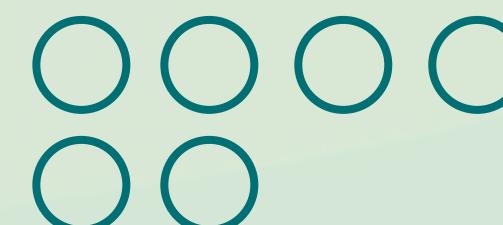
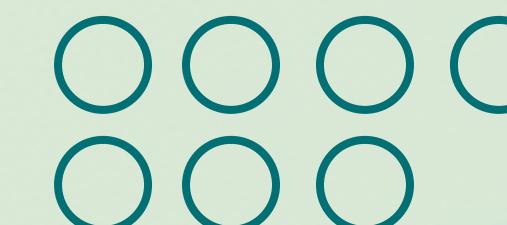
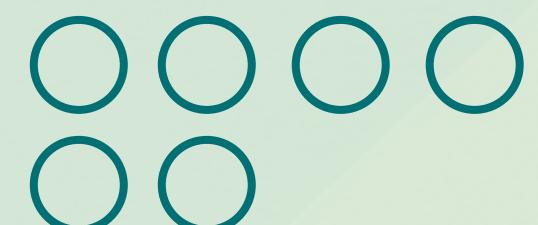
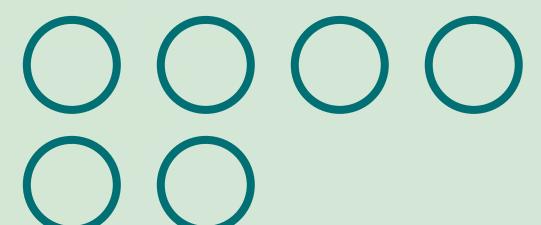


72.25 - Simulación de Sistemas

Trabajo Práctico Final

DE SIMONE, FRANCO - 61100
DIZENHAUS, MANUEL - 61101

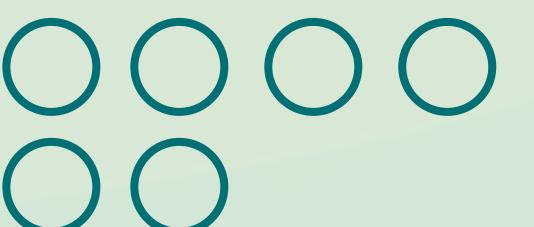
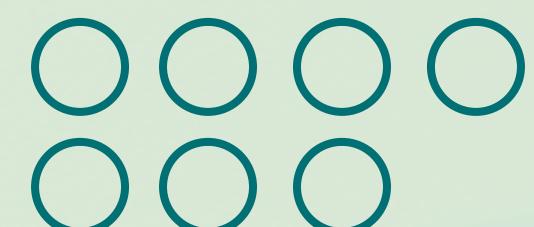
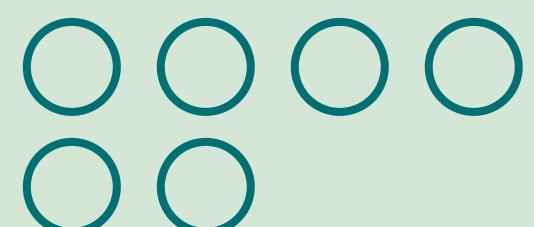
Introducción



Introducción

- Multitudes en movimiento con objetivo
- Sistemas para modelar comportamiento de peatones
- Peatones representados como partículas en el espacio que interactúan entre sí





Introducción



Faster Is Slower

- ¿Una mayor velocidad en el movimiento de los peatones asegura que alcancen más rápido su objetivo?

Fundamentos



Fundamentos

- Dos modelos para estudiar el comportamiento de los peatones:
 - Contractile Particle Model (**CPM**)
 - Social Force Model (**SFM**)

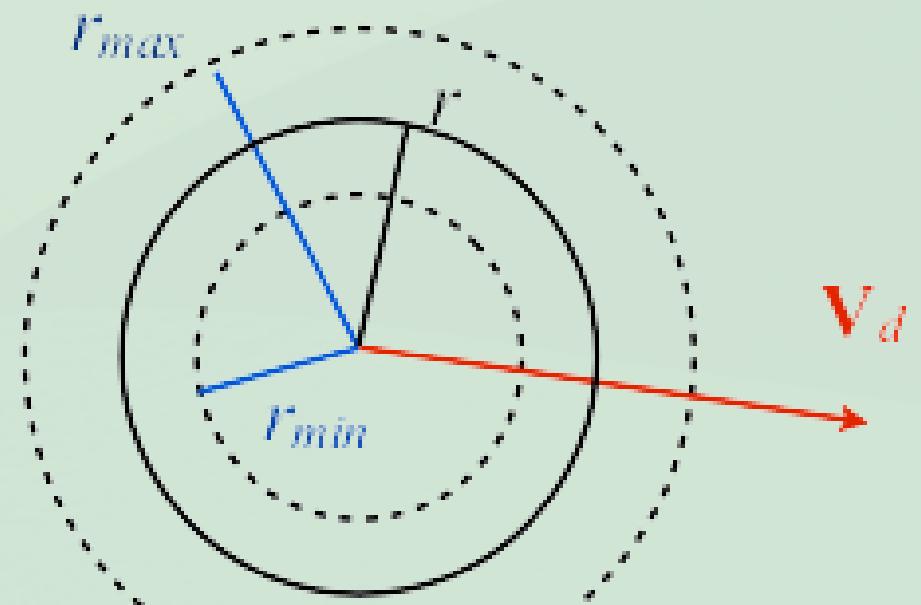


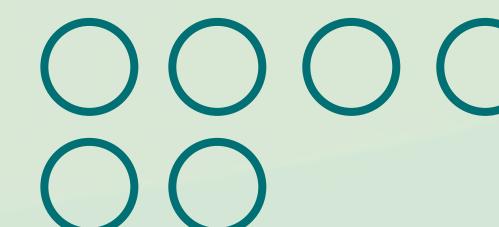
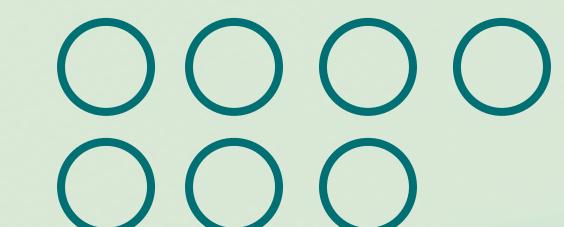
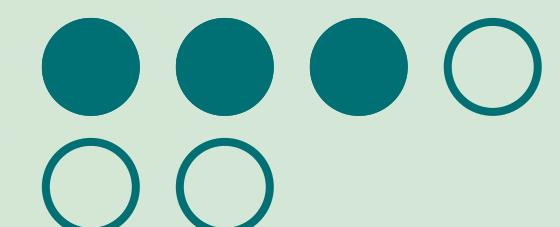
Fundamentos

- Partículas con radio **variable**
- "Velocidad deseada depende del radio"

$$|\mathbf{v}_d| = f(r) \text{ tal que} \begin{cases} v_d(r_{min}) = 0 \\ v_d(r_{max}) = v_{dmax} \end{cases}$$

Contractile Particle Model (CPM)





Fundamentos

Si la partícula i no está en contacto con ninguna otra:

$$\mathbf{x}(t + dt) = \mathbf{x}(t) + \mathbf{v}_d dt$$

$$|\mathbf{v}_d| = v_d = v_d^{max} [(r - r_{min}) / (r_{max} - r_{min})]^{\beta}$$

$$r(t + dt) = r(t) + r_{max} / (\tau / \Delta t) \quad (\text{si } r < r_{max})$$

$$\mathbf{v}_d = v_d \mathbf{e}_{\text{target}}$$

$$\mathbf{e}_{\text{target}} = (\mathbf{x}_{\text{target}} - \mathbf{x}) / |(\mathbf{x}_{\text{target}} - \mathbf{x})|$$

Contractile Particle Model (CPM)

Si la partícula i está en contacto con al menos una partícula j :

$$\mathbf{x}(t + \Delta t) = \mathbf{x}(t) + \mathbf{v}_e dt$$

$$r = r_{min}$$

$$|\mathbf{v}_e| = v_e = v_d^{max}$$

$$\mathbf{v}_e^i = v_e \frac{\sum_j \mathbf{e}^{ij}}{|\sum_j \mathbf{e}^{ij}|}$$

$$\mathbf{e}^{ij} = \frac{\mathbf{x}^i - \mathbf{x}^j}{|\mathbf{x}^i - \mathbf{x}^j|}$$



Fundamentos

Social Force Model (SFM)

- Las ecuaciones de posición y velocidad de cada partícula están definidas por la suma de 3 fuerzas:

$$m_i \mathbf{a}_i = \mathbf{F}_{GRANULAR} + \mathbf{F}_{SOCIAL} + \mathbf{F}_{DESEO}$$



Fundamentos

Social Force Model (SFM)

- Fuerza granular:
- Fuerza social:
- Fuerza de deseo:

$$\mathbf{F}_{G_i} = \sum_{j=1, j \neq i}^{N_p} [(-\varepsilon_{ij} k_n) \mathbf{e}_{ij}^n + (v_{ij}^t \varepsilon_{ij} k_t) \mathbf{e}_{ij}^t] g(\varepsilon_{ij})$$

$$\mathbf{F}_{S_i} = \sum_{j=1, j \neq i}^{N_p} A \exp \frac{-\varepsilon_{ij}}{B} \mathbf{e}_{ij}^n$$

$$\mathbf{F}_{D_i} = m_i \frac{(v_{di} \mathbf{e}_i^{target} - \mathbf{v}_i)}{\tau_i}$$



