



# Proyecto No.1: OpenMP

Oliver Graf 17190  
Estuardo Ureta 17010  
Kristen Brandt 171482

# Índice

<b>Índice</b>	2
<b>Antecedentes conceptuales</b>	3
GitHub	3
Multithreading	3
Multiprocesamiento	3
Programa Secuencial	3
Programa Paralelo	4
OpenMP	4
<b>Antecedentes numéricos</b>	4
PDE	4
Método explícito de Euler para integraciones en el dominio del tiempo	4
Condiciones de estabilidad CFL (Courant-Friedrichs-Lewy)	5
Ecuación unidimensional de disipación de calor	5
<b>Introducción</b>	5
<b>Metodología</b>	6
Paralelización mediante OpenMP:	6
Optimización de la constante C y la variable de criterio de salida e	8
Optimización en la creación de estructuras de datos	8
Optimizaciones hechas mediante opciones de compilador	9
<b>Diagrama de flujo del programa</b>	11
<b>Resultados</b>	12
Tabla 1: Programa secuencial versus paralelo	12
Tabla 2: Programa paralelo con diferentes valores de la constante C	13
Tabla 3: Programa paralelo con diferentes valores de la variable de criterio de salida e	14
Tabla 4: Programa paralelo: Optimizaciones hechas mediante opciones de compilador	15
<b>Discusión</b>	16
<b>Conclusiones/Recomendaciones</b>	17
<b>Anexos</b>	17
Cronograma de actividades	17
Catálogo de variables	17
Bitácora de pruebas	19

## Antecedentes conceptuales

### GitHub

GitHub es una herramienta para el control de versiones de proyectos, normalmente este se utiliza para proyectos de código. Esta herramienta permite que haya varios colaboradores en el desarrollo del proyecto y se mantenga un orden en el trabajo de los mismos (Github, 2022).

### Multithreading

El multithreading es la capacidad de un sistema operativo de controlar su uso por más de un usuario y encargarse de varias solicitudes del mismo usuario sin tener que correr varias copias en la computadora. Multithreading utiliza "hilos", líneas individuales de código o unidades de ejecución en el sistema de la computadora para poder ejecutar varios procesos concurrentemente. Estos hilos comparten recursos de cores de la computadora. Aunque esta capacidad de correr programas concurrentes es escalable, receptivo a la hora de recibir inputs del usuario tiene el problema de que se pueden dar race conditions. Los race conditions son cuando dos hilos acceden la misma variable. Si uno de estos hilos es de lectura y el otro de escritura puede que sucedan en un orden no deseado (Flewitt, 2021).

### Multiprocesamiento

El multiprocesamiento es una técnica conocida como forking, esta técnica ayuda a eliminar los problemas que tiene el multithreading, una computadora puede ser capaz de utilizar dos o más procesadores para realizar las operaciones. Lo malo del multiprocesamiento es que utiliza un programa para cada tarea lo cual hace que haya un uso mayor de memoria y recursos. Lo bueno del multiprocesamiento es que no se dan los race conditions o corrupción de los datos (Flewitt, 2021).

### Programa Secuencial

Un programa secuencial es un programa en el cual si se le dan los mismos inputs cada vez, este va a ejecutar siempre la misma secuencia de instrucciones y siempre producirá el mismo resultado. Este tipo de programa es considerado determinístico (Berkley, 2020).

## Programa Paralelo

Un programa paralelo es un programa que utiliza varios recursos con el fin de resolver un problema más rápido dividiéndose el trabajo. Hoy en día se utilizan bastante los programas paralelos para big data, ya que se pueden cargar y analizarlos datos de una manera más rápida y más barata(Introduction to parallel computing tutorial,n.d).

## OpenMP

OpenMP es una herramienta que sirve para los lenguajes de programación C, C++ y Fortran, esta herramienta soporta el multiprocesamiento de memoria compartida (implementación de multithreading). Esta herramienta sirve mediante un método de paralelización en el cual un subproceso principal le hace fork un número específico de subprocesos y el sistema divide una tarea entre ellos. Con esto los subprocesos se ejecutan al mismo tiempo (simultáneamente), y el entorno de tiempo de ejecución va asignando los subproceso a distintos procesadores. Dentro del código la sección que se desea ejecutar en paralelo debe de estar debidamente identificada con una directiva de compilación. Esta directiva de compilación es la que permite que se logren los subprocesos antes de que se ejecute la sección de código (Mattson,2017).

## Antecedentes numéricos

### PDE

PDE es una ecuación diferencial parcial. Esta ecuación es para una función desconocida que tiene dos o más variables independientes y se resuelve utilizando derivadas parciales. El orden de estas ecuaciones es el orden de la derivada más grande que se encuentra en la ecuación. Estas vienen en la forma :

$$F(x, y, \dots, u, u_x, u_y, \dots, u_{xx}, u_{xy}, u_{yy}, \dots) = 0$$

Y se utiliza la siguiente notación para las derivadas parciales.

$$u_x = \frac{\partial u}{\partial x}, \quad u_{xx} = \frac{\partial^2 u}{\partial x^2}, \dots$$

(Novozhilov, 2020)

### Método explícito de Euler para integraciones en el dominio del tiempo

El método explícito Euler es una fórmula que nos permite resolver problemas de valor inicial. Los métodos explícitos son los que calculan el estado de un sistema en un tiempo predeterminado,  $x$ , sin la necesidad de utilizar ecuaciones algebraicas (Bui, 2010).

## Condiciones de estabilidad CFL (Courant-Friedrichs-Lewy)

Las condiciones de estabilidad CFL son condiciones para estabilidad de métodos numéricos que no son estables. Normalmente estas condiciones se utilizan en modelos de convección o de olas.

Existe el número Courant dentro de CFL, este número es un valor sin dimensiones que representa el tiempo que una partícula se queda en una celda. Este número debe de ser menor a 1 e idealmente menor a 0.7 (MIT, n.d).

## Ecuación unidimensional de disipación de calor

En el proyecto se utiliza una PDE para simular la disipación de calor en una barra metálica. Para esto se necesita la temperatura inicial de la barra y la temperatura en ambos extremos de la barra.

$$\frac{\partial T(x, t)}{\partial t} = c \frac{\partial^2 T(x, t)}{\partial x^2}$$

PDE para una barra de longitud sin fuentes de calor.

Cuando ya se tienen los datos de temperatura se hacen aproximaciones diferenciales finitas (derivada en tiempo y derivada en distancia).

$$\frac{\partial T(x_j, t)}{\partial t} = \frac{T_j(t_{i+1}) - T_j(t_i)}{\Delta t}$$

$$\frac{\partial^2 T(x, t)}{\partial x^2} = \frac{T_{j-1}(t_i) - 2T_j(t_i) + T_{j+1}(t_i)}{(\Delta x)^2},$$

Aproximaciones diferenciales

Utilizando el método explícito de Euler se obtiene el algoritmo simplificado para el cálculo de la temperatura nueva.

$$T_j(t_{i+1}) = T_j(t_i) + \frac{c \Delta t}{(\Delta x)^2} (T_{j-1}(t_i) - 2T_j(t_i) + T_{j+1}(t_i)).$$

Algoritmo simplificado para el cálculo de temperatura

## Introducción

En el proyecto No.1 de computación paralela y distribuida se utilizó OpenMP, para transformar un programa secuencial a uno paralelo. Este proyecto se hizo con el objetivo de diseñar e implementar programas para la paralelización de procesos con memoria

compartida utilizando la herramienta OpenMP, además se buscaba aplicar el método PCAP y patrones de partición para hacer modificaciones a un programa secuencial para volverlo paralelo.

Se utilizó el algoritmo simplificado para el cálculo de temperatura, mencionado en los antecedentes numéricos, para poder simular la propagación del calor a través de una barra de metal de longitud  $L$ . Se escribió el algoritmo utilizando C++ de manera secuencial y luego se modificó el código para hacerlo paralelo haciendo uso de OpenMP. El pseudocódigo del programa se encuentra a continuación:

Input:

- err - precisión o diferencia requerida
- $N$  - número de intervalos discretos
- $T_0$  - temperatura inicial de toda la barra
- $T_L$  - temperatura en la frontera izquierda ( $x=0$ )
- $T_R$  - temperatura en la frontera derecha ( $x=L$ )
- 1. Obtener el ID del hilo y el número de procesos cooperantes  $p$
- 2. Distribuir los parámetros de Input a todos los procesos
- 3. Ajustar los valores iniciales de los vectores locales de solución  $T_i$  y  $T_{i+1}$ , para tiempo  $i$
- 4. while (No llegamos al criterio de salida) do
- 5.     for  $j = 1 \dots N/p$  do
- 6.         Intercambiar los valores  $T_j(t_i)$  de frontera del subdominio
- 7.         Calcular la nueva temperatura  $T_j(t_{i+1})$
- 8.         Actualizar el vector local de solución  $T_{i+1}$
- 9.     end for
- 10.     Acumular los vectores resultantes de cada subdominio
- 11. end while

Output: Vector solución con las temperaturas de la barra

## Metodología

### 1. Paralelización mediante OpenMP:

Para volver paralelo nuestro programa secuencial se utilizó OpenMP. A continuación se describen las secciones de código que fueron paralelizadas y las que se declararon como secciones críticas.

a. Ciclos for paralelos:

En la figura 1 aparece el ciclo for que actualiza la temperatura en el arreglo de trabajo Ar2, mediante la ecuación discutida en los antecedentes numéricos. Esta sección es paralelizable porque cada iteración del for escribe en Ar2 únicamente en la posición que corresponde a la iteración, como se puede ver en la línea 92 del código. En cuanto a Ar1, éste solo se lee, por lo que no afecta la paralelización.

```
87      //for para actualizar la temperatura <- PARALELIZABLE
88      #pragma omp parallel for schedule(static)
89
90      for (j = 1; j < N-1; j++) {
91
92          Ar2[j] = Ar1[j] + (k*dt/dXpow)*(Ar1[j-1]-
93          • 2*Ar1[j]+Ar1[j+1]);
94          diferencias[j] = abs(Ar1[j] - Ar2[j]);
95      }
```

**Figura 1:** For para actualizar la temperatura en Ar2, nuestro array de trabajo.

Este ciclo toma el valor de Ar2 en la posición que corresponde a la iteración del ciclo y lo copia a la misma posición en Ar1. No se topa con problemas al ser paralelizado.

```
96      // for para actualizar arreglo de respuesta <- PARALELIZABLE
97      #pragma omp parallel for schedule(static)
98      for (o = 1; o < N-1; o++) {
99
100          Ar1[o] = Ar2[o];
101
102      }
```

**Figura 2:** For para actualizar la temperatura en Ar1, nuestro array de respuesta.

b. Secciones críticas:

El for que evalúa el arreglo que contiene dT (en otras palabras,  $\text{abs}(\text{Ar1} - \text{Ar2})$ ) para determinar si se alcanzó la condición de salida se puede observar en la siguiente figura. Éste no fue paralelizado, porque al haber una dependencia de write after read, los threads pueden toparse con race conditions, que pueden ocasionar que el programa termine prematuramente.

```

104      // for para calculo de maximo que nos indica si el while debe terminar <- NO PARALELIZABLE
105      #pragma critical
106      for (q = 1; q < N-1; q++){
107
108          if (diferencias[q] > maximo){
109              maximo = diferencias[q];
110          }
111
112      }

```

**Figura 3:** For para determinar si se llegó al criterio de salida.

c. Criterio de salida:

Primero definimos  $\epsilon$ , que es nuestra variable de control y puede valer por ejemplo 0.05. Luego calculamos  $dT = T_j(t_i) - T_j(t_{i+1})$ , para cada  $j$ . Finalmente buscamos entre los  $dT$  el valor más alto y si éste es menor que  $\epsilon$ , el programa termina. En otras palabras el criterio de salida es  $\max(dT) < \epsilon$ .

## 2. Optimización de la constante C y la variable de criterio de salida $\epsilon$

Se incrementó y disminuyó el valor de la constante C, para observar los efectos que ésta tiene sobre el tiempo de ejecución y la correctitud de nuestro algoritmo. Se hizo pruebas con tres diferentes valores: primero 0.5 por estar justo en la frontera para cumplir con las condiciones de estabilidad CFL, segundo 0.25 por estar a la mitad entre 0.5 y 0, y finalmente 0.05. Durante estas pruebas el resto de parámetros y condiciones se mantuvieron constantes. Se midió el tiempo de ejecución del programa 10 veces con los diferentes valores de la constante C. Adicionalmente, se capturaron las varas (arreglos) convergidas que resultan de correr el programa, para observarlas y diagnosticar la correctitud de nuestro algoritmo bajo las diferentes condiciones. Cabe mencionar que no se encontró un método confiable para medir la correctitud del programa, más que el criterio visual.

