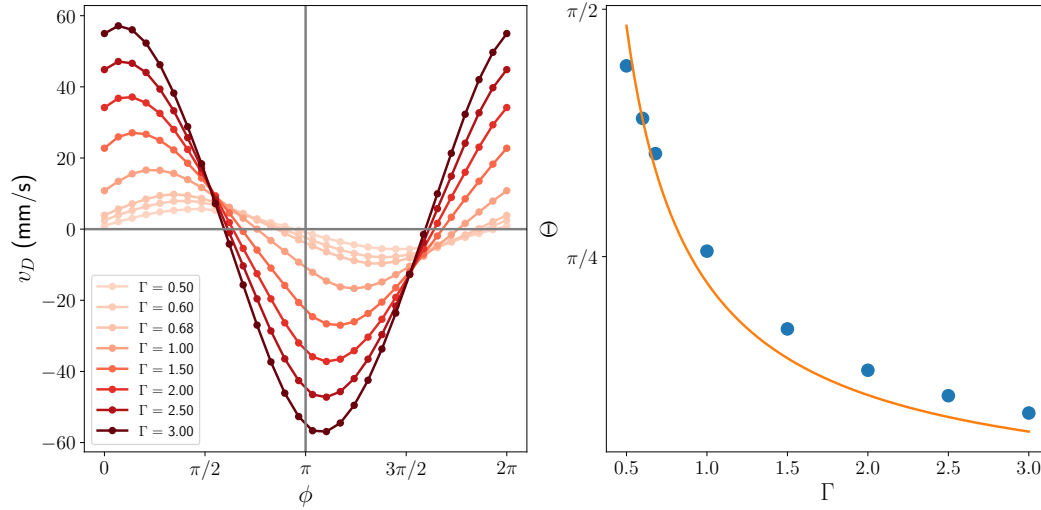


## 2024.02.29

### Tareas del día:

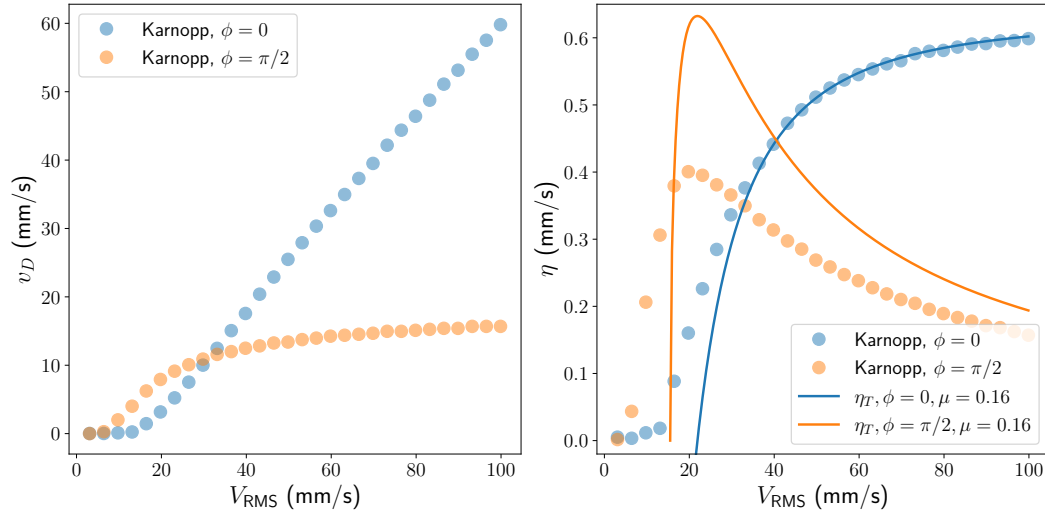
1. Ejecuté el programa test-MM-K, que usa el modelo de fricción de Karnopp, para simulaciones con 30 fases distintas  $\phi$  por cada amplitud  $\Gamma$ , para 8 valores de  $\Gamma$ , con la idea de comparar con la Fig. 4 de MM. Ajusté luego cada curva con la ec. (9) de MM y obtuve el valor  $\mu = 0.1095$ , diferente de  $\mu_d = 0.16$  que estoy usando en las simulaciones. La figura 4 que tengo para comparar estática:



## 2024.02.28

### Tareas del día:

1. Cálculo del rango de  $\Gamma$ : A partir de la ec. (2) del preprint MM, y usando  $\rho = 1/2$ , los valores de  $\Gamma$  que cubren el rango de valores de  $V_{RMS}$  de las curvas de la figura 2 ((0, 100) mm/s) es  $\Gamma \in (0, 3.24)$ .
2. Modifico el script set\_inis.sh para generar los inputs con el rango anterior para  $\Gamma$ .
3. Corrí dos conjuntos de 30 simulaciones con  $\phi = 0$  (en /test-04) y  $\phi = \pi/2$  (en /test-05). Calculé la velocidad media del móvil ajustando una recta sobre el desplazamiento (descartando los primeros valores iniciales). El resultado comparando con la Fig. 2 de MM es:



En esta figura usé  $\mu = \mu_d = 0.16$ .

**2024.02.22**

### Tareas del día:

1. Tomo como base el preprint MM<sup>1</sup> donde el input es la aceleración dada por la ecuación (1):

$$a_B(t) = \gamma[\rho \sin(\omega t) + (1 - \rho) \sin(2\omega t + \phi)]$$

En consecuencia, la velocidad y posición de la base resultan:

$$v_b(t) = -\frac{\gamma}{\omega} \left[ \rho \cos(\omega t) + \frac{(1 - \rho)}{2} \cos(2\omega t + \phi) \right]$$

$$x_b(t) = -\frac{\gamma}{\omega^2} \left[ \rho \sin(\omega t) + \frac{(1 - \rho)}{4} \sin(2\omega t + \phi) \right]$$

Para compatibilizar con el programa de simulación, en que el input de amplitud es la aceleración reducida  $\Gamma = A\omega^2/g$ , siendo  $A$  la amplitud de la oscilación en  $x(t)$ , escribo las ecuaciones anteriores en términos de  $\Gamma = \gamma/g$ :

$$x_b(t) = -\frac{g\Gamma}{\omega^2} \left[ \rho \sin(\omega t) + \frac{(1 - \rho)}{4} \sin(2\omega t + \phi) \right]$$

$$v_b(t) = -\frac{g\Gamma}{\omega} \left[ \rho \cos(\omega t) + \frac{(1 - \rho)}{2} \cos(2\omega t + \phi) \right]$$

$$a_B(t) = g\Gamma[\rho \sin(\omega t) + (1 - \rho) \sin(2\omega t + \phi)]$$

También para compatibilizar con el preprint, cambio la notación en el input  $\eta \mapsto \rho$ .

<sup>1</sup>Efficient transport controlled by biharmonic frictional driving.

**2024.02.13**

**Tareas del día:**

1. Cambié la implementación de la excitación de la base y sumé una de dos frecuencias con la forma:

$$f_2(t) = \eta A \sin(\omega t) + (1 - \eta) A \sin(2\omega t + \phi)$$

2. Corrí el conjunto de simulaciones previo con el modelo de Karnopp,  $\eta = 0.5$  y  $\phi = 0.5$ . Los resultados estan en /test-03.
3. Se observa que la velocidad media de desplazamiento del móvil crece con  $\Gamma$ .