Fundamentos

Gear Predictor-Corrector

$$r_i^p(t + \Delta t) = r_i(t) + v_i(t)\Delta t$$

$$v_i^p(t + \Delta t) = v_i(t) + a_i(t)$$

$$f_i(r_i^p, v_i^p) \Rightarrow a_i(t + \Delta t)$$

$$v_i(t + \Delta t) = v_i(t) + a_i(t + \Delta t)\Delta t$$

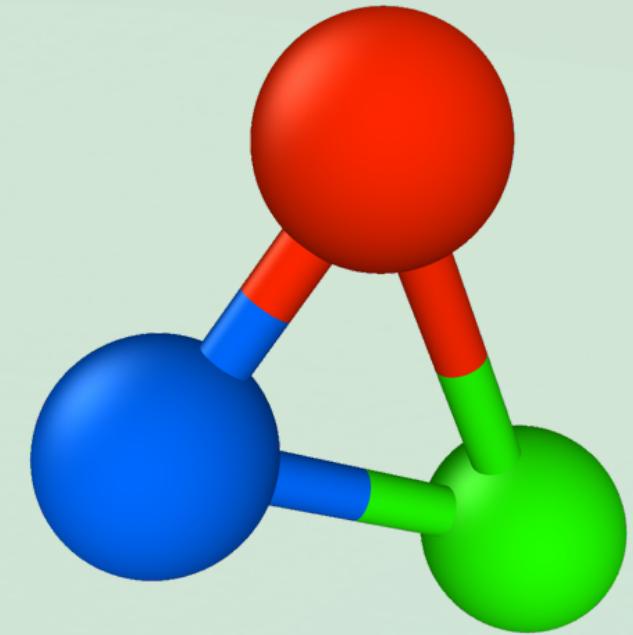
$$r_i(t + \Delta t) = r_i(t) + v_i(t + \Delta t)\Delta t$$

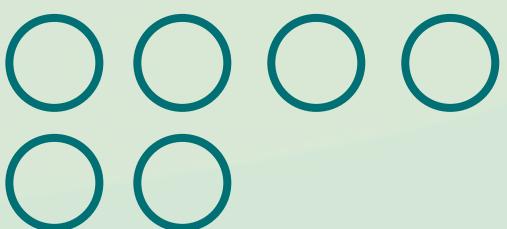
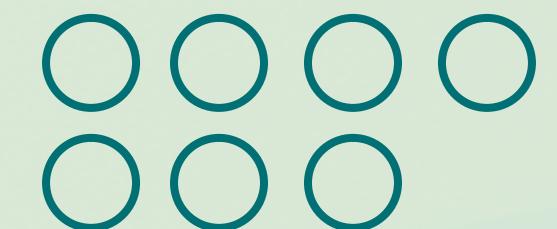
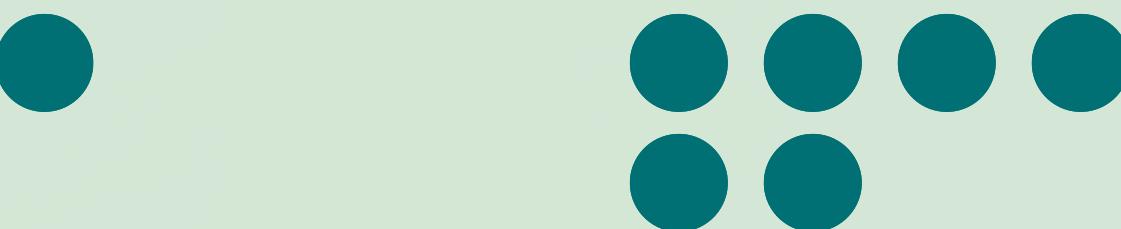
Implementación



Implementación

Stacks Utilizados: **Java, Python, Ovito:**





Implementación

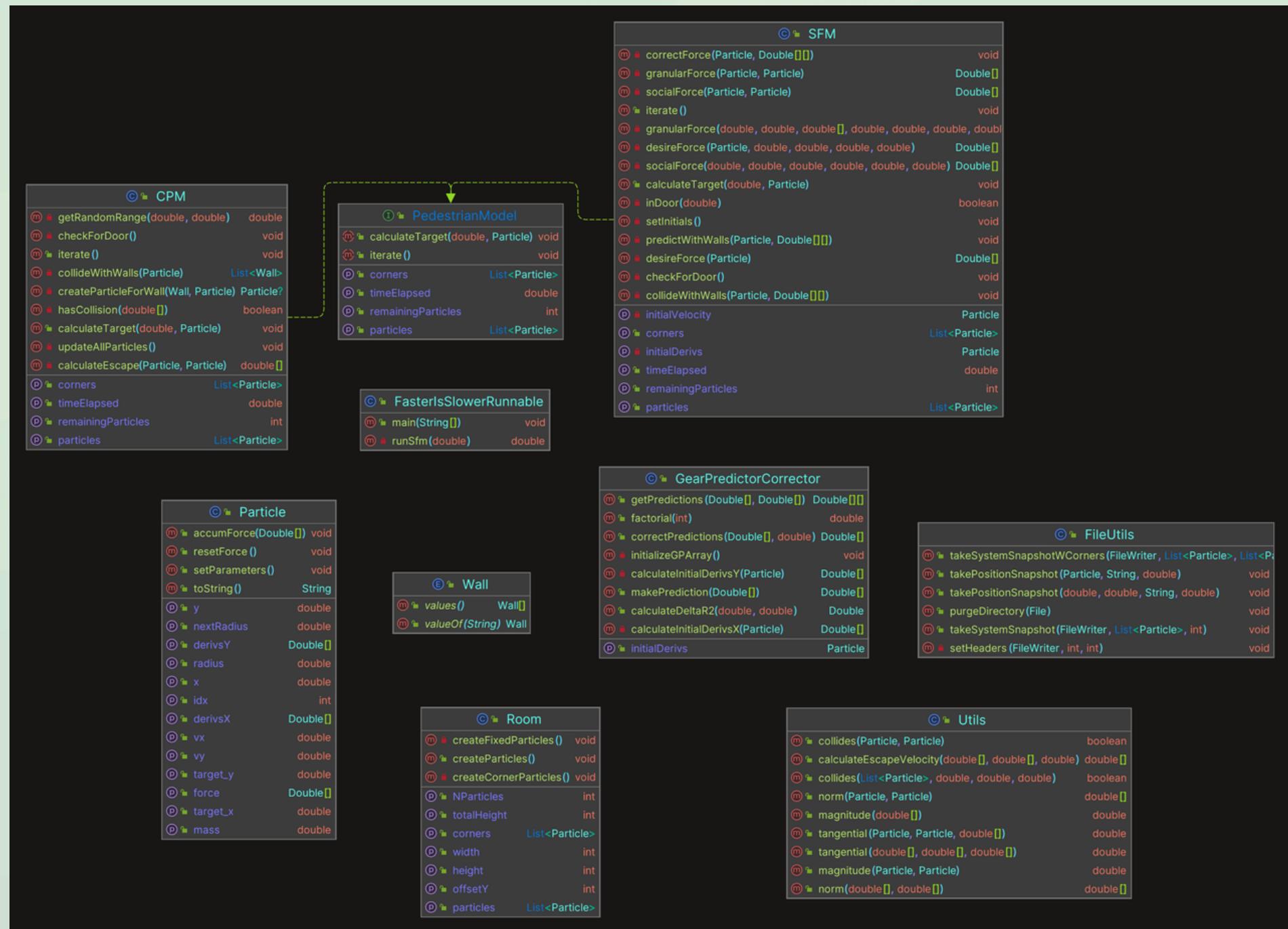
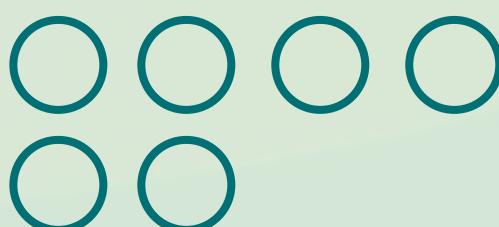
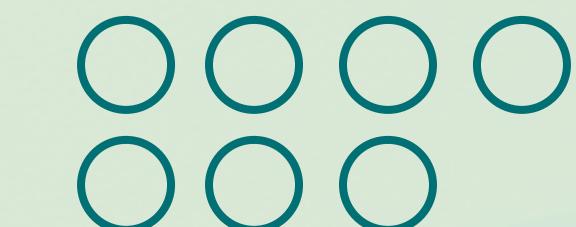


Diagrama UML



Implementación

Algoritmo en pseudocódigo (CPM)



1. Inicializar partículas con posiciones, radio (mínimo), y target

Mientras queden partículas dentro del recinto:

2. Para todas las partículas:

2.1 Encontrar contactos entre esta y otras partículas (o paredes), y calcular velocidad de escape

2.2 Ajustar radio en función de la regla de variación

2.3 Calcular dirección y magnitud de velocidad deseada, si es que no colisiona

2.4 Actualizar velocidad

2.5 Actualizar posiciones



Implementación

Algoritmo en pseudocódigo (SFM)



1. Inicializar partículas con posiciones y targets

Mientras queden partículas dentro del recinto:

