

PRÁCTICA 2: SISTEMAS DE PARTICULAS

Jordi Beltran Querol y Alberto Játiva Nueda
SIMULACIÓN Universitat de València

CONTENIDO

Tabla de gráficas.....	2
INTRODUCCIÓN.....	3
Tarea a) PARTÍCULAS TOTALES GENERADAS VARIANDO EL LIFESPAN.....	3
DATOS DE ENTRADA.....	3
LIFESPAN = 0.5.....	3
LIFESPAN = 1.....	4
LIFESPAN = 5.....	4
CONCLUSIONES.....	5
TAREA B) VARIANDO PARÁMETROS	6
VARIANDO EL NÚMERO DE PARTÍCULAS POR SEGUNDO (NT=150)	6
DATOS DE ENTRADA	6
LIFESPAN = 0.5	6
LIFESPAN = 1	7
LIFESPAN = 5	7
CONCLUSIONES	8
VARIANDO EL TIMESTEP (TS=0.001)	8
DATOS DE ENTRADA	8
LIFESPAN = 0.5	8
LIFESPAN = 1	9
LIFESPAN = 5	9
CONCLUSIONES	10
VARIANDO EL TIMESTEP (TS=0.1)	11
DATOS DE ENTRADA	11
LIFESPAN = 0.5	11
LIFESPAN = 1	11
LIFESPAN = 5	12
CONCLUSIONES	12
APARTADO C) CALCULANDO TIEMPO COMPUTACIONAL	14
DATOS DE ENTRADA.....	14
HARDWARE DEL EQUIPO DE SIMULACIÓN	14
RESULTADOS.....	14
CONCLUSIONES.....	15

TABLA DE GRÁFICAS

GRÁFICA 1. NÚMERO DE PARTÍCULAS EN FUNCIÓN DEL TIEMPO DE SIMULACIÓN CON LIFESPAN = 0.5	3
GRÁFICA 2. NÚMERO DE PARTÍCULAS EN FUNCIÓN DEL TIEMPO DE SIMULACIÓN CON LIFESPAN = 1	4
GRÁFICA 3. NÚMERO DE PARTÍCULAS EN FUNCIÓN DEL TIEMPO DE SIMULACIÓN CON LIFESPAN = 5	4
GRÁFICA 4. NÚMERO DE PARTÍCULAS EN FUNCIÓN DEL TIEMPO DE SIMULACIÓN CON LIFESPAN = 0.5 Y PARTÍCULAS/SEG (NT) = 150	6
GRÁFICA 5. NÚMERO DE PARTÍCULAS EN FUNCIÓN DEL TIEMPO DE SIMULACIÓN CON LIFESPAN = 1 Y PARTÍCULAS/SEG (NT) = 150	7
GRÁFICA 6. NÚMERO DE PARTÍCULAS EN FUNCIÓN DEL TIEMPO DE SIMULACIÓN CON LIFESPAN = 5 Y PARTÍCULAS/SEG (NT) = 150	7
GRÁFICA 7. NÚMERO DE PARTÍCULAS EN FUNCIÓN DEL TIEMPO DE SIMULACIÓN CON LIFESPAN = 0.5, PASO DE SIMULACIÓN = 0.001 Y PARTÍCULAS/SEG (NT) = 200	8
GRÁFICA 8. NÚMERO DE PARTÍCULAS EN FUNCIÓN DEL TIEMPO DE SIMULACIÓN CON LIFESPAN = 1, PASO DE SIMULACIÓN = 0.001 Y PARTÍCULAS/SEG (NT) = 200	9
GRÁFICA 9. NÚMERO DE PARTÍCULAS EN FUNCIÓN DEL TIEMPO DE SIMULACIÓN CON LIFESPAN = 5, PASO DE SIMULACIÓN = 0.001 Y PARTÍCULAS/SEG (NT) = 200	9
GRÁFICA 10. NÚMERO DE PARTÍCULAS EN FUNCIÓN DEL TIEMPO DE SIMULACIÓN CON LIFESPAN = 0.5, PASO DE SIMULACIÓN = 0.1 Y PARTÍCULAS/SEG (NT) = 200	11
GRÁFICA 11. NÚMERO DE PARTÍCULAS EN FUNCIÓN DEL TIEMPO DE SIMULACIÓN CON LIFESPAN = 1, PASO DE SIMULACIÓN = 0.1 Y PARTÍCULAS/SEG (NT) = 200	12
GRÁFICA 12. NÚMERO DE PARTÍCULAS EN FUNCIÓN DEL TIEMPO DE SIMULACIÓN CON LIFESPAN = 5, PASO DE SIMULACIÓN = 0.1 Y PARTÍCULAS/SEG (NT) = 200	12
GRÁFICA 13. COMPARACIÓN DEL TIEMPO COMPUTACIONAL AL CAMBIAR EL Nº PARTÍCULAS/SEG	14

INTRODUCCIÓN

En esta práctica, se busca simular un efecto de humo mediante sistemas de partículas. Para lograrlo, se aplican diferentes fuerzas, como la gravedad y el rozamiento, y se integra utilizando el método de Euler Simpléctico. Para llevar a cabo esta simulación, se han utilizado las clases “Partícula” y “Sistema de Partículas”, además del programa principal. Estas clases han sido completadas para garantizar el correcto funcionamiento de la simulación.

