TP N° 6: Crowd Simulation

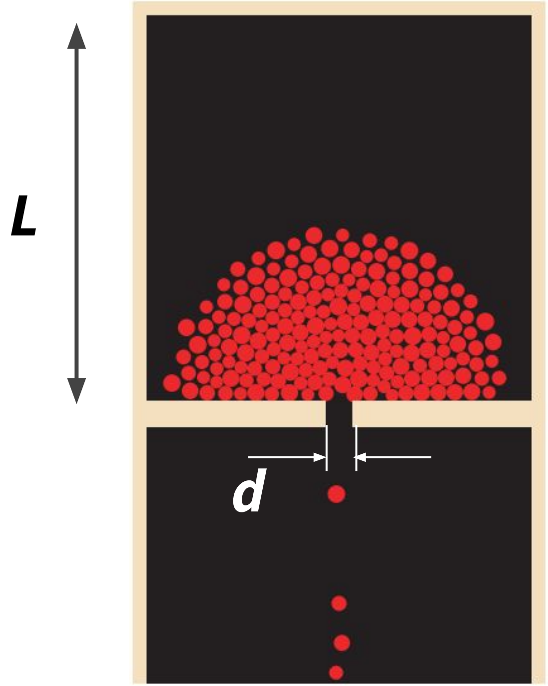
Grupo N° 5

Fundamentos

Sistema Físico

*“Comportamiento de una **multitud** intentando evacuar una sala cuadrada.”*

*“La sala posee lado **L**, y una puerta de ancho **d**.”*



Modelo Matemático

(Social Force Model)

$$\bar{F}_{flow} = \bar{F}_{driven} + \sum \bar{F}_{social} + \sum \bar{F}_{normal} + \sum \bar{F}_{friction}$$

- Fuerza de **Deseo**

$$\bar{F}_{driven} = \frac{m}{\tau}(v_d \hat{n}_0 - \bar{v})$$

- Fuerza **Social**

$$\bar{F}_{social} = -A\, e^{\frac{\xi_0}{B}}\, \hat{n}$$

- Fuerza **Normal** (*choque*), y de **Fricción**

$$\bar{F}_{normal} = (-k_n \xi_0 - \gamma \xi_1)\, \hat{n} \qquad \bar{F}_{friction} = -k_t\, \xi_0\, \langle r_1^{\Delta}, \hat{t} \rangle\, \hat{t}$$

Modelo Matemático

$$\bar{F}_{normal} = (-k_n \xi_0 - \gamma \xi_1)\,\hat{n} \qquad \bar{F}_{friction} = -k_t\,\xi_0\,\langle r_1^{\Delta}, \hat{t}\rangle\,\hat{t}$$

- Dirección **normal** y **tangencial**

$$\hat{n} = \frac{r_0^j - r_0^i}{\|r_0^j - r_0^i\|} \qquad \hat{t} = (-\hat{n}_y, \hat{n}_x)$$

- Superposición

$$\xi_0 = R_i + R_j - \|r_0^j - r_0^i\|$$

- Velocidad de superposición y relativa

$$\xi_1 = \frac{\langle r_0^j - r_0^i, r_1^{\Delta}\rangle}{\|r_0^j - r_0^i\|} \qquad r_1^{\Delta} = r_1^{\mathrm{i}} - r_1^{\mathrm{j}}$$

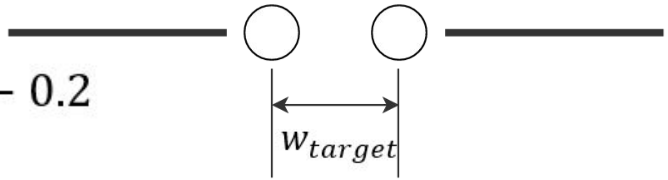
Modelo Matemático

$$\bar{F}_{driven} = \frac{m}{\tau}(v_d \hat{n}_0 - \bar{v})$$

- Dirección **normal** hacia el objetivo (*target*)

$$\hat{n}_0 = \frac{\bar{t}_0 - r_0^i}{\|\bar{t}_0 - r_0^i\|}$$

- Target **ancho**



$$w_{target} = d - 2R_{max} - 0.2$$

- Target **dinámico**

$$r_{0,y}^i < 0 \longrightarrow \bar{t}_0 = (r_{0,x}^i, r_{0,y}^i - 1)$$

Modelo Matemático

$$\bar{F}_{social} = -A\, e^{\frac{\xi_0}{B}}\, \hat{n}$$

- Dirección **normal**
- Radio de acción (***2.5 m***, máximo)

$$A = 2000\ N, B = 0.08\ m, \xi_0 < -2.5\ m \longrightarrow F_{social} < 6 \times 10^{-11}$$

Implementación

Modelo Computacional

- Java 8 SE Release
- JSON

(`https://www.json.org/`)
- Jackson 2.9.5

(`https://github.com/FasterXML/jackson`)
- Ovito

(`https://ovito.org/`)
- Microsoft Excel

(`https://products.office.com/en/excel`)
- Draw.io

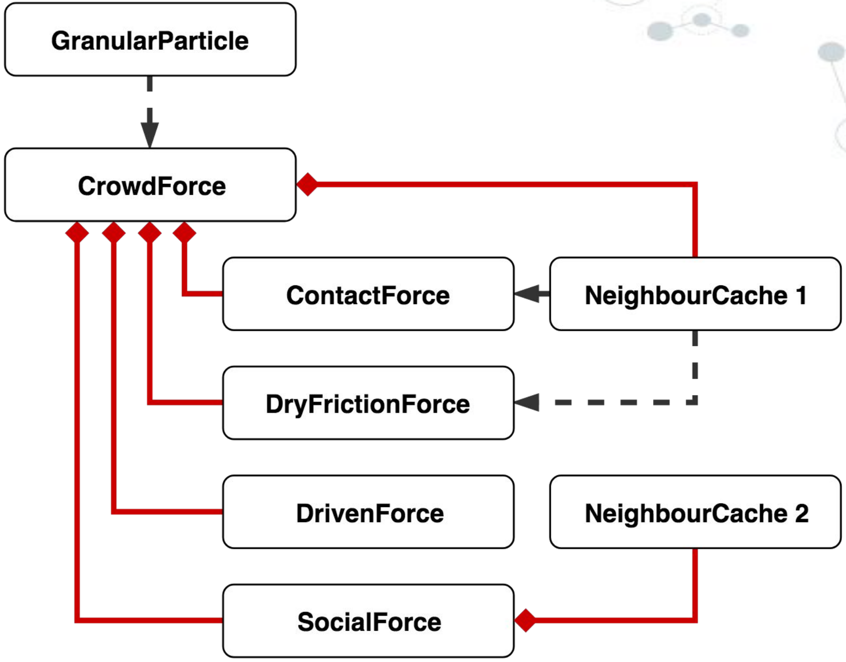
(`https://www.draw.io/`)

- Reutilización de:
  - Todo el **TP N° 5** !!!
- Integrador **Beeman**
- Doble caché *(Cell Index)*
- Solo se agregan 2 fuerzas:
  - `DrivenForce`
  - `SocialForce`

Campos de Fuerza

(ForceField<T> Interface)

- CrowdForce
  - DrivenForce
  - SocialForce
  - ContactForce
  - DryFrictionForce



Configuración

(JSON Input)

- Paso temporal (**10^{-4}**)

$$\Delta t < \sqrt{\frac{m}{100\, k_n}}$$

- Paper de *Vicsek*[1] *et. al.*
- Amortiguación **crítica**

$$\gamma_{critic} = 2\sqrt{m k_n}$$

[1] **"Simulating Dynamical Features of Escape Panic"**. Dirk Helbing, Illés Farkas and Tamás Vicsek. *Nature, Vol. 407. 28th September, 2000. Macmillan Magazine.*

```
{
    "output"            : "res/data/output",
    "delta"             : "0.0001",
    "time"              : "120.0",
    "fps"               : "50",
    "playbackSpeed"     : "1.0",
    "samplesPerSecond"  : "200",
    "integrator"        : "BeemanIntegrator",
    "reportEnergy"      : "false",
    "reportTime"        : "true",
    "radius"            : ["0.25", "0.29"],
    "mass"              : "80.0",
    "elasticNormal"     : "1.2E+5",
    "elasticTangent"    : "2.4E+5",
    "viscousDamping"    : "6196.773354",
    "siloDamping"       : "6196.773354",

    "a"                 : "2000.0",
    "b"                 : "0.08",
    "tau"               : "0.5",
    "desiredSpeed"      : "5.0",
    "breakRange"        : "2.5",
    "target"            : ["10.0", "0.0"],
    "targetWidth"       : "0.42",

    "generator"         : "73604268647601935",
    "n"                 : "200",
    "height"            : "20.0",
    "width"             : "20.0",
    "drain"             : "1.2",
    "window"            : "5.0",
    "flowRate"          : "0.01"
}
```

Formato de Archivos

(Output)

- Formato `*.static`, propiedades estáticas del sistema:
  `<radius> <mass>`
- Formato `*.state`, para el estado del sistema (propiedades dinámicas):
  `<x> <y> <vx> <vy>`
- Formato `*.pressure`, para almacenar la presión:
  `<pressure>`
- Formato `*.xyz` (para *Ovito*):
  `<n>`
  `<time>`
  `<x> <y> <radius> <speed> <pressure>`
- Formato `*.drain` (eventos de egreso):
  `<time> <id>`
- Formato `*.flow` (caudal, con **sliding-window**):
  `<time> <flow>`

Simulación

Consideraciones

- Se colorean las partículas según la **presión**:

$$P = \frac{1}{2\pi R_i} \left\| \sum \bar{F}_{normal} + \bar{F}_{social} \right\|$$

- La fuerza social **no aplica contra las paredes**, como en *Vicsek et. al*.
- No hay reingreso de partículas.
- Todos los *peatones* poseen la misma masa (***80 kg***).
- Se utiliza **sliding-window** para computar la evolución del caudal (ventana de ***5 s*** y *sliding* de ***0.01 s***).
- El valor promediado en la ventana *(Tn, Tn+1)*, se asigna a ***Tn+1***.