## 3. Optimización en la creación de estructuras de datos

Al inicializar el arreglo  $Ar1$ , debemos poblarlo con los valores de las temperaturas iniciales, ya que este arreglo simula nuestra vara de metal. Cabe destacar que todos los valores dentro del arreglo son iguales con la excepción del primer y último valor del arreglo. Con el objetivo de ahorrarnos el evaluar con un if el índice, dentro del for, para determinar si estamos ubicados en alguno de los extremos del arreglo, los valores de los extremos se colocan directamente. Mientras que, el resto de valores es colocado dentro de un for que excluye los extremos del arreglo. Esto lo podemos ver implementado en la figura siguiente.



```

57 //Inicializar Array 1, que representa la vara de metal <- PARALELIZABLE (NO se paralelizo porque incrementa el runtime)
58
59 float * Ar1 = new float[N];
60
61 Ar1[0] = static_cast< float >(Tl);
62 Ar1[N-1] = static_cast< float >(Tr);
63
64
65 for(i = 1; i < N-1; i++)
66 {
67     Ar1[i] = static_cast< float >(T0);
68 }
69

```

**Figura 4:** Inicialización del arreglo Ar1.

Uno de los valores que debemos introducir a la ecuación para el cálculo de las nuevas temperaturas, es  $dX$  elevado al cuadrado. Para no tener que elevar el valor al cuadrado cada vez que utilizamos la ecuación, definimos una constante denominada  $dXpow$ . De igual forma definimos una constante denominada  $k$  que es la constante de difusividad térmica del material (el valor típico es 10 a la potencia de -5). Definir en variables los valores que pertenecen constantes le agrega rapidez a la tarea de realizar el cálculo de las nuevas temperaturas mediante la ecuación.

```

47 // Constantes de la ecuacion
48
49 float dXpow = pow( static_cast< float >(dX),2);
50 float k = pow(10,-5);
51
54 //Calcular dt
55 float dt = 0.2*dXpow/k;
56

```

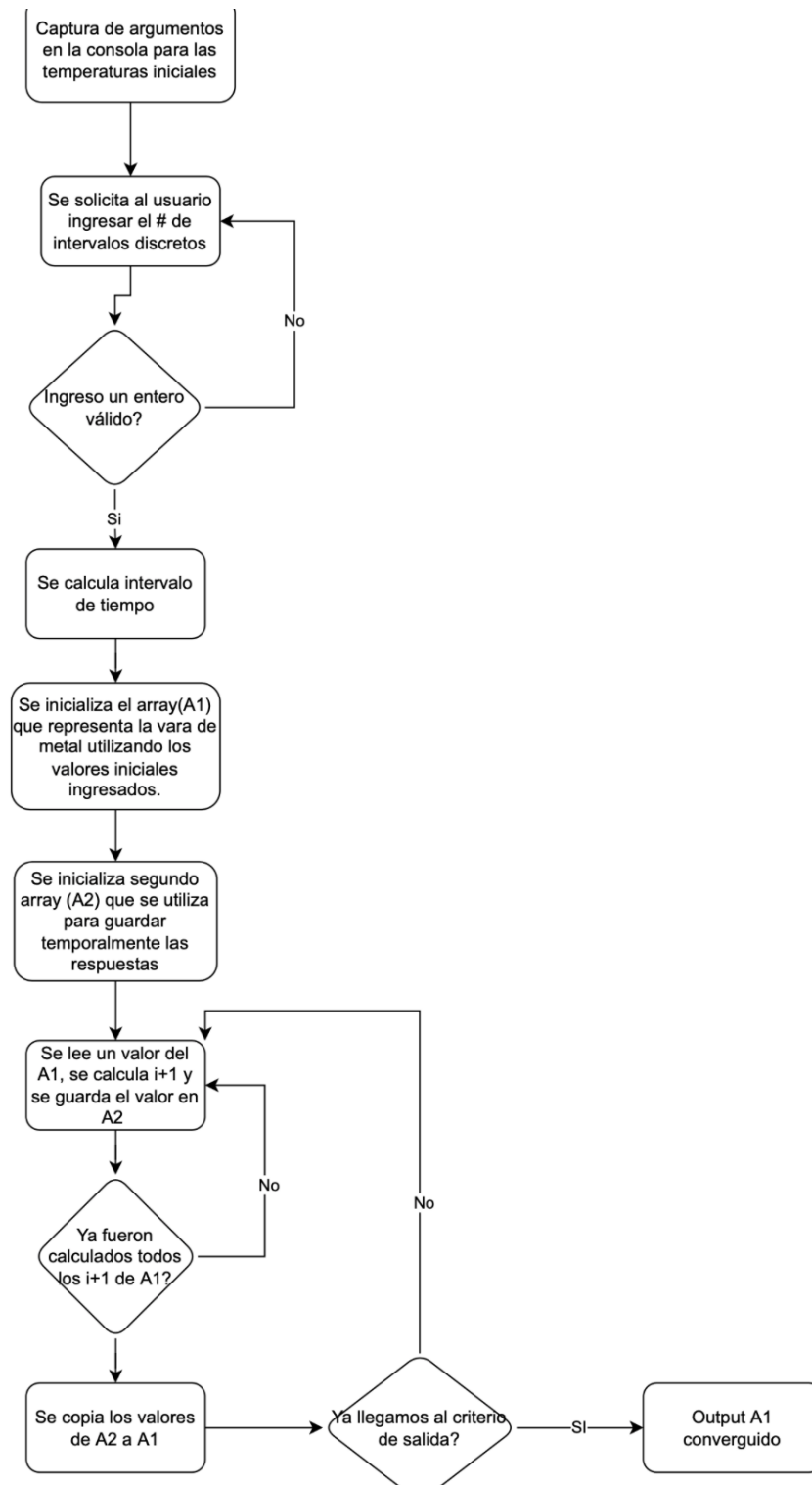
**Figura 5:** Inicialización de las constantes que la ecuación requiere.

#### 4. Optimizaciones hechas mediante opciones de compilador

El compilador que utilizamos es gcc, el cual ofrece abundantes opciones en cuanto a optimizaciones del programa a compilar. Hay algunas optimizaciones que están diseñadas para reducir el tamaño del código, mientras que hay otras que están diseñadas para reducir el tiempo de ejecución de nuestro programa. Dado el enfoque de este proyecto, a nosotros solo nos interesan aquellas opciones de optimización que reduzcan el tiempo de ejecución. Como ya se había mencionado, existen muchísimas opciones de optimización que uno puede elegir manualmente y un ejemplo de una

opción que reduce el tiempo es “Constant folding”, que busca realizar operaciones aritméticas, que se encuentren dentro del código y que puedan resolverse antes de correr el programa, durante la compilación. A pesar de que existe un tag de compilación específico para activar esta y cada una de las opciones, en el proyecto se utilizó los siguientes tags para compilar nuestro programa, que activan un grupo de opciones de optimización: -o (standard), -O1 (optimización ligera orientada a speedup), -O2 (optimización intermedia). Seguido de eso, se hicieron 10 mediciones de velocidad para cada una de las opciones de compilación mencionadas.

# Diagrama de flujo del programa



<https://github.com/KristenBrandt/OpemMP/blob/415b0e6693d65dcf47fa8a75117aae5c7a9438e1/diagramaflujo.pdf>

# Resultados

Tabla 1: Programa secuencial versus paralelo

Threads en paralelo: 6

Cantidad de distancias discretas: 5000

Temperatura izquierda: 10000

Temperatura derecha: 0

Temperatura de la vara: 25

Constante C: 0.2

Variable de criterio de salida: 0.05

Corrida	Secuencial	Paralelo
1	2.616	1.208
2	2.621	1.203
3	2.607	1.343
4	2.625	1.254
5	2.606	1.248
6	2.564	1.279
7	2.632	1.243
8	2.602	1.241
9	2.679	1.271
10	2.650	1.245
11	2.597	1.338
12	2.665	1.268
13	2.620	1.276
14	2.659	1.256
15	2.616	1.262
16	2.644	1.244
17	2.622	1.318
18	2.629	1.271

19	2.622	1.253
20	2.642	1.235
<b>Promedio</b>	<b>2.626</b>	<b>1.263</b>

$$speedup = \frac{t_{seq}}{t_{par}}$$

El speedup fue de 2.08

Tabla 2: Programa paralelo con diferentes valores de la constante C

Threads en paralelo: 6

Cantidad de distancias discretas: 5000

Temperatura izquierda: 10000

Temperatura derecha: 0

Temperatura de la vara: 25

Variable de criterio de salida: 0.05

<b>Corrida</b>	<b>C = 0.05</b>	<b>C = 0.25</b>	<b>C = 0.5</b>
1	1.174	1.230	2.640
2	1.323	1.194	2.453
3	1.253	1.212	2.526
4	1.287	1.243	2.447
5	1.343	1.210	2.690
6	1.278	1.226	2.570
7	1.245	1.232	2.531
8	1.258	1.243	2.486
9	1.250	1.267	2.524
10	1.229	1.224	2.538
<b>Promedio</b>	<b>1.274</b>	<b>1.228</b>	<b>2.5405</b>

Tabla 3: Programa paralelo con diferentes valores de la variable de criterio de salida e

Threads en paralelo: 6

Cantidad de distancias discretas: 5000

Temperatura izquierda: 10000

Temperatura derecha: 0

Temperatura de la vara: 25

Constante C: 0.2

Variable de criterio de salida: 0.05

Corrida	e = 0.01	e = 0.05
1	6.361	1.189
2	6.793	1.209
3	6.404	1.214
4	6.462	1.200
5	6.543	1.221
6	6.526	1.191
7	6.545	1.230
8	6.594	1.227
9	6.916	1.211
10	6.720	1.307
<b>Promedio</b>	<b>6.611</b>	<b>1.220</b>

Tabla 4: Programa paralelo: Optimizaciones hechas mediante opciones de compilador

Threads en paralelo: 6

Cantidad de distancias discretas: 5000

Temperatura izquierda: 10000

Temperatura derecha: 0

Temperatura de la vara: 25

Constante C: 0.2

Variable de criterio de salida: 0.05

Corrida	-o	-O1	-O2
1	1.218	1.185	1.213
2	1.192	1.206	1.238
3	1.248	1.210	1.250
4	1.246	1.214	1.231
5	1.248	1.241	1.260
6	1.254	1.214	1.304
7	1.261	1.225	1.341
8	1.263	1.258	1.308
9	1.260	1.231	1.256
10	1.211	1.240	1.252
<b>Promedio</b>	<b>1.240</b>	<b>1.222</b>	<b>1.265</b>

## Discusión

El objetivo principal del proyecto era reducir el tiempo de ejecución de un programa secuencial, a través de hacerlo ejecutar paralelamente en varios hilos, haciendo uso de OpenMP. Aplicando a los ciclos for los “pragma” de paralelización mencionados en la sección de metodología, se logró reducir el tiempo de ejecución con un speedup de 2.08; la diferencia de los promedios de las 20 corridas que se hicieron para ambos programas (secuencial y paralelo) fue de 1.36 segundos. Se prestó mucha atención a los procesos que estaban corriendo en la computadora mientras se hacían las mediciones, para asegurar que las condiciones fueran lo más similares posible para cada medición. El único parámetro que cambia entre ambos programas es la cantidad de hilos, donde el programa secuencial corre en un hilo y el paralelo corre en seis. Se eligió utilizar 6 threads porque ese es el número de núcleos de la computadora en la que corrimos los experimentos.

