

Treball final de grau

Estudi: Grau en Enginyeria Mecànica

Títol: Simulació del contrarentat de filtres de sorra amb dinàmica de fluids computacional

Document: Resum

Alumne: Rubén Gay Alaminos

Tutor: Toni Pujol Sagaró

Departament: Enginyeria Mecànica i de la Construcció Industrial

Àrea: Mecànica de Fluids

Convocatòria (mes/any): Juny 2020

1. INTRODUCCIÓ

El contrarentat consisteix a fer circular el fluid en sentit contrari a l'habitual per netejar el filtre. La sorra, compactada en el fons del filtre, s'expandeix i s'eleva pel filtre, deixant que la brutícia que hi havia a la sorra marxi amb el fluid. És important controlar la velocitat i pressió de l'aigua que s'aplica en el contrarentat per evitar que la sorra s'elevi massa i pugui arribar a sortir del filtre. L'objectiu del treball és simular el contrarentat de filtres de sorra per a reg per degoteig amb dinàmica de fluids computacional, per així definir la metodologia més adient per realitzar aquest tipus de simulacions.

El primer pas és simular diferents casos amb diverses alternatives de la configuració del model utilitzat i comparar posteriorment l'efecte d'aquestes. Els resultats es comparen amb els publicats en l'article de Cornelissen et al. (2007) que analitzava el fenomen de llit fluiditzat líquid-sòlid. Aquestes simulacions s'han realitzat en dues dimensions. Posteriorment s'aplicarà el model que es considera més adequat a un filtre en tres dimensions i s'extrauran conclusions sobre la configuració del model de simulació més adient per a aquests tipus d'estudis.

2. DESCRIPCIÓ DEL MODEL

El dispositiu utilitzat a Cornelissen et al. (2007) i que servirà per a la validació de la metodologia té unes dimensions de 1100 mm de longitud i 127 mm de diàmetre, tal com es pot observar en la figura 1.

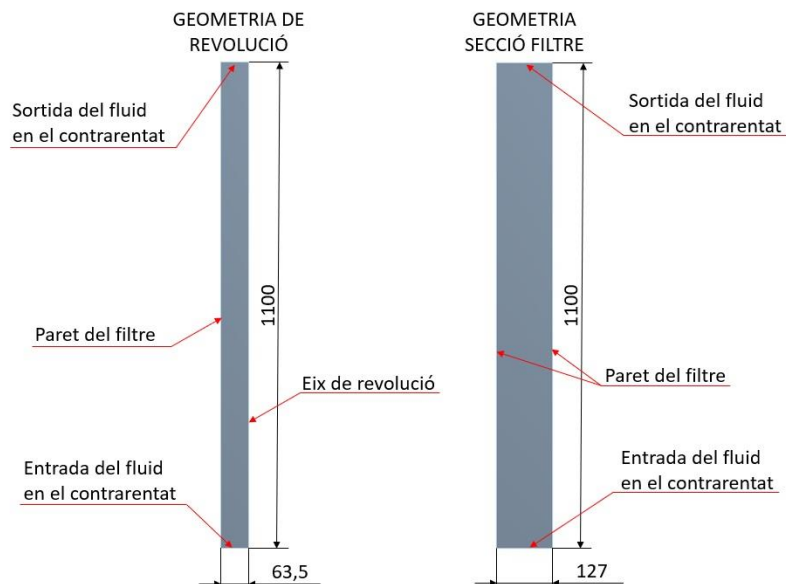


Figura 1 - Descripció dels dos tipus de geometries utilitzades en les simulacions i de les seves parts (unitats en mm).

Per simplificar les simulacions s'ha agafat només la secció longitudinal del filtre, resultant una làmina en dues dimensions. En gran part de les simulacions s'ha tractat la geometria com a

cos de revolució i, per tant, l'amplada d'aquest ha passat de ser el diàmetre del filtre a ser el radi, en concret 63,5mm.

El mallat utilitzat per a aquesta geometria utilitza elements quadrilàters i, per tant, és en forma de graella. S'ha partit d'una malla de 60x550 divisions (ample per alçada) i s'ha estudiat com afecta canviar la malla a 50x400 divisions i 40x250 divisions. També s'ha aplicat en les zones on el fluid entra en contacte amb la paret del filtre, ja que és on el comportament del fluid es veu més afectat.

El filtre consta d'un fluid, l'aigua, i d'un sòlid, la sorra. S'han estudiat les configuracions que es poden veure en la taula 1. Cada configuració té una variació i es vol comprovar l'efecte que té aquest canvi quan es simula per diferents velocitats d'entrada.

