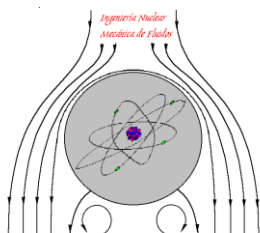


eman ta zabal zazu

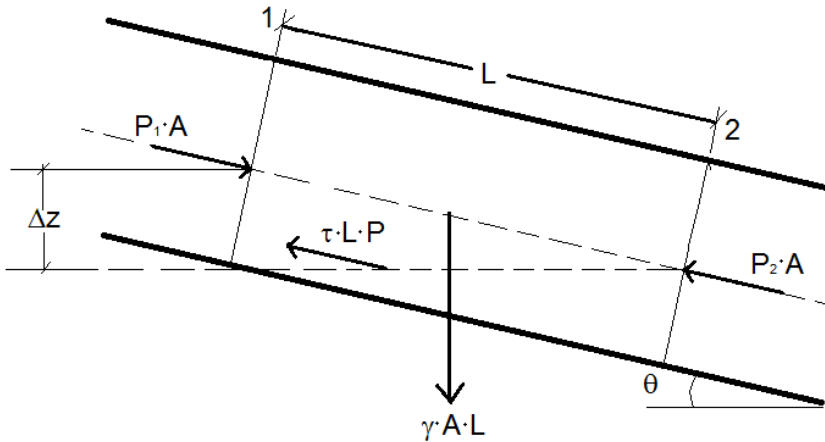
16. Gaia: Hodi itxietako karga- galeren kalkulua



Gorka Alberro Eguilegor
Joseba Aranburu Aierbe
Ganix Esnaola Aldanondo
Maddi Garmendia Antín
Estibalitz Goikoetxea Miranda

16. Gaia: Hodi itxietako karga-galeren kalkulua

FLUXUAREKIKO ERRESISTENTZIA HODI ITXIETAN. DARCY-WEISBACHEN EKUAZIOA



Hasierako hipotesiak:

- Fluxu turbulentua
- Erregimen iraunkor eta uniformea
- Fluido konprimaezina
- Hodi itxia
- Fluxu unidimentsionala

16.1 Irudia. Hodi itxi bateko control bolumena. Geure irudia.

$$p_1 A - p_2 A + \gamma A L \sin \theta = \tau L P$$

$$\sin \theta = \Delta z / L$$

$$(p_1 - p_2)A + \gamma A \Delta z = \tau L P$$

$$\Delta p A + \gamma A \Delta z = \tau L P$$

$$\Delta p / L + \gamma \Delta z / L = \tau P / A$$

16. Gaia: Hodi itxietako karga-galeren kalkulua

FLUXUAREKIKO ERRESISTENTZIA HODI ITXIETAN. DARCY-WEISBACHEN EKUAZIOA

Prandtl-en nahaste-luzera teoriaren arabera: $\tau = \lambda \rho v^2 / 2$
 (λ proporzionaltasun-faktore adimentsionala izanik)

$$\Delta p / L + \gamma \Delta z / L = \lambda \rho v^2 P / 2 A$$

Erradio hidraulikoa R_H hodiaren zeharkako ebakiduraren azalera (A) eta perimetro bustiaren (P) arteko erlazioa da ($R_H = A / P$). Ondorioz:

$$\Delta p / L + \gamma \Delta z / L = \lambda \rho v^2 / 2 R_H$$

Bernoulli ekuazioa aplikatuz:

$$B_1 - h_f = B_2 \quad \longrightarrow \quad P_1 / \gamma + z_1 - h_f = P_2 / \gamma + z_2$$

Erregimena iraunkorra eta uniforme denez v_1 eta v_2 berdinak dira.

$$(P_1 / \gamma - P_2 / \gamma) + (z_1 - z_2) = h_f$$

$$\Delta p / \gamma + \Delta z = h_f$$

$$\Delta p + \gamma \Delta z = \gamma h_f$$

16. Gaia: Hodi itxietako karga-galeren kalkulua

FLUXUAREKIKO ERRESISTENTZIA HODI ITXIETAN. DARCY-WEISBACHEN EKUAZIOA

$$h_f / L = \lambda \rho v^2 / 2 R_H$$

$$h_f = \lambda \cdot \frac{L}{R_H} \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g}$$

Hauxe da Darcy-Weisbach-en adierazpena edozein ebakiduratako hodi itxirentzat.