Reconocemos que es posible encontrar un número de hilos óptimo para obtener mejores speedups. Sin embargo, en este caso nos enfocamos en variar otros parámetros que intervienen en el programa y estas son la constante **C** y la variable de salida **e**, para ver de qué manera afectan el speedup. Cabe mencionar que para métodos numéricos oscilatorios o para simulaciones de convección de calor (condiciones con las cuales cumple nuestro programa), la constante **C** debe satisfacer las condiciones de estabilidad CFL, sobre las cuales se menciona en la sección de antecedentes numéricos. Esto implica que  $C \leq 0.5$ . Debido a esto, decidimos determinar el speedup del programa con tres valores que cumplen con la condición mencionada anteriormente: 0.05, 0.25, 0.5. Los tiempos de ejecución que obtuvimos se encuentran en la Tabla 2 y como podemos observar, los resultados de 0.05 y 0.25 son muy similares. Por otro lado, el resultado que obtuvimos al utilizar 0.5 es el doble que el que obtuvimos al usar 0.25. Estos resultados nos motivaron a continuar con la siguiente variable a variar.

La variable **e** es el criterio de salida. Al hacerla más pequeña el programa se vuelve más lento y al incrementar el valor de **e**, el programa se vuelve más rápido. ¿Quiere decir que una **e** mayor es mejor? En este caso no, porque si la incrementamos mucho, el programa converge mucho antes de lo que debería. Cuando **e** es muy pequeña, el programa puede tardar mucho más, pero convergerá en un punto más adecuado. Esta variable al igual que la constante **C** debe estar restringida por ciertas condiciones para que pueda representar de forma correcta a la realidad. Dicho esto, se volvió claro que es necesario encontrar el mejor



equilibrio entre velocidad de ejecución y correctitud (que tan confiable es nuestro resultado) Ahora bien, ¿cómo podemos optimizar estas dos variables para producir dicho equilibrio?

Para poder optimizar el equilibrio, tenemos que poder medir el tiempo de ejecución, lo cual ya podemos, pero además, tenemos que poder medir la correctitud de nuestro programa. Una herramienta que haga esto no tenemos. En nuestro caso, no dispusimos de suficiente tiempo para encontrar o implementar una manera de medir la correctitud del programa desarrollado. Consecuentemente, no proseguimos a optimizar el runtime basándonos en las variables  $e$  y  $C$ , porque sin la capacidad de medir la correctitud del programa, es posible que al reducir el tiempo de ejecución, también afectamos negativamente la correctitud del programa.

Como último punto a discutir, en la Tabla 4 se encuentran los tiempos de ejecución del mismo programa con los mismos parámetros, variando únicamente las opciones de optimización del compilador. Aquí los cambios no fueron tan drásticos. El paquete de opciones -O1 fue el más rápido pero no por mucho. Con un entendimiento más profundo de las opciones que se activan con -O1 podría seleccionarse las opciones que más aportan al speedup del programa, así como descartar las opciones que no aportan al speedup.

## Conclusiones/Recomendaciones

- Según la Tabla No.1 el programa paralelo tuvo un speedup de 2.08.
- Por medio del programa secuencial y paralelo se logro simular la disipación de calor en una barra metálica.
- A medida que decrece e incrementa el runtime del programa.
- Conforme aumenta  $C$  incrementa el runtime.
- Se recomienda tener o desarrollar una manera de medir la correctitud del programa, para no pensar que por ser más rápido es mejor.
- Se recomienda hacer un estudio de optimización de variables  $e$ ,  $C$  y  $\Delta X$ .

## Anexos

- Cronograma de actividades  
<https://github.com/KristenBrandt/OpenMP/blob/2446b1f9fd00954871c152cb3b9ffa635f87b6c/Actividades%20P1%20OpenMP.pdf>
- Catálogo de variables

	Variable	Tipo	Descripción
entrada	T0	float	Temperatura inicial de la vara
entrada	Tl	float	Temperatura de la barra del lado izquierdo
entrada	Tr	float	Temperatura de la barra del lado derecho
entrada	dX	int	Tamaño de intervalos discretos
entrada	T	int	Número de threads
-	dt	int	Intervalos de tiempo
-	e	float	Variable de criterio de salida
salida	maximo	float	Variable de control de salida
-	N	int	Tamaño de arreglo que representa la vara
-	j,i,o,p,q	int	Variables de iteración.
salida	Ar1	float array	Arreglo que representa la vara
-	Ar2	float array	Arreglo donde se actualiza la solución
-	diferencias	float array	Arreglo con las diferencias entre $T_i$ y $T_{i+1}$

<https://github.com/KristenBrandt/OpemMP/blob/2446b1f9fd00954871c152cb3b9ffaa635f87b6c/Variables.txt>

- Bitácora de pruebas

Threads en paralelo: 6

Cantidad de distancias discretas: 100

Temperatura de la vara: 25

Constante C: 0.2

Variable de criterio de salida: 0.05

Corrida	Tl	Tr	Tiempo en s
1	10000	0	0.062
2	10000	0	0.052
3	10000	0	0.049
4	10000	2000	0.055
5	10000	2000	0.055
6	10000	2000	0.056
7	10000	4000	0.056
8	10000	4000	0.059
9	10000	4000	0.057
10	10000	6000	0.059
11	10000	6000	0.061
12	10000	6000	0.059
13	15000	6000	0.063
14	15000	6000	0.063
15	15000	6000	0.076

- Varas convergidas

- Vara convergida con constante  $C = 0.25$  y  $e = 0.05$ :

- 10000 9948.79 9897.59 9846.39 9795.19 9744.01 9692.83 9641.67 9590.52 9539.39 9488.28 9437.19 9386.12 9335.08 9284.06 9233.08 9182.12 9131.21 9080.32 9029.48 8978.67 8927.91 8877.19 8826.52 8775.89 8725.32 8674.79 8624.32 8573.91 8523.55 8473.26 8423.03 8372.86 8322.76 8272.73 8222.77 8172.88 8123.07 8073.33 8023.67 7974.1 7924.6 7875.19 7825.87 7776.63 7727.49 7678.43 7629.47 7580.6 7531.83 7483.16 7434.59 7386.12 7337.75 7289.49 7241.34 7193.3 7145.37 7097.55 7049.85 7002.26 6954.79 6907.45 6860.22 6813.11 6766.13 6719.28 6672.55 6625.96 6579.49 6533.16 6486.96 6440.9 6394.97 6349.18 6303.54 6258.03 6212.67 6167.45 6122.38 6077.45 6032.67 5988.05 5943.57 5899.25 5855.08 5811.06 5767.21 5723.51 5679.96 5636.58 5593.36 5550.31 5507.41 5464.68 5422.12 5379.72 5337.5 5295.44 5253.55 5211.83 5170.29 5128.92 5087.72 5046.7 5005.85 4965.19 4924.7 4884.38 4844.25 4804.3 4764.53 4724.95 4685.54 4646.32 4607.29 4568.44 4529.77 4491.3 4453.01 4414.91 4376.99 4339.27 4301.74 4264.4 4227.24 4190.28 4153.52 4116.94 4080.56 4044.37 4008.38 3972.58 3936.98 3901.57 3866.36 3831.34 3796.52 3761.9 3727.47 3693.24 3659.21 3625.38 3591.75 3558.31 3525.08 3492.04 3459.2 3426.56 3394.12 3361.88 3329.84 3298 3266.35 3234.91 3203.67 3172.63 3141.78 3111.14 3080.7 3050.45 3020.41 2990.57 2960.92 2931.48 2902.23 2873.18 2844.34 2815.69 2787.24 2758.98 2730.93 2703.07 2675.41 2647.95 2620.69 2593.62 2566.75 2540.07 2513.59 2487.31 2461.22 2435.33 2409.63 2384.12 2358.81 2333.69 2308.76 2284.03 2259.49 2235.13 2210.97 2187 2163.22 2139.63 2116.23 2093.01 2069.99 2047.15 2024.49 2002.03 1979.74 1957.64 1935.73 1914 1892.45 1871.09 1849.9 1828.9 1808.07 1787.43 1766.96 1746.68 1726.56 1706.63 1686.87 1667.29 1647.88 1628.64 1609.58 1590.69 1571.97 1553.42 1535.04 1516.83 1498.79 1480.91 1463.21 1445.66 1428.28 1411.07 1394.02 1377.13 1360.4 1343.83 1327.43 1311.18 1295.09 1279.15 1263.38 1247.75 1232.29 1216.97 1201.81 1186.8 1171.94 1157.23 1142.67 1128.26 1113.99 1099.88 1085.9 1072.07 1058.39 1044.85 1031.44 1018.18 1005.06 992.081 979.238 966.531 953.96 941.524 929.222 917.054 905.017 893.112 881.337 869.692 858.175 846.786 835.523 824.386 813.374 802.485 791.719 781.075 770.552 760.149 749.864 739.698 729.649 719.716 709.898 700.195 690.605 681.128 671.761 662.506 653.36 644.323 635.394 626.571 617.855 609.244 600.736 592.332 584.031 575.83 567.73 559.73 551.829 544.025 536.318 528.707 521.192 513.77 506.442 499.207 492.063 485.01 478.047 471.173 464.387 457.688 451.076 444.549 438.108 431.75 425.475 419.283 413.172 407.142 401.192 395.32 389.527 383.811 378.172 372.608 367.12 361.706 356.365 351.097 345.901 340.776 335.721 330.736 325.82 320.971 316.191 311.476 306.828 302.245 297.726 293.271 288.878 284.548 280.28 276.072 271.925 267.837 263.808 259.837 255.923 252.067 248.266 244.521 240.83 237.194 233.611 230.081 226.603 223.177 219.801 216.476 213.201 209.975 206.797 203.667 200.585 197.549 194.559 191.615 188.716 185.861 183.05 180.283 177.558 174.875 172.234 169.634 167.075 164.556 162.076 159.635 157.233 154.868 152.542 150.252 147.998 145.781 143.599 141.452 139.34 137.261 135.217 133.205 131.226 129.28 127.365 125.481 123.629 121.807 120.015 118.253 116.52 114.815 113.139 111.492 109.871 108.278 106.712 105.172 103.658 102.17 100.707 99.2691 97.8556 96.4663 95.1009 93.7589 92.4401 91.144 89.8704 88.6189 87.3891 86.1808 84.9936 83.8272 82.6813 81.5555 80.4496 79.3633 78.2962 77.248 76.2186 75.2074 74.2144 73.2392 72.2815 71.341 70.4175 69.5107 68.6203 67.7461 66.8878 66.0452 65.218 64.406 63.6088 62.8264 62.0584 61.3046 60.5647 59.8386 59.126 58.4268 57.7405 57.0672 56.4065 55.7582 55.1221 54.4981 53.8859 53.2853 52.6961 52.1181 51.5512 50.9952 50.4498 49.9149 49.3903 48.8758 48.3713 47.8766 47.3914 46.9158 46.4494 45.9921 45.5437 45.1042 44.6733 44.2509 43.8369 43.431 43.0332 42.6433 42.2612 41.8867 41.5196 41.16 40.8075 40.4621 40.1237 39.7922 39.4673 39.149 38.8372 38.5318 38.2326 37.9395 37.6523 37.3711 37.0957 36.8259 36.5618 36.303 36.0497 35.8016 35.5586 35.3207 35.0878 34.8598 34.6365 34.418 34.204 33.9946 33.7895 33.5888 33.3924 33.2001 33.012 32.8278 32.6476 32.4713 32.2987 32.1298 31.9646 31.8029 31.6448 31.49 31.3386 31.1905 31.0457 30.9039 30.7653 30.6298 30.4972 30.3675 30.2406 30.1166 29.9953 29.8767 29.7607 29.6473 29.5364 29.428 29.322 29.2184 29.1172 29.0181 28.9214 28.8268 28.7343 28.6439 28.5556 28.4693 28.3849 28.3025 28.2219 28.1432 28.0663 27.9912 27.9178 27.846 27.776 27.7075 27.6407 27.5754 27.5116 27.4492 27.3884 27.329 27.2709 27.2142 27.1589 27.1048 27.052 27.0005 26.9502 26.901 26.8531 26.8063 26.7605 26.7159 26.6724 26.6299 26.5884 26.5479 26.5083 26.4698 26.4321 26.3954 26.3595 26.3246 26.2904 26.2571 26.2247 26.193 26.162 26.1319 26.1025 26.0738 26.0458 26.0185 25.9918 25.9659 25.9405 25.9158 25.8917 25.8682 25.8453 25.823 25.8012 25.78 25.7593 25.7391 25.7195 25.7003 25.6816 25.6634 25.6456 25.6283 25.6115 25.595 25.579 25.5634 25.5482 25.5334 25.5189 25.5048 25.4911 25.4778 25.4648 25.4521 25.4398 25.4277 25.416 25.4046 25.3935 25.3827 25.3721 25.3619 25.3519 25.3421 25.3326 25.3234 25.3144 25.3057 25.2972 25.2889 25.2808 25.2729 25.2653 25.2579 25.2506 25.2436 25.2367 25.23 25.2235 25.2172 25.211 25.205 25.1992 25.1935 25.188 25.1826 25.1774 25.1723 25.1674 25.1626 25.1579 25.1534 25.1489 25.1446 25.1404 25.1364 25.1324 25.1286 25.1248 25.1212 25.1177 25.1142 25.1109 25.1076 25.1045 25.1014 25.0984 25.0955 25.0927 25.0899 25.0873 25.0847 25.0822 25.0797 25.0773 25.075 25.0728 25.0706 25.0685 25.0664 25.0644 25.0625 25.0606 25.0587 25.057 25.0552 25.0535 25.0519 25.0503 25.0488 25.0473 25.0458 25.0444 25.0431 25.0417 25.0404 25.0392 25.038 25.0368 25.0356 25.0345 25.0334 25.0324 25.0314 25.0304 25.0294 25.0285