Sliding-window

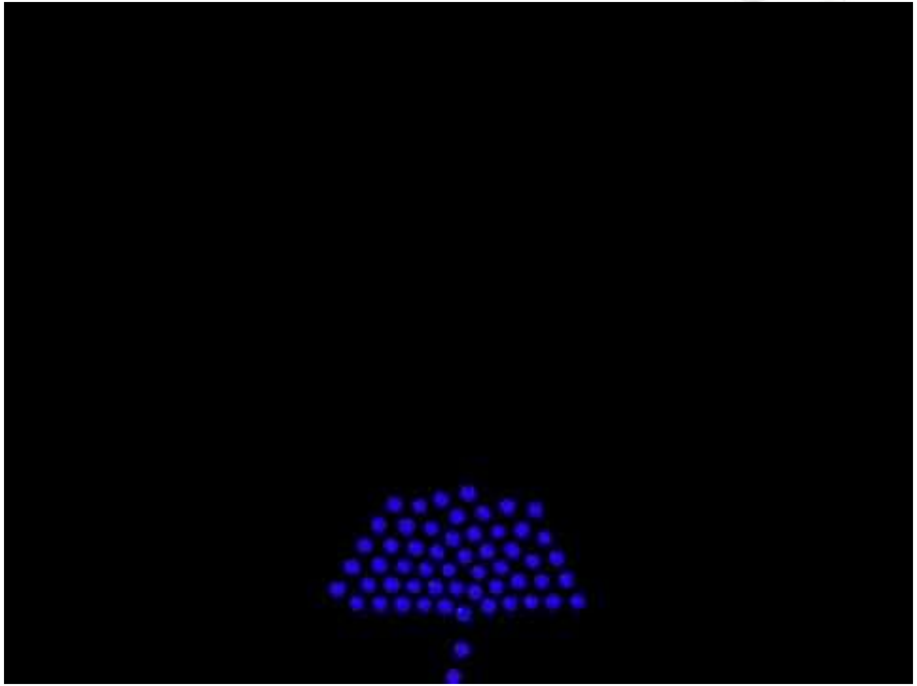
(Cálculo del Caudal)

- Sea $E = T(0), \ldots, T(n)$ una lista de tiempos de egreso.
- Sea W el ancho de la ventana.
- Sea S el *sliding*.
- Sea T el tiempo máximo muestreado.
- Sea $Q(e) = e/W$ el caudal, siendo e los egresos en el tiempo t.
- Aplicar el siguiente algoritmo:
  1. Sea k entero entre 0 y $ceil((T - W)/S)$ (ambos, inclusive).
  2. Sea $\Delta t = kS$ y $t = W + \Delta t$.
  3. Definir $e = \#\{t' \text{ en } E \mid \Delta t \leq t' < t\}$.
  4. Definir el caudal en el tiempo t como $Q(e)$.
  5. Repetir para el siguiente k.

Simulación - 1

(50 FPS | Speed x1.0 | 720p)

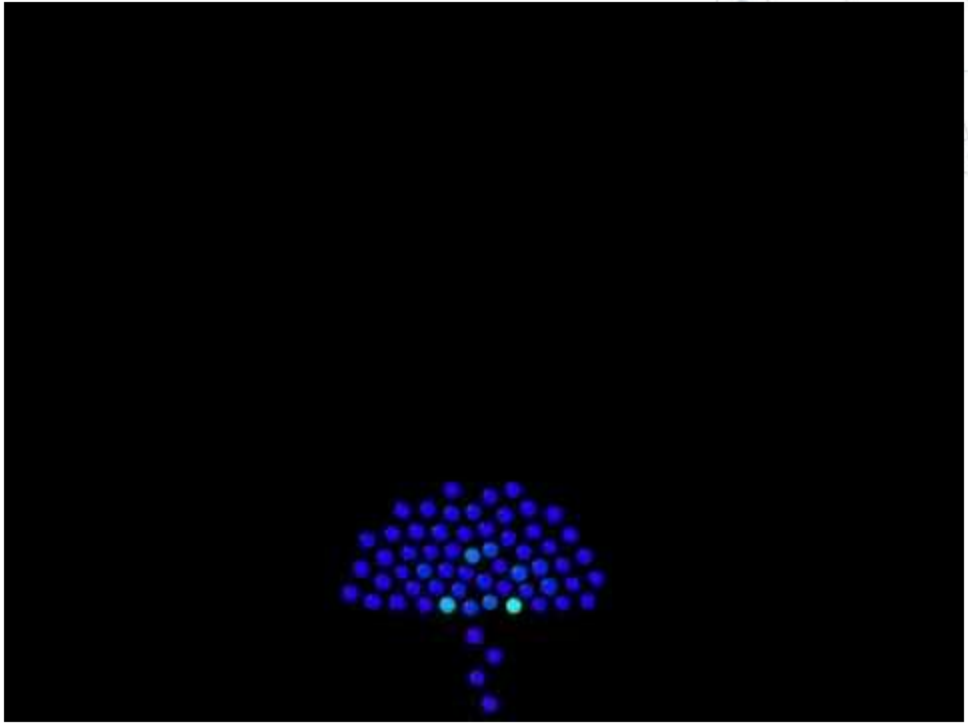
```
{
  ...
  "time"          : "180",
  "n"             : "100",
  "deltat"        : "0.002",
  "desiredSpeed" : "0.5",
  ...
}
```



Simulación - 2

(50 FPS | Speed x1.0 | 720p)

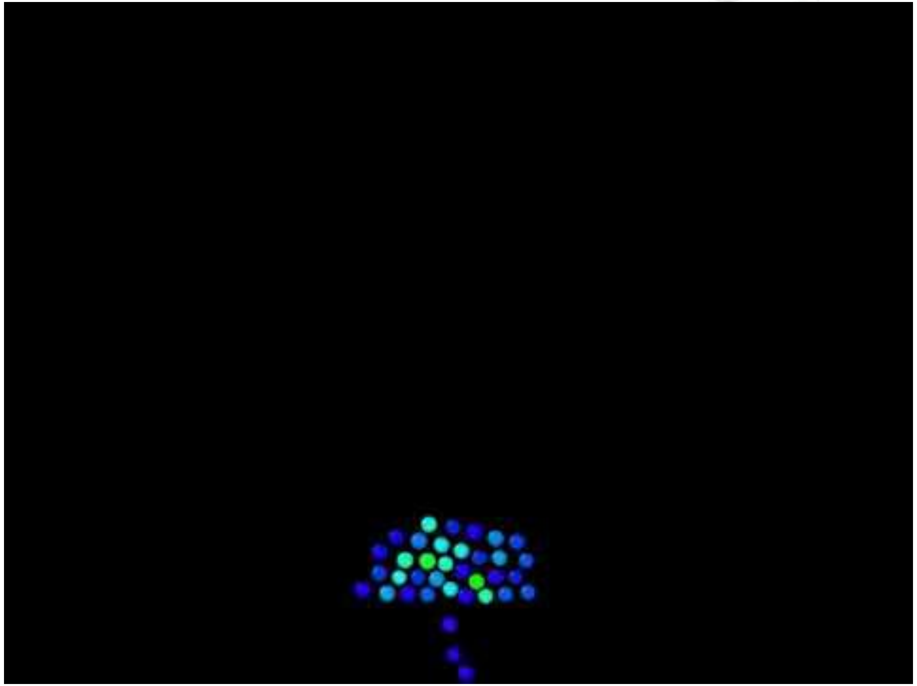
```
{
  ...
  "time"          : "75",
  "n"             : "100",
  "deltat"        : "0.0005",
  "desiredSpeed" : "1.0",
  ...
}
```



Simulación - 3

(50 FPS | Speed x1.0 | 720p)