Hodi zirkularretarako erradio hidraulikoa ondorengoa da:

$$R_H = A / P = D/4 \longrightarrow h_f = 4 \cdot \lambda \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g} = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g}$$

Darcy-Weisbach-en adierazpena **hodi zirkularretarako**

16. Gaia: Hodi itxietako karga-galeren kalkulua

HODI LEUN ETA ZIMURTSUAK IKUSPEGI HIDRAULIKOTIK. MUGAK

Aurreko gaian muga-geruza aztertu zen eta azpigeruza laminarraren eraketa aipatu zen. Azpigeruza laminar honen lodiera Reynolds zenbakiarekiko alderantziz proportzionala da, zenbaki hau handitu ahala azpigeruza laminarraren lodiera gutxitu egiten da:

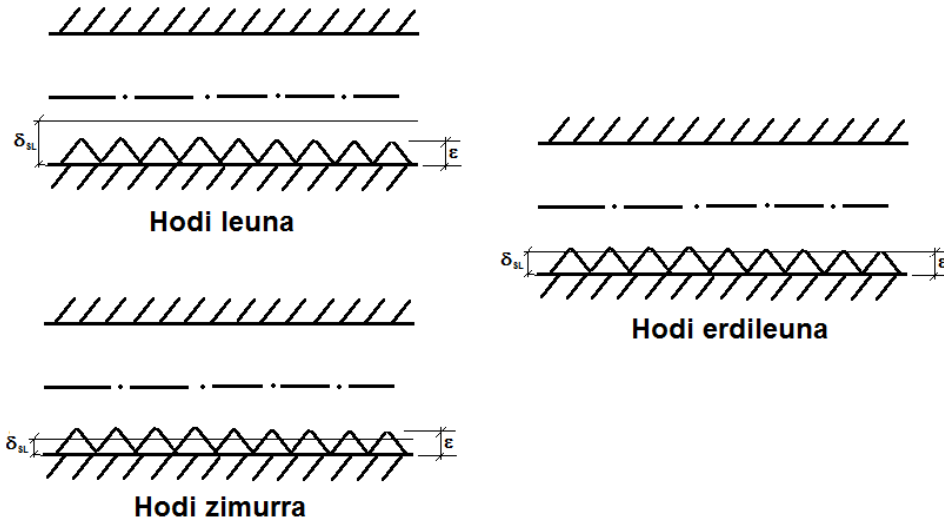
$$\frac{\delta_{sl}}{D} = \frac{11.6}{\text{Re}} \sqrt{\frac{8}{f}}$$

Hodiko paretetako zimurtasunen batzbestekoari ε deritzo, materialaren ezaugarria da. Bere baloreak tabulaturik daude **3. Taulan**, irakasgaiko Taula eta Abakoak eranskinean.

Materialaren zimurtasun eta hodiaren diametroaren arteko erlazioari zimurtasun erlatiboa deritzo: ε / D

16. Gaia: Hodi itxietako karga-galeren kalkulua

HODI LEUN ETA ZIMURTSUAK IKUSPEGI HIDRAULIKOTIK. MUGAK



16.2 Irudia. Hodi baten portaeraren zehaztea. Geure irudia.

Azpigeruza laminarraren lodiera hodiko materialaren zimurtasuna ε baino handiagoa denean ($\delta_{sl} \gg \varepsilon$) hodia **hidraulikoki leuna** bezala portatzen dela esaten da. Kontrako kasuan ($\delta_{sl} \ll \varepsilon$) portaera **hidraulikoki zimurra** dela, eta antzeko balioak dituztenean, portaera **hidraulikoki erdileuna** duela esaten da.