[illegible]

[illegible]

24.7791 24.7749 24.7706 24.7662 24.7618 24.7573 24.7527 24.7481 24.7434 24.7386 24.7337 24.7287 24.7237  
 24.7185 24.7133 24.708 24.7026 24.6971 24.6916 24.6859 24.6802 24.6743 24.6684 24.6624 24.6562 24.65  
 24.6437 24.6373 24.6308 24.6241 24.6174 24.6106 24.6036 24.5966 24.5894 24.5821 24.5748 24.5673 24.5596  
 24.5519 24.5441 24.5361 24.528 24.5198 24.5115 24.503 24.4944 24.4857 24.4768 24.4678 24.4587 24.4495  
 24.4401 24.4305 24.4209 24.4111 24.4011 24.391 24.3808 24.3704 24.3598 24.3491 24.3383 24.3272 24.3161  
 24.3047 24.2933 24.2816 24.2698 24.2578 24.2457 24.2333 24.2208 24.2082 24.1953 24.1823 24.1691 24.1557  
 24.1421 24.1284 24.1144 24.1003 24.086 24.0714 24.0567 24.0418 24.0267 24.0114 23.9958 23.9801 23.9642  
 23.948 23.9317 23.9151 23.8983 23.8813 23.8641 23.8466 23.829 23.8111 23.7929 23.7746 23.756 23.7371  
 23.7181 23.6987 23.6792 23.6594 23.6393 23.619 23.5985 23.5777 23.5566 23.5353 23.5137 23.4919 23.4698  
 23.4474 23.4247 23.4018 23.3786 23.3552 23.3314 23.3074 23.2831 23.2585 23.2336 23.2084 23.1829 23.1572  
 23.1311 23.1047 23.078 23.0511 23.0238 22.9962 22.9683 22.9401 22.9115 22.8827 22.8535 22.824 22.7941  
 22.764 22.7335 22.7027 22.6715 22.64 22.6082 22.576 22.5435 22.5106 22.4773 22.4438 22.4098 22.3755  
 22.3409 22.3059 22.2705 22.2348 22.1986 22.1622 22.1253 22.0881 22.0505 22.0125 21.9741 21.9353 21.8962  
 21.8566 21.8167 21.7764 21.7357 21.6946 21.6531 21.6111 21.5688 21.5261 21.4829 21.4394 21.3954 21.3511  
 21.3063 21.2611 21.2154 21.1694 21.1229 21.076 21.0287 20.9809 20.9327 20.884 20.835 20.7855 20.7355  
 20.6851 20.6343 20.583 20.5312 20.4791 20.4264 20.3733 20.3198 20.2658 20.2113 20.1564 20.1011 20.0452  
 19.9889 19.9321 19.8749 19.8172 19.759 19.7004 19.6413 19.5817 19.5216 19.4611 19.4 19.3385 19.2765  
 19.2141 19.1511 19.0877 19.0238 18.9594 18.8945 18.8291 18.7633 18.6969 18.6301 18.5627 18.4949 18.4266  
 18.3577 18.2884 18.2186 18.1483 18.0775 18.0062 17.9344 17.8621 17.7894 17.7161 17.6423 17.568 17.4932  
 17.4179 17.3421 17.2658 17.189 17.1117 17.0339 16.9556 16.8768 16.7975 16.7177 16.6374 16.5566 16.4753  
 16.3935 16.3112 16.2284 16.1451 16.0612 15.9769 15.8921 15.8068 15.7211 15.6348 15.548 15.4607 15.3729  
 15.2847 15.1959 15.1067 15.017 14.9267 14.836 14.7449 14.6532 14.561 14.4684 14.3753 14.2817 14.1876  
 14.0931 13.998 13.9025 13.8066 13.7101 13.6132 13.5158 13.418 13.3197 13.2209 13.1217 13.022 12.9219  
 12.8213 12.7203 12.6188 12.5169 12.4145 12.3117 12.2084 12.1047 12.0006 11.896 11.7911 11.6856 11.5798  
 11.4735 11.3669 11.2598 11.1523 11.0443 10.936 10.8273 10.7182 10.6086 10.4987 10.3884 10.2777 10.1666  
 10.0551 9.94326 9.83104 9.71844 9.60547 9.49214 9.37844 9.26439 9.14999 9.03523 8.92012 8.80467 8.68888  
 8.57275 8.45629 8.3395 8.22239 8.10495 7.9872 7.86914 7.75077 7.6321 7.51312 7.39385 7.27429 7.15444  
 7.03431 6.9139 6.79322 6.67226 6.55104 6.42956 6.30782 6.18583 6.0636 5.94111 5.8184 5.69544 5.57226  
 5.44885 5.32522 5.20138 5.07733 4.95307 4.82861 4.70396 4.57911 4.45408 4.32887 4.20348 4.07792 3.95219  
 3.8263 3.70026 3.57406 3.44772 3.32124 3.19462 3.06786 2.94099 2.81399 2.68688 2.55965 2.43232 2.30489  
 2.17737 2.04975 1.92205 1.79428 1.66642 1.5385 1.41052 1.28247 1.15438 1.02623 0.898047 0.769824  
 0.641569 0.513287 0.384984 0.256665 0.128335 0

- Vara convergida con constante  $C = 0.5$  y  $e = 0.05$ :

- 10000 9974.39 9948.78 9923.17 9897.56 9871.96 9846.35 9820.75 9795.14 9769.54 9743.95 9718.35 9692.76  
 9667.17 9641.58 9616 9590.42 9564.85 9539.28 9513.72 9488.16 9462.6 9437.06 9411.51 9385.98 9360.44  
 9334.92 9309.4 9283.89 9258.39 9232.9 9207.41 9181.93 9156.46 9131 9105.54 9080.1 9054.67 9029.25  
 9003.83 8978.43 8953.03 8927.66 8902.28 8876.93 8851.57 8826.24 8800.91 8775.61 8750.3 8725.02 8699.74  
 8674.49 8649.23 8624.01 8598.78 8573.59 8548.39 8523.22 8498.05 8472.92 8447.78 8422.68 8397.57 8372.5  
 8347.43 8322.39 8297.35 8272.35 8247.34 8222.38 8197.41 8172.48 8147.55 8122.65 8097.76 8072.91 8048.05  
 8023.24 7998.42 7973.65 7948.88 7924.14 7899.41 7874.72 7850.03 7825.38 7800.74 7776.13 7751.53 7726.98  
 7702.42 7677.91 7653.4 7628.93 7604.47 7580.05 7555.64 7531.27 7506.9 7482.59 7458.27 7434 7409.74  
 7385.52 7361.31 7337.15 7312.99 7288.88 7264.77 7240.72 7216.66 7192.66 7168.67 7144.72 7120.78 7096.89  
 7073.01 7049.18 7025.35 7001.58 6977.81 6954.1 6930.4 6906.75 6883.1 6859.51 6835.92 6812.39 6788.87  
 6765.4 6741.94 6718.54 6695.14 6671.8 6648.47 6625.2 6601.93 6578.72 6555.52 6532.38 6509.24 6486.17  
 6463.1 6440.1 6417.1 6394.17 6371.23 6348.37 6325.51 6302.71 6279.92 6257.2 6234.48 6211.83 6189.18  
 6166.6 6144.02 6121.52 6099.01 6076.58 6054.15 6031.8 6009.44 5987.16 5964.88 5942.68 5920.48 5898.35  
 5876.22 5854.17 5832.12 5810.15 5788.18 5766.28 5744.39 5722.57 5700.76 5679.02 5657.29 5635.64 5613.98  
 5592.41 5570.84 5549.34 5527.85 5506.44 5485.03 5463.71 5442.38 5421.14 5399.89 5378.73 5357.57 5336.5  
 5315.42 5294.43 5273.44 5252.54 5231.63 5210.81 5190 5169.26 5148.53 5127.89 5107.24 5086.68 5066.12  
 5045.65 5025.18 5004.8 4984.42 4964.13 4943.84 4923.63 4903.43 4883.32 4863.2 4843.18 4823.16 4803.22  
 4783.29 4763.45 4743.61 4723.86 4704.11 4684.45 4664.79 4645.22 4625.66 4606.18 4586.71 4567.33 4547.95  
 4528.66 4509.37 4490.18 4470.98 4451.88 4432.78 4413.78 4394.77 4375.86 4356.95 4338.13 4319.32 4300.59  
 4281.87 4263.25 4244.62 4226.09 4207.56 4189.13 4170.69 4152.35 4134.02 4115.78 4097.54 4079.39 4061.25