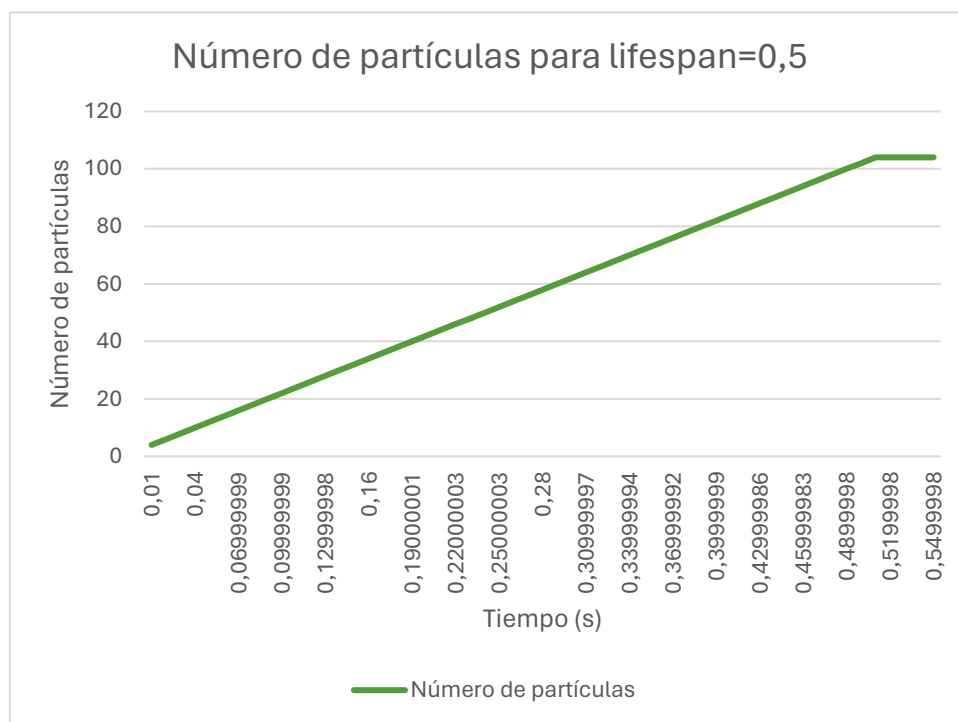
Durante la práctica, se han propuesto varios escenarios para probar el funcionamiento del programa simulado. Se han variado parámetros como el lifespan de las partículas, el timestep de la simulación y el número de partículas generadas por segundo. Además, en el apartado c), se evalúa el costo computacional de generar una cantidad específica de partículas.

TAREA A) PARTÍCULAS TOTALES GENERADAS VARIANDO EL LIFESPAN

DATOS DE ENTRADA

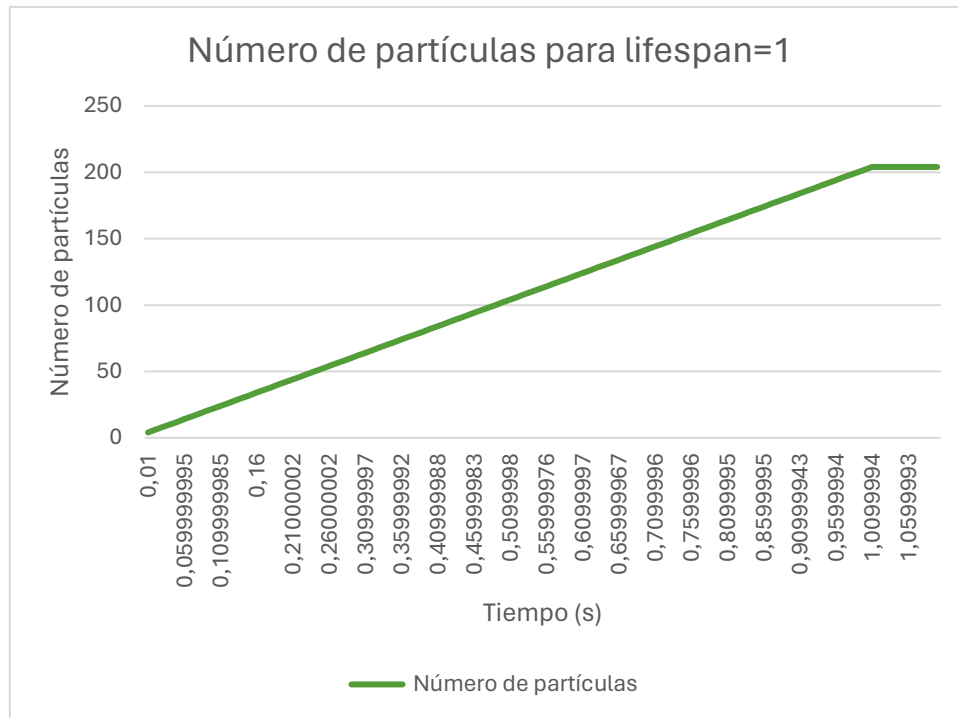
Paso de simulacion	0.01 s
nt	200 partículas/s
r	0.03 m
m	0.01 kg
g	9.801 m/s ²
Kd	0.0001 kg/m