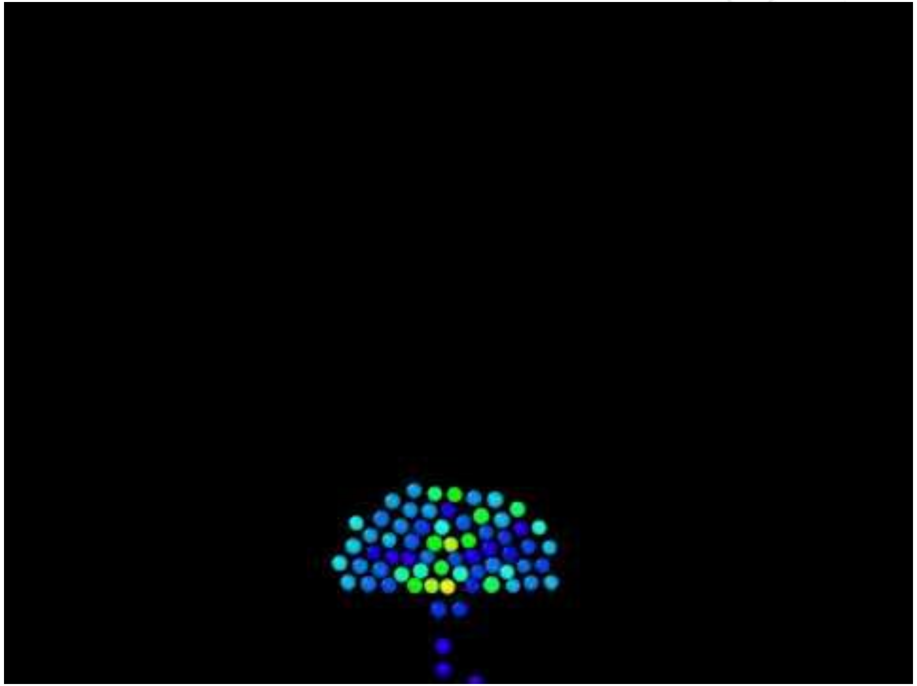
```
{
  ...
  "time"         : "40",
  "n"            : "100",
  "deltat"       : "0.0003",
  "desiredSpeed" : "2.0",
  ...
}
```



Simulación - 4

(50 FPS | Speed x1.0 | 720p)

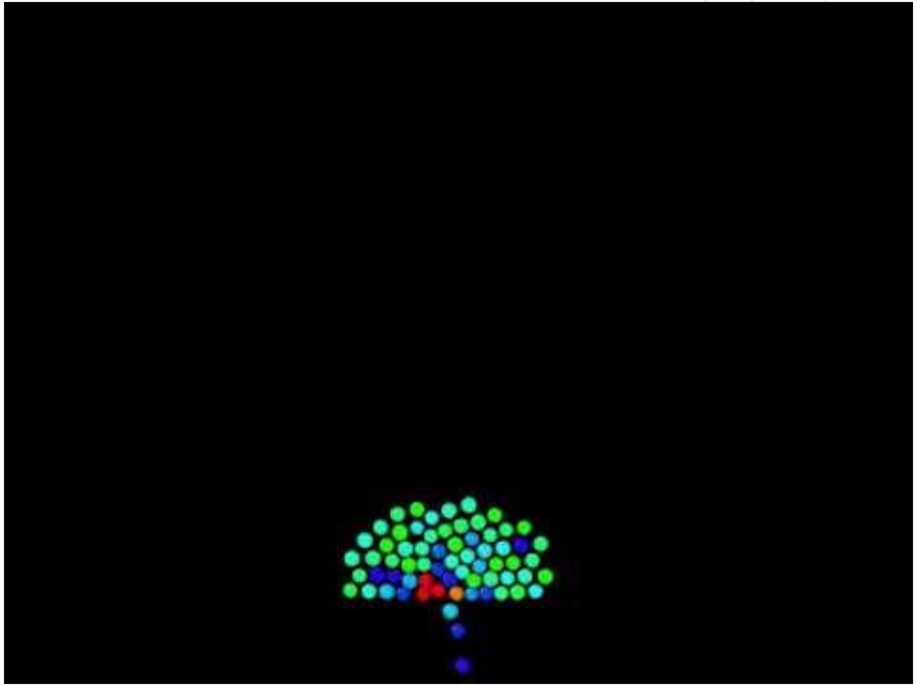
```
{
  ...
  "time"          : "30",
  "n"             : "100",
  "deltat"        : "0.0001",
  "desiredSpeed"  : "3.0",
  ...
}
```



Simulación - 5

(50 FPS | Speed x1.0 | 720p)

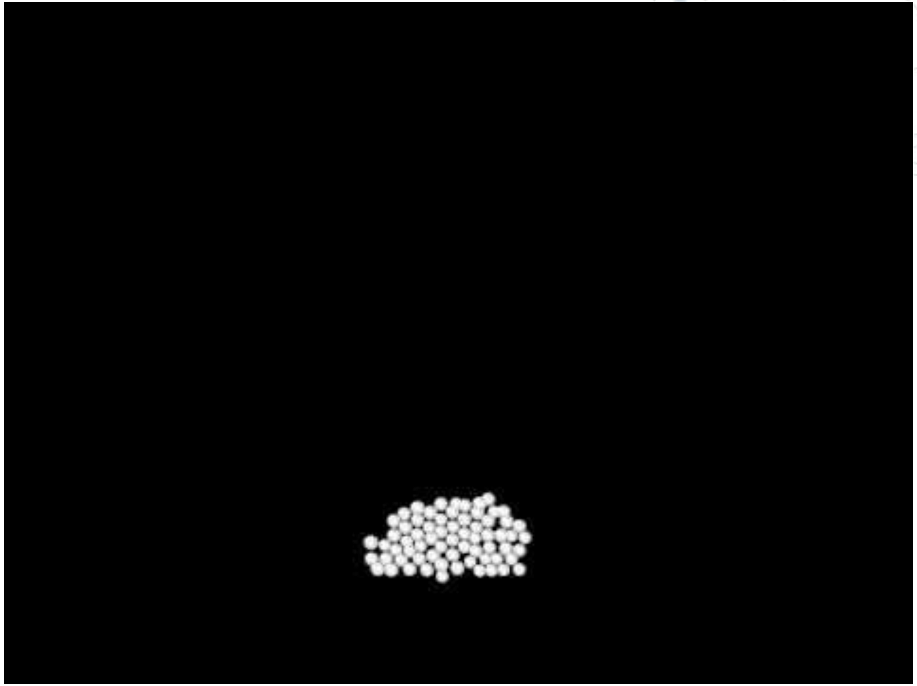
```
{
  ...
  "time"          : "80",
  "n"             : "100",
  "deltat"        : "0.0005",
  "desiredSpeed"  : "4.0",
  ...
}
```



Simulación - 6

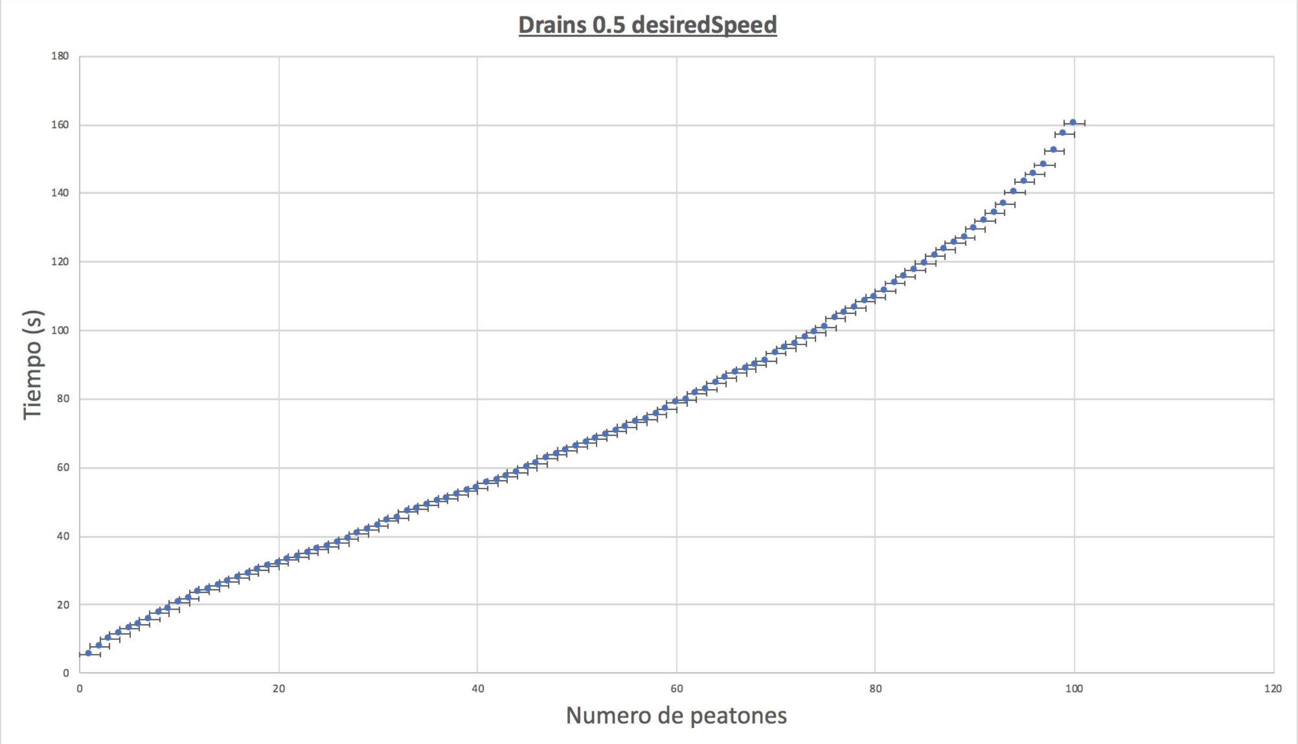
(50 FPS | Speed x1.0 | 720p)

```
{
  ...
  "time"          : "80",
  "n"             : "100",
  "deltat"        : "0.0005",
  "desiredSpeed"  : "4.0",
  "A"             : "0",
  ...
}
```