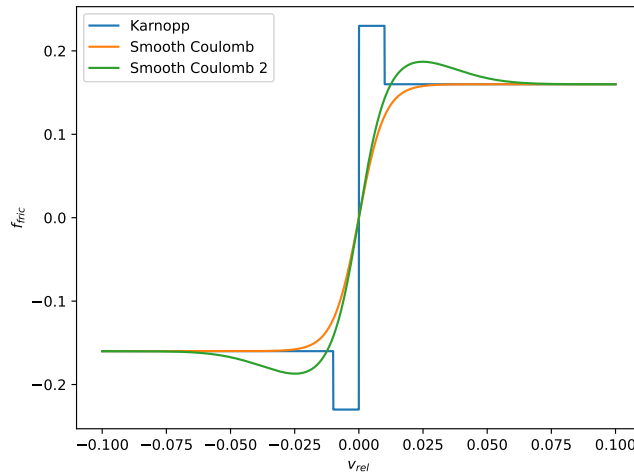
**2024.02.13**

**Tareas del día:**

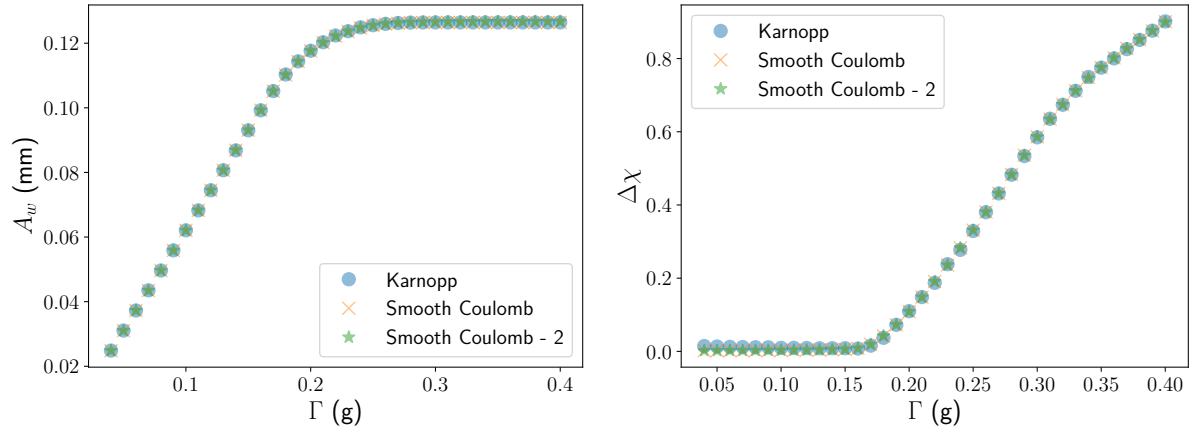
1. Incorporé el modelo de fricción Smooth Coulomb 2 según:

$$F_{sc2}(\mathbf{v}_{rel}) = -\mu_d mg \tanh(v_{rel}/v_d) + (\mu_s - \mu_d) \frac{v_{rel}}{v_s} \exp[-(v_{rel}/v_s)^2]$$

donde  $v_s$  es la velocidad de Stribeck. Los tres modelos tienen las gráficas (con  $v_d = 0.01$  m/s para visualizar):



2. Corrí el conjunto de simulaciones con este nuevo modelo, y los resultados son muy similares a los anteriores, con  $v_s = 0.03$  m/s solo para visualizar:

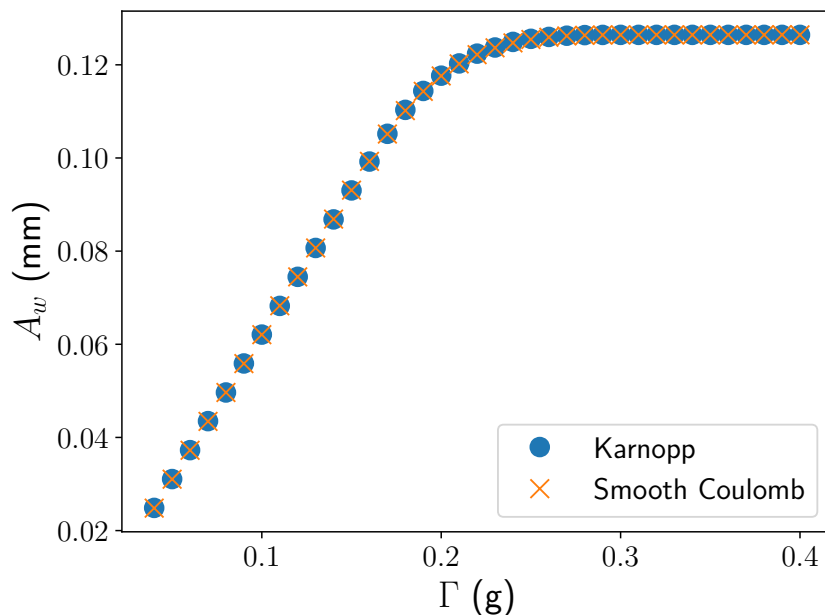


Los archivos están en /test-02.