4043.2 4025.15 4007.2 3989.25 3971.4 3953.55 3935.79 3918.04 3900.38 3882.73 3865.17 3847.61 3830.15  
3812.69 3795.33 3777.96 3760.7 3743.44 3726.27 3709.11 3692.04 3674.97 3658.01 3641.04 3624.17 3607.31  
3590.54 3573.77 3557.1 3540.43 3523.86 3507.29 3490.82 3474.35 3457.98 3441.61 3425.34 3409.07 3392.89  
3376.72 3360.65 3344.58 3328.61 3312.64 3296.77 3280.9 3265.13 3249.35 3233.68 3218.01 3202.44 3186.87  
3171.4 3155.93 3140.55 3125.18 3109.91 3094.64 3079.47 3064.3 3049.22 3034.15 3019.18 3004.21 2989.34  
2974.46 2959.69 2944.92 2930.25 2915.58 2901 2886.43 2871.96 2857.49 2843.11 2828.74 2814.46 2800.19  
2786.01 2771.84 2757.76 2743.69 2729.71 2715.73 2701.85 2687.98 2674.2 2660.42 2646.74 2633.06 2619.47  
2605.89 2592.41 2578.92 2565.54 2552.15 2538.87 2525.58 2512.39 2499.2 2486.11 2473.01 2460.02 2447.03  
2434.13 2421.23 2408.43 2395.63 2382.93 2370.22 2357.62 2345.01 2332.5 2319.99 2307.58 2295.16 2282.84  
2270.53 2258.3 2246.08 2233.96 2221.83 2209.8 2197.77 2185.83 2173.89 2162.05 2150.21 2138.46 2126.72  
2115.06 2103.41 2091.85 2080.29 2068.83 2057.36 2045.99 2034.62 2023.34 2012.06 2000.88 1989.69 1978.6  
1967.5 1956.5 1945.5 1934.59 1923.68 1912.87 1902.05 1891.32 1880.59 1869.96 1859.32 1848.78 1838.23  
1827.78 1817.32 1806.96 1796.59 1786.32 1776.04 1765.86 1755.67 1745.57 1735.47 1725.47 1715.46 1705.54  
1695.61 1685.78 1675.95 1666.2 1656.46 1646.8 1637.14 1627.57 1617.99 1608.51 1599.02 1589.62 1580.22  
1570.91 1561.59 1552.36 1543.13 1533.99 1524.84 1515.78 1506.72 1497.74 1488.77 1479.87 1470.98 1462.17  
1453.36 1444.63 1435.9 1427.26 1418.61 1410.05 1401.48 1393 1384.52 1376.12 1367.72 1359.4 1351.07  
1342.83 1334.59 1326.43 1318.27 1310.19 1302.11 1294.1 1286.1 1278.17 1270.25 1262.4 1254.56 1246.79  
1239.02 1231.32 1223.63 1216.01 1208.4 1200.86 1193.32 1185.85 1178.39 1171 1163.61 1156.3 1148.98  
1141.74 1134.5 1127.34 1120.17 1113.08 1105.98 1098.96 1091.94 1085 1078.05 1071.17 1064.3 1057.49  
1050.69 1043.96 1037.22 1030.56 1023.9 1017.31 1010.72 1004.19 997.67 991.217 984.764 978.379 971.995  
965.678 959.362 953.114 946.865 940.684 934.503 928.388 922.274 916.226 910.178 904.195 898.213 892.296  
886.379 880.527 874.675 868.888 863.1 857.377 851.653 845.994 840.334 834.737 829.14 823.606 818.072  
812.6 807.128 801.717 796.307 790.957 785.608 780.32 775.031 769.802 764.574 759.405 754.237 749.127  
744.018 738.967 733.916 728.924 723.932 718.997 714.062 709.185 704.308 699.487 694.667 689.903 685.14  
680.432 675.724 671.072 666.419 661.822 657.225 652.682 648.14 643.651 639.162 634.728 630.293 625.911  
621.529 617.2 612.871 608.594 604.318 600.093 595.868 591.694 587.521 583.398 579.276 575.204 571.132  
567.11 563.087 559.115 555.142 551.219 547.296 543.421 539.546 535.72 531.893 528.114 524.336 520.604  
516.873 513.188 509.504 505.866 502.228 498.636 495.044 491.497 487.951 484.449 480.948 477.492 474.035  
470.623 467.211 463.842 460.474 457.149 453.824 450.542 447.26 444.021 440.781 437.584 434.387 431.232  
428.076 424.962 421.848 418.775 415.702 412.669 409.637 406.644 403.652 400.699 397.746 394.832 391.919  
389.044 386.17 383.333 380.497 377.699 374.901 372.141 369.38 366.657 363.934 361.248 358.562 355.912  
353.263 350.649 348.035 345.458 342.88 340.337 337.795 335.287 332.78 330.307 327.834 325.395 322.957  
320.552 318.147 315.776 313.404 311.066 308.728 306.422 304.116 301.843 299.57 297.329 295.088 292.878  
290.669 288.49 286.312 284.165 282.017 279.901 277.784 275.697 273.611 271.554 269.498 267.471 265.444  
263.446 261.448 259.479 257.51 255.57 253.629 251.717 249.805 247.92 246.036 244.179 242.322 240.492  
238.663 236.86 235.057 233.281 231.505 229.755 228.005 226.281 224.557 222.859 221.16 219.487 217.814  
216.166 214.518 212.894 211.271 209.672 208.073 206.498 204.923 203.372 201.821 200.293 198.765 197.261  
195.756 194.275 192.793 191.334 189.875 188.439 187.002 185.587 184.173 182.78 181.387 180.016 178.645  
177.294 175.944 174.615 173.286 171.977 170.669 169.381 168.093 166.825 165.557 164.309 163.061 161.832  
160.604 159.395 158.185 156.995 155.805 154.634 153.463 152.31 151.158 150.024 148.889 147.773 146.657  
145.559 144.461 143.38 142.299 141.236 140.173 139.126 138.08 137.051 136.022 135.009 133.997 133.001  
132.004 131.025 130.045 129.081 128.117 127.169 126.221 125.288 124.355 123.438 122.521 121.619 120.717  
119.829 118.942 118.07 117.197 116.339 115.481 114.638 113.794 112.964 112.134 111.319 110.503 109.701  
108.899 108.11 107.322 106.546 105.771 105.009 104.247 103.497 102.748 102.012 101.275 100.551 99.8269  
99.1152 98.4035 97.704 97.0045 96.3169 95.6294 94.9537 94.278 93.6139 92.9498 92.2972 91.6446 91.0033  
90.3619 89.7317 89.1015 88.4823 87.863 87.2546 86.6461 86.0483 85.4504 84.8631 84.2757 83.6987 83.1216  
82.5547 81.9878 81.4309 80.874 80.3269 79.7798 79.2424 78.705 78.1772 77.6493 77.1308 76.6124 76.1032  
75.5939 75.0938 74.5937 74.1026 73.6114 73.129 72.6467 72.173 71.6994 71.2343 70.7691 70.3124 69.8557  
69.4073 68.9589 68.5186 68.0783 67.646 67.2137 66.7893 66.3649 65.9483 65.5317 65.1227 64.7137 64.3121  
63.9106 63.5165 63.1224 62.7355 62.3487 61.969 61.5893 61.2166 60.844 60.4782 60.1125 59.7535 59.3946  
59.0423 58.6901 58.3444 57.9987 57.6596 57.3204 56.9875 56.6547 56.3281 56.0016 55.6811 55.3607 55.0464  
54.732 54.4236 54.1152 53.8126 53.51 53.2132 52.9164 52.6253 52.3341 52.0485 51.7629 51.4828 51.2027  
50.9279 50.6532 50.3837 50.1142 49.8499 49.5856 49.3264 49.0672 48.813 48.5588 48.3096 48.0603 47.8159  
47.5715 47.3318 47.0921 46.8571 46.6221 46.3917 46.1613 45.9355 45.7096 45.4881 45.2667 45.0496 44.8324  
44.6196 44.4068 44.1982 43.9895 43.785 43.5805 43.3801 43.1797 42.9832 42.7867 42.5942 42.4016 42.2129  
42.0242 41.8392 41.6543 41.4731 41.2918 41.1142 40.9366 40.7626 40.5886 40.418 40.2475 40.0804 39.9134  
39.7497 39.586 39.4256 39.2652 39.1081 38.9509 38.797 38.6431 38.4923 38.3415 38.1938 38.0461 37.9014  
37.7567 37.615 37.4732 37.3344 37.1956 37.0597 36.9237 36.7906 36.6574 36.527 36.3966 36.269 36.1413  
36.0162 35.8912 35.7687 35.6463 35.5264 35.4065 35.2891 35.1718 35.0568 34.9419 34.8294 34.7169 34.6067  
34.4965 34.3887 34.2808 34.1753 34.0697 33.9663 33.863 33.7618 33.6607 33.5617 33.4627 33.3658 33.2689  
33.174 33.0792 32.9863 32.8935 32.8027 32.7118 32.6229 32.534 32.4471 32.3601 32.2749 32.1898 32.1065



32.0232 31.9417 31.8603 31.7805 31.7008 31.6228 31.5448 31.4685 31.3922 31.3175 31.2428 31.1698 31.0968  
31.0253 30.9539 30.884 30.8142 30.7458 30.6775 30.6106 30.5438 30.4784 30.413 30.3491 30.2851 30.2226  
30.1601 30.0989 30.0378 29.978 29.9182 29.8597 29.8012 29.7441 29.6869 29.631 29.5751 29.5204 29.4658  
29.4123 29.3589 29.3067 29.2544 29.2034 29.1523 29.1024 29.0525 29.0037 28.9549 28.9072 28.8595 28.8129  
28.7663 28.7207 28.6751 28.6306 28.5861 28.5425 28.499 28.4565 28.4139 28.3724 28.3308 28.2902 28.2496  
28.2099 28.1702 28.1314 28.0926 28.0548 28.0169 27.9798 27.9428 27.9067 27.8705 27.8352 27.7998 27.7653  
27.7308 27.6971 27.6634 27.6304 27.5975 27.5653 27.5332 27.5018 27.4703 27.4396 27.409 27.379 27.349  
27.3197 27.2905 27.2619 27.2333 27.2054 27.1774 27.1502 27.1229 27.0963 27.0697 27.0437 27.0177 26.9923  
26.9669 26.9422 26.9174 26.8932 26.869 26.8454 26.8218 26.7987 26.7757 26.7532 26.7307 26.7087 26.6867  
26.6653 26.6439 26.6229 26.602 26.5816 26.5611 26.5412 26.5213 26.5018 26.4824 26.4634 26.4444 26.4259  
26.4073 26.3893 26.3712 26.3536 26.3359 26.3187 26.3015 26.2847 26.2679 26.2515 26.2351 26.2191 26.2032  
26.1876 26.172 26.1568 26.1415 26.1267 26.1119 26.0974 26.0829 26.0688 26.0547 26.0409 26.0271 26.0137  
26.0003 25.9872 25.9741 25.9613 25.9485 25.936 25.9236 25.9114 25.8993 25.8874 25.8756 25.864 25.8525  
25.8412 25.8299 25.8189 25.808 25.7972 25.7865 25.7761 25.7656 25.7555 25.7453 25.7354 25.7254 25.7158  
25.7061 25.6967 25.6872 25.678 25.6688 25.6599 25.6509 25.6422 25.6335 25.625 25.6164 25.6082 25.5999  
25.5918 25.5837 25.5758 25.5679 25.5603 25.5526 25.5451 25.5376 25.5303 25.5231 25.516 25.5089 25.5019  
25.495 25.4883 25.4815 25.475 25.4684 25.462 25.4556 25.4494 25.4432 25.4371 25.431 25.4251 25.4192  
25.4134 25.4077 25.4021 25.3965 25.391 25.3856 25.3802 25.3749 25.3697 25.3646 25.3595 25.3545 25.3496  
25.3447 25.3399 25.3351 25.3304 25.3258 25.3212 25.3167 25.3123 25.3079 25.3036 25.2993 25.2951 25.2909  
25.2868 25.2828 25.2788 25.2748 25.271 25.2671 25.2634 25.2596 25.256 25.2523 25.2487 25.2452 25.2417  
25.2383 25.2349 25.2315 25.2282 25.225 25.2218 25.2186 25.2156 25.2124 25.2093 25.2063 25.2034 25.2004  
25.1976 25.1947 25.1919 25.1891 25.1864 25.1837 25.1811 25.1785 25.1759 25.1733 25.1708 25.1683 25.1659  
25.1635 25.1611 25.1588 25.1565 25.1542 25.1519 25.1497 25.1475 25.1454 25.1433 25.1412 25.1391 25.137  
25.135 25.1331 25.1311 25.1292 25.1273 25.1254 25.1236 25.1217 25.1199 25.1182 25.1164 25.1147 25.113  
25.1113 25.1097 25.108 25.1064 25.1048 25.1033 25.1017 25.1002 25.0987 25.0973 25.0958 25.0944 25.0929  
25.0916 25.0902 25.0888 25.0875 25.0862 25.0849 25.0836 25.0823 25.0811 25.0799 25.0787 25.0775 25.0763  
25.0751 25.074 25.0729 25.0718 25.0707 25.0696 25.0685 25.0675 25.0665 25.0655 25.0644 25.0635 25.0625  
25.0615 25.0606 25.0597 25.0587 25.0578 25.0569 25.0561 25.0552 25.0543 25.0535 25.0529 25.0518 25.051  
25.0502 25.0495 25.0487 25.0479 25.0472 25.0465 25.0457 25.045 25.0443 25.0436 25.0429 25.0422 25.0416  
25.0409 25.0403 25.0396 25.039 25.0384 25.0378 25.0372 25.0366 25.036 25.0354 25.0349 25.0343 25.0337  
25.0332 25.0327 25.0322 25.0316 25.0311 25.0306 25.0301 25.0297 25.0292 25.0287 25.0282 25.0278 25.0273  
25.0269 25.0264 25.026 25.0256 25.0252 25.0247 25.0243 25.0239 25.0235 25.0231 25.0227 25.0224 25.022  
25.0216 25.0213 25.0209 25.0205 25.0202 25.0199 25.0195 25.0192 25.0189 25.0185 25.0182 25.0179 25.0176  
25.0173 25.017 25.0167 25.0164 25.0162 25.0159 25.0156 25.0153 25.0151 25.0148 25.0146 25.0143 25.0141  
25.0138 25.0136 25.0134 25.0131 25.0129 25.0127 25.0125 25.0122 25.012 25.0118 25.0116 25.0114 25.0112  
25.0109 25.0107 25.0105 25.0103 25.0101 25.0099 25.0098 25.0096 25.0094 25.0092 25.009 25.0088 25.0087  
25.0085 25.0083 25.0081 25.008 25.0078 25.0076 25.0075 25.0073 25.0072 25.007 25.0069 25.0067 25.0066  
25.0064 25.0063 25.0061 25.006 25.0059 25.0057 25.0056 25.0055 25.0054 25.0052 25.0051 25.005 25.0049  
25.0047 25.0046 25.0045 25.0044 25.0043 25.0042 25.0041 25.004 25.0039 25.0038 25.0037 25.0036 25.0035  
25.0034 25.0033 25.0032 25.0031 25.003 25.0