2. Para todas las partículas:

2.1 Realizar predicciones iniciales

2.2 Calcular fuerzas de deseo y social

2.3 Si es que colisiona, calcular fuerza granular

2.4 Acumular estas fuerzas y sumarlas

2.5 Corregir predicciones y cambiar posición y velocidad de la partícula

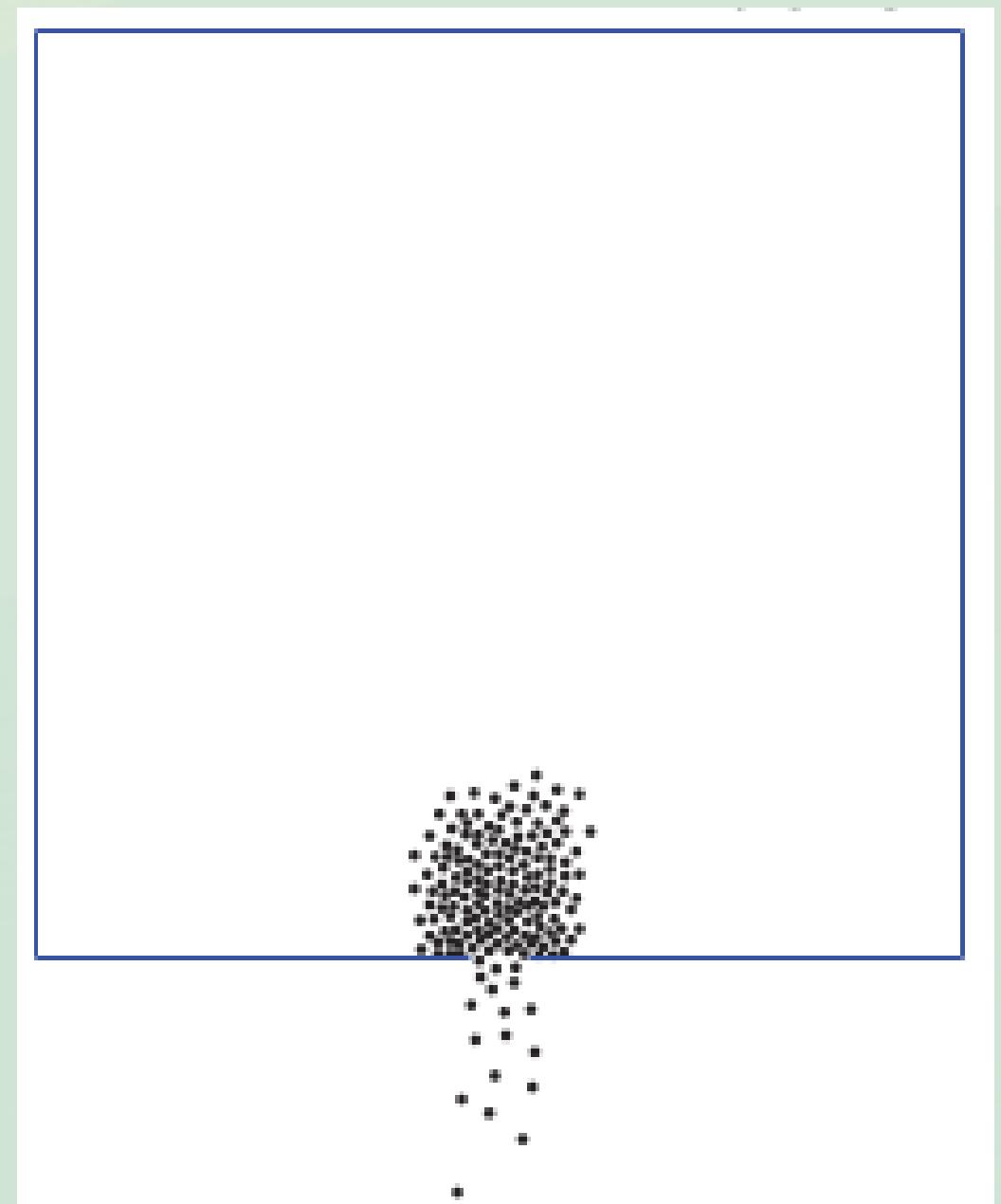
Simulaciones



Simulaciones

Modelo:

- Recinto cerrado de $20m \times 20m$
- Puerta centrada de tamaño d
- N partículas dentro de recinto ubicadas aleatoriamente
- Velocidad deseada: $vd \max$
- Promedio de 5 realizaciones





Simulaciones

Parámetros fijos

CPM

$$r_{min} = 0.10m$$

$$r_{max} = 0.37m$$

$$\beta = 0.9$$

$$\tau = 0.5$$

SFM

$$\tau = 0.5$$

$$A = 2 \cdot 10^3 N$$

$$B = 0.08m$$

$$k_n = 1.2 \cdot 10^5 N/m$$

$$k_t = 2.4 \cdot 10^5 N/m$$

$$R = 0.3m$$



Simulaciones

Primera Parte: Estudio comparativo entre SFM y CPM

- Simulación de varios egresos para varios pares de $(N, d) = [(200, 1.2m), (260, 1.8m), (320, 2.4m), (380, 3.0m), (440, 3.6m), (500, 4.2m)]$
- Observables a estudiar:
 - Curva de descarga $n(t)$
 - Curva de caudal $Q(t) = dn/dt$
 - Caudal específico

$$Q(t) = \frac{N(t+4) - N(t)}{5}$$

$$Q_e(N) = \frac{Q_m(N)}{d}$$



Simulaciones

Segunda parte: Estudio del efecto FIS con ambos sistemas

- Simulación de varios egresos manteniendo (N,d) fijos, variando la velocidad deseada máxima $vd = [1.0, 2.0, 4.0, 6.0, 8.0, 10.0]$ (en m/s)
- Observables a estudiar:
 - Caudal específico $Q(t)$
 - Coeficiente FIS

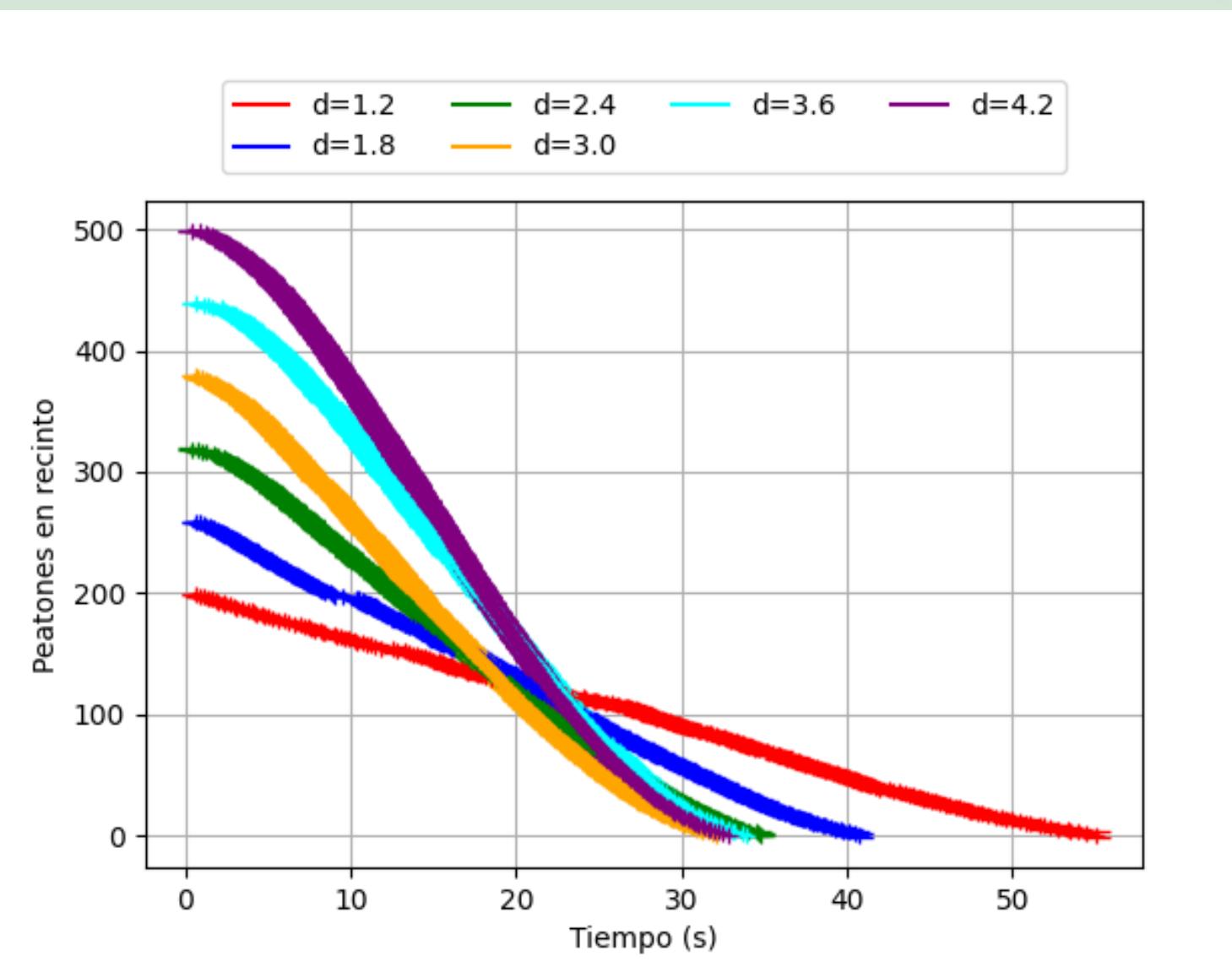
$$\text{FIS} = -10 \sum_{i=2}^N \sum_{j=1}^i \frac{Q_e^i - Q_e^j}{v_d^{max_i} - v_d^{max_j}}$$

