Simulación de Sistemas

Trabajo Práctico Nro. 5: Medios Granulares y Dinámica Peatonal

(Enunciado publicado en CAMPUS el 21/05/2021)

Elegir uno de los tres problemas enunciados más abajo para resolver utilizando dinámica molecular regida por el paso temporal y presentar.

Las simulaciones tendrán un *dt* fijo e intrínseco de la simulación, además considerar un dt_2 para imprimir el estado del sistema (posiciones y velocidades de las partículas) para luego realizar análisis y animaciones con una velocidad adecuada. Se recuerda que la simulación debe generar un *output* en formato de archivo de texto. Luego el módulo de animación se ejecuta en forma independiente tomando estos archivos de texto como *input*. De esta forma la velocidad de la animación no queda supeditada a la velocidad de la simulación.

La entrega del T.P. consiste en:

a- Presentación de 13 minutos de duración (tipo powerpoint) con las secciones y el formato indicados en la guía de presentaciones.

b- Animaciones de sistemas característicos. Colorear a las partículas con una escala continua según alguna variable relevante (presión, velocidad, radio, densidad, etc.).

c- El documento de la presentación en formato pdf que contenga resultados, imágenes, parámetros correspondientes y las respuestas a lo pedido en cada problema. El archivo *.pdf a entregar NO debe contener las animaciones, pero sí algún fotograma representativo de las mismas y un link explícito para visualización on-line.

d- El código fuente implementado.

<u>*Fecha y Forma de Entrega:*</u>

La presentación en pdf (c) y el código fuente (d) deberán ser presentados a través de campus, antes del día 07/06/2021 a las 10:00 hs. Los Archivos deben nombrarse de la siguiente manera: "**SdS-TP5-2021Q1GXX_Presentación**" y "**SdS-TP52021Q1GXX_Codigo**", donde XX es el número de grupo.
Las presentaciones orales (a) -conteniendo las animaciones (b)- se realizarán durante la clase del día 07/06/2021.

Problema 1*: Medios Granulares - Amortiguador de Partículas*

Considerar el sistema mecánico que compone un amortiguador de partículas. Este consiste en un contenedor de masa M = 2,5 kg, un resorte de constante K = 22 x 10^3 N/m y un amortiguador viscoso de constante C = 10 Ns/m como se puede observar en la Fig. 1.
El resorte y el amortiguador están sujetos a una base a la cual se le aplica una fuerza periódica que produce un desplazamiento $u(t)$ de amplitud U = 0.05 m y frecuencia f = [10 Hz – 20 Hz]. Las medidas del contenedor son de 0,75 m x 0,75 m. Dentro del mismo se pueden colocar N partículas de masa m = 10^{-3} kg y diámetro d con distribución uniforme [0,02 m - 0.03 m]. Las interacciones entre partículas y con los bordes del contenedor se describen con las expresiones (N.2) y (T.3) de la diapositiva 15 de la Teórica 5. Tomar como constantes k_N = 10^4 N/m y k_T = 2 k_N. Además, las

partículas están afectadas en la dirección vertical por el campo gravitatorio de constante g = 9,8 m/s^2.

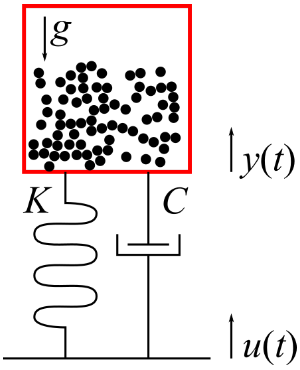

Figura 1: Sistema amortiguador granular

El movimiento del contenedor está restringido a la dirección vertical y la ecuación de movimiento para la base del mismo es:

$$M\ddot{y}(t)=C(\dot{u}(t)-\dot{y}(t))+K(u(t)-y(t))+F_{partículas}(t) \quad ,$$

donde $F_{\text{partículas}}(t)$ es la fuerza resultante en dirección vertical de la interacción de las partículas con los bordes del contenedor. El desplazamiento $u(t)$ debido a la fuerza aplicada a la base está dado por:

$$u(t)=U\sin(2\pi f t) \quad .$$

Las partículas parten del reposo y son colocadas aleatoriamente sin superponerse dentro del contenedor. La base y el contenedor parten de las posiciones $u(0)=0$ y $y(0)=0$, respectivamente. Las velocidades iniciales son $\dot{u}(0)=2\pi f U$ y $\dot{y}(0)=0$. Para integrar las ecuaciones de movimiento, utilizar preferentemente el método integrador Beeman para fuerzas que dependen de la velocidad con un paso de integración $dt = 10^{-5}$ s. El tiempo de simulación tiene que ser suficiente para alcanzar el estado estacionario del sistema en las distintas condiciones.

