

## Resumen

Este proyecto se propone medir presiones entre personas en ambientes de muy alta congestión. Se diseñó y fabricó un dispositivo portátil capaz de registrar este tipo de fuerzas con sensores estudiados y calibrados individualmente. El dispositivo fue utilizado para obtener datos concretos en ambientes públicos (i.e. subtes y trenes en hora pico). Se espera mediante los resultados experimentales, mejorar el modelo de *fuerza social*.

## Introducción



Evento en el estadio de Hillsborough 1989, 96 muertes.

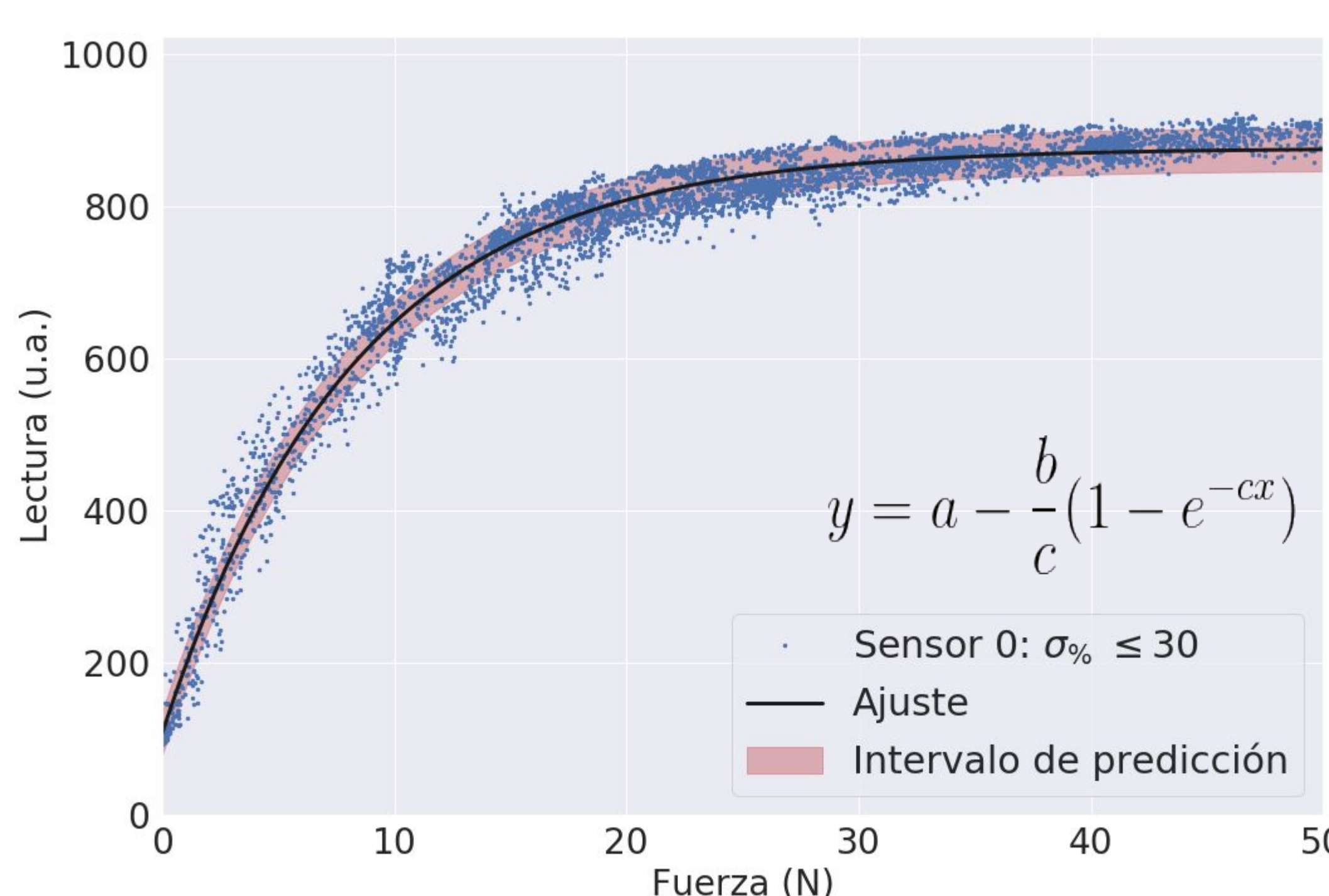
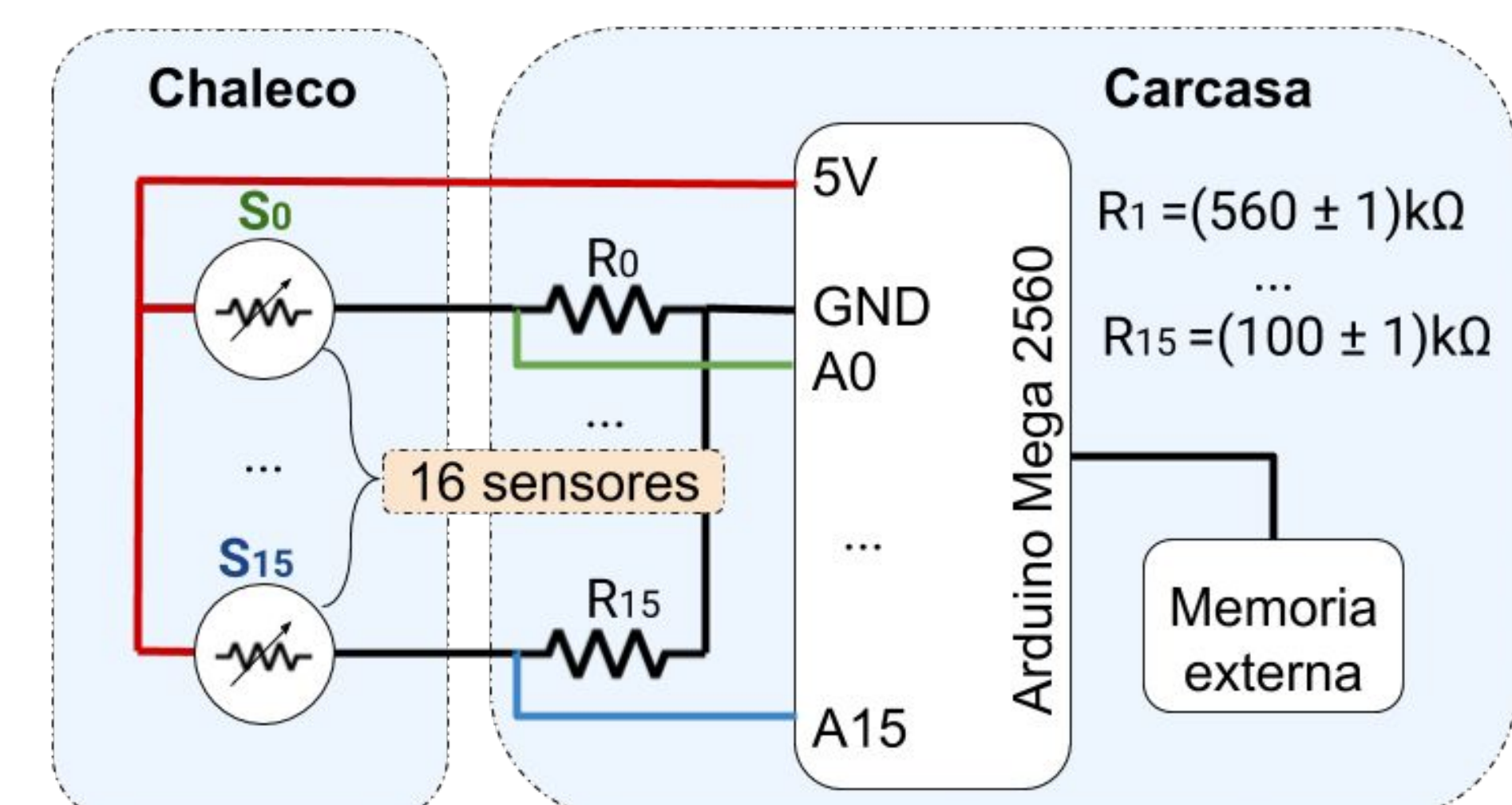
### Modelo de Fuerza Social

$$m_i \frac{d\mathbf{v}_i}{dt}(t) = \mathbf{f}_d^{(i)}(t) + \sum_{i \neq j}^N (\mathbf{f}_s^{(ij)} + \mathbf{f}_g^{(ij)}) + \sum_{W}^{N'} (\mathbf{f}_s^{(iW)} + \mathbf{f}_g^{(iW)})$$