LIFESPAN = 0.5



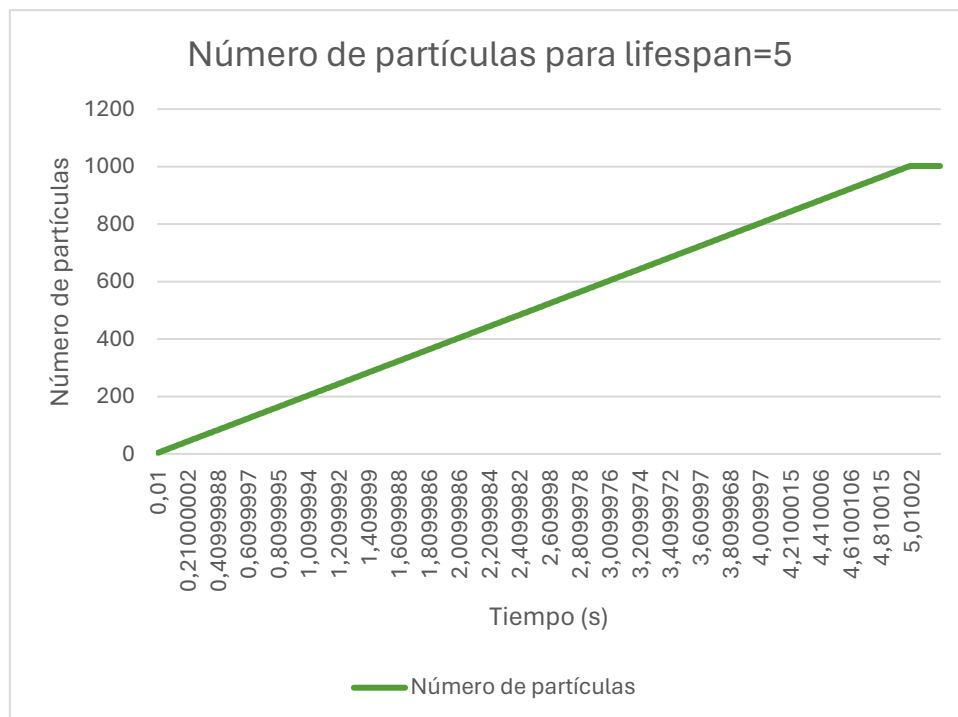
Gráfica 1. Número de partículas en función del tiempo de simulación con lifespan = 0.5

LIFESPAN = 1



Gráfica 2. Número de partículas en función del tiempo de simulación con lifespan = 1

LIFESPAN = 5



Gráfica 3. Número de partículas en función del tiempo de simulación con lifespan = 5

CONCLUSIONES

Para obtener las partículas que se deben generar por cada paso de simulación en base a las partículas por segundo se utiliza la siguiente fórmula:

$$\text{Partículas}_{\text{timestep}} = \text{partículas}_{\text{segundo}} \times \text{timeStep}$$

También cabe destacar que las partículas totales serán a razón de:

$$\text{Partículas}_{\text{totales}} = \text{partículas}_{\text{timestep}} / \text{timestep} \times \text{lifeSpan}$$

Para un **lifespan** de **1 segundo**:

- Se generan aproximadamente **200 partículas estables** a un ritmo constante de 2 partículas por segundo
- Dado que el ciclo de vida es de 1 segundo, la cantidad de partículas se estabiliza en 200 partículas, ya que se van destruyendo al mismo ritmo en que se generan.

Para un **lifespan** de **0.5 segundos**:

- El comportamiento cambia, ahora las partículas se destruyen el doble de rápido de lo que se crean.
- Como resultado, en este caso obtenemos un total aproximado de **100 partículas estables**, ya que su ciclo de vida es de 0.5.

Para un **lifespan** de **5 segundos**:

- El incremento de partículas con respecto al lifespan de 1 segundo es cinco veces mayor.
- Las partículas aguantan 5 segundos antes de destruirse.
- Al crearse a 2 partículas por segundo, obtenemos 200 partículas por segundo que durarán 5 segundos, haciendo un total de aproximadamente **1000 partículas**.

En cuanto a los tiempos de estabilización, podemos observar como también dependen del lifespan. Existe una proporcionalidad directa entre el lifespan y el tiempo de estabilización, con una relación de 1:1, haciendo que el tiempo de estabilización sea igual a 1 segundo multiplicado por el lifespan.

