right_endpt, int trap_count, double
        base_len) {
108   double estimate, x;
109   int i;
110
111   estimate = (f(left_endpt) + f(right_endpt)) / 2.0;
112   for (i = 1; i <= trap_count - 1; i++) {
113     x = left_endpt + i * base_len;
114     estimate += f(x);
115   }
116   estimate = estimate * base_len;
117
118   return estimate;
119 } /*  Trap  */
120
121
122 /*--------------------------------------------- ------------------
123 * Funci n: f
124 * Prop sito : Calcular el valor de la funci n a integrar
125 * Args de entrada : x
126 */
127 double f(double x) {
128     double x1;
129     double x2;
130     x1 = ((x-4.0)*(x-4.0)*(x-4.0));
131     x2 = 2.0*x;
132     return ((0.2*x1)-x2)+12.0;;
```

```
133 } /* f */
```

3. Vector - Matriz

Resolución

```
int main(void) {
   float t0,t1, tiempo;
   double* A = NULL;
   double* x = NULL;
   double* y = NULL;
   int m=512;
   for (int i = 0; i < 5; ++i) {
     m = m*2;
     A = malloc(m*m*sizeof(double));
     x = malloc(m*sizeof(double));
     y = malloc(m*sizeof(double));
     if (A == NULL || x == NULL || y == NULL) {
        fprintf(stderr, "Can't allocate storage\n");
        exit(-1);
     }
     Read_matrix("A", A, m, m);
     Read_vector("x", x, m);
    t0 = clock();
    Mat_vect_mult(A, x, y, m, m);
    t1 = clock();
    tiempo = ((t1-t0)/CLOCKS_PER_SEC);
    printf("%f\n",tiempo);
     free(A);free(x);free(y);
   }
   return 0;
}
```



4. Parallel Odd-Even Transposition Sort

Resolución

```c
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <string.h>
#include <mpi.h>
#include <time.h>       /* time */
 // const int RMAX = 1000000000;
const int RMAX = 100;

/* Local functions */
void Usage(char* program);
void Print_list(int local_A[], int local_n, int rank);
void Merge_split_low(int local_A[], int temp_B[], int temp_C[],
    int local_n);
void Merge_split_high(int local_A[], int temp_B[], int temp_C[],
    int local_n);
void Generate_list(int local_A[], int local_n, int my_rank);
int  Compare(const void* a_p, const void* b_p);

/* Functions involving communication */
void Get_args(int argc, char* argv[], int* global_n_p, int* local_n_p,
    char* gi_p, int my_rank, int p, MPI_Comm comm);
void Sort(int local_A[], int local_n, int my_rank,
    int p, MPI_Comm comm);
void Odd_even_iter(int local_A[], int temp_B[], int temp_C[],
    int local_n, int phase, int even_partner, int odd_partner,
    int my_rank, int p, MPI_Comm comm);
void Print_local_lists(int local_A[], int local_n,
    int my_rank, int p, MPI_Comm comm);
void Print_global_list(int local_A[], int local_n, int my_rank,
    int p, MPI_Comm comm);


int main(int argc, char* argv[]) {
    int my_rank, p;
    char g_i;
    int* local_A;
    int global_n;
    int local_n;
    MPI_Comm comm;
    double start, finish;

    MPI_Init(&argc, &argv);
    comm = MPI_COMM_WORLD;
    MPI_Comm_size(comm, &p);
    MPI_Comm_rank(comm, &my_rank);

    Get_args(argc, argv, &global_n, &local_n, &g_i, my_rank, p, comm);
    local_A = (int*)malloc(local_n * sizeof(int));
    if (g_i == 'g') {
        Generate_list(local_A, local_n, my_rank);
```