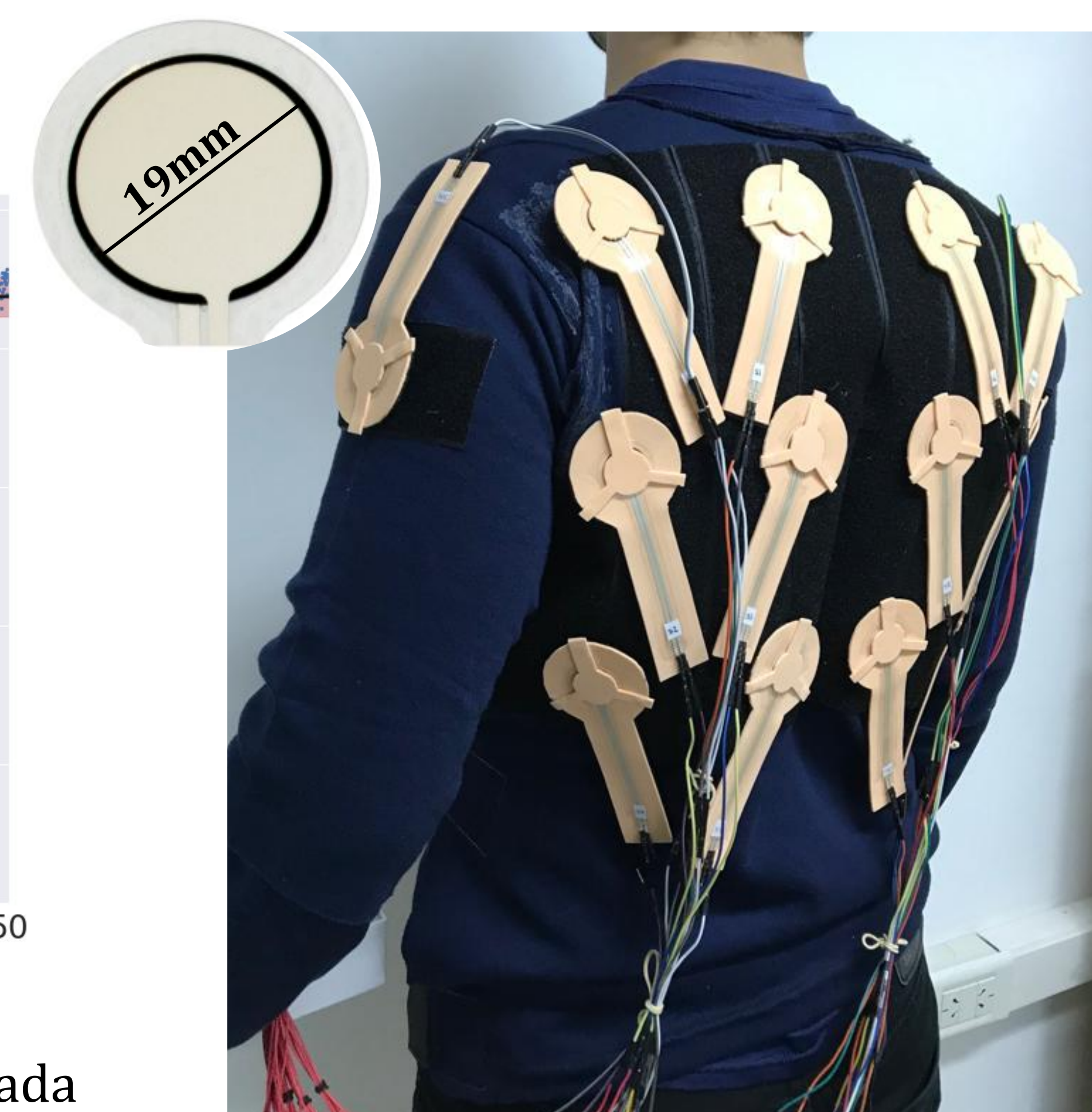
Aceleración      Fuerza de Deseo      Interacción entre individuos      Interacción con las paredes

## Diseño experimental

Sensores resistivos Tactilus® Free Form, cuyo rango sensible soporta una presión máxima de  $14\text{kg/cm}^2$  ( $F_{\text{TOT}} \text{ máx: } 390\text{N}$ ) sobre la superficie circular de 19 mm de diámetro. Se utilizó una placa Arduino Mega 2560. Se conectaron los sensores a la placa con resistencias elegidas para aprovechar el rango y la respuesta de estos sensores.