Resultados

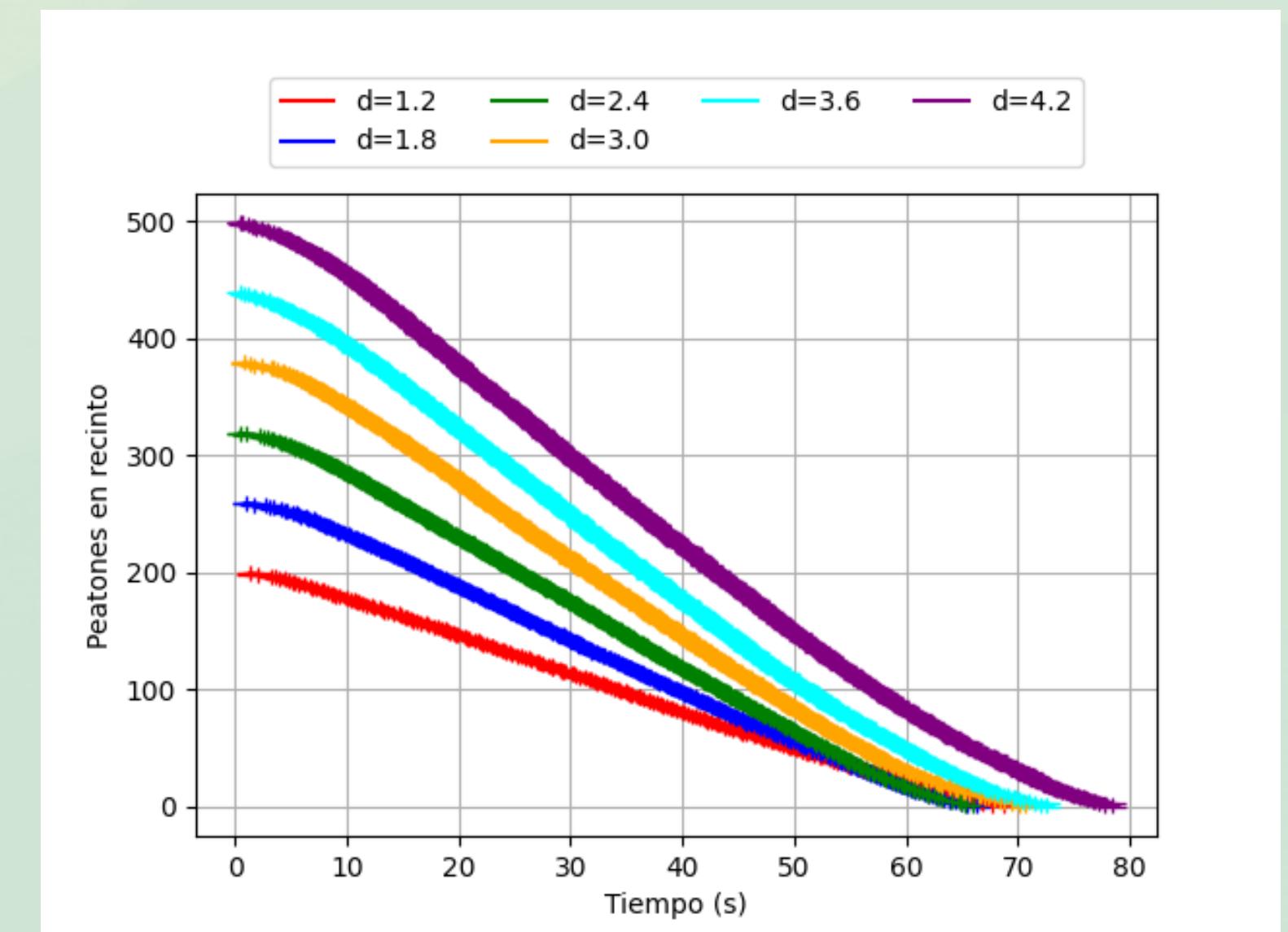


Resultados

Curvas de descarga



SFM

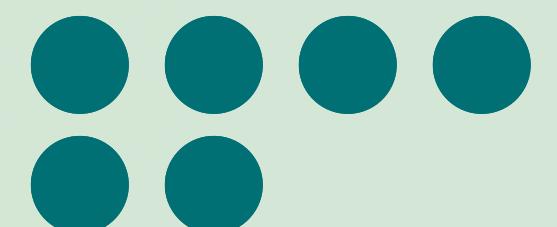


CPM

INTRODUCCIÓN



FUNDAMENTOS



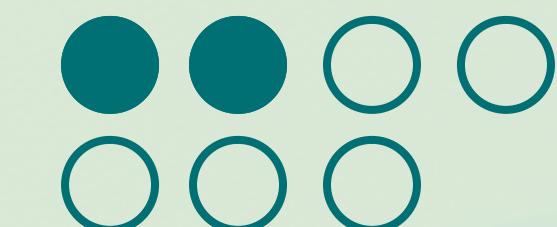
IMPLEMENTACIÓN



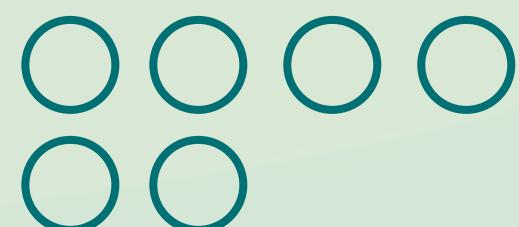
SIMULACIONES



RESULTADOS



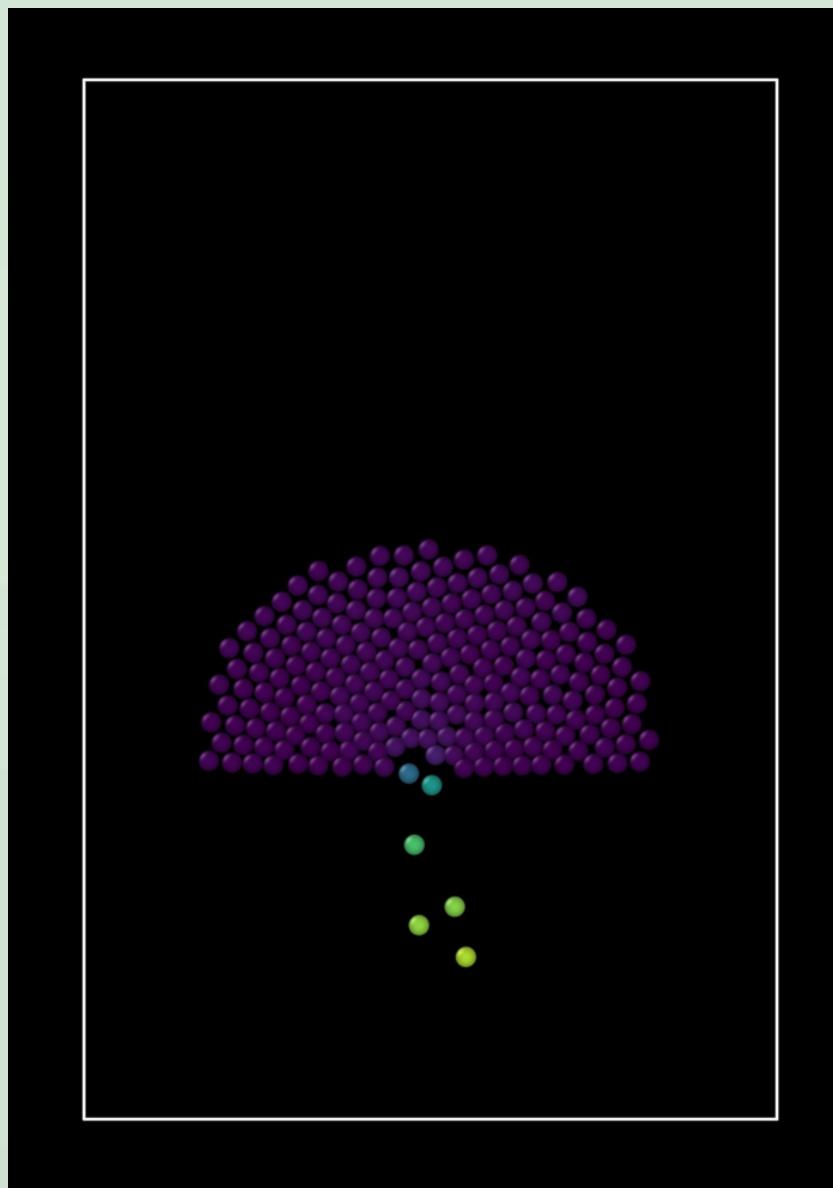
CONCLUSIÓN



Resultados

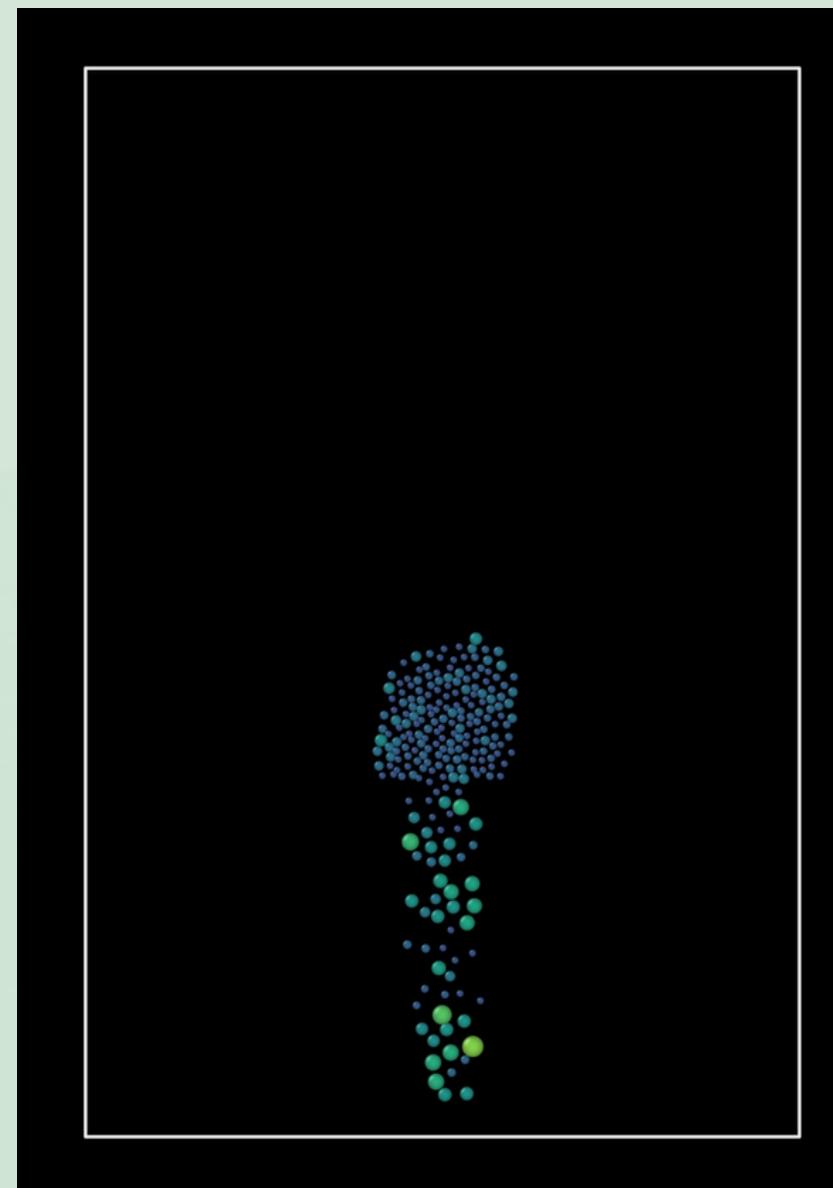
Animaciones ($N=260$, $d=1.8$, $v=2\text{m/s}$)

Tiempo total: 42s



SFM

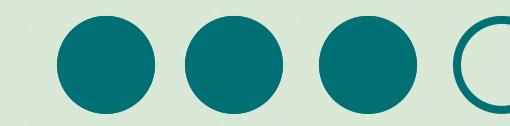
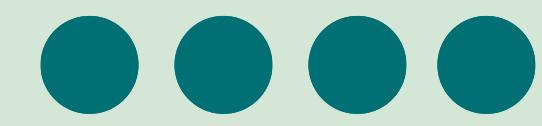
Enlace



