

**ANEXO 12: Programas en Mathcad realizados para el modelo Clásico y los modelos SZ-I, SZ-II y SZ-III para obtener:**

Coeficiente de Presión

Fuerzas Aerodinámicas

Función de Corriente

Velocidad Tangencial

Perfiles de la Velocidad Tangencial

Velocidad Inducida (sólo para SZ-I, SZ-II y SZ-III)

Archivo: CPclasico

Programa para calcular el Coeficiente de Presión sobre un cilindro utilizando el modelo Clásico

$$N := 100 \cdot \pi \quad i := 0..N \quad \theta_i := \left(\frac{\pi}{N}\right) \cdot i \quad \text{Paso de } \theta \quad \theta_1 - \theta_0 = \blacksquare$$

Parámetros

$$a := 1 \quad \Gamma := 4.568$$

$$V := 3.448 \quad R := a$$

$$f1(\theta) := V \cdot \left( \sin(\theta) + \frac{a^2}{R^2} \cdot \sin(\theta) \right) + \frac{\Gamma}{2 \cdot \pi \cdot R}$$

$$f(\theta) := f1(\theta)$$

$$Cp(\theta) := 1 - \left( \frac{f(\theta)}{V} \right)^2$$

$$M_i := -Cp(\theta_i)$$

Archivo: FAclasico

Programa para calcular las Fuerzas Aerodinámicas sobre  
un cilindro utilizando el modelo Clásico

Parámetros

$$a := 1 \quad \Gamma := 4.568$$

$$V := 3.448 \quad \rho := 1$$

Fuerza de Arrastre

$$X := 0$$

$$CD := \frac{X}{\frac{\rho}{2} \cdot V^2 \cdot 2 \cdot a \cdot 1}$$

Fuerza de Sustentación

$$Y := \rho \cdot V \cdot \Gamma$$

$$CL := \frac{Y}{\frac{\rho}{2} \cdot V^2 \cdot 2 \cdot a \cdot 1}$$

Archivo : FunCorclasico

Programa para calcular la Función de Corriente sobre un cilindro utilizando el modelo Clásico

$$N := 250 \quad i := -N..N \quad x_i := \left(\frac{2.5}{N}\right) \cdot i + 0.001 \quad \text{Paso para X} \quad X := x_{-99} - x_{-100} \quad X = \blacksquare$$

$$M := 250 \quad j := -M..M \quad y_j := \left(\frac{2.5}{M}\right) \cdot j + 0.001 \quad \text{Paso para Y} \quad Y := y_{-49} - y_{-50} \quad Y = \blacksquare$$

Parámetros

$$a := 1 \quad \Gamma := 4.568$$

$$V := 3.448$$

Función de Corriente

$$\psi(x,y) := V \cdot \left( y - \frac{a^2 \cdot y}{x^2 + y^2} \right) + \frac{\Gamma}{2 \cdot \pi} \cdot \ln \left( \frac{\sqrt{x^2 + y^2}}{a} \right)$$

$$M_{i,j} := \psi(x_i, y_j)$$

$$M_{i,j} =$$

■

Archivo : VTclasico

Programa para calcular la Velocidad Tangencial sobre un cilindro utilizando el modelo Clásico

$N := 1000$      $i := 100 .. N$      $R_i := \left(\frac{10}{N}\right) \cdot i$     Paso de R     $R_{102} - R_{101} = \blacksquare$

Parámetros

$a := 1$      $\Gamma := 4.568$

$V := 3.448$      $\theta := \frac{\pi}{2}$

Velocidad Tangencial

$$f1(R) := V \cdot \left( \sin(\theta) + \frac{a^2}{R^2} \cdot \sin(\theta) \right) + \frac{\Gamma}{2 \cdot \pi \cdot R}$$