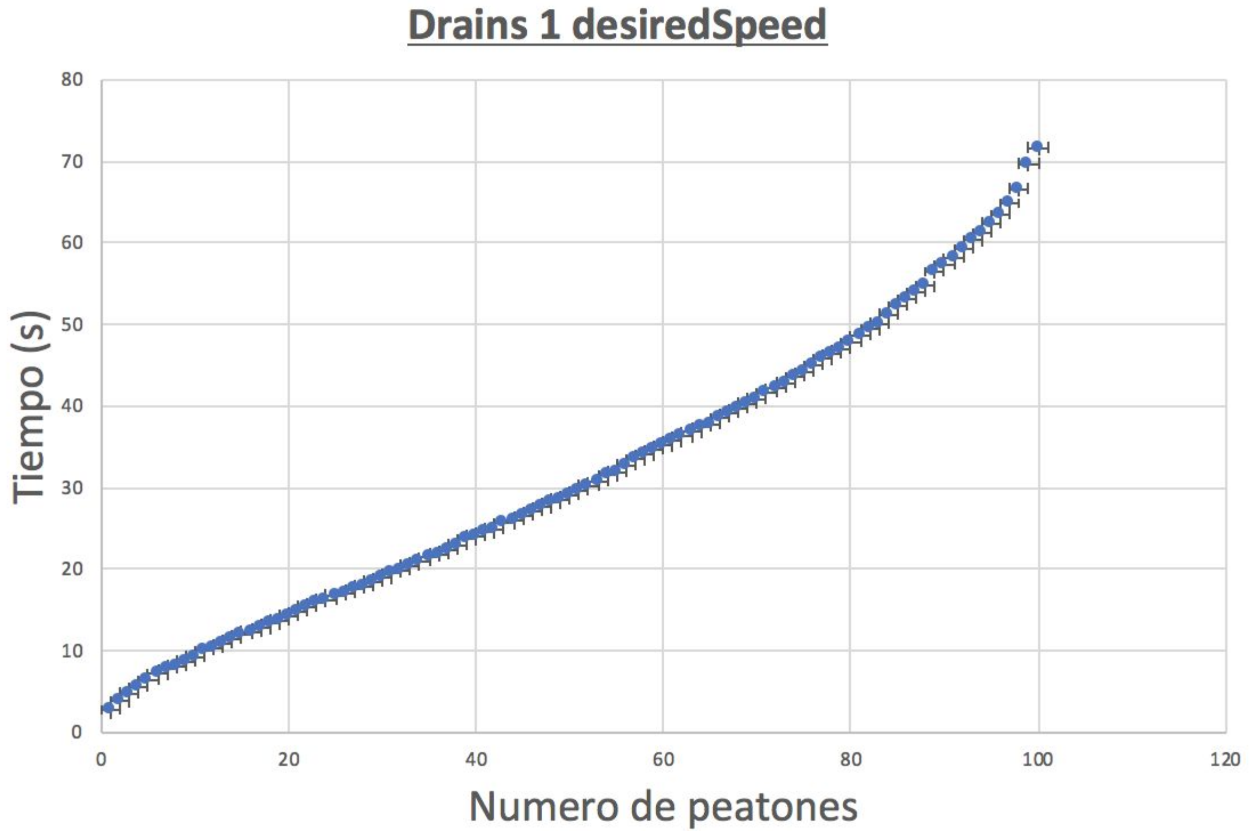
Resultados

Tiempo en f. Del número de peatones



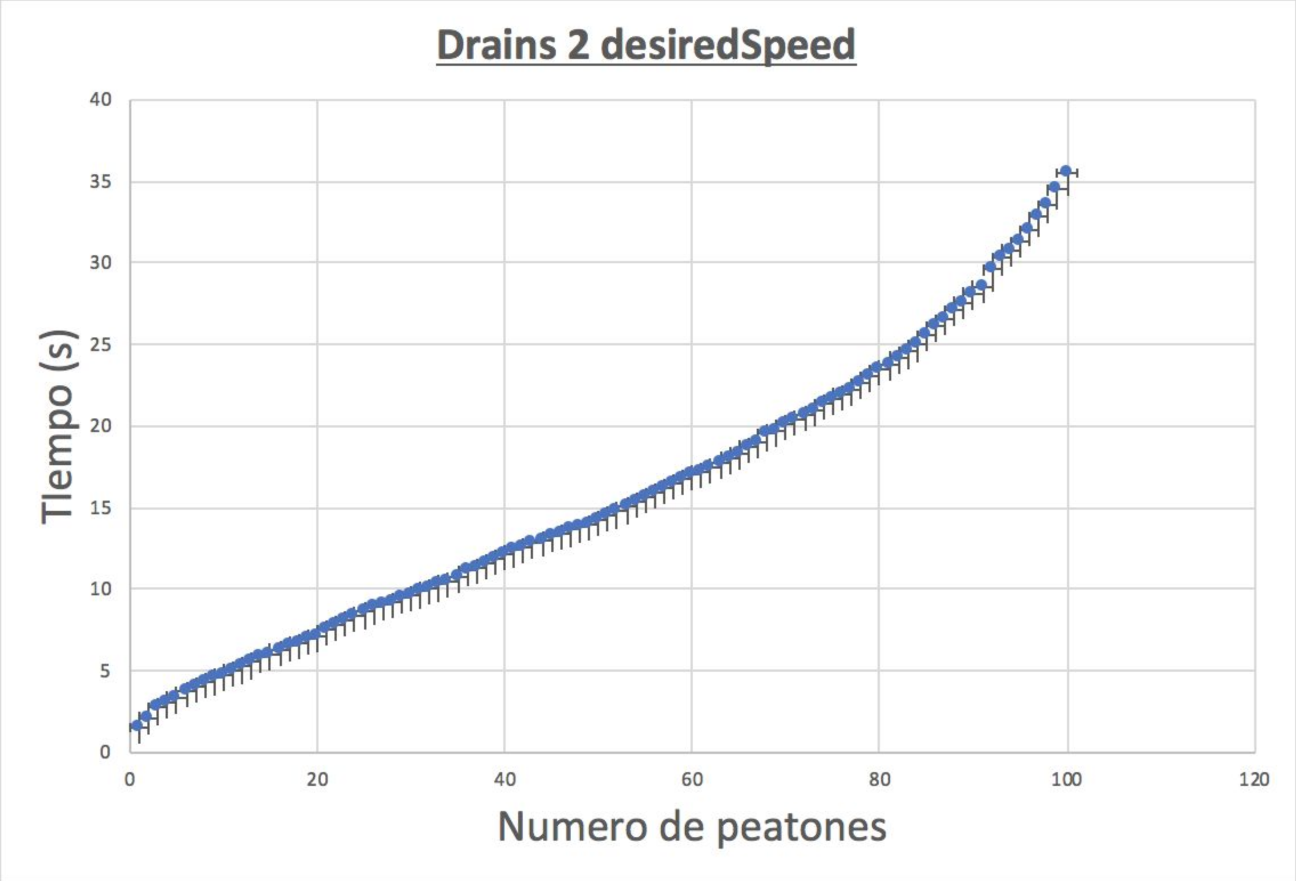

```
{
  ...
  "time"         : "180",
  "n"            : "100",
  "deltat"       : "0.002",
  "desiredSpeed" : "0.5",
  ...
}
```

Tiempo en f. Del número de peatones



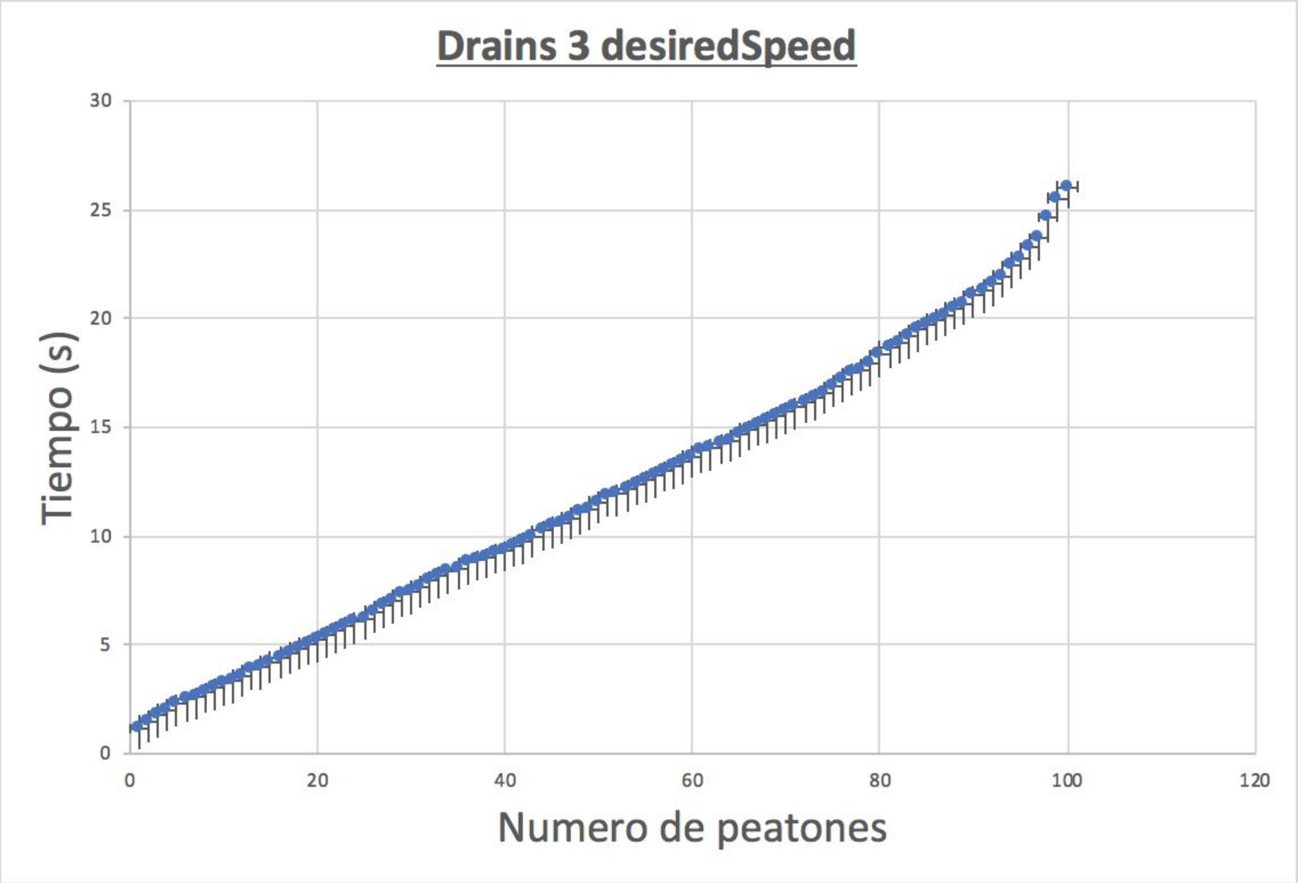

```
{
  ...
  "time"         : "75",
  "n"            : "100",
  "deltat"       : "0.0005",
  "desiredSpeed" : "1.0",
  ...
}
```