CPM

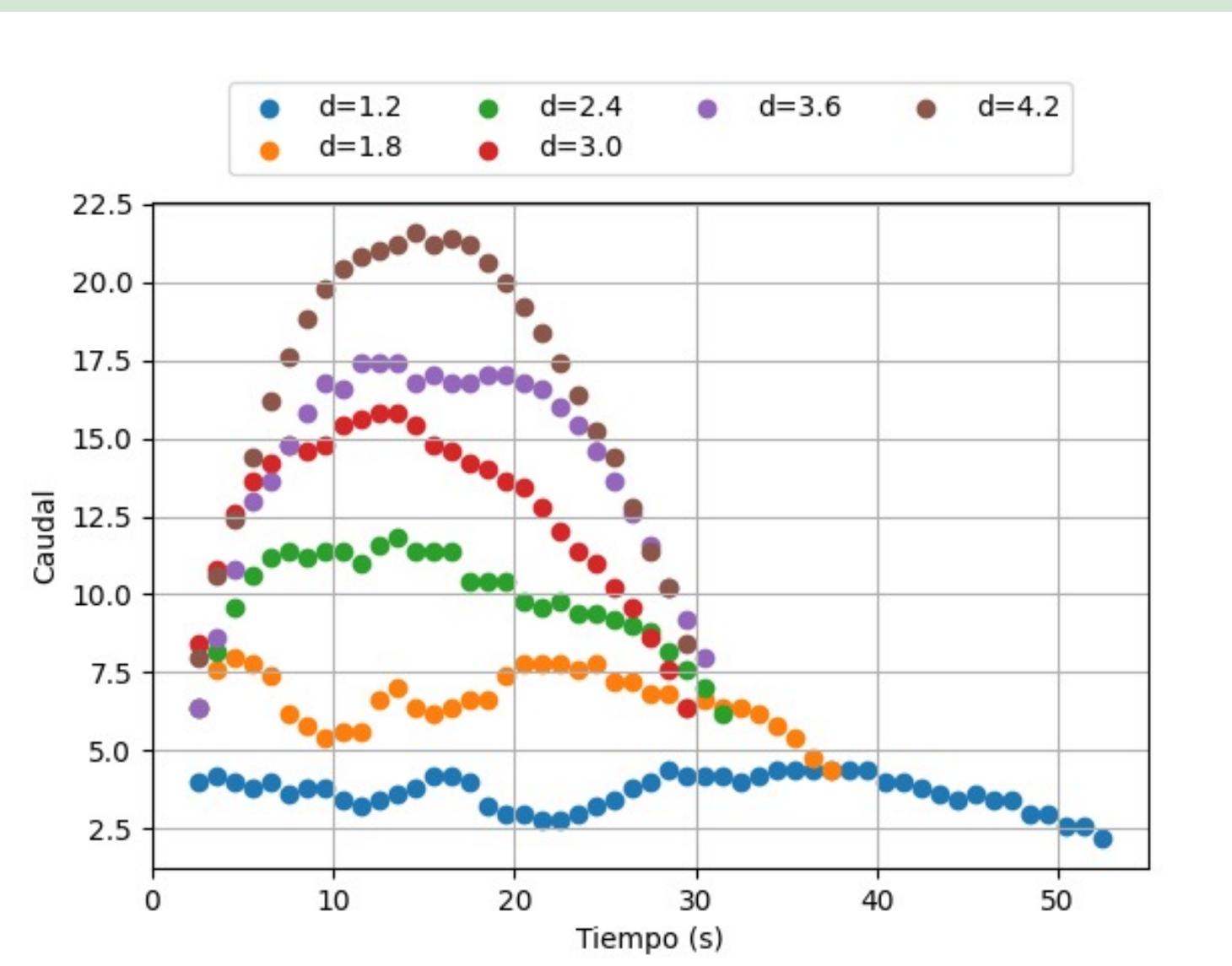
Tiempo total: 65s

Enlace

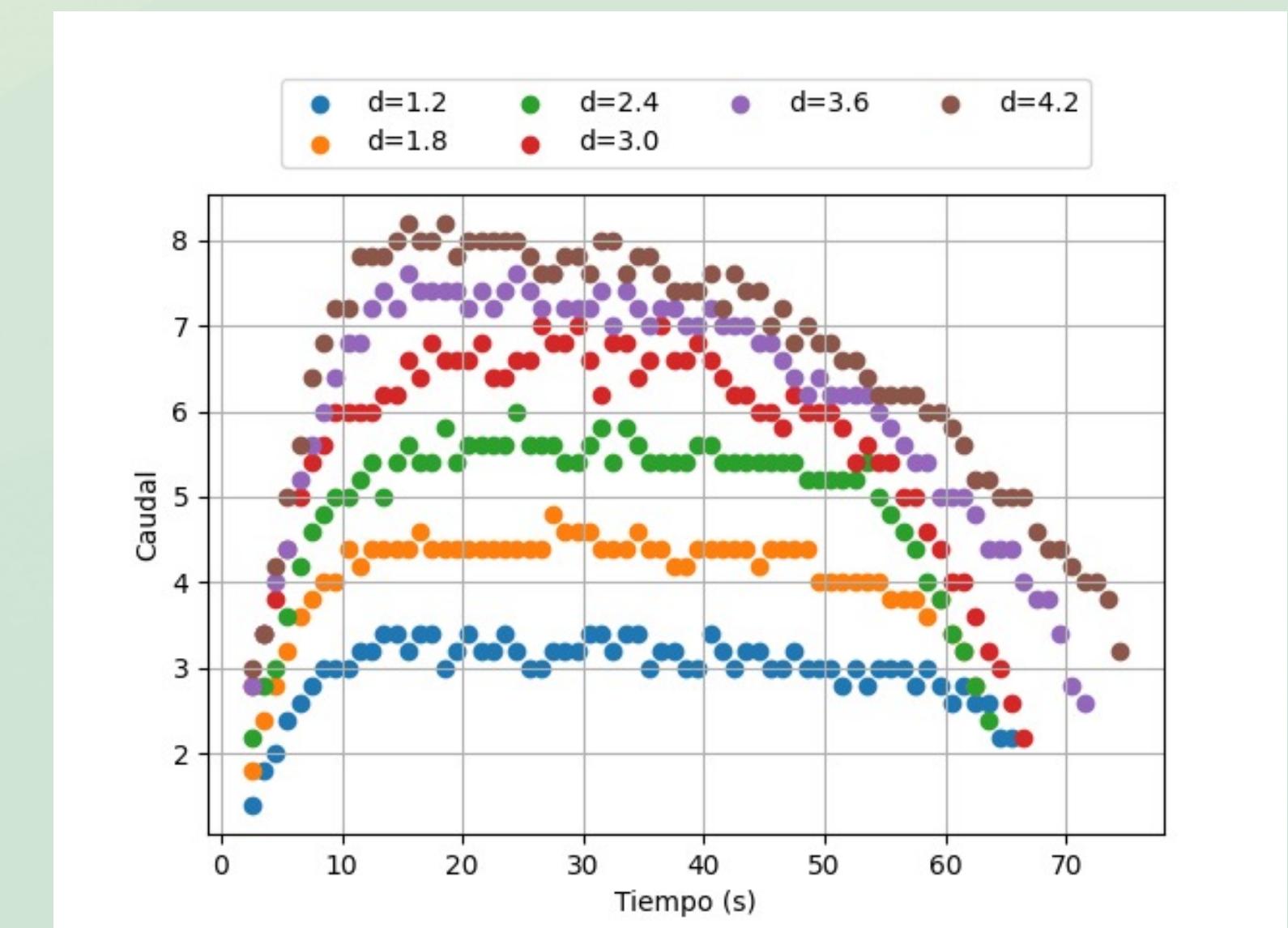


Resultados

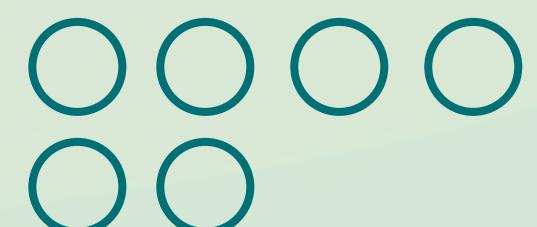
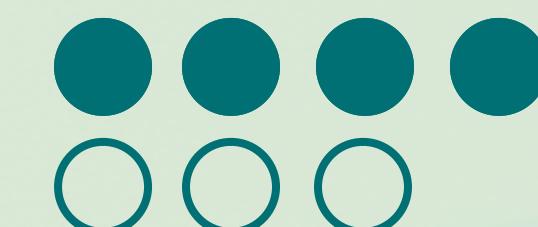
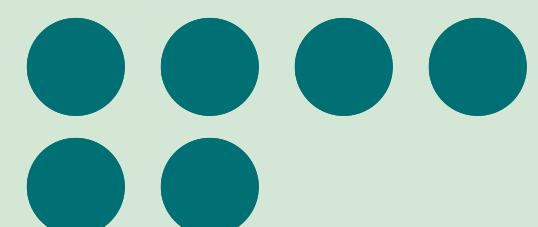
Curvas de caudal