Leun-erdileun muga:

$$Re' = \frac{23}{\varepsilon / D}$$

Erdileun-zimurra muga:

$$\left\{ \begin{array}{l}
 Re'' = \frac{200}{\varepsilon / D \sqrt{f}} \\
 \text{edo} \\
 Re'' = \frac{560}{\varepsilon / D}
 \end{array} \right.$$

IGURTZIERA-KOEFIZIENTEAREN KALKULURAKO ADIERAZPENAK

IGURTZIERA-KOEFIZIENTEAK HODIETAN			
Fluxu-mota	Hodiaren portaera	Adierazpena	
Fluxu laminarra $Re \leq 2000$		Hagen-Poiseuille	$f = 64 / Re$
$2000 < Re < 4000$	Fluxu zehaztugabea	Zonalde kritikoa, ez da komeni lan egitea	
Fluxu turbulentua ($Re \geq 4000$)	Hodi Leuna $Re < Re' = \frac{23}{\epsilon/D}$	$Re \leq 10^5$ Blasius $Re > 10^5$ Karman-Prandtl	$f = 0.316 / Re^{0.25}$ $\frac{1}{\sqrt{f}} = 2 \cdot \log \frac{Re \cdot \sqrt{f}}{2.51}$
	Hodi erdileuna $Re' \leq Re \leq Re''$	Colebrook- White	$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \cdot \log \left[\frac{2.51}{Re \cdot \sqrt{f}} + \frac{\epsilon/D}{3.71} \right]$
	Hodi zimurra $Re > Re'' = \frac{560}{\epsilon/D}$	Karman-Prandtl	$f = \frac{0.25}{\left[\log_{10} \frac{3.71}{\epsilon/D} \right]^2}$

16. Gaia: Hodi itxietako karga-galeren kalkulua

IGURTZIERA-KOEFIZIENTEAREN KALKULURAKO ADIERAZPENAK

Hodi leun eta $Re > 10^5$ kasurako P.S.A.K-ren adierazpen hurbildua:

$$f = \frac{0.25}{\left[\log_{10} \frac{5.74}{Re^{0.9}} \right]^2}$$

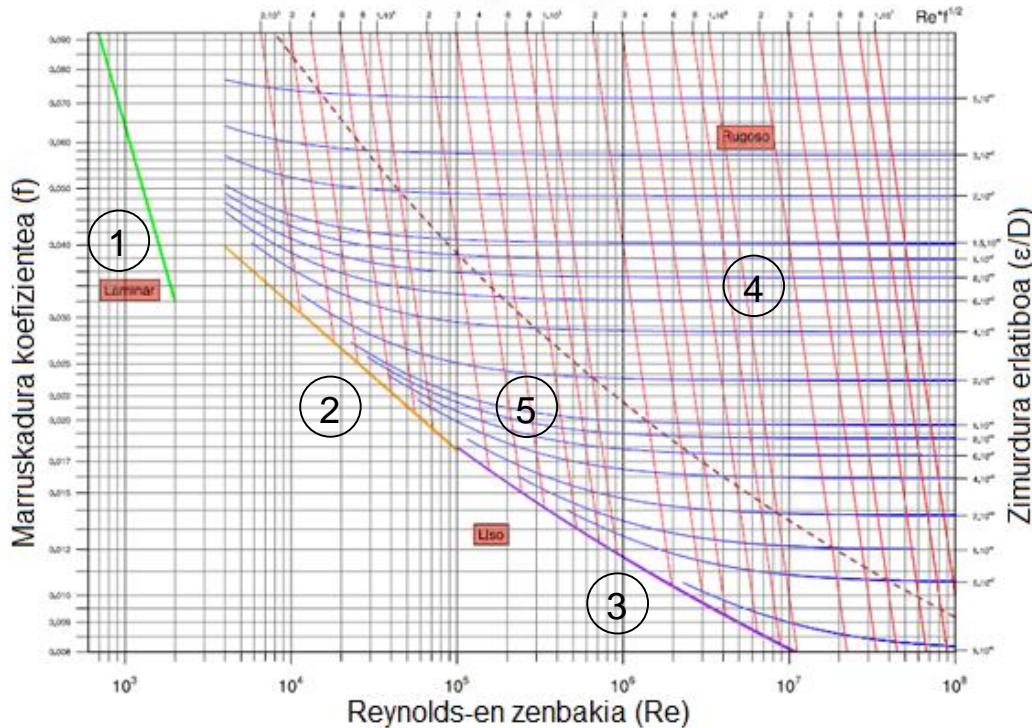
Hodi erdileunen kasurako P.S.A.K-ren adierazpen hurbildua:

$$f = \frac{0.25}{\left[\log \left[\frac{\varepsilon/D}{3.71} + \frac{5.74}{Re^{0.9}} \right] \right]^2}$$