- Tiempo de estabilización para lifespan = 0.5 → **0.5 segundos**
- Tiempo de estabilización para lifespan = 1 → **1 segundo**
- Tiempo de estabilización para lifespan = 5 → **5 segundos**

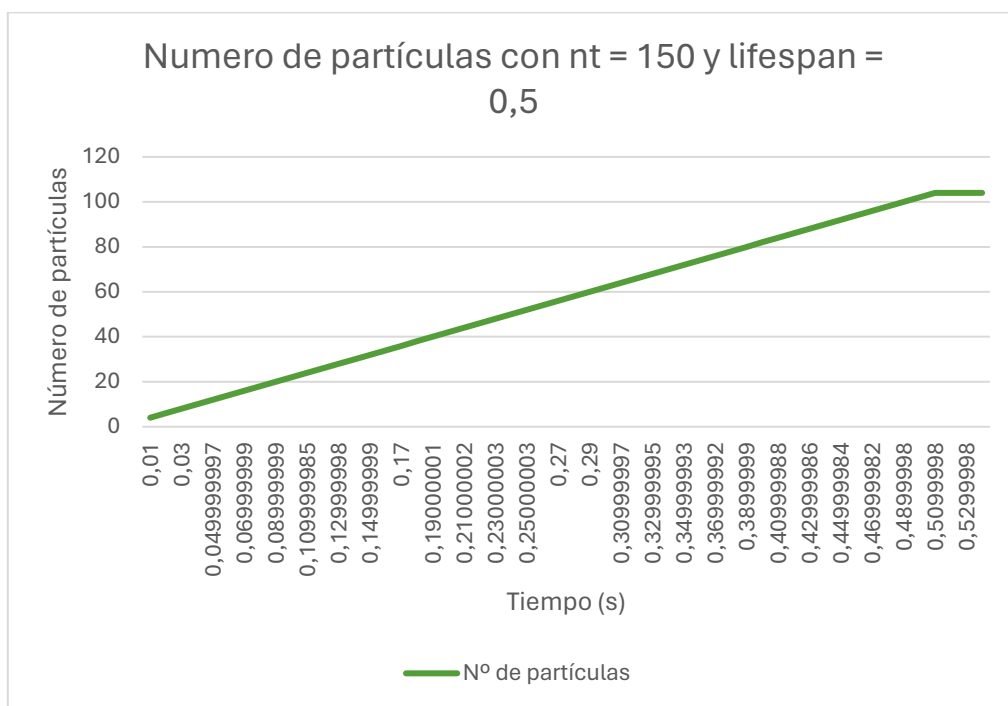
TAREA B) VARIANDO PARÁMETROS

VARIANDO EL NÚMERO DE PARTÍCULAS POR SEGUNDO (NT=150)

DATOS DE ENTRADA

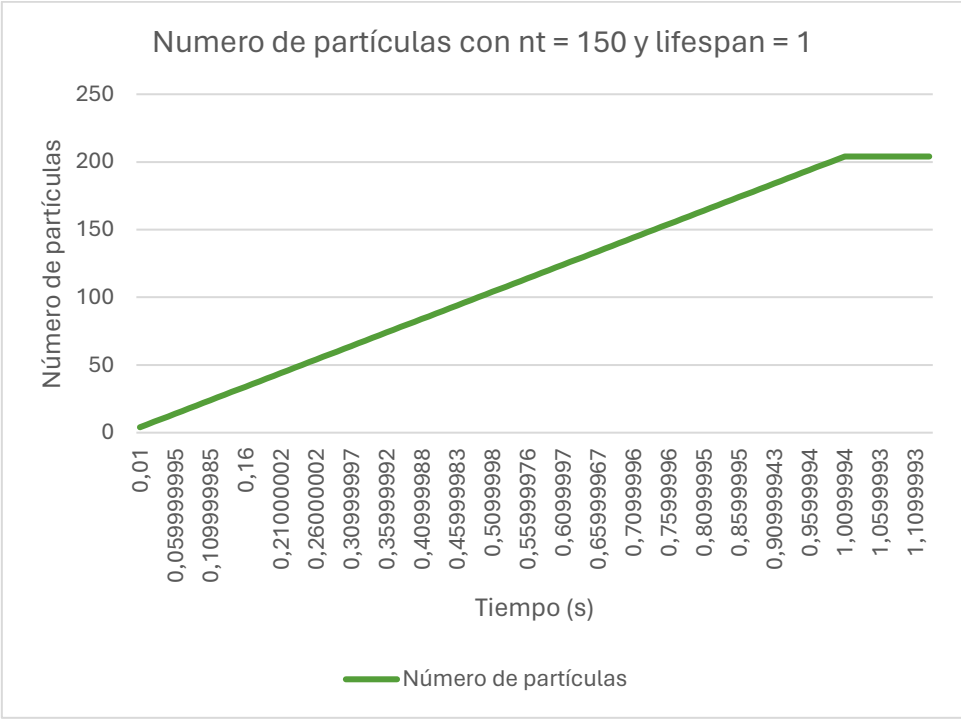
Paso de simulacion	0.01 s
nt	150 partículas/s
r	0.03 m
m	0.01 kg
g	9.801 m/s ²
Kd	0.0001 kg/m