SFM

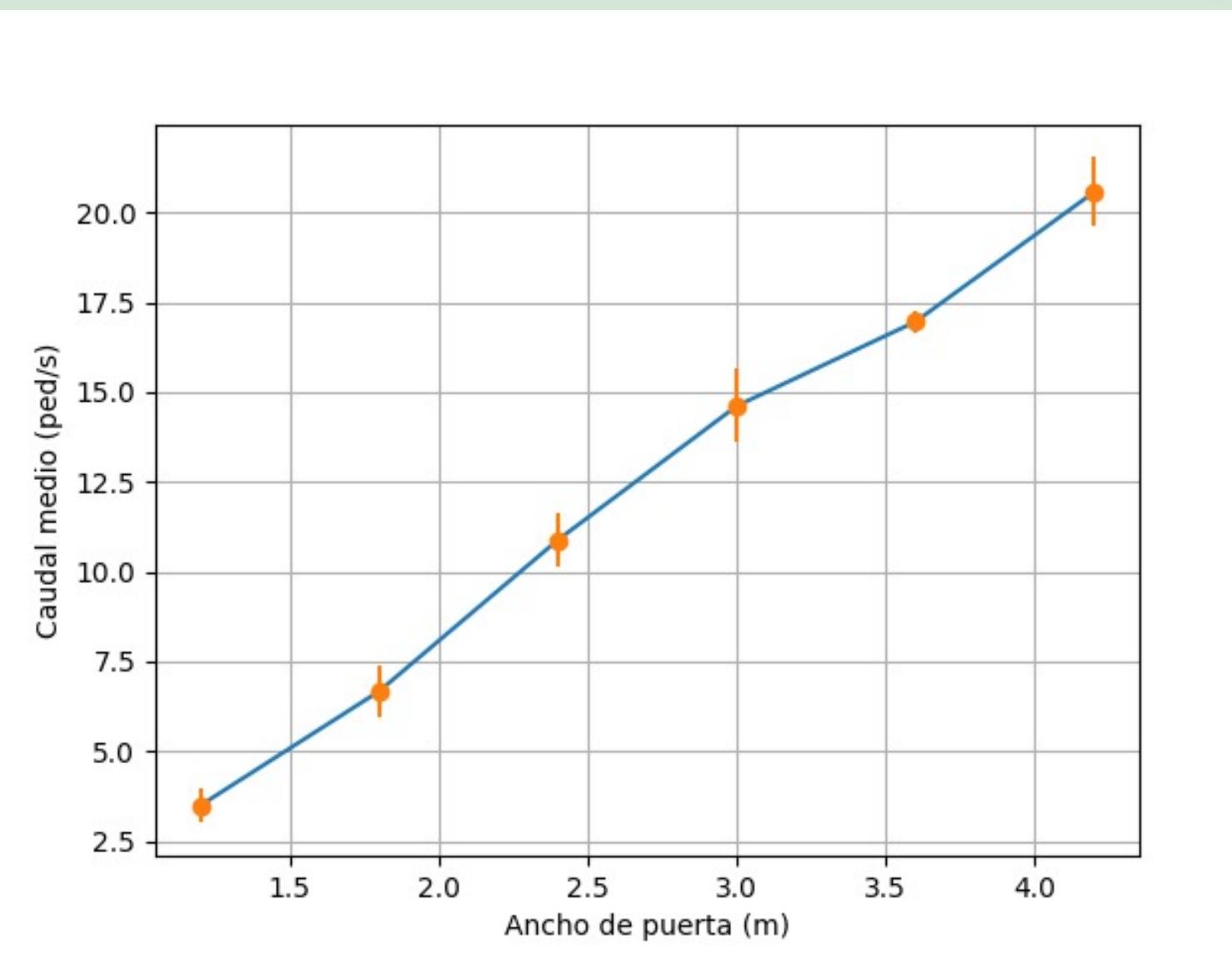


CPM

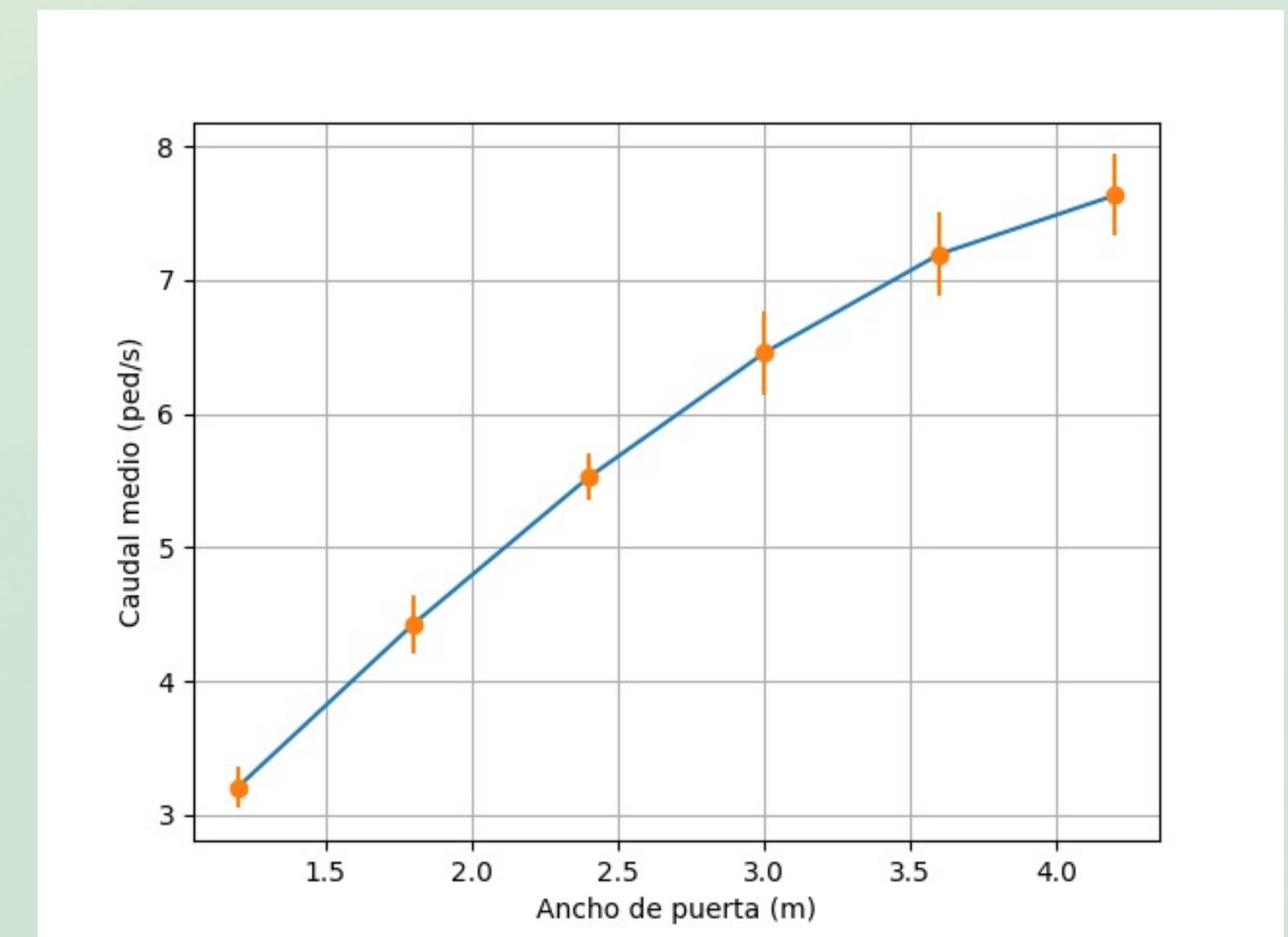


Resultados

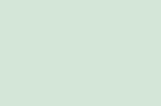
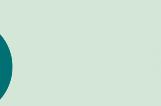
Curvas de caudal medio



SFM

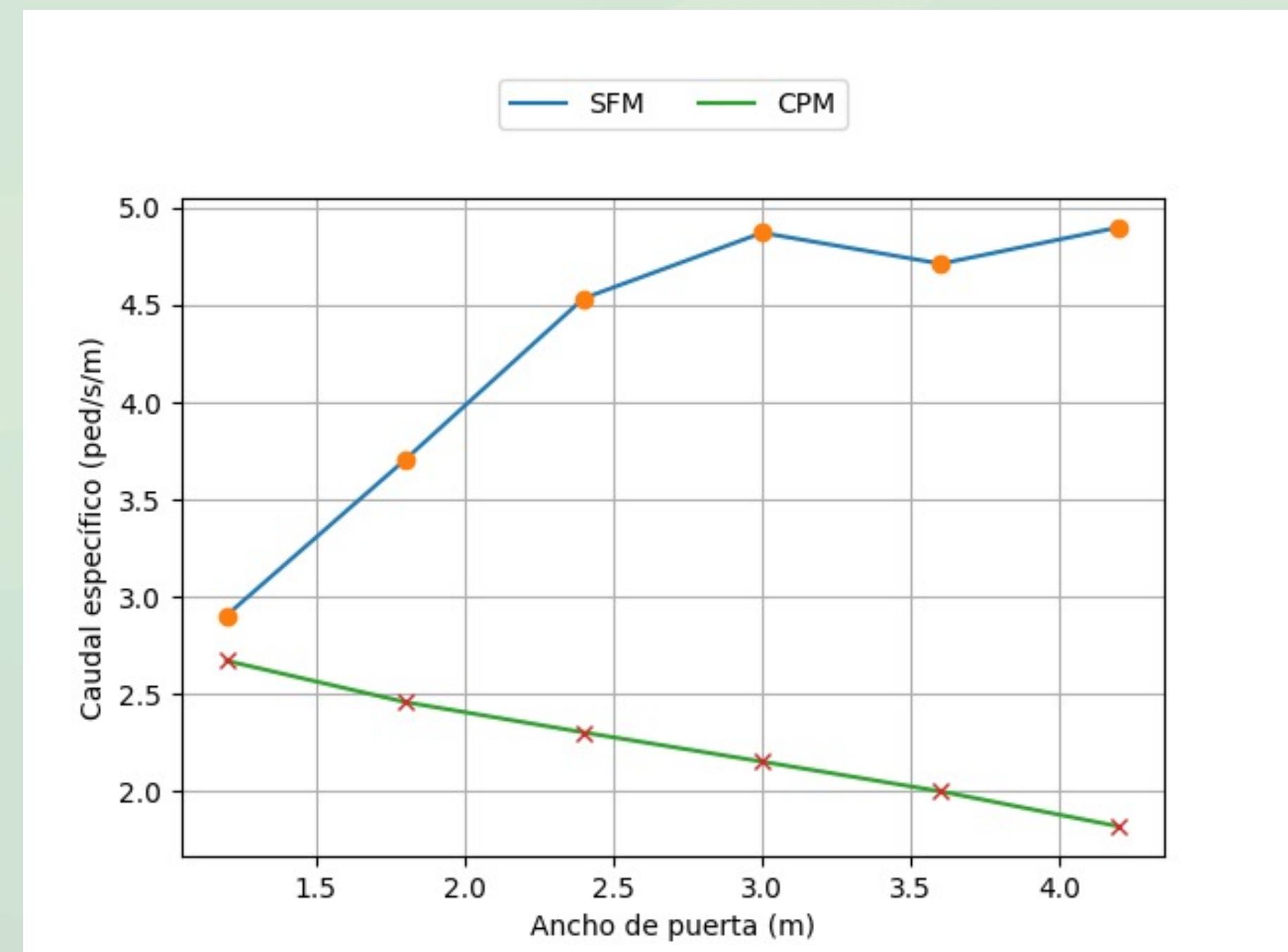


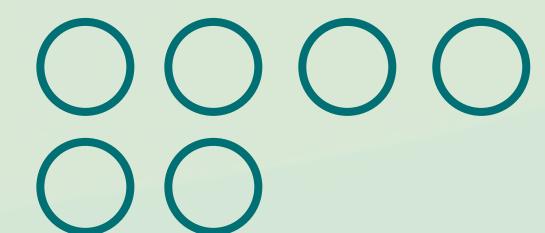
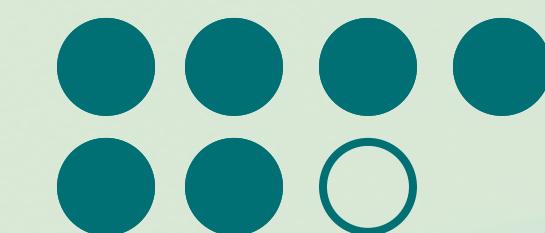
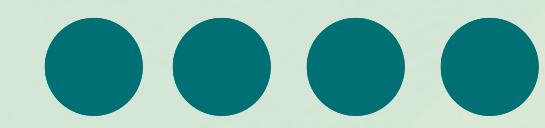
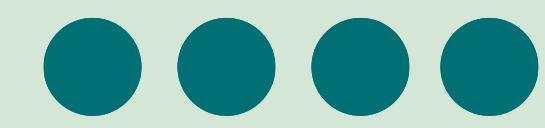
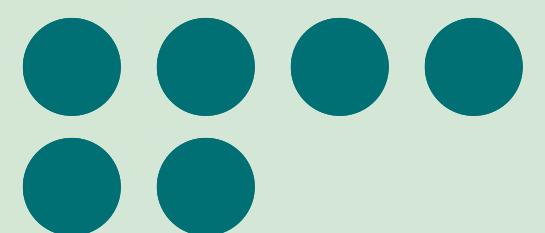
CPM