Tiempo en f. Del número de peatones



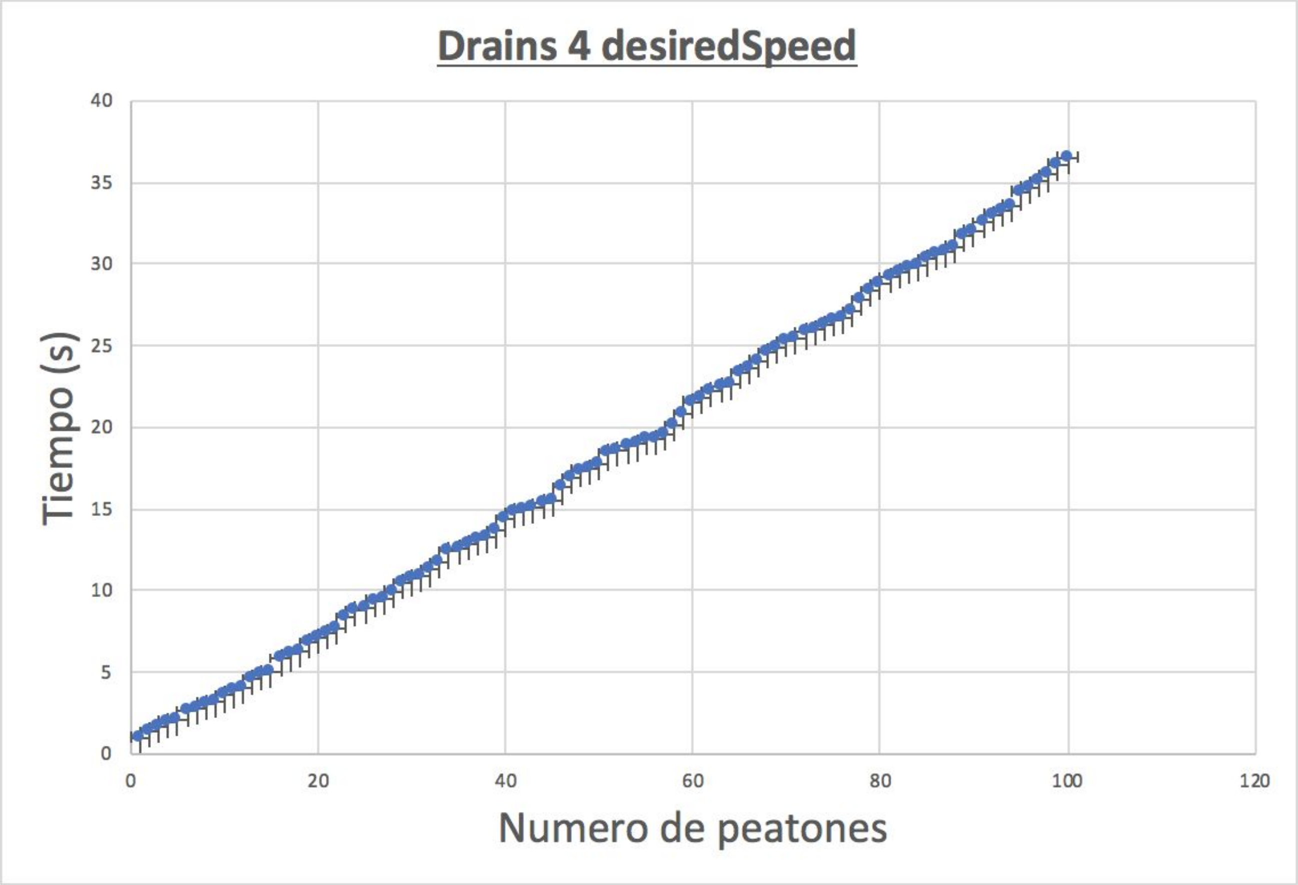

```
{
  ...
  "time"          : "40",
  "n"             : "100",
  "deltat"        : "0.0003",
  "desiredSpeed"  : "2.0",
  ...
}
```

Tiempo en f. Del número de peatones



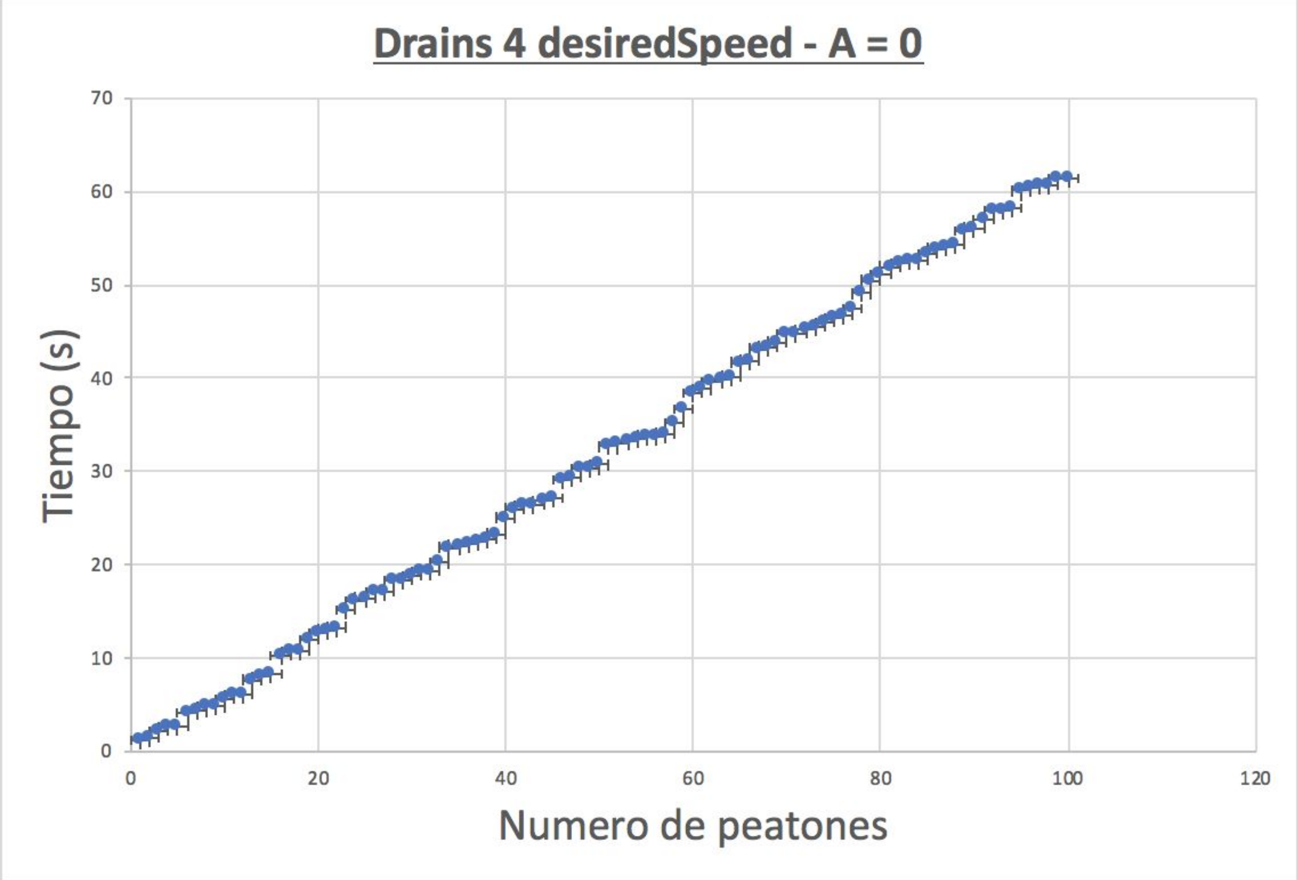

```
{
  ...
  "time"         : "30",
  "n"            : "100",
  "deltat"       : "0.0001",
  "desiredSpeed" : "3.0",
  ...
}
```