Simulació	Geometria	Mallat	Drag	Criteri de convergència	Pas de temps	MTG*
REV60550WY	Cos de revolució	60x550	Wen-Yu	10^{-3}	0,001s	PDE**
REV50400WY	Cos de revolució	50x400	Wen-Yu	10^{-3}	0,001s	PDE**
REV40250WY	Cos de revolució	40x250	Wen-Yu	10^{-3}	0,001s	PDE**
SEC60550WY	Secció del filtre	60x550	Wen-Yu	10^{-3}	0,001s	PDE**
REV60550HG	Cos de revolució	60x550	Huilin-Gidaspow	10^{-3}	0,001s	PDE**
REV60550WY_0001	Cos de revolució	60x550	Wen-Yu	10^{-3}	0,0001s	PDE**
REV60550W_RE104	Cos de revolució	60x550	Wen-Yu	10^{-4}	0,001s	PDE**
REV60550WY_PP	Cos de revolució	60x550	Wen-Yu	10^{-3}	0,001s	PP***

Taula 1 - Descripció de les configuracions en dues dimensions.

*MGT: Model de temperatura granular. **PDE: Partial differential equation. ***PP: Phase property.

Com a configuració estàndard s'ha agafat la REV60550WY. Aquesta s'ha comparat amb els resultats de l'assaig experimental de Cornelissen et al. (2007) i amb els resultats de les altres configuracions.

3. SIMULACIÓ FILTRE 2D

Per comparar els resultats s'ha utilitzat la fracció en volum d'aigua de les simulacions, calculada cada 2 cm al llarg del filtre. Només s'han tingut en compte les zones fins on arriba la sorra. En la figura 2 es pot observar els resultats obtinguts per a diferents velocitats. Es pot veure la corba en blau dels resultats experimentals i, per sota, els resultats de les diferents

configuracions, seguint la mateixa trajectòria. En verd es pot veure la configuració REV60550HG, la qual destaca per seguir una trajectòria diferent. També es pot observar com les configuracions REV40250WY i REV60550WY_0001 es distancien més de la resta de configuracions quan la velocitat és elevada.