```
51      }
52      else {
53          //Read_list(local_A, local_n, my_rank, p, comm);
54      }
55  #   ifdef DEBUG
56      Print_local_lists(local_A, local_n, my_rank, p, comm);
57  #   endif
58
59      start = MPI_Wtime();
60      Sort(local_A, local_n, my_rank, p, comm);
61      finish = MPI_Wtime();
62      if (my_rank == 0)
63          printf("Elapsed time = %e seconds\n", finish - start);
64
65  #   ifdef DEBUG
66      Print_local_lists(local_A, local_n, my_rank, p, comm);
67      fflush(stdout);
68  #   endif
69
70      Print_global_list(local_A, local_n, my_rank, p, comm);
71
72      free(local_A);
73
74      MPI_Finalize();
75
76      return 0;
77  }   /* main */
78
79  void Generate_list(int local_A[], int local_n, int my_rank) {
80      int i;
81
82      srand(my_rank + 1);
83      for (i = 0; i < local_n; i++)
84          local_A[i] = rand() % RMAX;
85
86  }   /* Generate_list */
87
88
89  void Usage(char* program) {
90      fprintf(stderr, "usage:  mpirun -np <p> %s <g|i> <global_n>\n",
91          program);
92      fprintf(stderr, "   - p: the number of processes \n");
93      fprintf(stderr, "   - g: generate random, distributed list\n");
94      fprintf(stderr, "   - i: user will input list on process 0\n");
95      fprintf(stderr, "   - global_n: number of elements in global list");
96      fprintf(stderr, " (must be evenly divisible by p)\n");
97      fflush(stderr);
98  }   /* Usage */
99
100
101 /*--------------------------------------------------------------------
102  * Function:    Get_args
103  * Purpose:     Get and check command line arguments
104  * Input args:  argc, argv, my_rank, p, comm
105  * Output args: global_n_p, local_n_p, gi_p
106  */
107 void Get_args(int argc, char* argv[], int* global_n_p, int* local_n_p,
```

```
108     char* gi_p, int my_rank, int p, MPI_Comm comm) {
109
110     if (my_rank == 0) {
111         if (argc != 3) {
112             Usage(argv[0]);
113             *global_n_p = -1;  /* Bad args, quit */
114         }
115         else {
116             *gi_p = argv[1][0];
117             if (*gi_p != 'g' && *gi_p != 'i') {
118                 Usage(argv[0]);
119                 *global_n_p = -1;  /* Bad args, quit */
120             }
121             else {
122                 *global_n_p = strtol(argv[2], NULL, 10);
123                 if (*global_n_p % p != 0) {
124                     Usage(argv[0]);
125                     *global_n_p = -1;
126                 }
127             }
128         }
129     }  /* my_rank == 0 */
130
131     MPI_Bcast(gi_p, 1, MPI_CHAR, 0, comm);
132     MPI_Bcast(global_n_p, 1, MPI_INT, 0, comm);
133
134     if (*global_n_p <= 0) {
135         MPI_Finalize();
136         exit(-1);
137     }
138
139     *local_n_p = *global_n_p / p;
140
141 }  /* Get_args */
142
143
144
145 void Print_global_list(int local_A[], int local_n, int my_rank, int p,
146     MPI_Comm comm) {
147     int* A = NULL;
148     int i, n;
149
150     if (my_rank == 0) {
151         n = p * local_n;
152         A = (int*)malloc(n * sizeof(int));
153         MPI_Gather(local_A, local_n, MPI_INT, A, local_n, MPI_INT, 0,
154             comm);
155         printf("Global list:\n");
156         for (i = 0; i < n; i++)
157             printf("%d ", A[i]);
158         printf("\n\n");
159         free(A);
160     }
161     else {
162         MPI_Gather(local_A, local_n, MPI_INT, A, local_n, MPI_INT, 0,
163             comm);
164     }
```