Tiempo en f. Del número de peatones



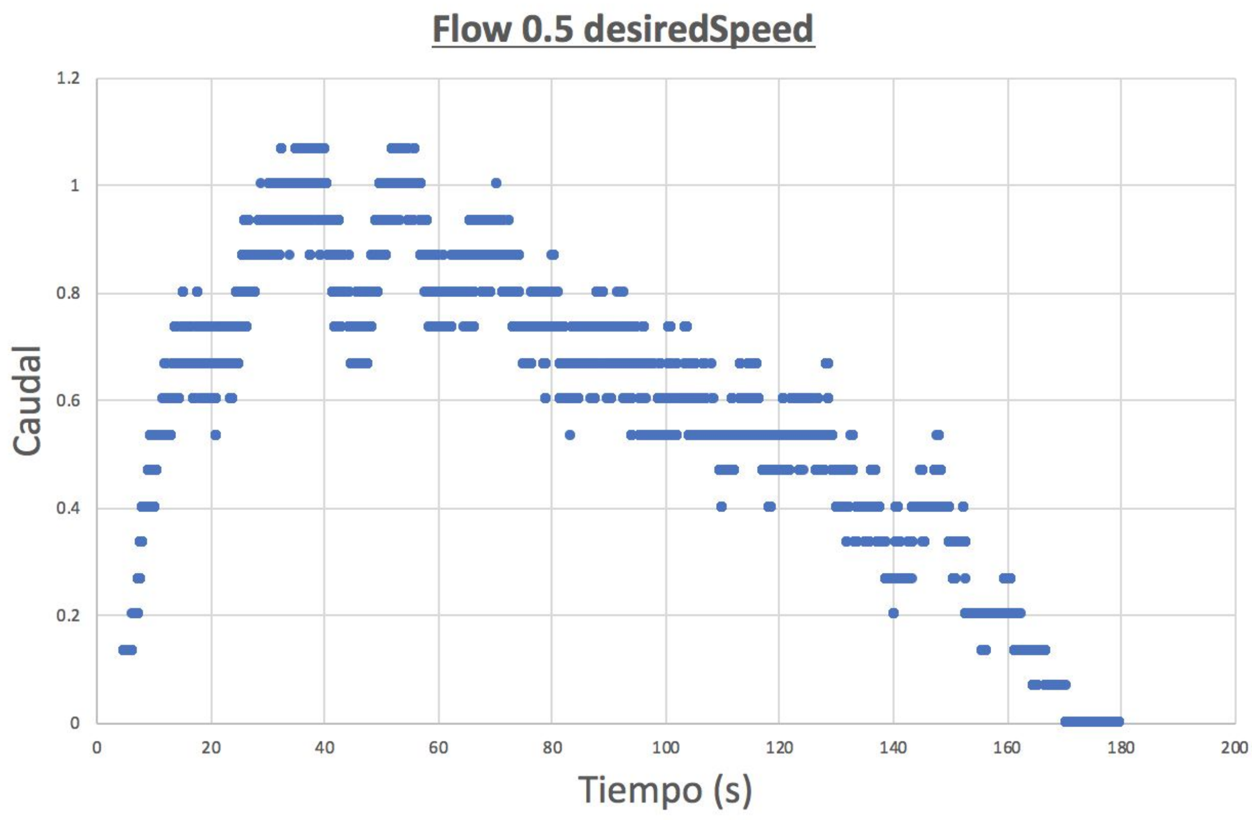

```
{
  ...
  "time"          : "80",
  "n"             : "100",
  "deltat"        : "0.0005",
  "desiredSpeed"  : "4.0",
  ...
}
```

Tiempo en f. Del número de peatones



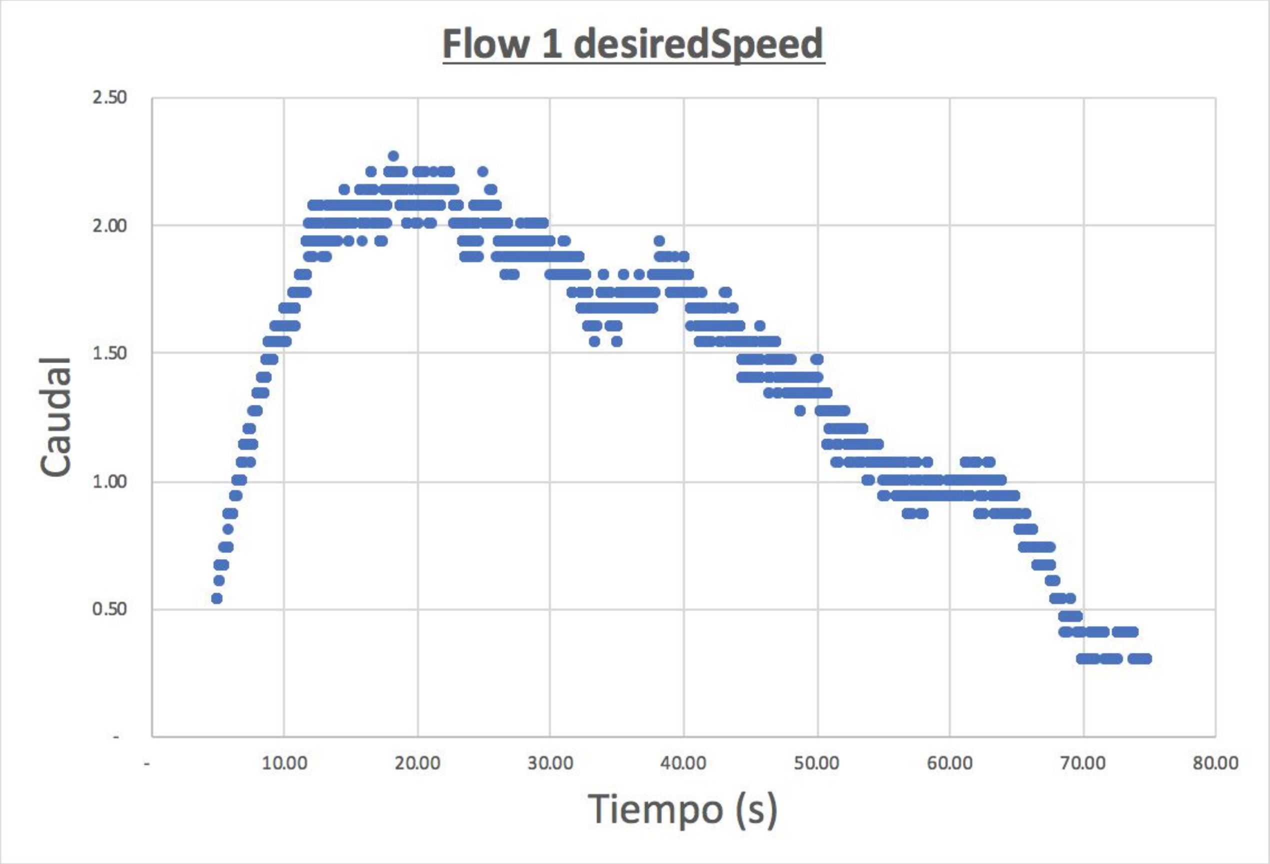

```
{
  ...
  "time"          : "80",
  "n"             : "100",
  "deltat"        : "0.0005",
  "desiredSpeed"  : "4.0",
  "A"             : "0",
  ...
}
```

Caudal en función del tiempo



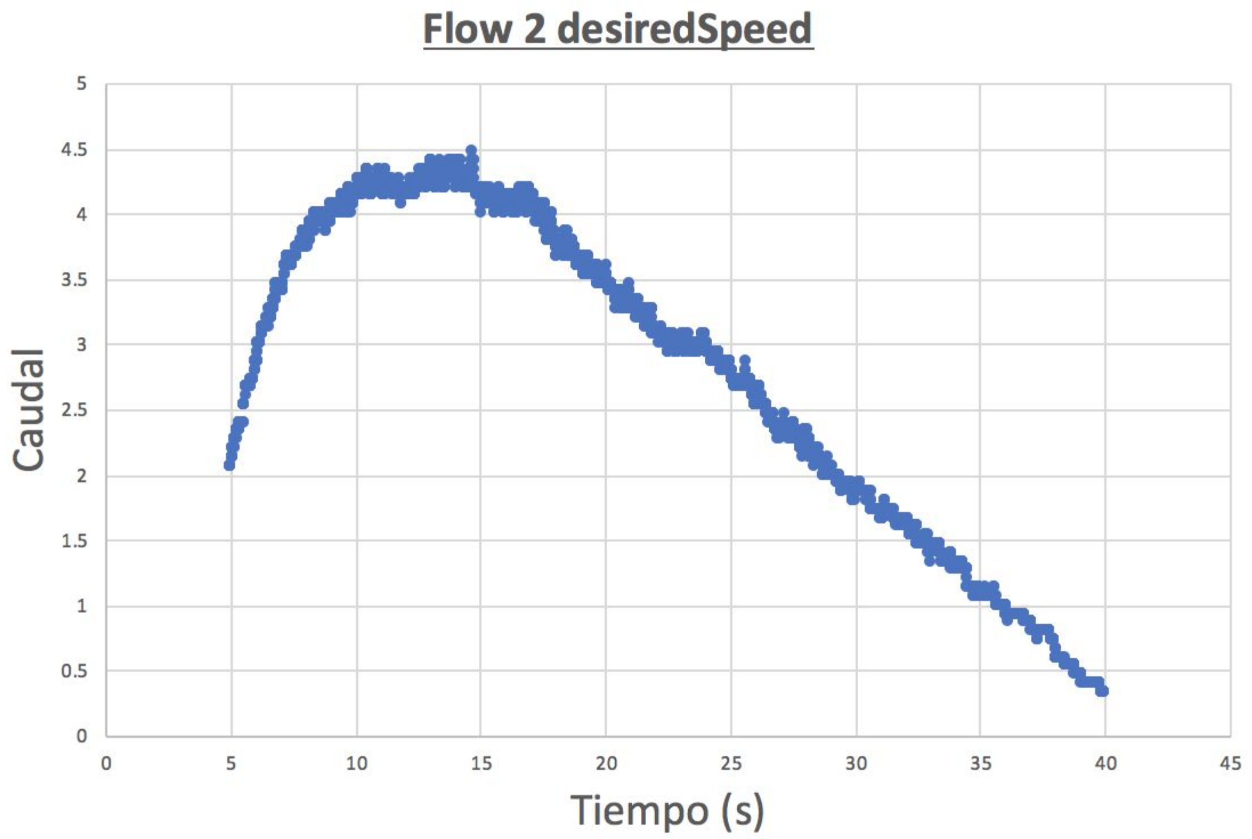

```
{
  ...
  "time"         : "180",
  "n"            : "100",
  "deltat"       : "0.002",
  "desiredSpeed" : "0.5",
  ...
}
```