$Vt(R) := f1(R)$

$M_i := Vt(R_i)$

$M_i =$

■

## Programa para el cálculo de los perfiles de velocidades sobre el cilindro con el modelo clásico.

Archivo : VTclasico

Programa para calcular la Velocidad Tangencial sobre un cilindro utilizando el modelo Clásico

$$N := 600 \quad i := 100 .. N \quad R_i := \left( \frac{6}{N} \right) \cdot i \quad \text{Paso de R} \quad R_{102} - R_{101} = \blacksquare$$

Parámetros

$$a := 1 \quad \Gamma := 4.568 \quad R_{cir} := 10 \quad T := R_{cir} - a$$

$$V := 3.448 \quad \theta := 0$$

### Velocidad Tangencial

$$f1(R) := V \cdot \left( \sin(\theta) + \frac{a^2}{R^2} \cdot \sin(\theta) \right) + \frac{\Gamma}{2 \cdot \pi \cdot R}$$

$$Vt(R) := f1(R)$$

$$M_1 := V(R_1)$$

$$M_1 =$$

$$R_1 =$$

$$\theta = \blacksquare \text{deg}$$

Parámetros

$$v(1) = \blacksquare$$

$$v(3) = \blacksquare$$

$$a = \blacksquare \quad \Gamma = \blacksquare$$

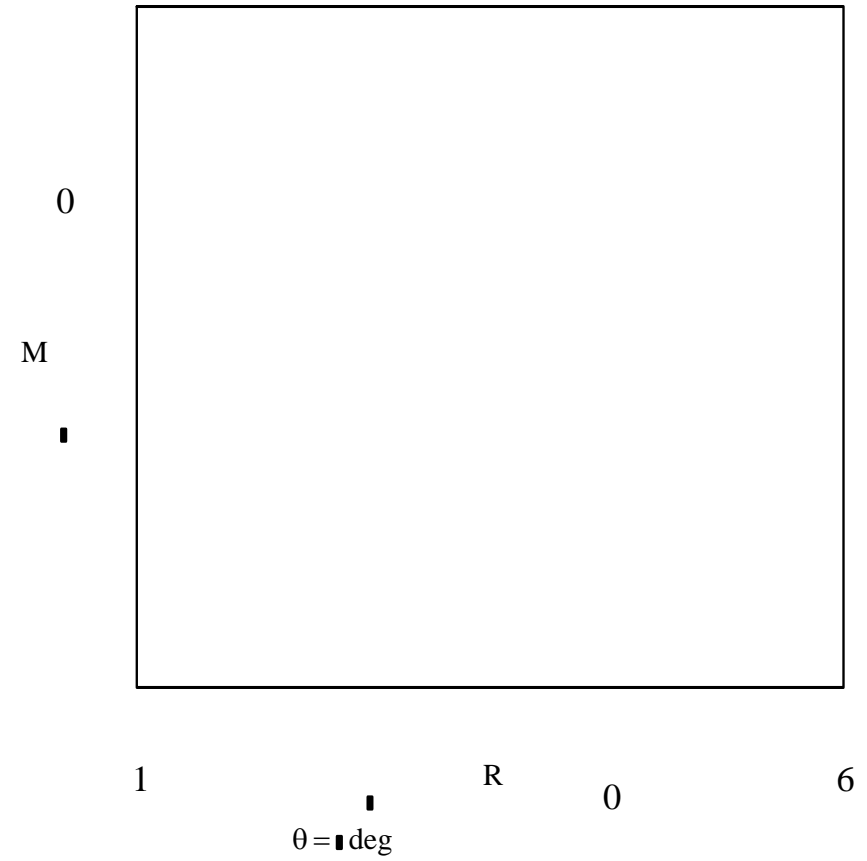
$$v(5) = \blacksquare$$

$$V = \blacksquare$$

$$v(7) = \blacksquare$$

$$v(10) = \blacksquare$$

$$\theta = \blacksquare \text{deg}$$



$$C := \text{vt}(1) \quad C = \blacksquare$$

$$Y\text{Tras}_1 := \text{vt}(R_1) - C$$

$$X\text{Tras}_1 := R_1 + T$$

$$\text{Mod}_1 := \sqrt{[(X\text{Tras}_1)_i]^2 + (Y\text{Tras}_1)^2}$$

$$\text{ang}_1 := \text{atan2}[(X\text{Tras}_1)_i, Y\text{Tras}_1]$$

$$H0 := (\max(X\text{Tras}) \cdot \cos(\theta) \quad \max(X\text{Tras}) \cdot \sin(\theta))$$