LIFESPAN = 0.5



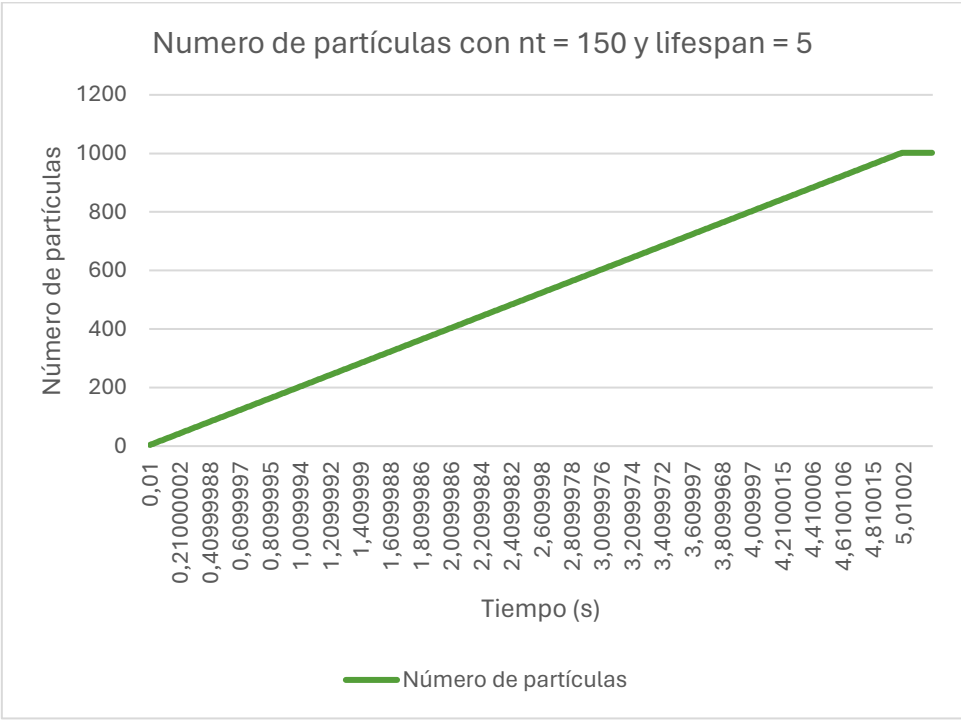
Gráfica 4. Número de partículas en función del tiempo de simulación con lifespan = 0.5 y partículas/seg (nt) = 150

LIFESPAN = 1



Gráfica 5. Número de partículas en función del tiempo de simulación con lifespan = 1 y partículas/seg (nt) = 150

LIFESPAN = 5



Gráfica 6. Número de partículas en función del tiempo de simulación con lifespan = 5 y partículas/seg (nt) = 150

CONCLUSIONES

En este caso, aplicando la fórmula mencionada anteriormente, obtenemos que:

$$\text{partículas}_{\text{timestep}} = 150 \times 0.01 = 1.5 \approx 2 \text{ partículas}$$

Esto significa que por cada iteración se generarán 2 partículas, haciendo un total de 200 partículas por segundo. Se han realizado más pruebas con diferentes números de partículas y se ha observado cómo la fórmula se redondea al siguiente entero más cercano. Por ejemplo, al añadir tanto 1 partícula por segundo como 99 partículas por segundo, se generará 1 partícula por cada paso de simulación, haciendo un total de 100 partículas por segundo.

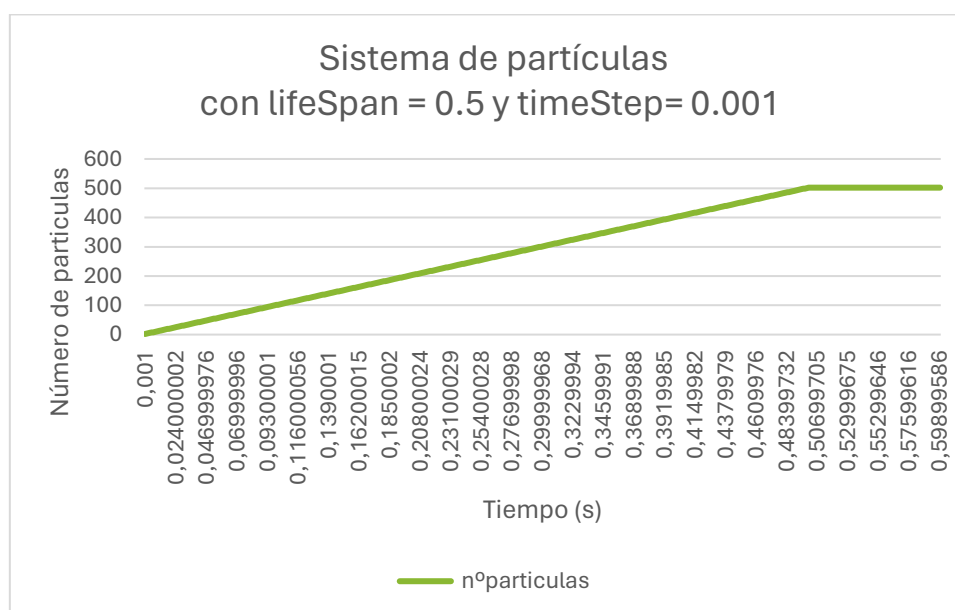
Por tanto, podemos afirmar que establecer las partículas por segundo a un valor mayor que 100 y menor que 200 no variará en la ejecución del programa con respecto al programa principal, obteniendo los mismos resultados.