Caudal en función del tiempo



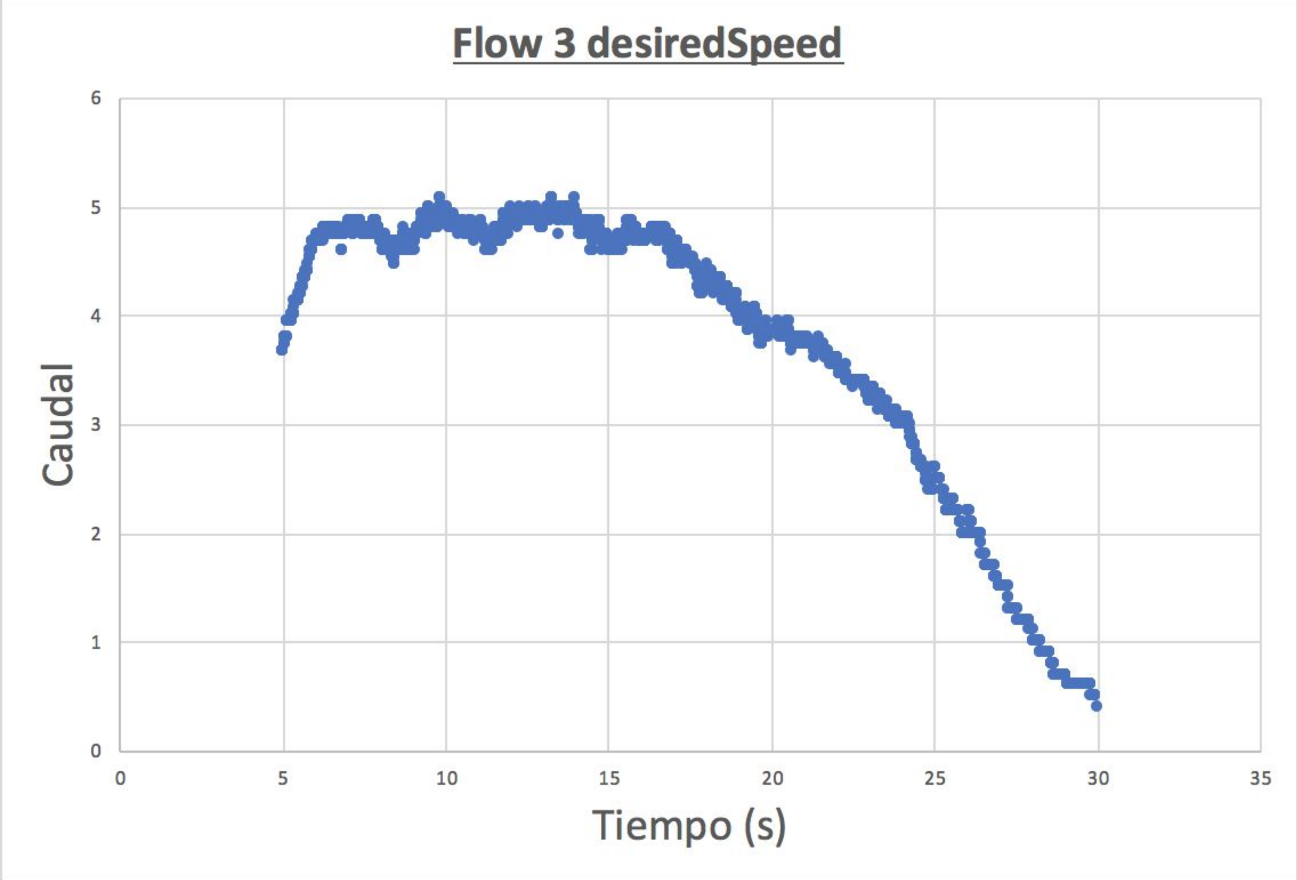

```
{
  ...
  "time"         : "75",
  "n"            : "100",
  "deltat"       : "0.0005",
  "desiredSpeed" : "1.0",
  ...
}
```

Caudal en función del tiempo



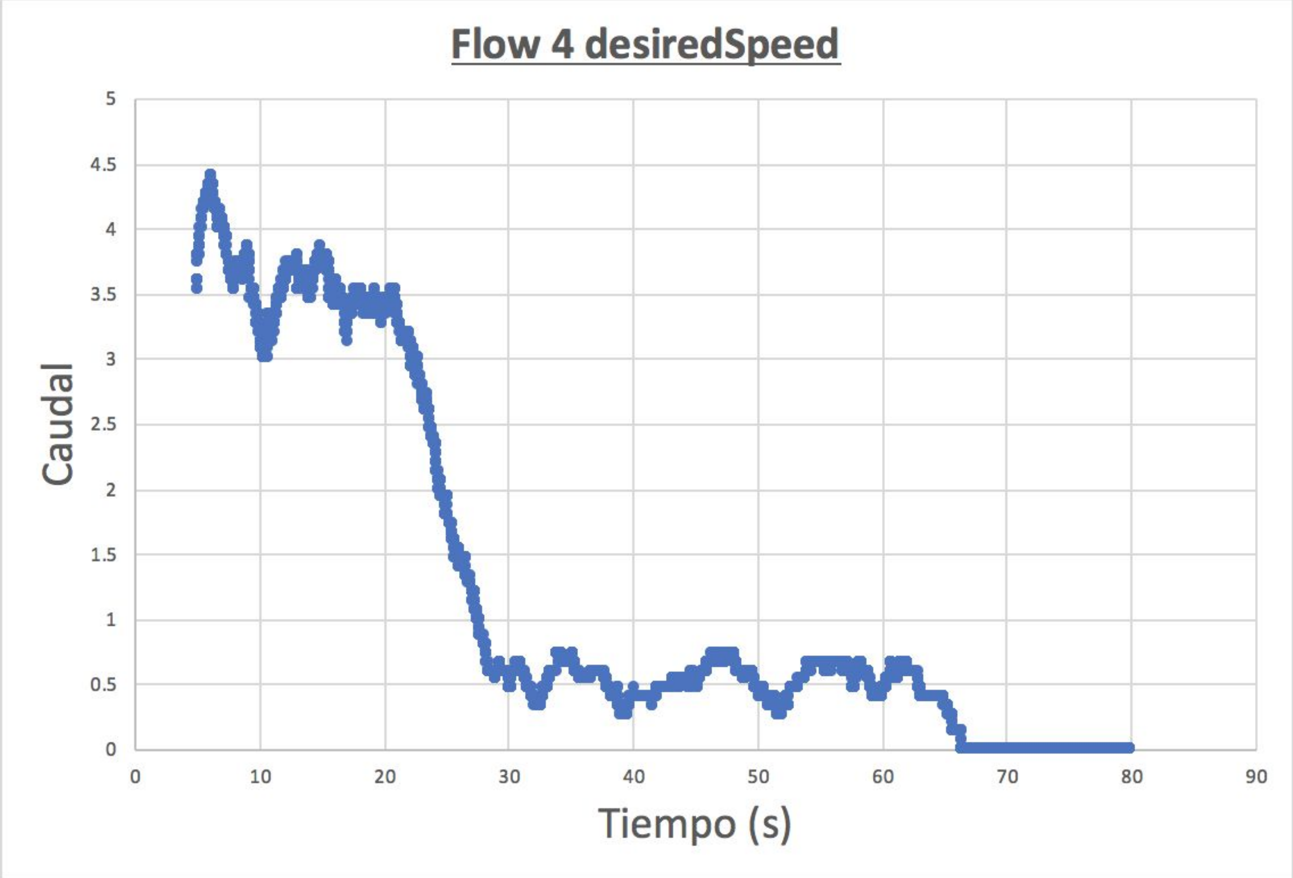

```
{
  ...
  "time"         : "40",
  "n"            : "100",
  "deltat"       : "0.0003",
  "desiredSpeed" : "2.0",
  ...
}
```