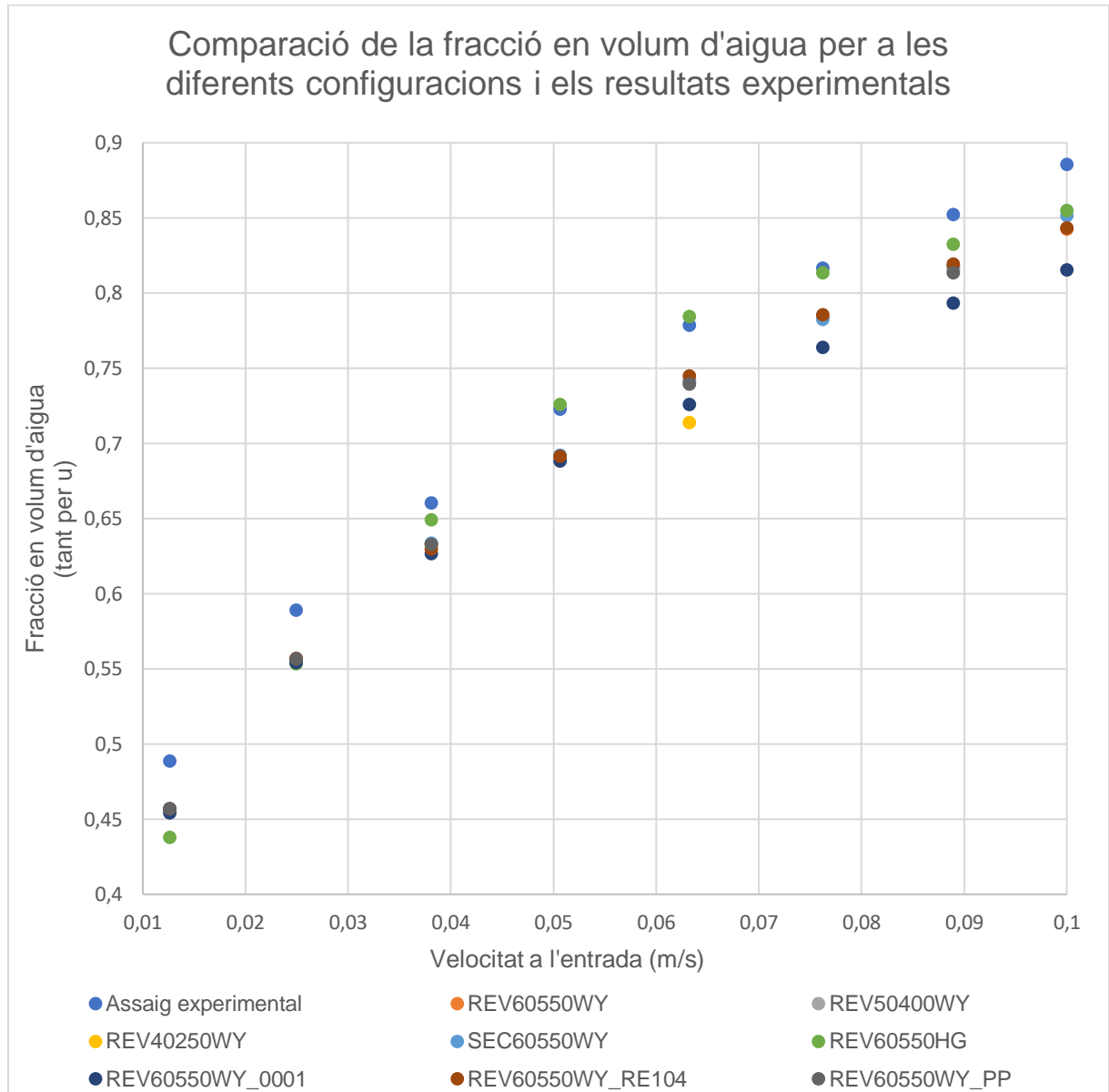


Figura 2 - Gràfic amb els resultats de la fracció en volum d'aigua de les configuracions estudiades i de l'assaig experimental de Cornelissen et al. (2007).

Els resultats entre configuracions són força similars. A part de la fracció en volum, també s'ha comprovat la desviació estàndard d'aquesta i el rang dels seus valors, per comprovar que el llit fluiditzat és homogeni.

4. SIMULACIÓ FILTRE 3D

Per a aquestes simulacions, s'ha utilitzat un filtre semblant a un filtre comercial de sorra, que es pot observar en la figura 3, del qual s'ha extret el seu negatiu per poder realitzar les

simulacions. Aquest es pot veure en la figura 4. Només s'ha utilitzat un quart de la seva geometria per reduir el temps de la simulació.

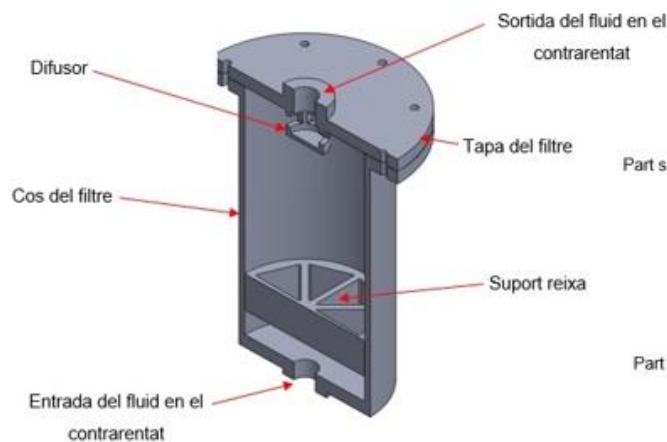


Figura 3 - Filtre utilitzat per a les simulacions 3D.

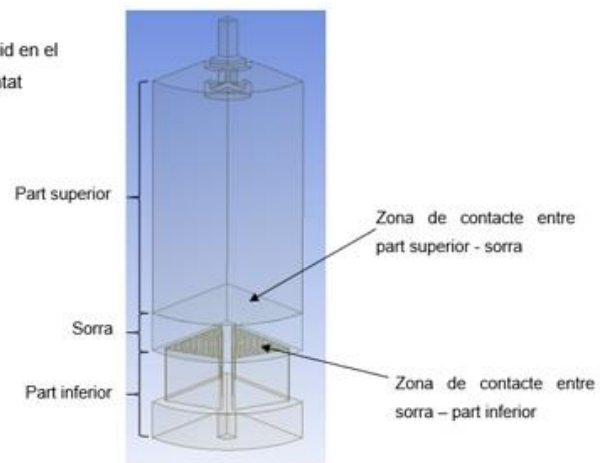


Figura 4 - Part de la geometria utilitzada per a les simulacions 3D.

La taula 2 mostra les diferents versions del model en tres dimensions que s'han realitzat i una breu descripció d'aquestes. La configuració del model numèric utilitzat és el mateix que en les simulacions en dues dimensions, a excepció del model de temperatura granular, que s'ha anat variant.