VARIANDO EL TIMESTEP (TS=0.001)

DATOS DE ENTRADA

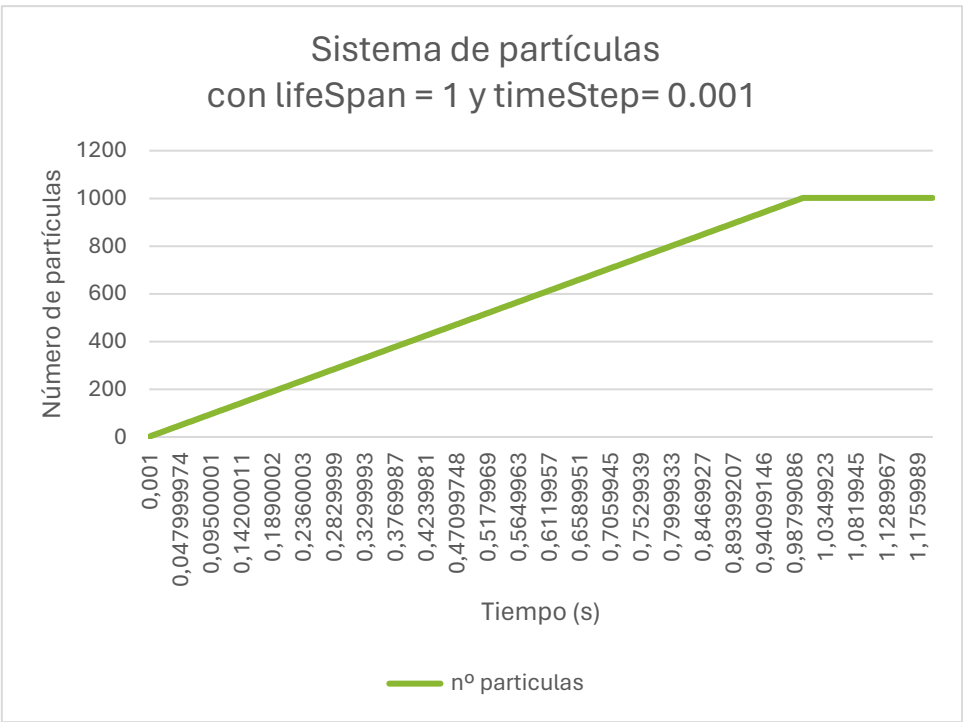
Paso de simulacion	0.001 s
nt	200 partículas/s
r	0.03 m
m	0.01 kg
g	9.801 m/s^2
Kd	0.0001 kg/m

LIFESPAN = 0.5



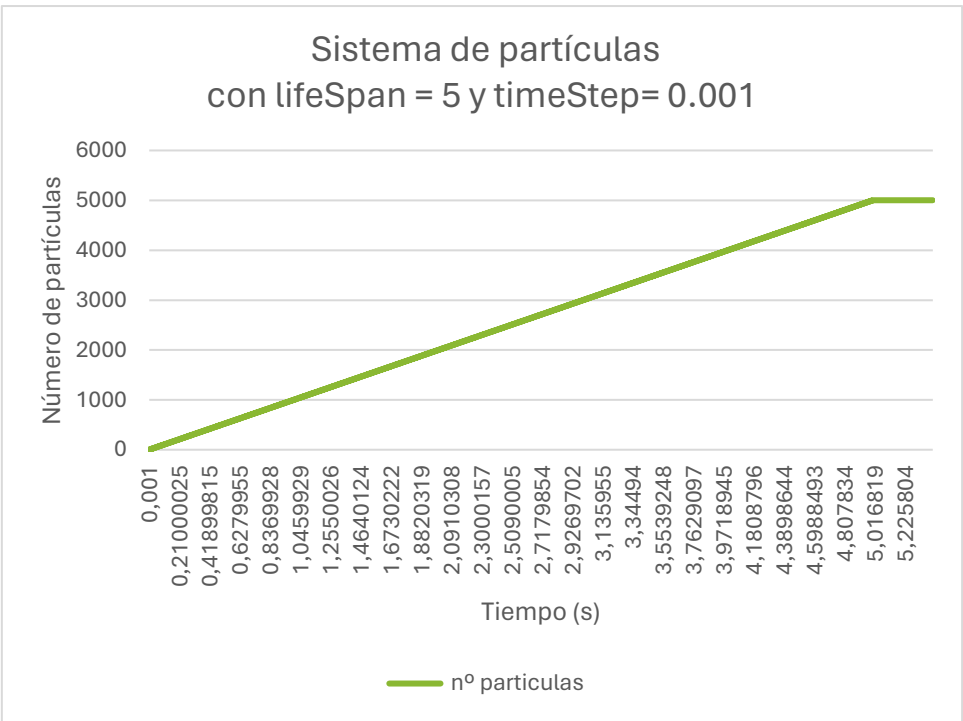
Gráfica 7. Número de partículas en función del tiempo de simulación con lifespan = 0.5, paso de simulación = 0.001 y partículas/seg (nt) = 200

LIFESPAN = 1



Gráfica 8. Número de partículas en función del tiempo de simulación con lifespan = 1, paso de simulación = 0.001 y partículas/seg (nt) = 200

LIFESPAN = 5



Gráfica 9. Número de partículas en función del tiempo de simulación con lifespan = 5, paso de simulación = 0.001 y partículas/seg (nt) = 200

CONCLUSIONES

Para un paso de simulación de 0.001 segundos, atendiendo a las fórmulas anteriores, obtenemos un total de:

$$Partículas_{timestep} = 200 \frac{partículas}{s} * 0.001 s = 0.2 \approx 1 \text{ partícula/paso de simulación.}$$