Caudal en función del tiempo



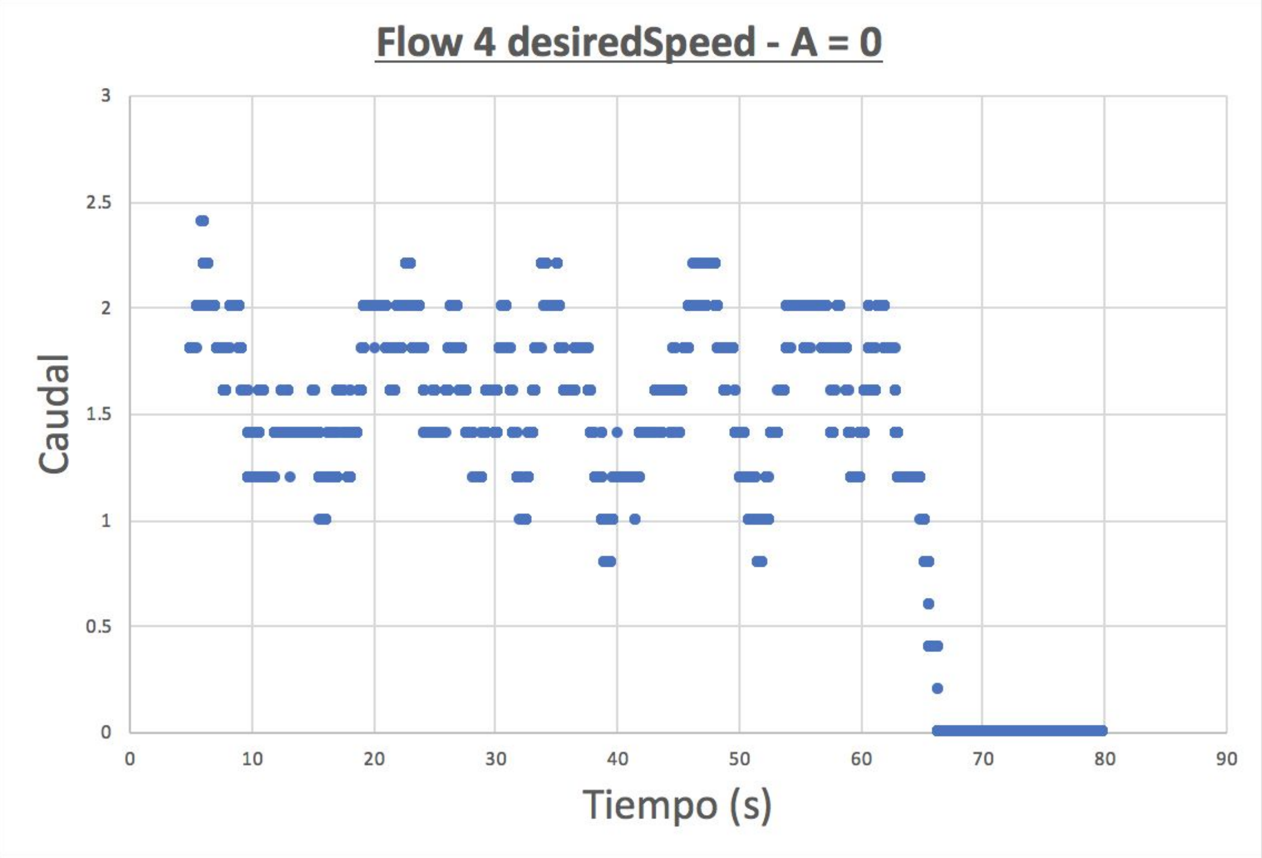

```
{
  ...
  "time"         : "30",
  "n"            : "100",
  "deltat"       : "0.0001",
  "desiredSpeed" : "3.0",
  ...
}
```

Caudal en función del tiempo




```
{
  ...
  "time"         : "80",
  "n"            : "100",
  "deltat"       : "0.0005",
  "desiredSpeed" : "4.0",
  ...
}
```

Caudal en función del tiempo




```
{
  ...
  "time"         : "80",
  "n"            : "100",
  "deltat"       : "0.0005",
  "desiredSpeed" : "4.0",
  "A"            : "0",
  ...
}
```

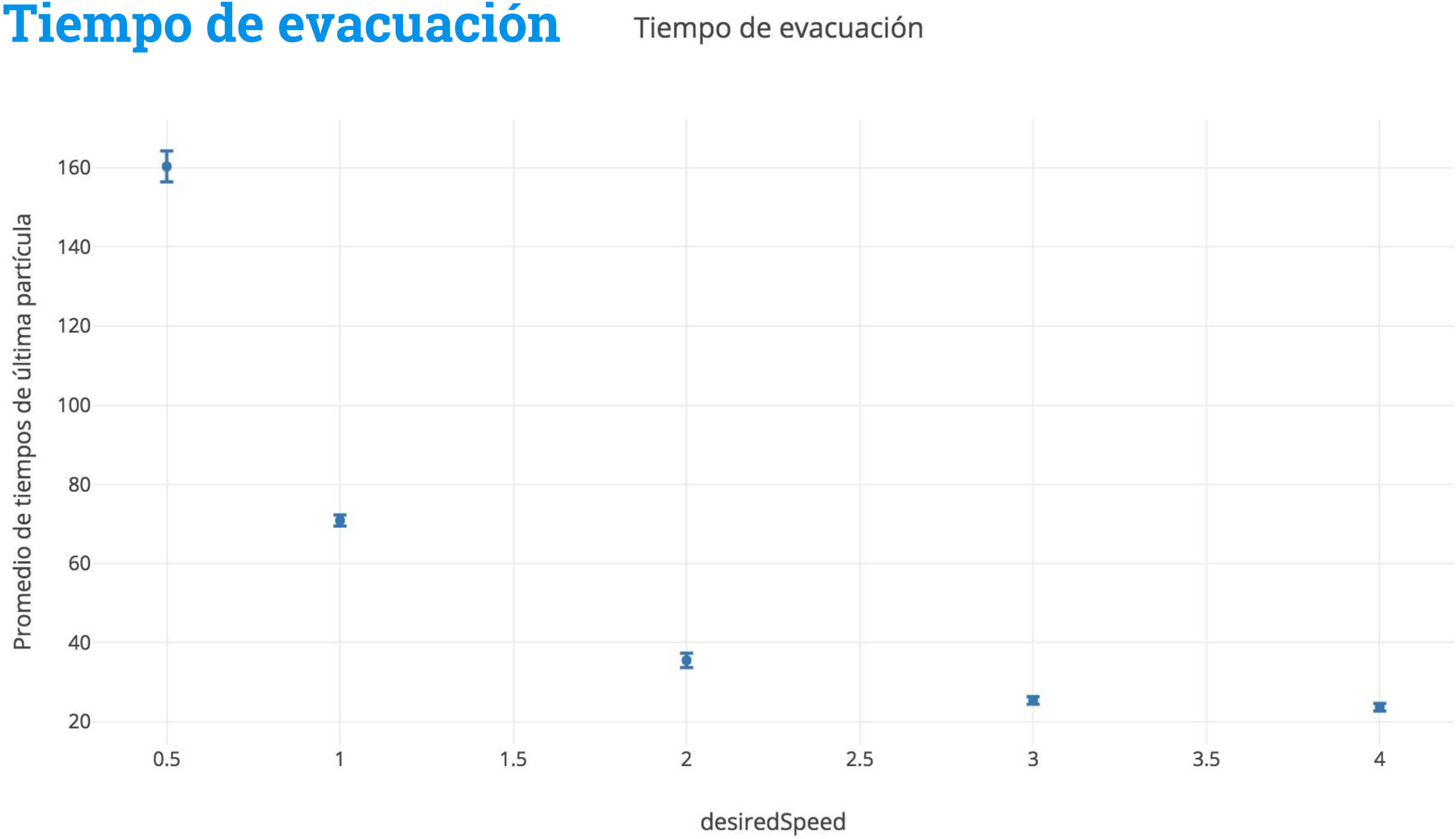
Tiempo de evacuación

deltat (s)	Generator	N	desiredSpeed (m/s)	Total time (s)	Tiempo de última partícula (s)	Promedio de tiempos de última partícula
0.0005	12304268647601935	100	4	30	22.76	23.66
	73604261247601935				23.23	
	73604268647601935				25.01	
0.0001	12304268647601935	100	3	30	26.05	25.37
	73604261247601935				26.05	
	73604268647601935				24.02	

Tiempo de evacuación

deltat	Generator	N	desiredSpeed	Total time	Tiempo de última partícula	Promedio de tiempos de última partícula
0.0003	12304268647601935	100	2	40	33.04	35.53
	73604261247601935				36.22	
	73604268647601935				37.33	
0.0005	12304268647601935	100	1	75	72.68	70.87
	73604261247601935				70.76	
	73604268647601935				69.19	
0.002	12304268647601935	100	0.5	180	165.44	160.37
	73604261247601935				155.89	
	73604268647601935				159.8	

Tiempo de evacuación



Conclusiones

Conclusiones

- A mayor *desiredSpeed*, menor es el tiempo de evacuación.
- A = 0 hace que aumente el tiempo de evacuación.

Gracias!

Grupo N° 5