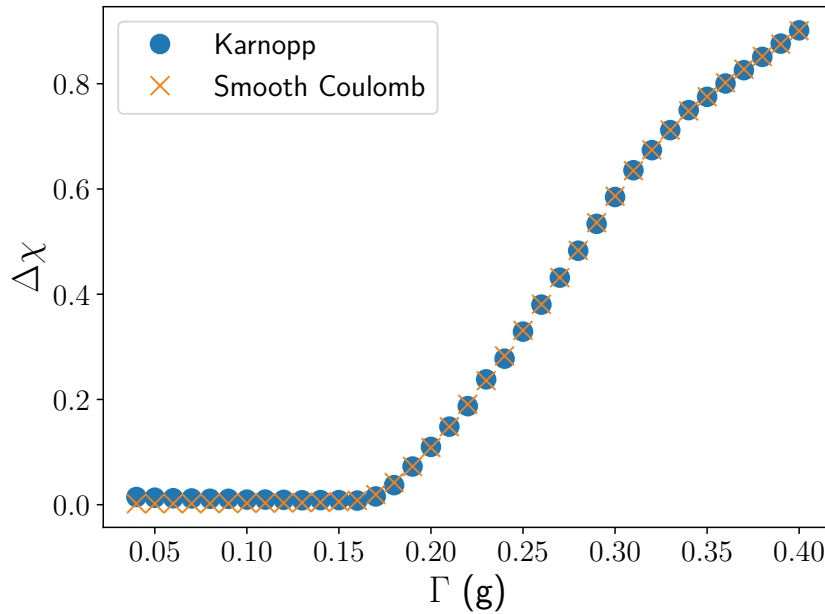
**2024.02.09**

#### Tareas del día:

1. Modifiqué los scripts para extender el rango de simulaciones hasta  $\Gamma = 0.4$ .
2. Corrí de nuevo las simulaciones para los casos Karnopp (en /test-00) y Smooth Coulomb (en /test-01).
3. Modifiqué el script `get_amp.py` para leer el parámetro Gamma desde el archivo con los datos de salida de la simulación.
4. Corrí los ajustes con el script `get_amp.py` para ambos casos y rehice la Fig.2. No se observan casi diferencias entre ambos modelos de fuerzas.



5. Calculé las diferencias de fase entre el movimiento del móvil y la base, para comparar con la Fig.3:



**Pendiente para el lunes:** Incorporar el modelo de fricción con exponenciales usando los valores de Diego y empezar a probar con la excitación biarmónica.

**2024.02.06**

**Tareas del día:**

- Corregí un error en el código del modelo de fuerza de fricción *Smooth Coulomb* según ec.(4) de Pennestri, y para  $v_d = 1.0 \times 10^{-5}$  m/s apareció deriva para valores grandes de  $\Gamma$ . Esto desaparece cuando aumento  $v_d$  a  $1.0 \times 10^{-4}$  m/s. Al igual que ayer, el resultado de las simulaciones casi no se distinguen del modelo de Karnopp.

**2024.02.05**

**Tareas del día:**

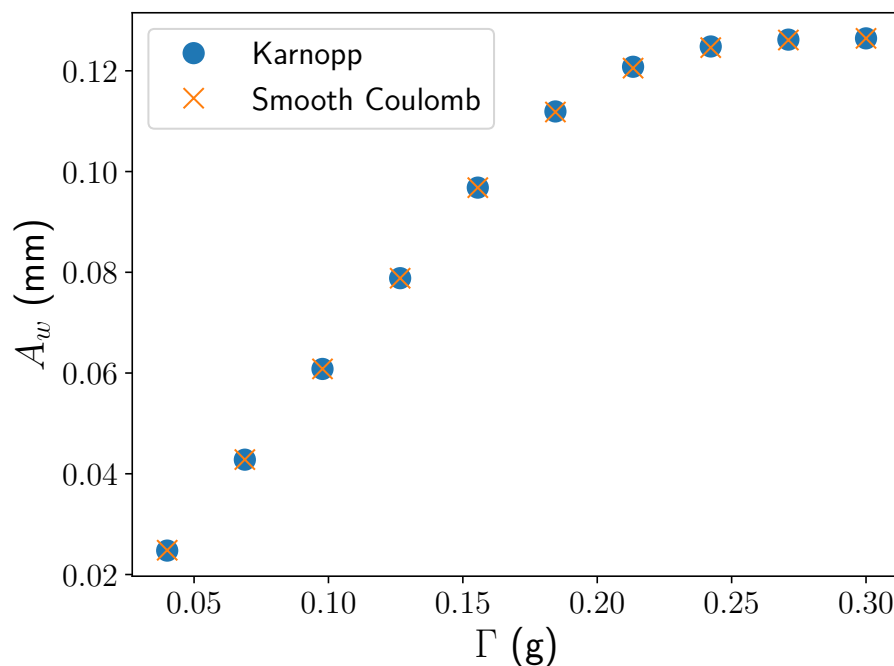
- Incorporé el modelo de fuerza de fricción *Smooth Coulomb* según ec.(4) de Pennestri<sup>2</sup>:

$$F(\mathbf{v}_{\text{rel}}) = -\mu_d m g \tanh(v_{\text{rel}}/v_d) \hat{\mathbf{v}}_{\text{rel}}$$

con  $v_d = v_{\text{tol}} = 1.0 \times 10^{-5}$  m/s.

La salida de las simulaciones es casi indistinguible del caso con el modelo de Karnopp:

<sup>2</sup>Ettore Pennestri et al. «Review and comparison of dry friction force models». En: *Nonlinear Dynamics* 83.4 (mar. de 2016), págs. 1785-1801.

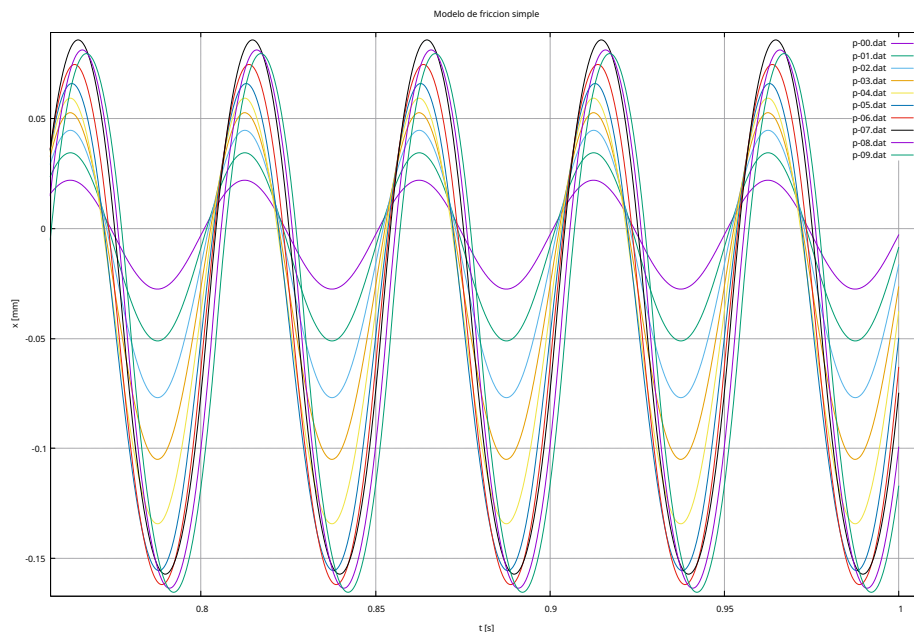


## 2024.02.02

### Tareas del día:

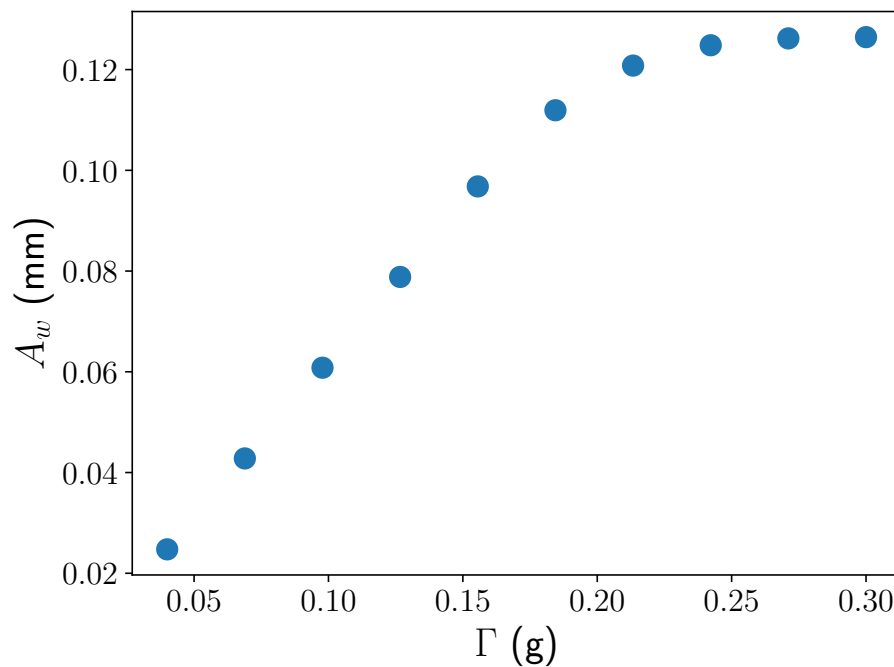
1. Hice un script de bash para generar archivos \*.in cambiando algún parámetro a partir de un template. El primero genera diferentes valores de amplitud de aceleración para valores de  $\Gamma$  entre 0.04 y 0.3 (set\_inis.sh).
2. Hice otro script para lanzar las corridas de todos los archivos \*.in que hay en el directorio de trabajo (run\_inis.sh).
3. Corregí el código para implementar el modelo de fuerza de roce de Karnopp<sup>3</sup>, con los parámetros usados no aparece una deriva del móvil aunque si un desplazamiento inicial ( $v_{tol} = 1.0 \times 10^{-5}$  m/s).

<sup>3</sup>Filipe Marques et al. «A survey and comparison of several friction force models for dynamic analysis of multibody mechanical systems». En: *Nonlinear Dynamics* 86.3 (nov. de 2016), págs. 1407-1443.



Los archivos de entrada y salida estan en el directorio /test-00.

4. Con las simulaciones anteriores del modelo de Karnopp grafiqué las amplitudes de los movimientos del móvil en función de  $\Gamma$ , dando similar a la Figura 2 del preprint Maza<sup>2</sup>.