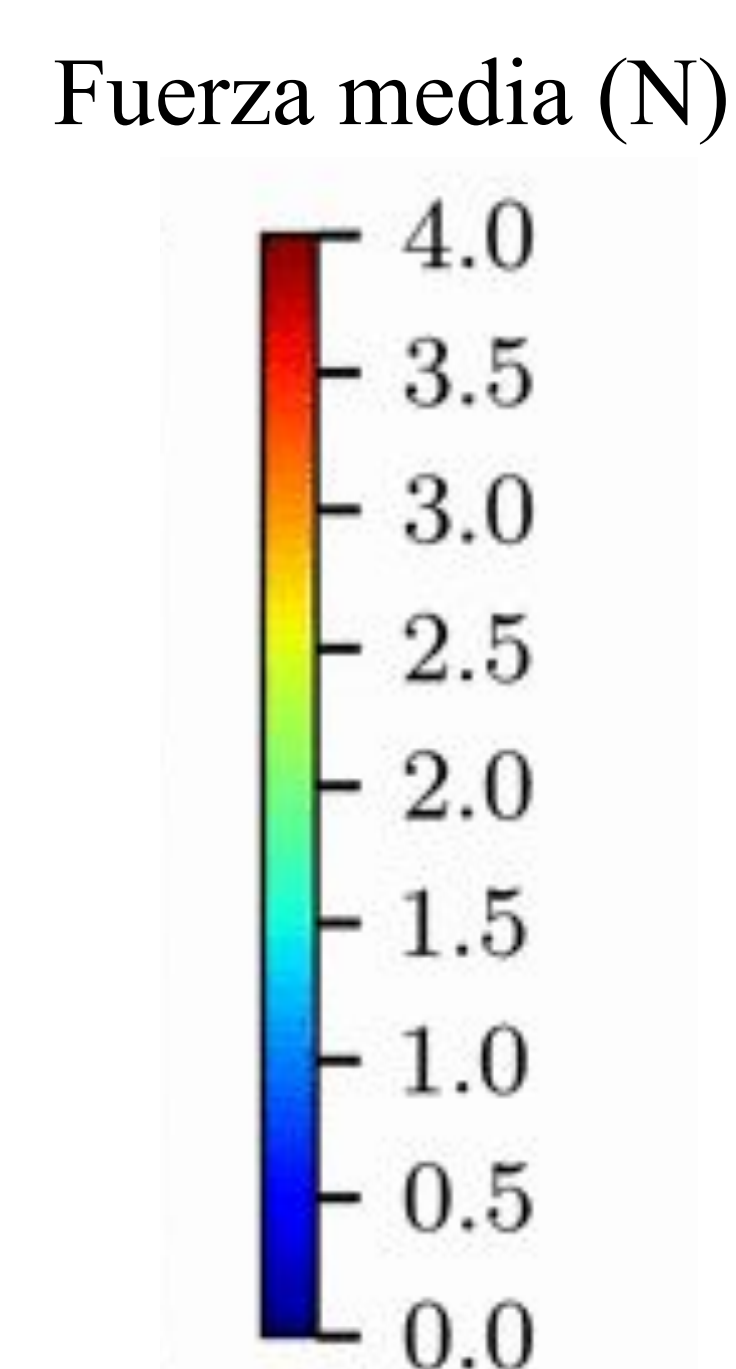
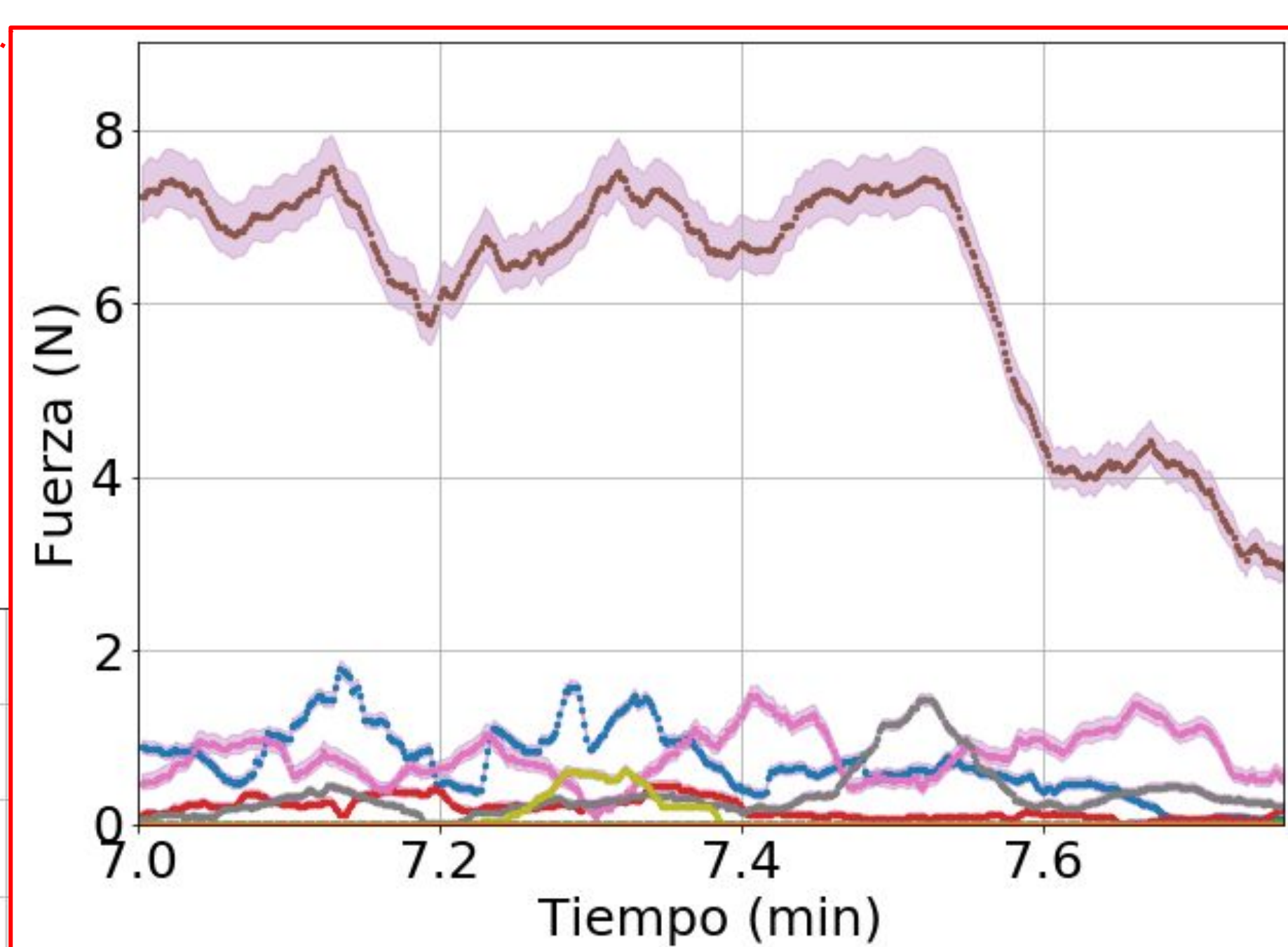
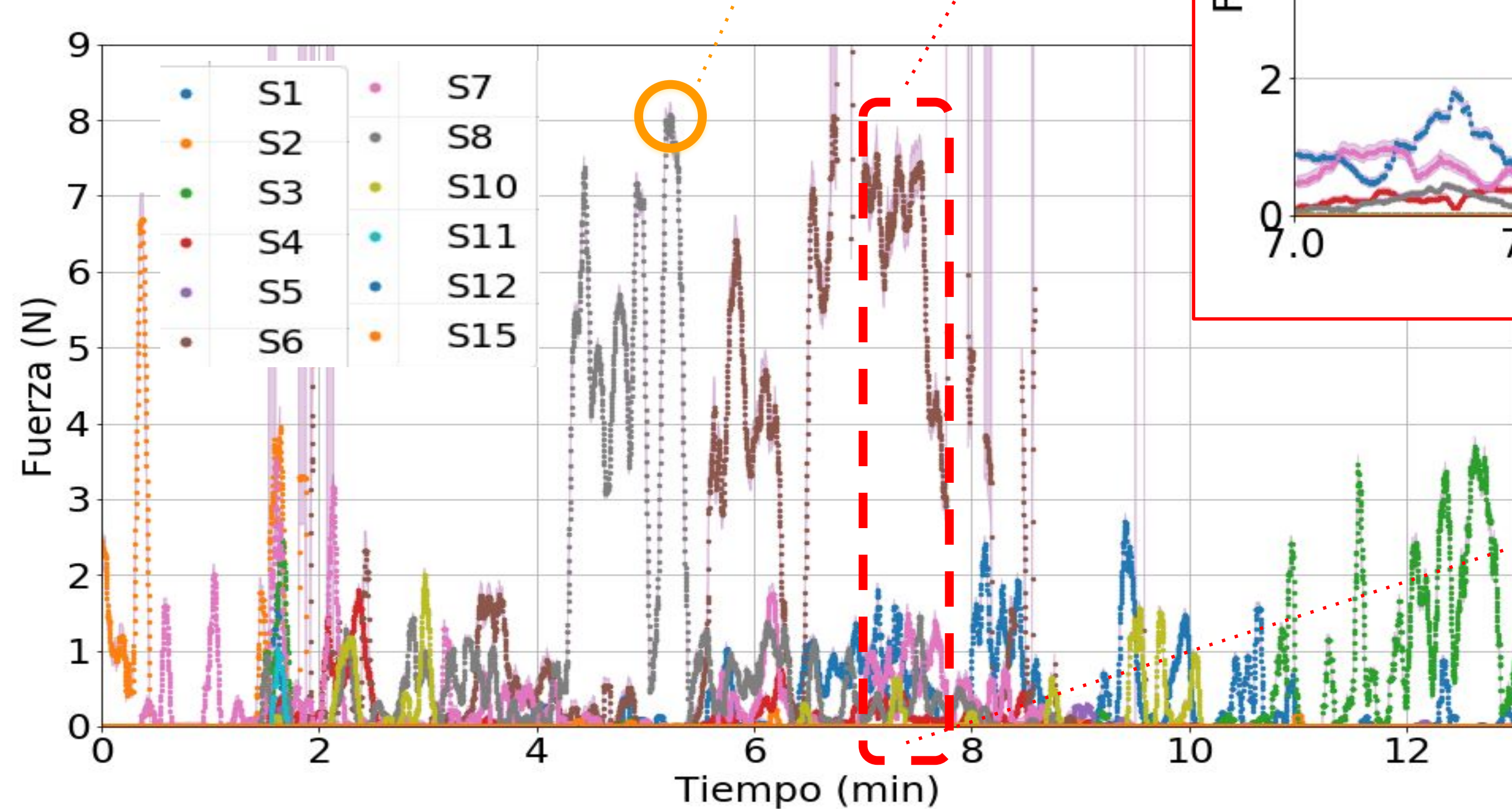
Curva de calibración para uno de los sensores. Cada uno cuenta con una calibración propia.