a) Simular el sistema considerando f = 15 Hz y N = [0, 150, 300, 450]. Mostrar la evolución temporal de la amplitud $y(t)$ hasta alcanzar el régimen estacionario.

b) Estudiar la respuesta del sistema ante cambios de la frecuencia de excitación (f = {10, 12.5, 15, 17.5, 20} Hz). Para esto, para cada N, graficar la amplitud máxima y_M (en el régimen estacionario) en función de f. Explicitar como se determina y_M.

c) Para N = 300, realizar un ajuste de la respuesta del sistema tomando como parámetro libre el coeficiente de amortiguamiento efectivo C_e. La amplitud de la respuesta del sistema está dada por:

$$y_M(f)=U\sqrt{\frac{K^2+(2\pi f C_e)^2}{(K-M(2\pi f)^2)^2+(2\pi f C_e)^2}} \quad .$$

Para esto, utilizar el método descripto en la Teórica 0.

Problema 2: Dinámica Peatonal - Egreso a través de puerta angosta

Utilizando alguno de los modelos descritos en la Teórica 6, simular el egreso de N partículas autopropulsadas de un recinto como se muestra en al Fig. 2. Las paredes son lineales (sin grosor). Tomar los parámetros de los peatones de la teórica o la bibliografía, según el modelo elegido.

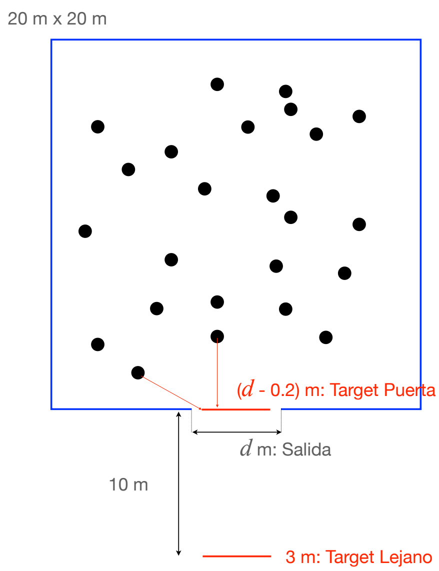

Figura 2: Sistema de egreso a través de puerta angosta con sus respectivos targets.

Considerar dos targets sucesivos según se indican en la Fig.2. El criterio para elegir un punto sobre cualquiera de los targets lineales es elegir el punto más cercano del mismo, como se muestran en dos ejemplos de partículas con flechas rojas.

a) Para v_d^{max} = 2 m/s, d =1.2 m y N = 200, simular varios egresos. En cada caso graficar la curva de descarga, es decir, el número de partículas que salieron en función del tiempo. Para ello se deberá registrar los tiempos de salida de cada peatón con la mayor precisión disponible (*dt*, no *dt2*).

b) Promediar las distintas curvas del punto (a) para obtener una sola curva que indique el comportamiento promedio del sistema para esos parámetros. Para ello tomar el número de partículas salientes (*n(t)*) como variable independiente (eje horizontal) y promediar los tiempos (eje vertical). Luego invertir los ejes para tener la curva de descarga *n(t)*. Graficar las barras de error horizontales. Analizar en qué rango de n el caudal (Q) es constante ($Q = dn / dt$).

c) Tomando v_d^{max} = 2 m/s, realizar al menos 3 repeticiones para cada una de las simulaciones variando d ={1.2, 1.8, 2.4, 3.0}m y N = {200, 260, 320, 380} partículas respectivamente (para cada valor de d, solo un valor de N según le corresponda ordenadamente, por ej. a d =1.8 m le corresponde N =260). Calcular el caudal en el intervalo donde el mismo es estacionario durante la descarga, mostrando algunos ejemplos de estas evoluciones temporales. Graficar el caudal medio en función del ancho de la salida d con barras de error.

d) Ajustar los caudales obtenidos para distintos anchos de salida con la Ley de Beverloo de medios granulares, usando los "Conceptos de Regresiones" dados en la Teórica 0.