**Pendiente para el lunes:** incorporar otros modelos de fricción.

2024.02.01

## Parámetros para el caso de referencia

Para comenzar como referencia uso los siguientes parámetros, a partir de los valores experimentales:

- Frecuencia  $f = 20 \text{ Hz} \mapsto \omega = 125.66 \text{ rad/s}$ .
- Aceleración de la gravedad:  $g = 9.8 \text{ m/s}^2$ .
- Aceleración reducida  $\Gamma = A\omega^2/g$ , donde  $A$  es la amplitud de la oscilación de la base.
- Coeficiente de fricción estática:  $\mu_s = 0.2$
- Coeficiente de fricción dinámica:  $\mu_d = 0.16$
- $\beta = \mu_d/\mu_s = 0.8$  (inicialmente).
- El móvil es un disco de radio  $0.5 \text{ m}$  y con una densidad de  $0.102 \text{ 132 4 kg/m}^2$ , lo que le da una masa  $m = 0.081 \text{ kg}$ .

Definiendo la velocidad relativa entre la base y el móvil como  $v_{\text{rel}} = v_b - v_m$ , el modelo de fricción con la base es:

$$F_f(v_{\text{rel}}) = \begin{cases} \mu_s mg \operatorname{sgn}(v_{\text{rel}}) & \text{si } v_{\text{rel}} < v_{\text{tol}} \\ \mu_d mg \operatorname{sgn}(v_{\text{rel}}) & \text{si } v_{\text{rel}} \geq v_{\text{tol}} \end{cases} \quad (1)$$

**Nota:** un parámetro crítico parece ser  $v_{\text{tol}}$ , que es el umbral por debajo del cual se activa la fricción estática.

Tabla de amplitudes de excitación en función de  $\Gamma$ :

$\Gamma$	$a$	$\Gamma$	$a$
0.040	2.483e-05	0.184	1.145e-04
0.069	4.275e-05	0.213	1.324e-04
0.098	6.068e-05	0.242	1.503e-04
0.127	7.861e-05	0.271	1.683e-04
0.156	9.654e-05	0.300	1.862e-04

**Pendiente para mañana:** verificar el valor de tol para que no se produzca deriva en el movimiento del móvil.