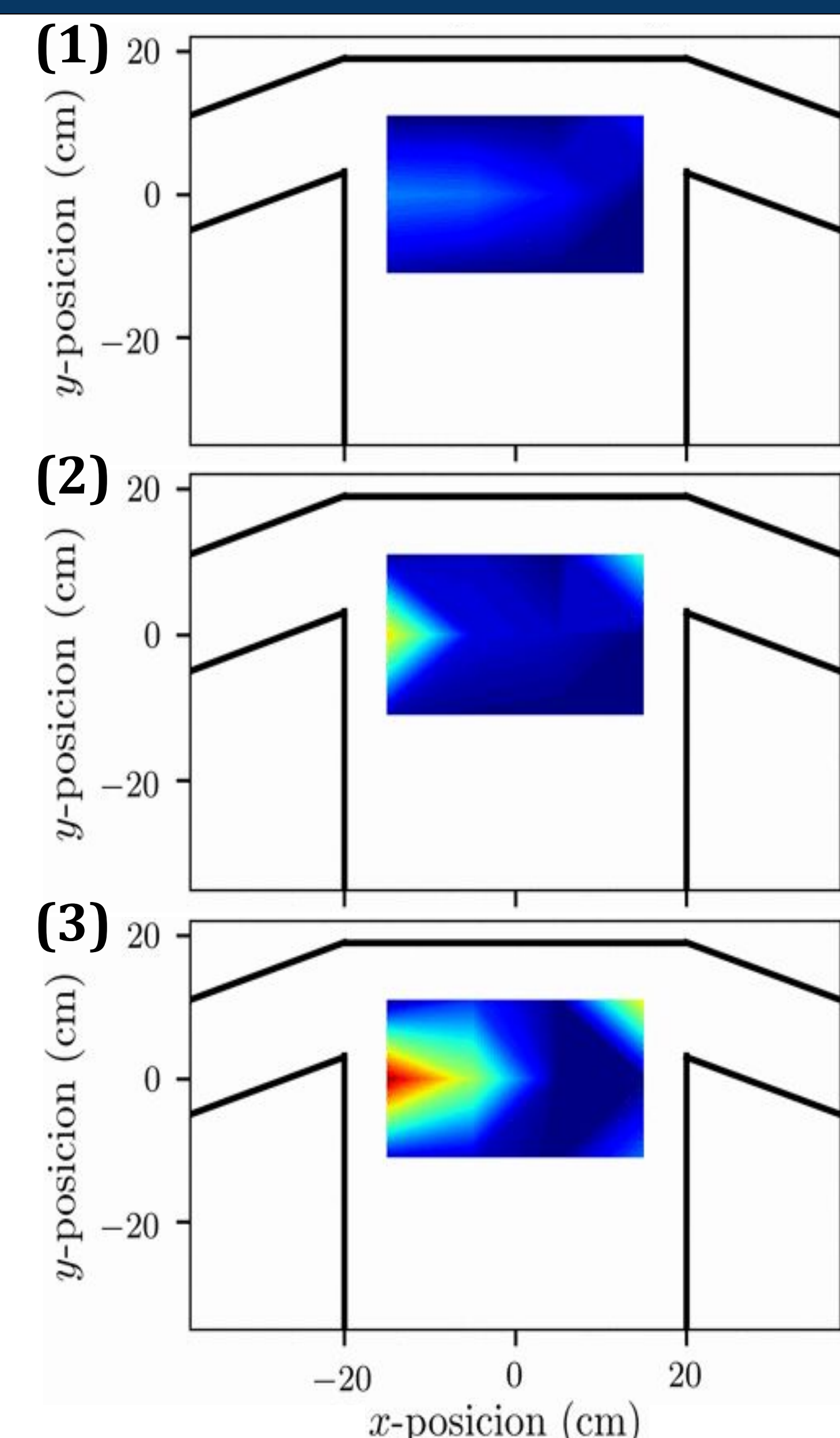
Dispositivo finalizado y listo para utilizar.