[illegible]

24.9554 24.9549 24.9543 24.9538 24.9533 24.9528 24.9522 24.9517 24.9511 24.9506 24.95 24.9494 24.9489  
24.9483 24.9477 24.9471 24.9465 24.9459 24.9453 24.9447 24.9441 24.9435 24.9428 24.9422 24.9415 24.9409  
24.9402 24.9396 24.9389 24.9382 24.9375 24.9369 24.9362 24.9355 24.9348 24.934 24.9333 24.9326 24.9319  
24.9311 24.9304 24.9296 24.9289 24.9281 24.9273 24.9266 24.9258 24.925 24.9242 24.9234 24.9226 24.9218  
24.9209 24.9201 24.9192 24.9184 24.9175 24.9167 24.9158 24.9149 24.914 24.9131 24.9122 24.9112 24.9103  
24.9094 24.9084 24.9074 24.9065 24.9055 24.9045 24.9035 24.9025 24.9015 24.9004 24.8994 24.8983 24.8973  
24.8962 24.8952 24.8941 24.893 24.8919 24.8908 24.8896 24.8885 24.8873 24.8862 24.885 24.8838 24.8827  
24.8815 24.8803 24.879 24.8778 24.8766 24.8753 24.8741 24.8728 24.8715 24.8702 24.8689 24.8676 24.8663  
24.8649 24.8636 24.8622 24.8608 24.8594 24.858 24.8566 24.8552 24.8537 24.8523 24.8508 24.8493 24.8478  
24.8463 24.8448 24.8432 24.8417 24.8401 24.8385 24.837 24.8353 24.8337 24.8321 24.8304 24.8288 24.8271  
24.8254 24.8237 24.822 24.8203 24.8185 24.8168 24.815 24.8132 24.8114 24.8096 24.8077 24.8059 24.804  
24.8021 24.8002 24.7983 24.7963 24.7944 24.7924 24.7904 24.7884 24.7864 24.7843 24.7823 24.7802 24.7781  
24.776 24.7739 24.7717 24.7695 24.7674 24.7652 24.7629 24.7607 24.7584 24.7562 24.7539 24.7516 24.7493  
24.7469 24.7445 24.7422 24.7397 24.7373 24.7349 24.7324 24.7299 24.7274 24.7248 24.7223 24.7197 24.7171  
24.7145 24.7119 24.7092 24.7065 24.7038 24.7011 24.6984 24.6956 24.6928 24.6898 24.6872 24.6843 24.6814  
24.6785 24.6756 24.6727 24.6697 24.6667 24.6637 24.6606 24.6575 24.6545 24.6513 24.6482 24.645 24.6418  
24.6386 24.6354 24.6321 24.6288 24.6255 24.6221 24.6187 24.6153 24.6119 24.6085 24.605 24.6015 24.5979  
24.5944 24.5908 24.5872 24.5835 24.5799 24.5761 24.5724 24.5687 24.5649 24.561 24.5572 24.5533 24.5494  
24.5455 24.5415 24.5375 24.5335 24.5294 24.5254 24.5212 24.5171 24.5129 24.5087 24.5045 24.5002 24.4959  
24.4915 24.4872 24.4828 24.4783 24.4739 24.4693 24.4648 24.4602 24.4556 24.451 24.4463 24.4416 24.4369  
24.4321 24.4273 24.4224 24.4176 24.4126 24.4077 24.4027 24.3977 24.3926 24.3875 24.3823 24.3772 24.3719  
24.3667 24.3614 24.3561 24.3507 24.3453 24.3399 24.3344 24.3289 24.3233 24.3177 24.3121 24.3064 24.3007  
24.2949 24.2891 24.2833 24.2774 24.2715 24.2655 24.2595 24.2535 24.2473 24.2412 24.235 24.2288 24.2225  
24.2162 24.2099 24.2035 24.197 24.1906 24.184 24.1775 24.1708 24.1642 24.1574 24.1507 24.1439 24.1371  
24.1301 24.1232 24.1162 24.1092 24.1021 24.095 24.0878 24.0806 24.0732 24.0659 24.0585 24.0511 24.0436  
24.0361 24.0285 24.0209 24.0132 24.0055 23.9977 23.9899 23.982 23.9741 23.9661 23.9581 23.9499 23.9418  
23.9336 23.9254 23.917 23.9087 23.9003 23.8918 23.8833 23.8747 23.866 23.8574 23.8486 23.8398 23.8309  
23.8221 23.8131 23.8041 23.7949 23.7858 23.7766 23.7673 23.758 23.7486 23.7392 23.7297 23.7201 23.7105  
23.7008 23.6911 23.6813 23.6714 23.6615 23.6515 23.6414 23.6314 23.6211 23.6109 23.6006 23.5903 23.5798  
23.5694 23.5588 23.5482 23.5375 23.5267 23.5159 23.505 23.4941 23.4831 23.472 23.4608 23.4496 23.4383  
23.427 23.4156 23.404 23.3925 23.3809 23.3692 23.3574 23.3456 23.3337 23.3217 23.3097 23.2976 23.2853  
23.2731 23.2608 23.2484 23.2359 23.2234 23.2107 23.1981 23.1853 23.1724 23.1595 23.1465 23.1334 23.1203  
23.1071 23.0938 23.0804 23.067 23.0535 23.0399 23.0262 23.0125 22.9986 22.9847 22.9707 22.9567 22.9425  
22.9283 22.914 22.8996 22.8851 22.8706 22.856 22.8413 22.8265 22.8116 22.7966 22.7817 22.7665 22.7513  
22.736 22.7207 22.7052 22.6897 22.6741 22.6584 22.6426 22.6267 22.6107 22.5947 22.5786 22.5624 22.5461  
22.5297 22.5132 22.4967 22.48 22.4633 22.4464 22.4295 22.4125 22.3954 22.3782 22.361 22.3436 22.3262  
22.3086 22.291 22.2732 22.2554 22.2375 22.2195 22.2014 22.1832 22.1649 22.1466 22.128 22.1095 22.0908  
22.0721 22.0532 22.0343 22.0152 21.9962 21.9769 21.9576 21.9381 21.9187 21.899 21.8793 21.8595 21.8396  
21.8196 21.7995 21.7793 21.759 21.7386 21.7181 21.6975 21.6768 21.6559 21.6351 21.614 21.593 21.5717  
21.5505 21.529 21.5076 21.4859 21.4642 21.4424 21.4205 21.3984 21.3763 21.354 21.3318 21.3093 21.2868  
21.2641 21.2414 21.2184 21.1955 21.1724 21.1493 21.1259 21.1026 21.079 21.0555 21.0317 21.0079 20.9839  
20.96 20.9357 20.9115 20.8871 20.8627 20.8381 20.8134 20.7886 20.7637 20.7386 20.7135 20.6882 20.6629  
20.6374 20.6119 20.5861 20.5604 20.5344 20.5084 20.4822 20.456 20.4296 20.4032 20.3765 20.3499 20.323  
20.2961 20.269 20.2419 20.2146 20.1872 20.1597 20.1321 20.1043 20.0765 20.0485 20.0204 19.9922 19.9639  
19.9354 19.9069 19.8782 19.8495 19.8205 19.7915 19.7623 19.7331 19.7037 19.6743 19.6446 19.6149 19.585  
19.5551 19.525 19.4948 19.4644 19.434 19.4034 19.3728 19.3419 19.311 19.2799 19.2488 19.2175 19.1861  
19.1545 19.123 19.0911 19.0593 19.0272 18.9951 18.9628 18.9305 18.898 18.8654 18.8326 18.7998 18.7667  
18.7337 18.7004 18.6671 18.6336 18.6 18.5662 18.5324 18.4984 18.4644 18.4301 18.3958 18.3613 18.3267  
18.292 18.2572 18.2222 18.1871 18.1519 18.1166 18.0811 18.0456 18.0098 17.974 17.938 17.902 17.8657  
17.8294 17.7929 17.7564 17.7196 17.6829 17.6459 17.6088 17.5716 17.5343 17.4968 17.4593 17.4215 17.3838  
17.3457 17.3077 17.2695 17.2312 17.1927 17.1542 17.1154 17.0766 17.0376 16.9986 16.9593 16.92 16.8805  
16.8409 16.8011 16.7614 16.7213 16.6813 16.641 16.6007 16.5602 16.5196 16.4789 16.4381 16.397 16.356  
16.3147 16.2734 16.2319 16.1904 16.1486 16.1068 16.0648 16.0227 15.9805 15.9382 15.8956 15.8531 15.8103  
15.7676 15.7245 15.6815 15.6382 15.595 15.5514 15.5079 15.4642 15.4204 15.3764 15.3324 15.2881 15.2438  
15.1993 15.1548 15.1101 15.0653 15.0203 14.9754 14.9301 14.8849 14.8394 14.7939 14.7482 14.7025 14.6565  
14.6105 14.5643 14.5181 14.4717 14.4252 14.3786 14.3319 14.2849 14.238 14.1909 14.1437 14.0963 14.0489  
14.0012 13.9536 13.9057 13.8579 13.8097 13.7616 13.7133 13.6649 13.6164 13.5678 13.519 13.4702 13.4211  
13.3721 13.3228 13.2735 13.224 13.1745 13.1248 13.075 13.0251 12.9751 12.9249 12.8747 12.8243 12.7739  
12.7233 12.6726 12.6218 12.5709 12.5198 12.4687 12.4174 12.3661 12.3146 12.2631 12.2113 12.1596 12.1076  
12.0556 12.0035 11.9513 11.8989 11.8465 11.7939 11.7413 11.6884 11.6356 11.5826 11.5295 11.4763 11.4231  
11.3696 11.3161 11.2625 11.2088 11.155 11.1011 11.047 10.9929 10.9387 10.8844 10.8299 10.7754 10.7208

10.6661 10.6112 10.5563 10.5013 10.4462 10.3909 10.3357 10.2802 10.2247 10.1691 10.1134 10.0576 10.0017  
 9.9457 9.88967 9.83345 9.77723 9.72082 9.66442 9.60783 9.55124 9.49447 9.4377 9.38075 9.3238 9.26667  
 9.20954 9.15224 9.09493 9.03745 8.97997 8.92232 8.86467 8.80684 8.74902 8.69103 8.63303 8.57487 8.51671  
 8.45839 8.40006 8.34158 8.28309 8.22444 8.16579 8.10698 8.04817 7.9892 7.93024 7.87112 7.81199 7.75272  
 7.69345 7.63402 7.57459 7.51502 7.45544 7.39572 7.336 7.27613 7.21627 7.15626 7.09625 7.0361 6.97595  
 6.91566 6.85537 6.79495 6.73452 6.67397 6.61341 6.55272 6.49203 6.43121 6.37039 6.30944 6.24849 6.18742  
 6.12635 6.06515 6.00396 5.94264 5.88133 5.81989 5.75846 5.69691 5.63536 5.5737 5.51203 5.45026 5.38848  
 5.3266 5.26472 5.20273 5.14074 5.07865 5.01655 4.95436 4.89216 4.82987 4.76757 4.70518 4.64279 4.58031  
 4.51782 4.45524 4.39266 4.33 4.26733 4.20458 4.14182 4.07898 4.01614 3.95322 3.8903 3.8273 3.7643  
 3.70123 3.63815 3.575 3.51185 3.44862 3.3854 3.32211 3.25881 3.19545 3.13209 3.06867 3.00525 2.94176  
 2.87827 2.81473 2.75118 2.68758 2.62398 2.56032 2.49667 2.43296 2.36925 2.3055 2.24174 2.17794 2.11414  
 2.05029 1.98645 1.92256 1.85867 1.79475 1.73082 1.66686 1.6029 1.53891 1.47491 1.41089 1.34686 1.28281  
 1.21876 1.15468 1.0906 1.0265 0.962404 0.898284 0.834164 0.770027 0.70589 0.641738 0.577586 0.513422  
 0.449258 0.385085 0.320912 0.256732 0.192553 0.128369 0.0641851 0

- Vara convergida con variable de criterio de salida  $e = 0.01$  y  $C = 0.2$ :