$$\text{RotX}_1 := \text{Mod}_1 \cdot \cos(\text{ang}_1 + \theta)$$

$$\text{RotY}_1 := \text{Mod}_1 \cdot \sin(\text{ang}_1 + \theta)$$

$$P0 := \begin{pmatrix} \text{RotX}_{100} & \text{RotY}_{100} \end{pmatrix} \quad S0 := \begin{pmatrix} \text{RotX}_N & \text{RotY}_N \end{pmatrix}$$

$$\text{PerfilV0} := \text{augment}(\text{RotX}, \text{RotY})$$



$$R_{neg_i} := (1 - R_i) \cdot R_{cir} \quad Y_{cn_i} := \sqrt{R_{cir}^2 - (R_{neg_i})^2} \quad Cir_{neg} := \text{augment}(R_{neg}, Y_{cn})$$

$$R_{pos_i} := (R_i - 1) \cdot R_{cir} \quad Y_{cp_i} := \sqrt{R_{cir}^2 - (R_{pos_i})^2} \quad Cir_{pos} := \text{augment}(R_{pos}, Y_{cp})$$

PerfilV := augment(Cirneg, Cirpos, PerfilV0, PerfilV30, PerfilV60, PerfilV90, PerfilV120, PerfilV150, PerfilV180, PerfilV210, PerfilV240, PerfilV270, PerfilV300, PerfilV330, -Cirneg, -Cirpos)

Recta0 := stack(P0, H0, S0)      Recta30 := stack(P30, H30, S30)      Recta60 := stack(P60, H60, S60)      Recta90 := stack(P90, H90, S90)      Recta120 := stack(P120, H120, S120)

Recta150 := stack(P150, H150, S150)      Recta180 := stack(P180, H180, S180)      Recta210 := stack(P210, H210, S210)      Recta240 := stack(P240, H240, S240)

Recta270 := stack(P270, H270, S270)      Recta300 := stack(P300, H300, S300)      Recta330 := stack(P330, H330, S330)

Rectas := augment(Recta0, Recta30, Recta60, Recta90, Recta120, Recta150, Recta180, Recta210, Recta240, Recta270, Recta300, Recta330)



C:\.\PerfilV30.dat

PerfilV



C:\.\Rectas30.dat

Rectas

PerfilV := augment(Cirneg, Cirpos, PerfilV0, PerfilV45, PerfilV90, PerfilV135, PerfilV180, PerfilV225, PerfilV270, PerfilV315, -Cirneg, -Cirpos)

Recta0 := stack(P0, H0, S0)

Recta45 := stack(P45, H45, S45)

Recta90 := stack(P90, H90, S90)

Recta135 := stack(P135, H135, S135)

Recta180 := stack(P180, H180, S180)

Recta225 := stack(P225, H225, S225)

Recta270 := stack(P270, H270, S270)

Recta315 := stack(P315, H315, S315)

Rectas := augment(Recta0, Recta45, Recta90, Recta135, Recta180, Recta225, Recta270, Recta315)



C:\..\PerfilV45.dat

Perfil V



C:\..\Rectas45.dat

Rectas

Archivo: CPSZ1\_bma

Programa para calcular el Coeficiente de Presión sobre un cilindro utilizando el modelo SZ-1

$$N := 100 \cdot \pi \quad i := 0..N \quad \theta_i := \left(\frac{\pi}{N}\right) \cdot i \quad \text{Paso de } \theta \quad \theta_1 - \theta_0 = \blacksquare$$