## Resultados y Discusión

Fuerza medida en el Tren Sarmiento en horario pico con mucha congestión, promediada con una ventana de 30 datos. Se obtuvo una  $F_{\text{máx}}$  de  $(15,2 \pm 1,5) \text{ N}$  para el S6, y otra de  $(8,1 \pm 0,2) \text{ N}$  para el S8 en la parte superior media de la espalda.



A la derecha, se muestran tres tipos de momentos de la medición (1) Fuerzas leves, pero con contacto, (2) Fuerzas intermedias y (3) Fuerzas más intensas e incómodas



## Conclusiones y perspectivas

- Respuesta aceptable del dispositivo en cuanto a lo registrado con lo percibido por el sujeto de prueba, a pesar de tener limitaciones en los sensores.
- Fuerzas máximas obtenidas en el orden de lo esperado: 10 N aproximadamente en la parte superior de la espalda.
- A futuro, realizar un experimento controlado para encontrar una relación entre la densidad de personas y la fuerza involucrada.
- Luego, recalibrar el modelo de *fuerza social* con nuevos parámetros de presión para lograr reproducir las presiones obtenidas experimentalmente.

## Referencias

- [1] Helbing, D., Farkas, I., & Vicsek, T. (2000). Simulating dynamical features of escape panic. *Nature*, 407 (6803), 487.
- [2] Parisi, D.R., Dorso, C.O. (2007) Morphological and dynamical aspects of the room evacuation process. *Physica A* 385, 343–355.
- [3] Parmar, S., Khodasevych, I., Troynikov, O. (2017). Evaluation of flexible force sensors for pressure monitoring in treatment of chronic. *Sensors*.