- 10000 9974.54 9949.08 9923.63 9898.17 9872.72 9847.27 9821.82 9796.38 9770.93 9745.49 9720.05 9694.61  
 9669.18 9643.75 9618.32 9592.9 9567.48 9542.06 9516.64 9491.23 9465.83 9440.43 9415.04 9389.66 9364.29  
 9338.92 9313.56 9288.21 9262.86 9237.52 9212.19 9186.86 9161.55 9136.24 9110.94 9085.64 9060.36 9035.08  
 9009.82 8984.56 8959.32 8934.09 8908.87 8883.66 8858.47 8833.28 8808.11 8782.95 8757.81 8732.67 8707.55  
 8682.44 8657.34 8632.26 8607.19 8582.13 8557.08 8532.05 8507.04 8482.04 8457.05 8432.09 8407.14 8382.21  
 8357.29 8332.39 8307.51 8282.64 8257.79 8232.96 8208.15 8183.35 8158.57 8133.82 8109.08 8084.35 8059.65  
 8034.96 8010.3 7985.66 7961.03 7936.43 7911.85 7887.29 7862.75 7838.23 7813.73 7789.25 7764.8 7740.36  
 7715.96 7691.57 7667.21 7642.87 7618.55 7594.26 7569.99 7545.74 7521.52 7497.32 7473.15 7449 7424.88  
 7400.78 7376.71 7352.67 7328.65 7304.66 7280.69 7256.75 7232.84 7208.95 7185.09 7161.26 7137.46 7113.69  
 7089.94 7066.22 7042.53 7018.87 6995.24 6971.64 6948.06 6924.52 6901.01 6877.53 6854.07 6830.65 6807.26  
 6783.9 6760.57 6737.27 6714 6690.77 6667.56 6644.39 6621.25 6598.14 6575.07 6552.03 6529.02 6506.04  
 6483.1 6460.19 6437.32 6414.48 6391.67 6368.89 6346.15 6323.45 6300.78 6278.15 6255.55 6232.99 6210.46  
 6187.97 6165.51 6143.09 6120.71 6098.36 6076.05 6053.77 6031.53 6009.33 5987.17 5965.04 5942.96 5920.91  
 5898.89 5876.92 5854.98 5833.08 5811.22 5789.4 5767.62 5745.87 5724.17 5702.5 5680.88 5659.29 5637.75  
 5616.24 5594.77 5573.35 5551.96 5530.62 5509.31 5488.05 5466.83 5445.64 5424.5 5403.4 5382.34 5361.32  
 5340.34 5319.41 5298.52 5277.67 5256.86 5236.1 5215.37 5194.69 5174.06 5153.46 5132.91 5112.4 5091.94  
 5071.52 5051.14 5030.8 5010.51 4990.26 4970.05 4949.89 4929.77 4909.7 4889.67 4869.69 4849.75 4829.85  
 4810 4790.2 4770.44 4750.73 4731.06 4711.44 4691.86 4672.33 4652.84 4633.4 4614 4594.65 4575.34 4556.08  
 4536.87 4517.7 4498.57 4479.49 4460.46 4441.48 4422.54 4403.65 4384.8 4366.01 4347.26 4328.56 4309.9  
 4291.3 4272.74 4254.23 4235.76 4217.35 4198.98 4180.65 4162.38 4144.15 4125.97 4107.84 4089.75 4071.72  
 4053.73 4035.79 4017.9 4000.05 3982.26 3964.51 3946.81 3929.16 3911.55 3894 3876.49 3859.03 3841.62  
 3824.26 3806.95 3789.68 3772.46 3755.3 3738.18 3721.1 3704.08 3687.11 3670.18 3653.31 3636.48 3619.71  
 3602.98 3586.3 3569.68 3553.1 3536.57 3520.09 3503.66 3487.27 3470.94 3454.66 3438.43 3422.24 3406.11  
 3390.02 3373.98 3358 3342.06 3326.17 3310.33 3294.54 3278.8 3263.11 3247.47 3231.88 3216.33 3200.84  
 3185.39 3170 3154.65 3139.36 3124.11 3108.91 3093.76 3078.66 3063.61 3048.61 3033.66 3018.76 3003.9  
 2989.1 2974.35 2959.64 2944.99 2930.38 2915.82 2901.31 2886.86 2872.45 2858.09 2843.78 2829.51 2815.3  
 2801.14 2787.03 2772.96 2758.95 2744.98 2731.07 2717.2 2703.38 2689.61 2675.9 2662.22 2648.6 2635.03  
 2621.5 2608.02 2594.59 2581.21 2567.88 2554.59 2541.36 2528.17 2515.03 2501.94 2488.9 2475.9 2462.96  
 2450.06 2437.21 2424.4 2411.65 2398.94 2386.28 2373.67 2361.11 2348.6 2336.13 2323.71 2311.34 2299.02  
 2286.74 2274.51 2262.33 2250.19 2238.1 2226.06 2214.07 2202.12 2190.22 2178.36 2166.56 2154.8 2143.08  
 2131.42 2119.8 2108.23 2096.7 2085.22 2073.79 2062.4 2051.06 2039.76 2028.51 2017.31 2006.15 1995.04  
 1983.97 1972.95 1961.97 1951.04 1940.16 1929.32 1918.53 1907.78 1897.07 1886.41 1875.8 1865.23 1854.7  
 1844.23 1833.79 1823.4 1813.05 1802.75 1792.49 1782.28 1772.11 1761.98 1751.9 1741.87 1731.87 1721.92  
 1712.01 1702.15 1692.33 1682.55 1672.82 1663.13 1653.48 1643.88 1634.31 1624.8 1615.32 1605.88 1596.49  
 1587.14 1577.84 1568.57 1559.35 1550.17 1541.03 1531.93 1522.88 1513.86 1504.89 1495.96 1487.07 1478.22  
 1469.41 1460.65 1451.92 1443.24 1434.59 1425.99 1417.42 1408.9 1400.42 1391.98 1383.57 1375.21 1366.89  
 1358.6 1350.36 1342.16 1333.99 1325.87 1317.78 1309.73 1301.73 1293.76 1285.83 1277.93 1270.08 1262.27  
 1254.49 1246.75 1239.05 1231.39 1223.77 1216.18 1208.63 1201.12 1193.64 1186.21 1178.81 1171.45 1164.12  
 1156.83 1149.58 1142.37 1135.19 1128.05 1120.94 1113.88 1106.84 1099.85 1092.88 1085.96 1079.07 1072.22  
 1065.4 1058.61 1051.87 1045.15 1038.47 1031.83 1025.22 1018.65 1012.11 1005.61 999.135 992.698 986.296  
 979.927 973.593 967.292 961.024 954.791 948.59 942.423 936.289 930.188 924.119 918.084 912.081 906.111  
 900.173 894.268 888.395 882.554 876.744 870.967 865.222 859.508 853.825 848.174 842.555 836.966 831.409  
 825.882 820.387 814.922 809.487 804.083 798.709 793.366 788.053 782.769 777.516 772.292 767.098 761.934  
 756.799 751.693 746.617 741.569 736.551 731.561 726.6 721.668 716.764 711.889 707.042 702.223 697.432

692.668 687.933 683.226 678.546 673.893 669.268 664.67 660.099 655.555 651.038 646.548 642.084 637.647  
633.237 628.853 624.495 620.163 615.857 611.577 607.323 603.095 598.892 594.714 590.562 586.435 582.333  
578.256 574.204 570.177 566.174 562.196 558.243 554.314 550.409 546.528 542.671 538.838 535.029 531.243  
527.481 523.742 520.027 516.335 512.666 509.02 505.397 501.797 498.22 494.665 491.133 487.623 484.136  
480.67 477.227 473.805 470.406 467.028 463.672 460.337 457.024 453.732 450.461 447.212 443.983 440.776  
437.589 434.423 431.278 428.153 425.048 421.964 418.9 415.856 412.832 409.828 406.844 403.879 400.934  
398.009 395.103 392.216 389.348 386.5 383.67 380.86 378.068 375.295 372.541 369.805 367.087 364.388  
361.707 359.044 356.4 353.773 351.164 348.573 345.999 343.443 340.904 338.383 335.879 333.393 330.923  
328.471 326.035 323.616 321.214 318.828 316.459 314.107 311.771 309.451 307.147 304.86 302.588 300.332  
298.092 295.868 293.66 291.467 289.29 287.128 284.981 282.849 280.733 278.632 276.545 274.474 272.417  
270.375 268.348 266.335 264.337 262.353 260.383 258.427 256.486 254.559 252.645 250.746 248.86 246.988  
245.129 243.284 241.453 239.635 237.83 236.039 234.26 232.495 230.743 229.004 227.277 225.563 223.862  
222.174 220.498 218.834 217.183 215.544 213.918 212.303 210.701 209.11 207.532 205.965 204.41 202.867  
201.336 199.816 198.308 196.811 195.325 193.851 192.388 190.936 189.495 188.065 186.646 185.238 183.84  
182.454 181.078 179.712 178.357 177.013 175.679 174.355 173.042 171.739 170.446 169.163 167.89 166.627  
165.373 164.13 162.896 161.672 160.458 159.253 158.057 156.871 155.695 154.527 153.369 152.22 151.08  
149.95 148.828 147.715 146.611 145.516 144.429 143.352 142.283 141.222 140.17 139.126 138.091 137.064  
136.046 135.036 134.034 133.04 132.054 131.076 130.106 129.144 128.189 127.243 126.304 125.373 124.45  
123.534 122.626 121.725 120.832 119.946 119.067 118.195 117.331 116.474 115.624 114.781 113.945 113.116  
112.294 111.479 110.671 109.869 109.074 108.286 107.504 106.729 105.961 105.199 104.443 103.694 102.951  
102.214 101.484 100.76 100.042 99.3301 98.6242 97.9244 97.2306 96.5427 95.8607 95.1845 94.5142 93.8496  
93.1907 92.5375 91.8899 91.2479 90.6114 89.9805 89.355 88.735 88.1203 87.511 86.907 86.3083 85.7147  
85.1264 84.5431 83.965 83.3919 82.8239 82.2608 81.7027 81.1495 80.6011 80.0576 79.5188 78.9849 78.4556  
77.931 77.4111 76.8958 76.3851 75.8789 75.3773 74.8801 74.3874 73.8991 73.4152 72.9356 72.4603 71.9892  
71.5224 71.0598 70.6014 70.1471 69.697 69.2508 68.8088 68.3707 67.9366 67.5065 67.0803 66.6579 66.2394  
65.8247 65.4138 65.0067 64.6033 64.2036 63.8075 63.4151 63.0263 62.6411 62.2595 61.8813 61.5067 61.1355  
60.7677 60.4034 60.0425 59.6848 59.3306 58.9796 58.6319 58.2874 57.9461 57.6081 57.2732 56.9414 56.6128  
56.2872 55.9647 55.6452 55.3288 55.0153 54.7048 54.3972 54.0925 53.7908 53.4918 53.1957 52.9025 52.612  
52.3243 52.0393 51.757 51.4775 51.2006 50.9263 50.6547 50.3857 50.1193 49.8554 49.5941 49.3353 49.079  
48.8251 48.5738 48.3248 48.0783 47.8341 47.5923 47.3529 47.1158 46.881 46.6485 46.4183 46.1903 45.9645  
45.741 45.5196 45.3004 45.0833 44.8684 44.6556 44.4448 44.2362 44.0296 43.825 43.6224 43.4219 43.2233  
43.0267 42.8321 42.6394 42.4487 42.2598 42.0728 41.8876 41.7044 41.5229 41.3433 41.1654 40.9894 40.8151  
40.6426 40.4718 40.3027 40.1353 39.9696 39.8056 39.6432 39.4825 39.3234 39.166 39.0101 38.8558 38.7031  
38.5519 38.4023 38.2542 38.1076 37.9625 37.8189 37.6767 37.536 37.3968 37.259 37.1226 36.9876 36.854  
36.7217 36.5909 36.4614 36.3332 36.2064 36.0808 35.9566 35.8337 35.712 35.5916 35.4724 35.3545 35.2379  
35.1224 35.0082 34.8951 34.7832 34.6725 34.563 34.4546 34.3474 34.2413 34.1363 34.0324 33.9296 33.8279  
33.7272 33.6276 33.5291 33.4316 33.3352 33.2398 33.1454 33.052 32.9596 32.8682 32.7777 32.6882 32.5997  
32.5121 32.4255 32.3398 32.255 32.1711 32.0881 32.0061 31.9249 31.8445 31.7651 31.6865 31.6087 31.5318  
31.4557 31.3805 31.306 31.2324 31.1596 31.0876 31.0163 30.9458 30.8761 30.8072 30.739 30.6716 30.6049  
30.5389 30.4736 30.4091 30.3453 30.2822 30.2198 30.158 30.097 30.0366 29.9769 29.9178 29.8594 29.8017  
29.7446 29.6881 29.6323 29.577 29.5224 29.4684 29.415 29.3622 29.31 29.2584 29.2073 29.1569 29.107  
29.0576 29.0088 28.9606 28.9129 28.8657 28.819 28.7729 28.7274 28.6823 28.6377 28.5937 28.5501 28.507  
28.4645 28.4224 28.3808 28.3396 28.299 28.2587 28.219 28.1797 28.1409 28.1025 28.0645 28.027 27.9899  
27.9532 27.917 27.8811 27.8457 27.8107 27.7761 27.7419 27.7081 27.6747 27.6416 27.609 27.5767 27.5448  
27.5133 27.4821 27.4513 27.4209 27.3908 27.3611 27.3317 27.3027 27.274 27.2456 27.2176 27.1899 27.1625  
27.1354 27.1087 27.0823 27.0562 27.0304 27.0049 26.9797 26.9548 26.9301 26.9058 26.8818 26.8581 26.8346  
26.8114 26.7885 26.7659 26.7435 26.7214 26.6996 26.678 26.6567 26.6356 26.6148 26.5942 26.5739 26.5539  
26.534 26.5144 26.4951 26.476 26.4571 26.4384 26.42 26.4017 26.3837 26.366 26.3484 26.331 26.3139 26.297  
26.2802 26.2637 26.2474 26.2313 26.2153 26.1996 26.1841 26.1687 26.1535 26.1386 26.1238 26.1092 26.0947  
26.0805 26.0664 26.0525 26.0387 26.0252 26.0118 25.9985 25.9855 25.9726 25.9598 25.9472 25.9348 25.9225  
25.9104 25.8984 25.8865 25.8748 25.8633 25.8519 25.8407 25.8295 25.8186 25.8077 25.797 25.7865 25.776  
25.7657 25.7555 25.7455 25.7356 25.7258 25.7161 25.7065 25.6971 25.6878 25.6786 25.6695 25.6606 25.6517  
25.643 25.6343 25.6258 25.6174 25.6091 25.6009 25.5928 25.5848 25.5769 25.5691 25.5615 25.5539 25.5464  
25.539 25.5317 25.5245 25.5173 25.5103 25.5034 25.4965 25.4898 25.4831 25.4765 25.47 25.4636 25.4573  
25.451 25.4448 25.4387 25.4327 25.4268 25.4209 25.4152 25.4094 25.4038 25.3982 25.3928 25.3873 25.382  
25.3767 25.3715 25.3664 25.3613 25.3563 25.3514 25.3465 25.3417 25.3369 25.3322 25.3276 25.323 25.3185  
25.3141 25.3097 25.3054 25.3011 25.2969 25.2927 25.2886 25.2846 25.2806 25.2766 25.2727 25.2689 25.2651  
25.2614 25.2577 25.254 25.2505 25.2469 25.2434 25.24 25.2366 25.2332 25.2299 25.2266 25.2234 25.2202  
25.2171 25.214 25.2109 25.2079 25.2049 25.202 25.1991 25.1963 25.1935 25.1907 25.1879 25.1852 25.1826  
25.1799 25.1773 25.1748 25.1723 25.1698 25.1673 25.1649 25.1625 25.1601 25.1578 25.1555 25.1532 25.151  
25.1488 25.1466 25.1445 25.1424 25.1403 25.1383 25.1362 25.1343 25.1323 25.1303 25.1284 25.1265 25.1246