Parámetros

$$a := 1 \quad Q := -0.0351388881$$

$$b := 1.01988066867 \quad \Gamma := 4.568$$

$$V := 3.448 \quad R := a$$

$$\kappa := \text{asin}\left(\frac{\Gamma}{4\pi \cdot V \cdot a}\right)$$

$$\beta := 2 \cdot \pi - \kappa$$

Coeficiente de Presión

$$f1(\theta) := V \cdot \left( \sin(\theta) + \frac{a^2}{R^2} \cdot \sin(\theta) \right) + \frac{\Gamma}{2 \cdot \pi \cdot R}$$

$$f2(\theta) := -\frac{Q}{2 \cdot \pi} \cdot \left[ \frac{\left[ \frac{\cos(\theta)}{\sqrt{R^2 + b^2 - 2 \cdot b \cdot R \cdot \cos(\theta - \beta)}} - \frac{1}{2} \cdot \frac{R \cdot \cos(\theta) - b \cdot \cos(\beta)}{\left(\sqrt{R^2 + b^2 - 2 \cdot b \cdot R \cdot \cos(\theta - \beta)}\right)^3} \cdot (2 \cdot R - 2 \cdot b \cdot \cos(\theta - \beta)) \right]}{\sqrt{1 - \frac{(R \cdot \cos(\theta) - b \cdot \cos(\beta))^2}{R^2 + b^2 - 2 \cdot b \cdot R \cdot \cos(\theta - \beta)}}} \right]$$

$$f_3(\theta) := -\frac{Q}{2 \cdot \pi} \cdot \left[ \frac{\left[ \frac{\cos(\theta)}{\sqrt{R^2 + \frac{a^4}{b^2} - 2 \cdot \frac{a^2}{b} \cdot R \cdot \cos(\theta - \beta)}} - \frac{1}{2} \cdot \frac{\left( R \cdot \cos(\theta) - \frac{a^2}{b} \cdot \cos(\beta) \right)}{\left( \sqrt{R^2 + \frac{a^4}{b^2} - 2 \cdot \frac{a^2}{b} \cdot R \cdot \cos(\theta - \beta)} \right)^3} \cdot \left( 2 \cdot R - 2 \cdot \frac{a^2}{b} \cdot \cos(\theta - \beta) \right) \right]}{\sqrt{1 - \frac{\left( R \cdot \cos(\theta) - \frac{a^2}{b} \cdot \cos(\beta) \right)^2}{R^2 + \frac{a^4}{b^2} - 2 \cdot \frac{a^2}{b} \cdot R \cdot \cos(\theta - \beta)}}}$$

$$f(\theta) := f_1(\theta) + f_2(\theta) + f_3(\theta)$$

$$C_p(\theta) := 1 - \left( \frac{f(\theta)}{V} \right)^2 \quad C_{p, \text{clas}}(\theta) := 1 - \left( \frac{f_1(\theta)}{V} \right)^2$$

$$M_i := -C_p(\theta_i)$$

Archivo: FASZ1\_bma

Programa para calcular las Fuerzas Aerodinámicas sobre un cilindro utilizando el modelo SZ-1

Parámetros

$$a := 1 \quad \Gamma := 4.568 \quad \rho := 1$$

$$b := 1.01916844555 \quad V := 3.448$$

$$Q := -0.0326282261$$

$$\kappa := \operatorname{asin}\left(\frac{\Gamma}{4\pi \cdot V \cdot a}\right)$$

$$\beta := 2 \cdot \pi - \kappa$$

Fuerza de Arrastre

$$X := -\frac{\rho}{b^2} \cdot V \cdot a^2 \cdot Q \cdot \cos(2 \cdot \beta) + \frac{1}{2} \cdot \frac{\rho}{\pi \cdot b} \cdot Q \cdot \Gamma \cdot \sin(\beta) + \frac{1}{2} \cdot \frac{\rho}{\pi} \cdot \frac{\cos(\beta)}{(b^2 - a^2)} \cdot Q^2 \cdot b - \frac{1}{2} \cdot \frac{\rho}{\pi \cdot b} \cdot Q^2 \cdot \cos(\beta)$$