Resultados

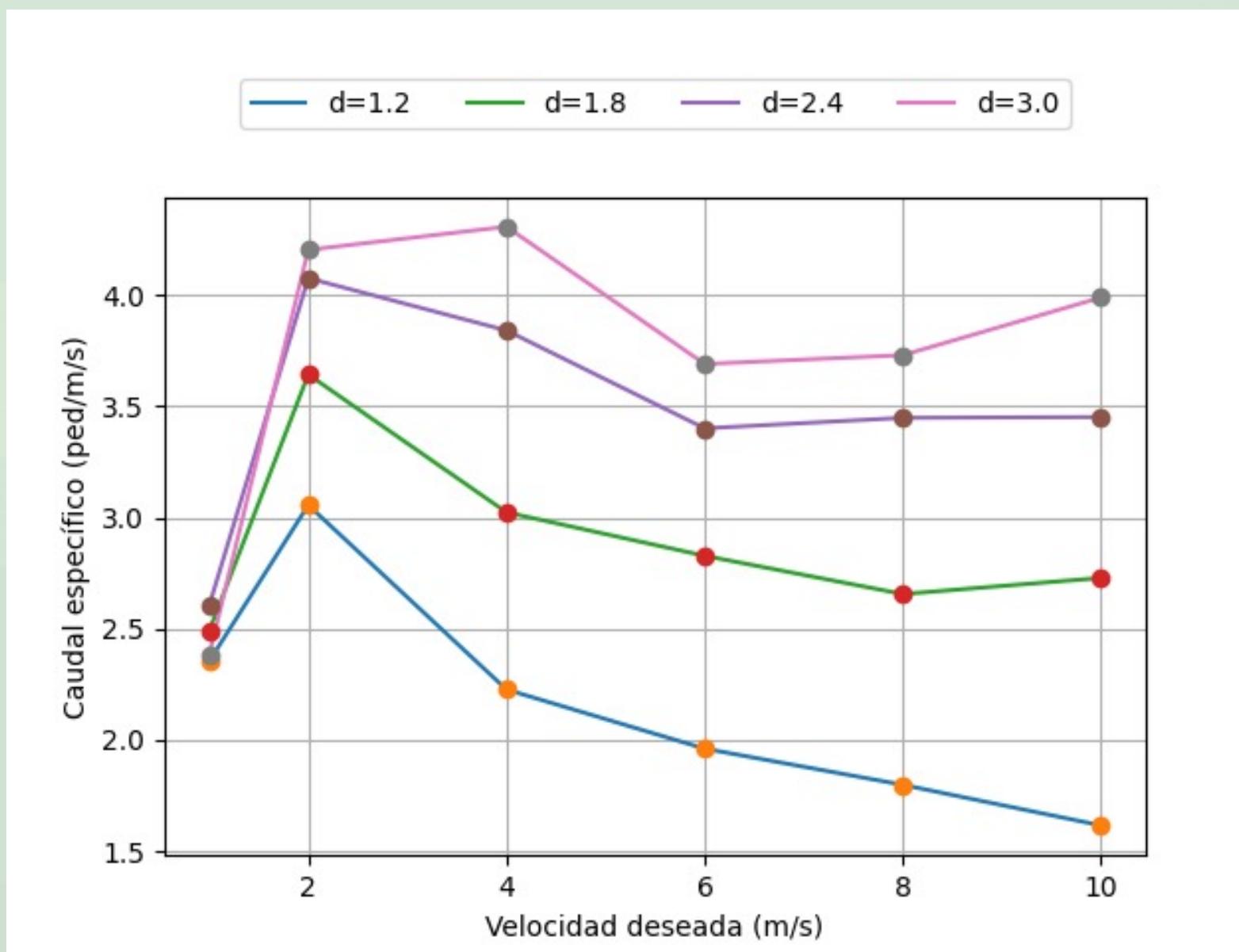
Curvas de caudal específico



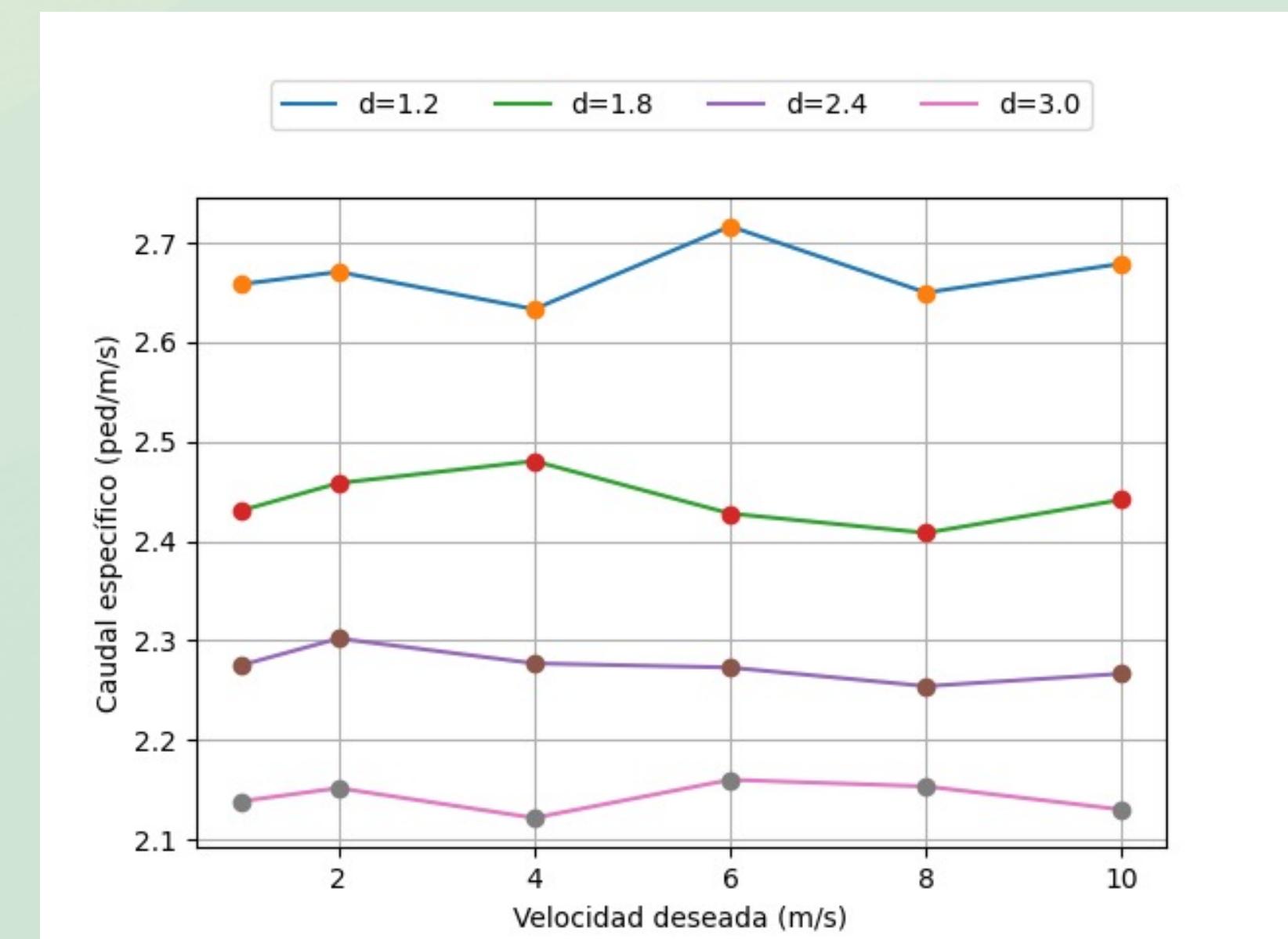


Resultados

Caudal específico vs velocidad deseada



SFM

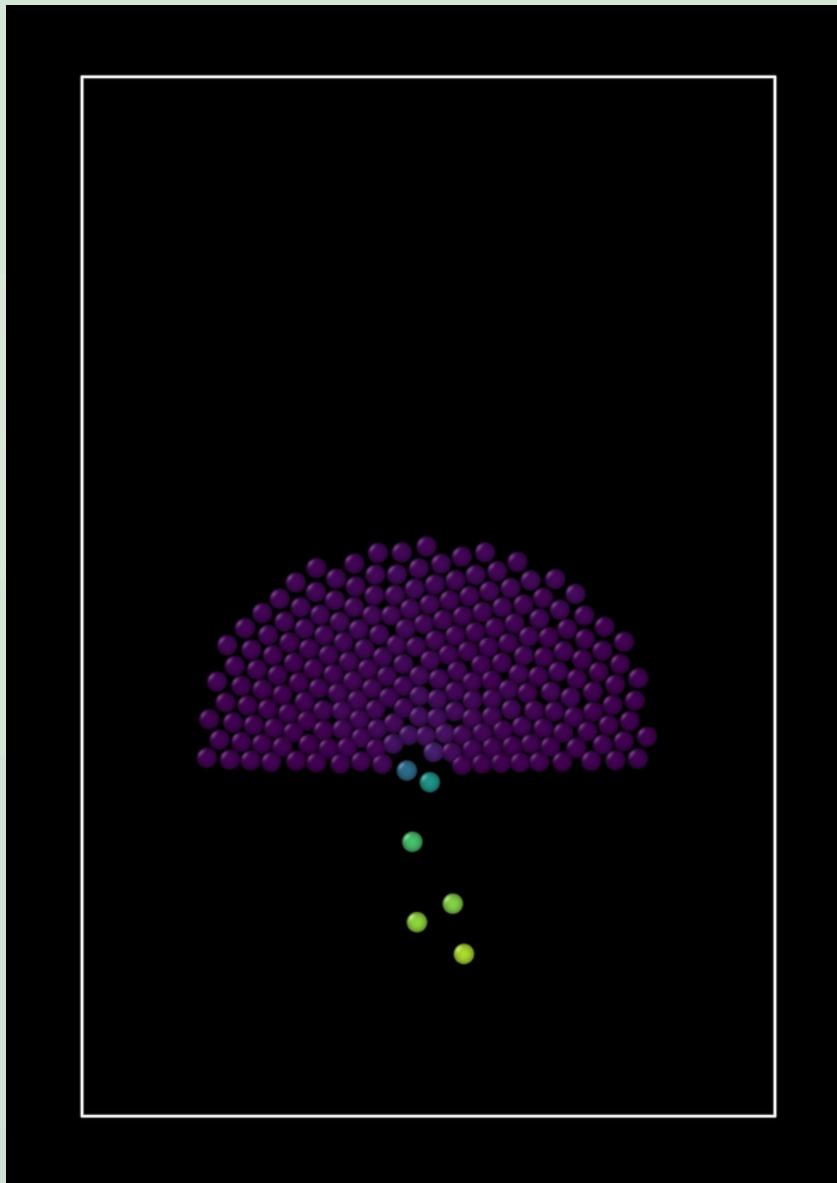


CPM



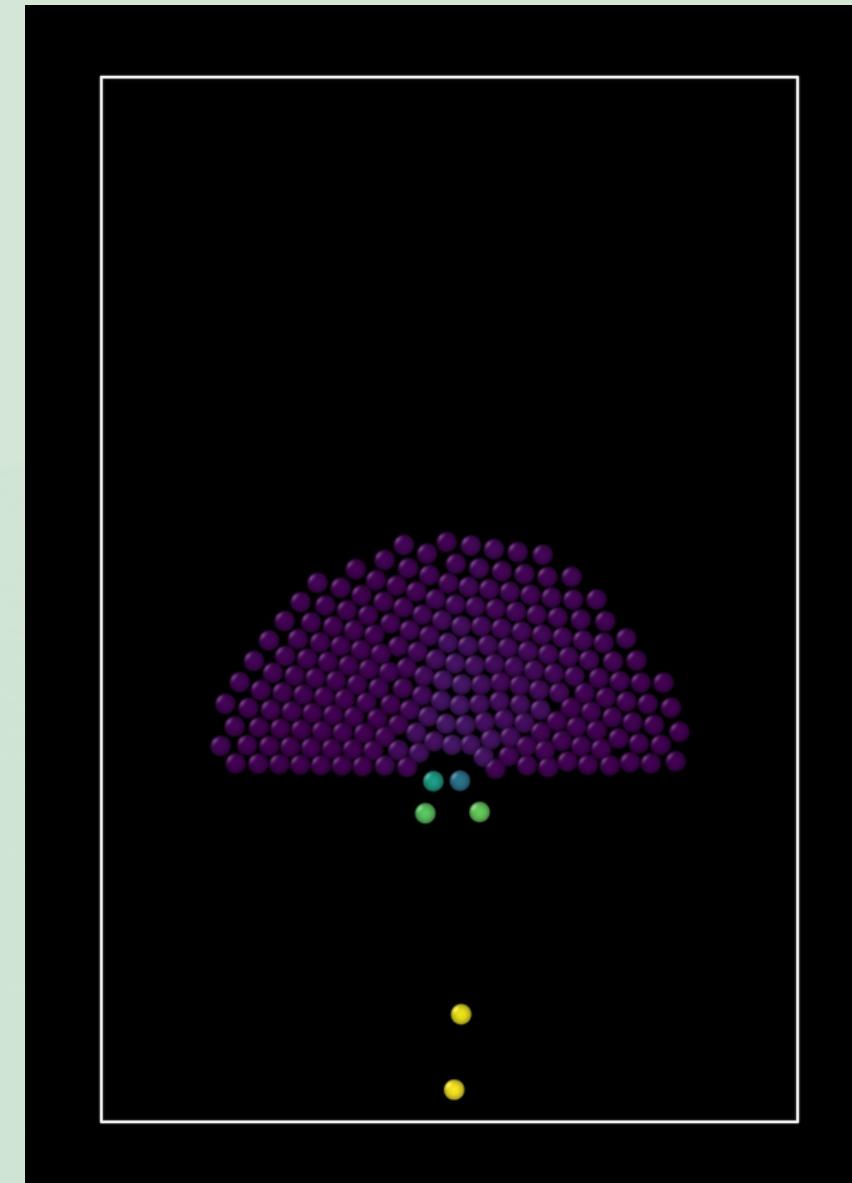
Resultados

$N=260$, $d=1.8\text{m}$
 $v=2.0 \text{ m/s}$



SFM

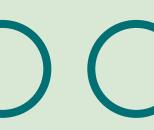
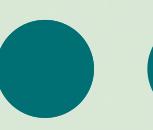
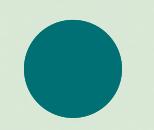
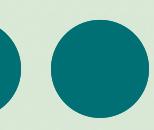
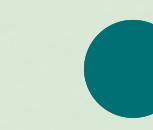
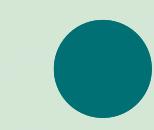
Enlace



SFM

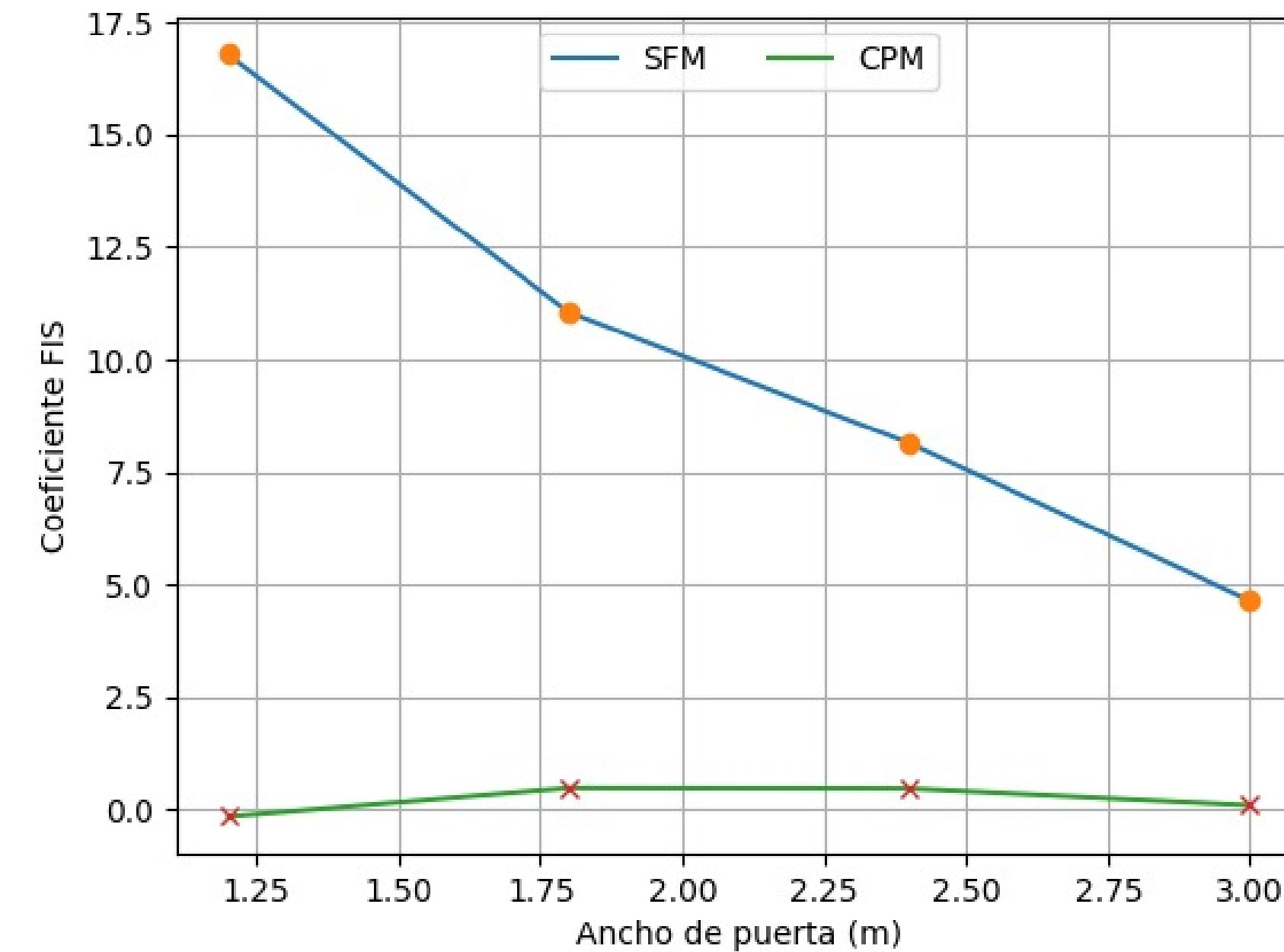
$N=260$, $d=1.8\text{m}$
 $v=8.0 \text{ m/s}$

Enlace



Resultados

Intensidad del coeficiente *FIS*



Conclusiones



Conclusiones

- Los dos modelos muestran comportamientos diferentes para los peatones evacuando el recinto
- El modelo SFM muestra valores de caudal específico más altos que el modelo CPM
- Para SFM, aumentar la cantidad de peatones y el ancho de puerta resulta en un mayor caudal, mientras que para CPM ocurre lo contrario
- El modelo CPM no permite estudiar el efecto *Faster Is Slower*, mientras que el modelo SFM representa esta situación.
- La velocidad deseada óptima para el SFM se encuentra alrededor de 2,0 m/s.