CASOS EN TRES DIMENSIONS (3D)

Nom	Descripció
3DPDE_2V	Filtre en tres dimensions que segueix el model de temperatura granular de Partial Differential Equation. La geometria està dividida en dos volums i no incorpora el volum previ d'aigua. Sense reixa.
3DPP_3VLLARG	Filtre en tres dimensions que segueix el model de temperatura granular de Phase Property. La geometria està dividida en tres volums i sí incorpora el volum previ d'aigua. S'ha augmentat l'alçada del filtre. Sense reixa.
3DPP_3V	Filtre en tres dimensions que segueix el model de temperatura granular de Phase Property. La geometria està dividida en tres volums i sí incorpora el volum previ d'aigua. Sense reixa.
3DPP_3VU0	Filtre en tres dimensions que segueix el model de temperatura granular de Phase Property. La geometria està dividida en tres volums i sí incorpora el volum previ d'aigua. Sense reixa. S'ha limitat l'accés de la sorra en el volum d'aigua mencionat.
3DPP_2VMG	Filtre en tres dimensions que segueix el model de temperatura granular de Phase Property. La geometria està dividida en dos volums i no incorpora el volum previ d'aigua. Amb reixa i una malla amb més elements.

Taula 2 - Llistat i descripció de les simulacions en tres dimensions realitzades.

D'aquestes cinc simulacions, tant la 3DPDE_2V i la 3DPP_2VMG han donat resultats esperançadors. En la figura 5 es pot veure una representació de l'última simulació esmentada.

La velocitat d'entrada escollida ha sigut massa baixa, però no ha donat cap error en la simulació.

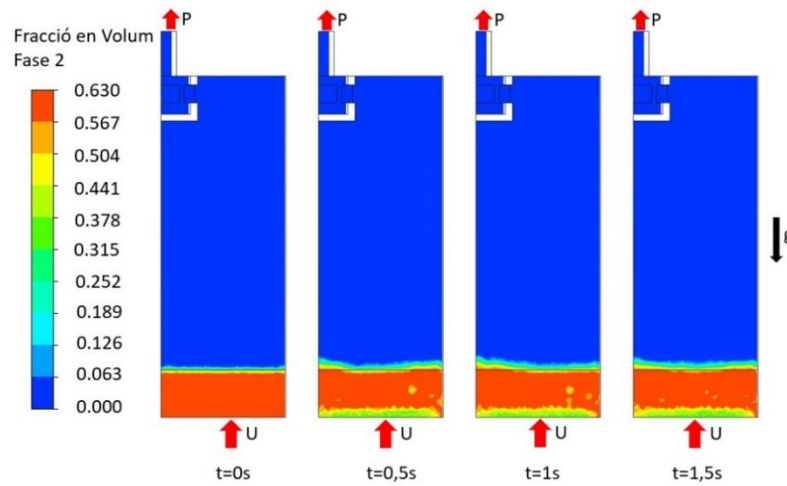


Figura 5 - Fracció en volum de sorra de la simulació 3DPP_2VMG a t=0s, t=0,5s, t=1s i t=1,5s amb U=0,0466m/s.

S'ha observat que en afegir la part inferior del filtre, aquesta dona problemes amb la interacció de la sorra, tal com es mostra en la figura 6, la qual ha donat un error al cap de 0,0641 segons en el cas mostrat.

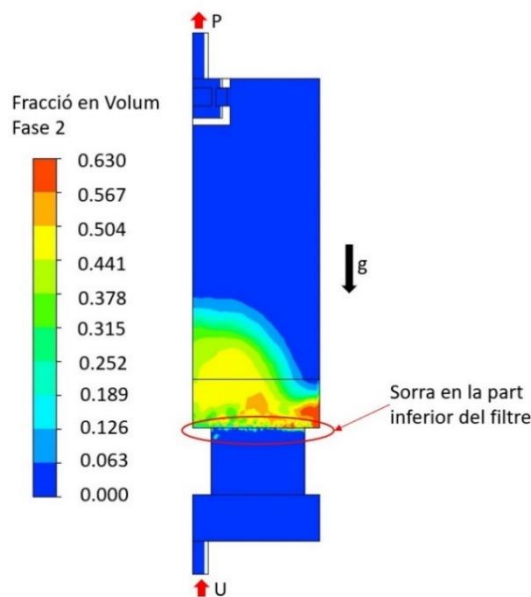


Figura 6 - Fracció en volum de sorra de la simulació 3DPP_3VU0 a t=0,0641 amb U=0,05m/s.

5. CONCLUSIONS

Per a la simulació de filtres en tres dimensions es proposa realitzar-les sense la part inferior del filtre i calculant el cabal corresponent a l'entrada. El model de temperatura granular és indiferent, ja que s'han obtingut resultats similars en les simulacions en dues dimensions. Es recomana la utilització d'un pas de temps de 0,001s i uns residuals de 10^{-4} per un càlcul més precís. Respecte al model d'arrossegament, es considera més adient el de Wen-Yu, ja que s'ha vist que el comportament del model de Huilin-Gidaspow difereix dels resultats de l'assaig experimental 2D.