16. Gaia: Hodi itxietako karga-galeren kalkulua

MOODYREN ABAKOA

Moodyren abakoa



(1) Ekuazioa: **Hagen-Poiseuille**; Fluxu laminarra ($Re \leq 2000$).

(2) Ekuazioa: **Blasius**; Fluxu turbulentua eta hodi leunak ($4000 \leq Re \leq 10^5$)

(3) Ekuazioa :**Karman-Prandtl**; Fluxu turbulentua eta hodi leunak ($Re > 10^5$)

(4) Ekuazioa: **Karman-Prandtl**; Fluxu turbulentua eta hodi zimurrak ($Re > Re''$)

(5) Ekuazioa: **Colebrook-White**; Fluxu turbulentua eta hodi erdizimurrak ($Re' \leq Re < Re''$)

16.3 Moody-ren abakoaren zonaldeak. Geure irudia.

16. Gaia: Hodi itxietako karga-galeren kalkulua

MOODYREN ABAKOAREN ERABILPENA

MOTA	DATUAK	EZEZAGUNA
I	Q, L, D, v, ε	h_f (karga galera)
II	$h_f, L, D, v, \varepsilon$	Q (emaria)
III	$h_f, L, Q, v, \varepsilon$	D (diametroa)

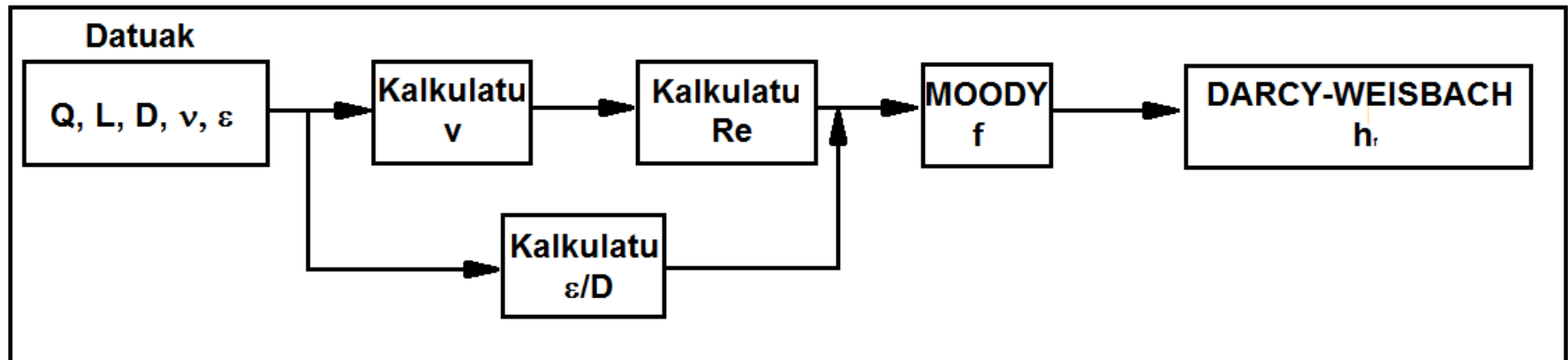
16. Gaia: Hodi itxietako karga-galeren kalkulua

MOODYREN ABAKOAREN ERABILPENA

I MOTAKO ARIKETA

Datuak: Q , L , D , ν , ε

Ezezaguna: h_f (karga-galerak)