[illegible]

[illegible]

23.2906 23.2784 23.2662 23.2539 23.2416 23.2291 23.2166 23.2041 23.1914 23.1787 23.1659 23.153 23.1401  
23.1271 23.114 23.1008 23.0876 23.0743 23.0609 23.0475 23.034 23.0204 23.0067 22.993 22.9791 22.9652  
22.9512 22.9372 22.923 22.9088 22.8945 22.8801 22.8656 22.851 22.8364 22.8217 22.8069 22.792 22.7771  
22.762 22.7469 22.7317 22.7164 22.7011 22.6856 22.6701 22.6545 22.6388 22.623 22.6072 22.5912 22.5752  
22.5591 22.5429 22.5266 22.5103 22.4938 22.4773 22.4607 22.4439 22.4271 22.4102 22.3932 22.3762 22.359  
22.3417 22.3244 22.307 22.2894 22.2718 22.2541 22.2363 22.2184 22.2004 22.1824 22.1642 22.1459 22.1276  
22.1092 22.0906 22.072 22.0533 22.0345 22.0156 21.9966 21.9775 21.9584 21.9391 21.9197 21.9003 21.8807  
21.8611 21.8413 21.8214 21.8015 21.7814 21.7613 21.741 21.7207 21.7002 21.6797 21.659 21.6383 21.6174  
21.5965 21.5754 21.5543 21.5331 21.5117 21.4903 21.4687 21.4471 21.4253 21.4035 21.3815 21.3594 21.3373  
21.315 21.2927 21.2702 21.2476 21.225 21.2022 21.1794 21.1564 21.1333 21.1101 21.0868 21.0634 21.0399  
21.0163 20.9926 20.9688 20.9448 20.9208 20.8966 20.8723 20.848 20.8235 20.7989 20.7742 20.7494 20.7244  
20.6994 20.6743 20.649 20.6236 20.5982 20.5726 20.5469 20.5211 20.4952 20.4692 20.443 20.4168 20.3904  
20.364 20.3374 20.3107 20.2839 20.257 20.23 20.2029 20.1756 20.1483 20.1208 20.0933 20.0656 20.0378  
20.0099 19.9818 19.9537 19.9254 19.897 19.8685 19.8399 19.8112 19.7823 19.7533 19.7243 19.695 19.6657  
19.6363 19.6067 19.577 19.5472 19.5173 19.4872 19.4571 19.4268 19.3964 19.3659 19.3353 19.3045 19.2737  
19.2427 19.2116 19.1803 19.149 19.1175 19.086 19.0543 19.0225 18.9905 18.9585 18.9263 18.894 18.8616  
18.829 18.7964 18.7636 18.7307 18.6977 18.6645 18.6313 18.5979 18.5644 18.5308 18.497 18.4632 18.4292  
18.3951 18.3609 18.3265 18.2921 18.2575 18.2228 18.1879 18.153 18.1179 18.0828 18.0475 18.012 17.9765  
17.9408 17.905 17.8691 17.8331 17.797 17.7607 17.7243 17.6877 17.6511 17.6143 17.5774 17.5403 17.5031  
17.4658 17.4284 17.3909 17.3532 17.3154 17.2774 17.2393 17.2012 17.1628 17.1244 17.0858 17.0471 17.0083  
16.9693 16.9302 16.891 16.8516 16.8122 16.7726 16.7328 16.693 16.653 16.6129 16.5726 16.5323 16.4918  
16.4511 16.4104 16.3695 16.3285 16.2874 16.2461 16.2048 16.1633 16.1217 16.08 16.0381 15.9961 15.9541  
15.9118 15.8695 15.8271 15.7845 15.7418 15.699 15.656 15.613 15.5698 15.5265 15.483 15.4395 15.3958  
15.352 15.3081 15.2641 15.2199 15.1756 15.1312 15.0867 15.0421 14.9973 14.9524 14.9074 14.8623 14.8171  
14.7717 14.7262 14.6806 14.6349 14.589 14.5431 14.497 14.4508 14.4045 14.358 14.3115 14.2648 14.218  
14.1711 14.1241 14.077 14.0297 13.9823 13.9349 13.8873 13.8395 13.7917 13.7438 13.6957 13.6475 13.5992  
13.5508 13.5022 13.4536 13.4048 13.356 13.307 13.2579 13.2087 13.1594 13.1099 13.0604 13.0107 12.9609  
12.9111 12.8611 12.811 12.7607 12.7104 12.66 12.6094 12.5588 12.508 12.4571 12.4061 12.355 12.3038  
12.2525 12.2011 12.1495 12.0979 12.0462 11.9943 11.9424 11.8903 11.8381 11.7858 11.7335 11.681 11.6284  
11.5757 11.5229 11.47 11.417 11.3639 11.3107 11.2574 11.2039 11.1504 11.0968 11.0431 10.9893 10.9353  
10.8813 10.8272 10.773 10.7187 10.6643 10.6097 10.5551 10.5004 10.4456 10.3907 10.3357 10.2806 10.2254  
10.1702 10.1148 10.0593 10.0038 9.9481 9.89235 9.83651 9.78058 9.72455 9.66843 9.61222 9.55592 9.49954  
9.44306 9.38649 9.32984 9.2731 9.21627 9.15935 9.10234 9.04525 8.98807 8.93081 8.87347 8.81604 8.75852  
8.70092 8.64324 8.58548 8.52763 8.4697 8.41169 8.3536 8.29543 8.23718 8.17885 8.12044 8.06196 8.00339  
7.94475 7.88603 7.82723 7.76836 7.70942 7.6504 7.5913 7.53213 7.47289 7.41358 7.35419 7.29473 7.2352  
7.1756 7.11593 7.05619 6.99638 6.93651 6.87656 6.81655 6.75647 6.69633 6.63611 6.57584 6.5155 6.45509  
6.39462 6.33409 6.2735 6.21284 6.15212 6.09134 6.0305 5.9696 5.90865 5.84763 5.78656 5.72542 5.66423  
5.60299 5.54169 5.48033 5.41892 5.35745 5.29593 5.23436 5.17274 5.11106 5.04934 4.98756 4.92573 4.86386  
4.80193 4.73996 4.67794 4.61587 4.55376 4.4916 4.42939 4.36714 4.30485 4.24251 4.18013 4.11771 4.05525  
3.99274 3.9302 3.86761 3.80499 3.74233 3.67963 3.61689 3.55412 3.49131 3.42847 3.36559 3.30267 3.23973  
3.17675 3.11373 3.05069 2.98762 2.92451 2.86138 2.79821 2.73502 2.6718 2.60856 2.54528 2.48198 2.41866  
2.35531 2.29194 2.22854 2.16512 2.10168 2.03822 1.97474 1.91123 1.84771 1.78417 1.72061 1.65703 1.59344  
1.52983 1.4662 1.40256 1.33891 1.27524 1.21156 1.14786 1.08416 1.02044 0.956714 0.892977 0.829232  
0.765477 0.701715 0.637945 0.574169 0.510387 0.4466 0.382809 0.319013 0.255215 0.191413 0.12761  
0.0638053 0



# Literatura Citada

Berkeley. (2020). *Part VI sequential programming*. Berkeley University. Retrieved from <https://people.eecs.berkeley.edu/~bh/pdf/ssch20.pdf>

Bui, T. (2010). *University of Connecticut opencommons @uconn*. University of Connecticut2. Retrieved from [https://opencommons.uconn.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1822&context=srhonors\\_theses](https://opencommons.uconn.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1822&context=srhonors_theses)

Flewitt, N. (2021). *Multithreading and Multiprocessing: Selecting the right approach for your development*. Fusion Reactor. Retrieved from <https://www.fusion-reactor.com/blog/multithreading-and-multiprocessing/>

*Introduction to parallel computing tutorial*. Introduction to Parallel Computing Tutorial | HPC @ LLNL. (n.d.). Retrieved from <https://hpc.llnl.gov/documentation/tutorials/introduction-parallel-computing-tutorial>

Mattson, T. (2017). *OpenMP in a nutshell*. Intro to parallel programming with OpenMP. Retrieved from <https://tildesites.bowdoin.edu/~ltoma/teaching/cs3225-GIS/fall17/Lectures/openmp.html>

MIT. (n.d.). *Stability of finite difference methods*. Retrieved from <http://web.mit.edu/16.90/BackUp/www/pdfs/Chapter14.pdf>

Novozhilov, A. (2020). *What are PDE*. NDSU. Retrieved from <https://www.ndsu.edu/pubweb/~novozhil/Teaching/483%20Data/01.pdf>

*Where the world builds software*. GitHub. (2022). Retrieved from <http://github.com/>