Esto hace que se genere 1 partícula por cada paso de simulación. Al variar el lifespan, con las relaciones mencionadas anteriormente, obtenemos lo siguiente:

Lifespan = 0.5:

- Partículas totales: $1/0.001 \cdot 0.5 = 500$ partículas
- Tiempo de estabilización: $1 \cdot 0.5 = 0.5$ segundos

Lifespan = 1:

- Partículas totales: $1/0.001 \cdot 1 = 1000$ partículas
- Tiempo de estabilización: $1 \cdot 1 = 1$ segundos

Lifespan = 5:

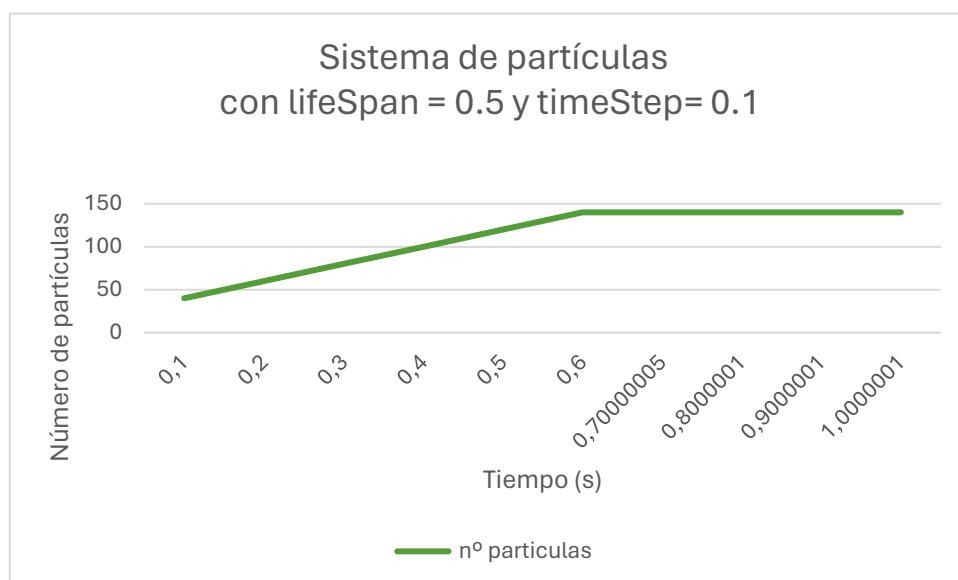
- Partículas totales: $1/0.001 \cdot 5 = 5000$ partículas
- Tiempo de estabilización: $1 \cdot 5 = 5$ segundos

VARIANDO EL TIMESTEP (TS=0.1)

DATOS DE ENTRADA

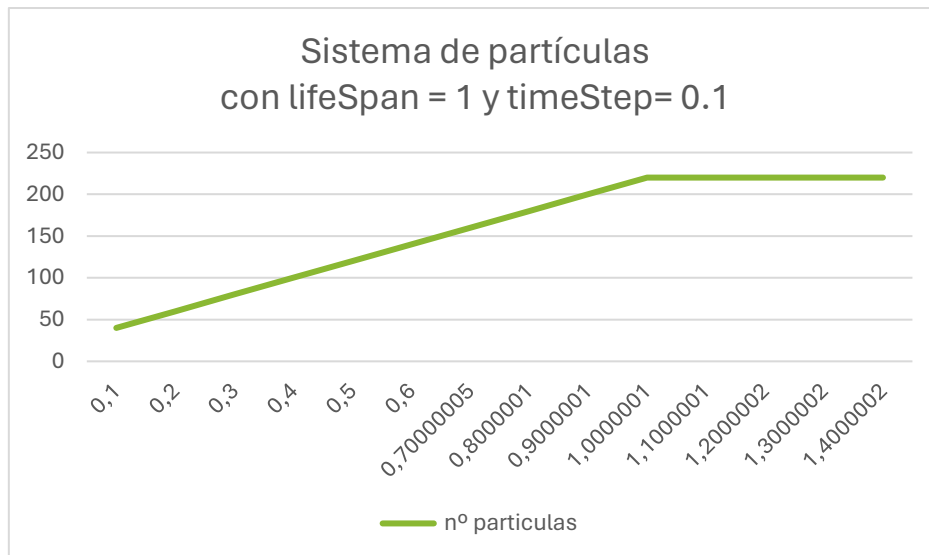
Paso de simulacion	0.1 s
nt	200 partículas/s
r	0.03 m
m	0.01 kg
g	9.801 m/s^2
Kd	0.0001 kg/m