16.4 Irudia. I motako ariketaren ebazpenaren eskema.
Geure irudia.

16. Gaia: Hodi itxietako karga-galeren kalkulua

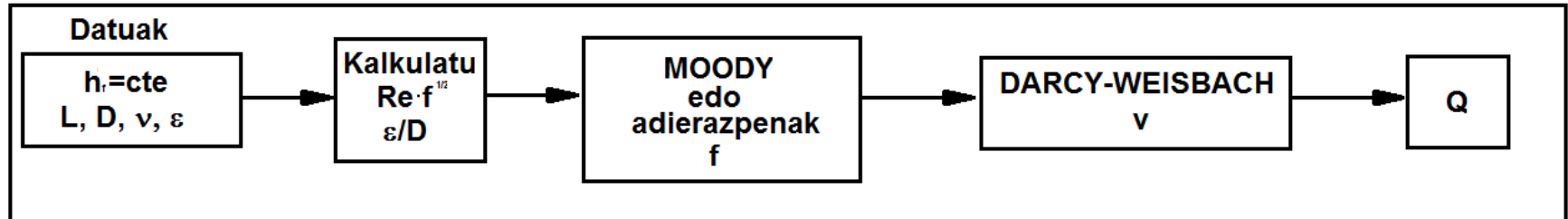
MOODYREN ABAKOAREN ERABILPENA

II MOTAKO ARIKETA

Datuak: h_f , L , D , v , ε

Ezezaguna: Q (emaria)

a) $h_f = \text{Cte} = K$



16.5 Irudia. IIa) motako ariketaren ebazpenaren eskema.
Geure irudia.

16. Gaia: Hodi itxietako karga-galeren kalkulua

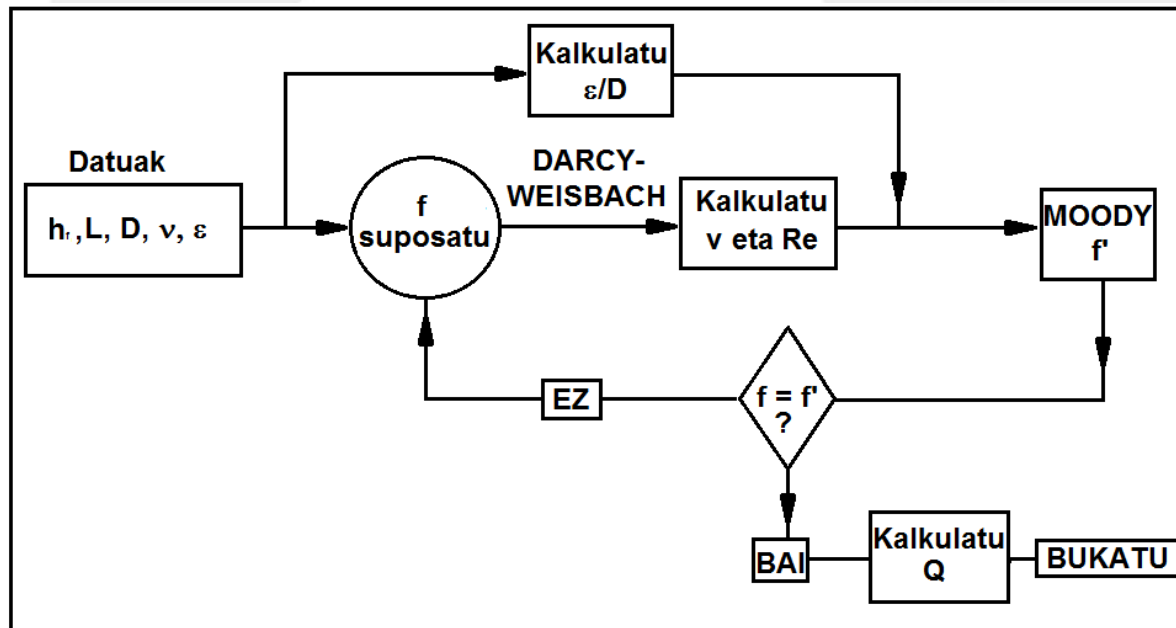
MOODYREN ABAKOAREN ERABILPENA

II MOTAKO ARIKETA

Datuak: h_f , L , D , v , ε

Ezezaguna: Q (emaria)