```
165
166 }  /* Print_global_list */
167
168
169 int Compare(const void* a_p, const void* b_p) {
170     int a = *((int*)a_p);
171     int b = *((int*)b_p);
172
173     if (a < b)
174         return -1;
175     else if (a == b)
176         return 0;
177     else /* a > b */
178         return 1;
179 }  /* Compare */
180
181
182 void Sort(int local_A[], int local_n, int my_rank,
183     int p, MPI_Comm comm) {
184     int phase;
185     int* temp_B, * temp_C;
186     int even_partner;  /* phase is even or left-looking */
187     int odd_partner;   /* phase is odd or right-looking */
188
189     /* Temporary storage used in merge-split */
190     temp_B = (int*)malloc(local_n * sizeof(int));
191     temp_C = (int*)malloc(local_n * sizeof(int));
192
193     /* Find partners:  negative rank => do nothing during phase */
194     if (my_rank % 2 != 0) {
195         even_partner = my_rank - 1;
196         odd_partner = my_rank + 1;
197         if (odd_partner == p) odd_partner = -1;  // Idle during odd phase
198     }
199     else {
200         even_partner = my_rank + 1;
201         if (even_partner == p) even_partner = -1;  // Idle during even
    phase
202         odd_partner = my_rank - 1;
203     }
204
205     /* Sort local list using built-in quick sort */
206     qsort(local_A, local_n, sizeof(int), Compare);
207
208     for (phase = 0; phase < p; phase++)
209         Odd_even_iter(local_A, temp_B, temp_C, local_n, phase,
210             even_partner, odd_partner, my_rank, p, comm);
211
212     free(temp_B);
213     free(temp_C);
214 }  /* Sort */
215
216
217 void Odd_even_iter(int local_A[], int temp_B[], int temp_C[],
218     int local_n, int phase, int even_partner, int odd_partner,
219     int my_rank, int p, MPI_Comm comm) {
220     MPI_Status status;
```

```
221
222     if (phase % 2 == 0) {  /* Even phase, odd process <-> rank-1 */
223         if (even_partner >= 0) {
224             MPI_Sendrecv(local_A, local_n, MPI_INT, even_partner, 0,
225                 temp_B, local_n, MPI_INT, even_partner, 0, comm,
226                 &status);
227             if (my_rank % 2 != 0)
228                 Merge_split_high(local_A, temp_B, temp_C, local_n);
229             else
230                 Merge_split_low(local_A, temp_B, temp_C, local_n);
231         }
232     }
233     else { /* Odd phase, odd process <-> rank+1 */
234         if (odd_partner >= 0) {
235             MPI_Sendrecv(local_A, local_n, MPI_INT, odd_partner, 0,
236                 temp_B, local_n, MPI_INT, odd_partner, 0, comm,
237                 &status);
238             if (my_rank % 2 != 0)
239                 Merge_split_low(local_A, temp_B, temp_C, local_n);
240             else
241                 Merge_split_high(local_A, temp_B, temp_C, local_n);
242         }
243     }
244 }  /* Odd_even_iter */
245
246
247
248 void Merge_split_low(int local_A[], int temp_B[], int temp_C[],
249     int local_n) {
250     int ai, bi, ci;
251
252     ai = 0;
253     bi = 0;
254     ci = 0;
255     while (ci < local_n) {
256         if (local_A[ai] <= temp_B[bi]) {
257             temp_C[ci] = local_A[ai];
258             ci++; ai++;
259         }
260         else {
261             temp_C[ci] = temp_B[bi];
262             ci++; bi++;
263         }
264     }
265
266     memcpy(local_A, temp_C, local_n * sizeof(int));
267 }  /* Merge_split_low */
268
269
270 void Merge_split_high(int local_A[], int temp_B[], int temp_C[],
271     int local_n) {
272     int ai, bi, ci;
273
274     ai = local_n - 1;
275     bi = local_n - 1;
276     ci = local_n - 1;
277     while (ci >= 0) {
```