LIFESPAN = 0.5



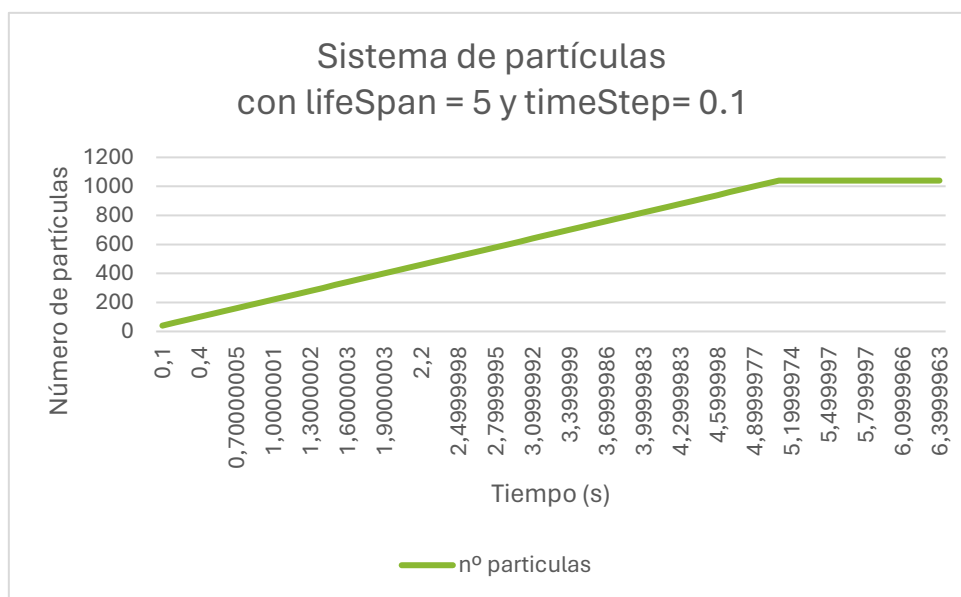
Gráfica 10. Número de partículas en función del tiempo de simulación con lifespan = 0.5, paso de simulación = 0.1 y partículas/seg (nt) = 200

LIFESPAN = 1



Gráfica 11. Número de partículas en función del tiempo de simulación con lifespan = 1, paso de simulación = 0.1 y partículas/seg (nt) = 200

LIFESPAN = 5



Gráfica 12. Número de partículas en función del tiempo de simulación con lifespan = 5, paso de simulación = 0.1 y partículas/seg (nt) = 200

CONCLUSIONES

Para un paso de simulación de 0.001 segundos, atendiendo a las fórmulas anteriores, obtenemos un total de:

$$Partículas_{timestep} = 200 \frac{partículas}{s} * 0.1 s = 20 partículas/paso de simulación.$$

Esto hace que se generen 20 partículas por cada paso de simulación. Al variar el lifespan, con las relaciones mencionadas en los apartados anteriores, obtenemos los siguientes resultados:

Lifespan = 0.5:

- Partículas totales: $20/0.1 \cdot 0.5 = 100 = 100$ partículas
- Tiempo de estabilización: $1 \cdot 0.5 = 0.5$ segundos

Lifespan = 1:

- Partículas totales: $20/0.1 \cdot 1 = 200 = 200$ partículas
- Tiempo de estabilización: $1 \cdot 0.5 = 1$ segundos

Lifespan = 5:

- Partículas totales: $20/0.1 \cdot 5 = 1000 = 1000$ partículas

Tiempo de estabilización: $1 \cdot 0.5 = 5$ segundos

APARTADO C) CALCULANDO TIEMPO COMPUTACIONAL

DATOS DE ENTRADA

Paso de simulación	0.01 s
nt	x partículas/s
r	0.03 m
m	0.01 kg
g	9.801 m/s ²
Kd	0.0001 kg/m

Para realizar este apartado mantenemos todos los valores iguales excepto el número de partículas, con esto vamos a ver cuanto cuesta computacionalmente realizar un paso de simulación dependiendo del número de partículas creadas.

HARDWARE DEL EQUIPO DE SIMULACIÓN

- **Procesador:** Intel Core i7-12700H (up to 4.7 GHz with Intel® Turbo Boost Technology, 24MB L3 cache, 14 cores, 20 threads)
- **RAM:** 16 GB de RAM DDR5-4800 MHz (2 x 8 GB)
- **Almacenamiento:** 512 GB SSD PCIe® NVMe™ TLC M.2
- **GPU:** NVIDIA® GeForce RTX™ 3060 (6GB GDDR6)

RESULTADOS



Gráfica 13. Comparación del tiempo computacional al cambiar el nº partículas/seg

Estos valores han sido recogidos una vez la simulación se ha estabilizado (el número de partículas es constante)

CONCLUSIONES

En la gráfica podemos ver que el eje X representa el número total de partículas en cada uno de los casos:

- $np = 200 \rightarrow 204$ partículas
- $np = 650 \rightarrow 714$ partículas
- $np = 2000 \rightarrow 2040$ partículas
- $np = 6500 \rightarrow 6630$ partículas
- $np = 20000 \rightarrow 20400$ partículas

En el eje Y se muestra el tiempo promedio de todas las iteraciones en que el número de partículas es el máximo posible en la simulación.

Podemos observar en la forma de la gráfica que el tiempo computacional va aumentando en función del número total de partículas que se van generando en la simulación. Esto sugiere que, a mayor número de partículas, mayor será la complejidad computacional de la simulación.

¿Por qué aumenta la complejidad computacional según el número de partículas por segundo? El aumento de la complejidad computacional es debido a que, a mayor número de partículas, más veces deben repetirse todos los cálculos que esta conlleva hasta su desaparición.