b) $h_f =$ Adierazpen matematikoa



16.6 Irudia. IIb) motako ariketaren ebazpenaren eskema. Geure irudia.

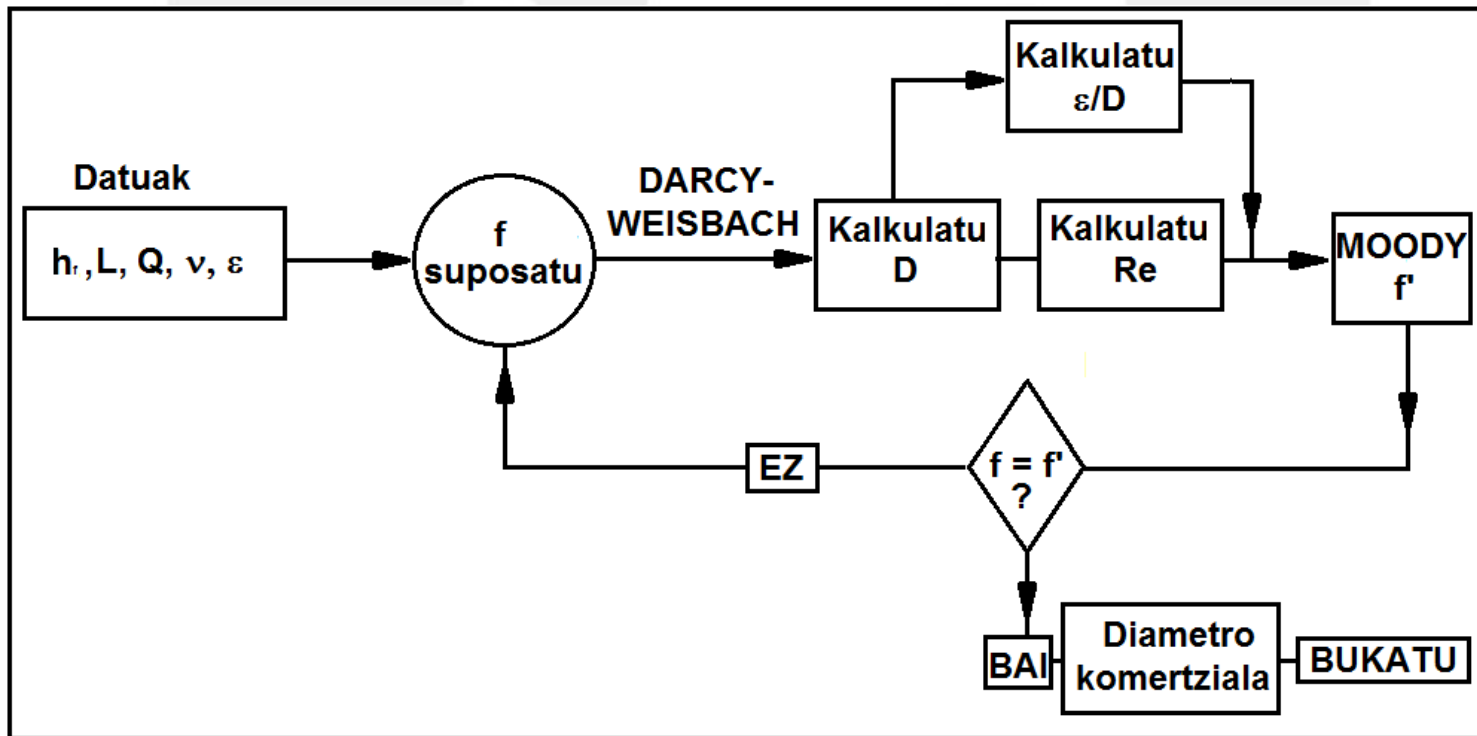
16. Gaia: Hodi itxietako karga-galeren kalkulua

MOODYREN ABAKOAREN ERABILPENA

III MOTAKO ARIKETA

Datuak: $h_f, L, Q, \nu, \varepsilon$

Ezezaguna: D (Diametroa)



16.7 Irudia. III motako ariketaren ebazpenaren eskema. Geure irudia.