```
278         if (local_A[ai] >= temp_B[bi]) {
279             temp_C[ci] = local_A[ai];
280             ci--; ai--;
281         }
282         else {
283             temp_C[ci] = temp_B[bi];
284             ci--; bi--;
285         }
286     }
287
288     memcpy(local_A, temp_C, local_n * sizeof(int));
289 }  /* Merge_split_low */
290
291
292 void Print_list(int local_A[], int local_n, int rank) {
293     int i;
294     printf("%d: ", rank);
295     for (i = 0; i < local_n; i++)
296         printf("%d ", local_A[i]);
297     printf("\n");
298 }  /* Print_list */
299
300
301 void Print_local_lists(int local_A[], int local_n,
302     int my_rank, int p, MPI_Comm comm) {
303     int* A;
304     int        q;
305     MPI_Status status;
306
307     if (my_rank == 0) {
308         A = (int*)malloc(local_n * sizeof(int));
309         Print_list(local_A, local_n, my_rank);
310         for (q = 1; q < p; q++) {
311             MPI_Recv(A, local_n, MPI_INT, q, 0, comm, &status);
312             Print_list(A, local_n, q);
313         }
314         free(A);
315     }
316     else {
317         MPI_Send(local_A, local_n, MPI_INT, 0, 0, comm);
318     }
319 }  /* Print_local_lists */
```

La comunicación dentro de los mismos nodos funciona mucho mejor que entre nodos. En comparación con dos implementaciones, los tiempos de intercambio entre procesos serán la variable más significativa que afectará la eficiencia del tiempo.

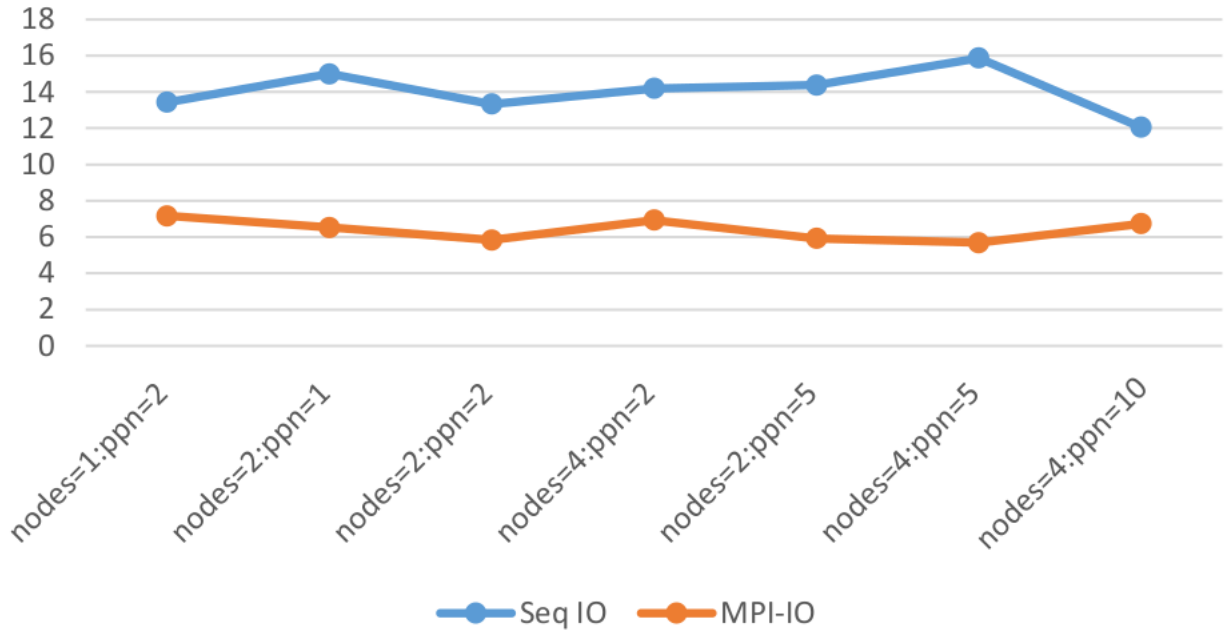


Figura 2: Rendimiento para diferentes I/O - Data = 100000

5. Conlusion

El rendimiento entre secuencial y MPI-I/O, no es lo suficientemente claro como para afirmar cuál es mucho mejor. Tal vez el sistema de las máquinas de prueba no tenga un sistema de archivos distribuido bien construido, por lo que la API MPI-IO no tiene una aceleración obvia.

En este proyecto, he aprendido que el programa es una parte esencial, pero el experimento es otra parte vital en la que puede demostrar plenamente que el trabajo que realiza es lo suficientemente bueno en computación paralela.

6. Repositorio

En el siguiente **enlace** se puede ver el código fuente del trabajo.