Problema 3: Dinámica Peatonal - Targets que evolucionan en el tiempo

Con la finalidad de implementar métodos de elusión de colisiones en partículas autopropulsadas se propone estudiar un problema ficticio del mundo cinematográfico: humanos vs. zombies.

Las partículas que representan a los humanos (p_h) intentan atravesar un área donde hay partículas que representan zombies (p_z) como se muestra en la Fig.3.

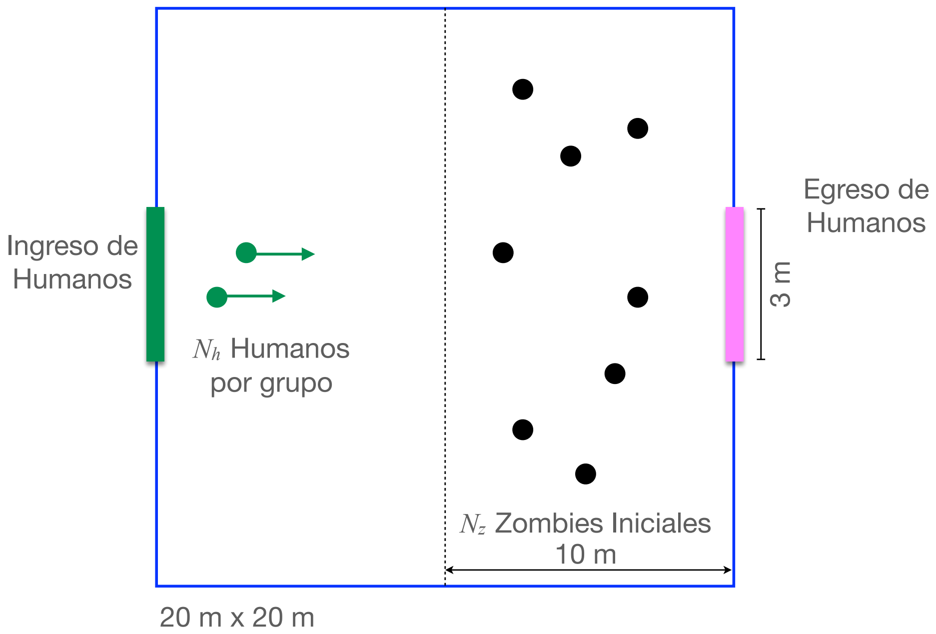

Figura 3: Dominio de simulación de humanos vs. zombies.

El comportamiento de las p_h es intentar llegar a la salida evitando ser contactados por los p_z. La velocidad deseada de las p_h es v_{dh} = 1.6 m/s. Si alguna p_{hi} fuera contactado por p_{zj} entonces, p_{hi} se convierte en p_{zi} luego de 7 segundos.

El comportamiento de las p_z es como sigue. Las p_z tienen un campo de vision de 5 m, mientras no visualizan a ningún p_h, (distan más de 5 m de cualquier p_h) permanecen en reposo con velocidad cero. Si tienen una o varias partículas p_h a menos de 5 m, entonces se dirige hacia la mas cercana con velocidad v_{dz} (su target es la posición de la p_h mas cercana) hasta que lo contacta o aparezca otra p_h mas cercana.

El ingreso de las partículas p_h se da en grupos de $N_h = 20$ p_h los cuales se generan instantáneamente y sin superponerse cada 9 segundos, hasta haber generado $N_h^{tot} = 100$ (solo 5 grupos de 20 p_h).

a) Elegir uno de los modelos operativos vistos en la Teórica 6 y basándose en los modelos de elusión vistos en la Teórica 7 y la bibliografía, proponer una heurística que permita ajustar dinámicamente el ángulo del versor de la velocidad deseada en función de las posiciones de las otras partículas según el tipo de partícula (i.e.: según se quiera ir hacia ellas o escapar de ellas). En el caso de las p_h se deberá considerar que la prioridad es escapar de los p_z pero a la vez se debe ir hacia la puerta de egreso.

b) Variando N_z = {2, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35} y fijar v_{dz} = 1 m/s. Para cada N_z repetir las simulaciones y obtener valores medios y desvío estándar de la fracción de p_h que logran llegar a la salida. Graficar estos puntos con barras de error.

c) Fijando N_z =10, variar v_{dz} = {0.4, 0.8, 1.2, 1.6, 2, 2.4} m/s. Para cada v_{dz} repetir las simulaciones y obtener valores medios y desvío estándar de la fracción de p_h que logran llegar a la salida. Graficar estos puntos con barras de error.