$$CD := \frac{X}{\frac{\rho}{2} \cdot V^2 \cdot 2 \cdot a \cdot 1}$$

Fuerza de Sustentación

$$Y := -\rho \cdot V \cdot a^2 \cdot Q \cdot \frac{\sin(2 \cdot \beta)}{b^2} - \frac{1}{2} \cdot \frac{\rho}{\pi \cdot b} \cdot Q \cdot \Gamma \cdot \cos(\beta) + \frac{1}{2} \cdot Q^2 \cdot \frac{b}{\pi \cdot (b^2 - a^2)} \cdot \sin(\beta) - \frac{1}{2} \cdot \frac{\rho}{\pi \cdot b} \cdot Q^2 \cdot \sin(\beta) + \rho \cdot V \cdot \Gamma$$

$$CL := \frac{Y}{\frac{\rho}{2} \cdot V^2 \cdot 2 \cdot a \cdot 1}$$



$$Rb(x, y) := \sqrt{x^2 + y^2 + b^2 - 2 \cdot b \cdot (y \cdot \sin(\beta) + x \cdot \cos(\beta))}$$

$$\theta b(x, y) := \arccos\left(\frac{x - b \cdot \cos(\beta)}{Rb(x, y)}\right)$$

$$\psi 1(x, y) := V \cdot \left( y - \frac{a^2 \cdot y}{x^2 + y^2} \right) + \frac{\Gamma}{2 \cdot \pi} \cdot \ln\left(\frac{\sqrt{x^2 + y^2}}{a}\right)$$

$$\psi 2(x, y) := \frac{Q}{2 \cdot \pi} \cdot \left( \theta b(x, y) + \theta a(x, y) - \operatorname{atan}\left(\frac{y}{x}\right) \right) - \frac{Q}{2}$$

$$M_{i, j} := \psi 1(x_i, y_j) + \psi 2(x_i, y_j)$$

$$M_{i, j} =$$

■

Archivo : VTSZ1\_bma

Programa para calcular la Velocidad Tangencial sobre un cilindro utilizando el modelo SZ-1

$$N := 1000 \quad i := 100..N \quad R_i := \left(\frac{10}{N}\right) \cdot i \quad \text{Paso de R} \quad R_{102} - R_{101} = \Delta$$

Parámetros

$$a := 1 \quad Q := -0.04$$

$$b := 1.2 \quad \Gamma := 4.568$$

$$V := 3.448 \quad \theta := \frac{\pi}{2}$$

$$\kappa := \text{asin}\left(\frac{\Gamma}{4\pi \cdot V \cdot a}\right)$$

$$\beta := 2 \cdot \pi - \kappa$$

Velocidad Tangencial

$$f1(R) := V \cdot \left( \sin(\theta) + \frac{a^2}{R^2} \cdot \sin(\theta) \right) + \frac{\Gamma}{2 \cdot \pi \cdot R}$$

$$f2(R) := -\frac{Q}{2 \cdot \pi} \cdot \left[ \frac{\frac{\cos(\theta)}{\sqrt{R^2 + b^2 - 2 \cdot b \cdot R \cdot \cos(\theta - \beta)}} - \frac{1}{2} \cdot \frac{R \cdot \cos(\theta) - b \cdot \cos(\beta)}{\left(\sqrt{R^2 + b^2 - 2 \cdot b \cdot R \cdot \cos(\theta - \beta)}\right)^3} \cdot (2 \cdot R - 2 \cdot b \cdot \cos(\theta - \beta))}{\sqrt{1 - \frac{(R \cdot \cos(\theta) - b \cdot \cos(\beta))^2}{R^2 + b^2 - 2 \cdot b \cdot R \cdot \cos(\theta - \beta)}}} \right]$$



$$f_3(R) := -\frac{Q}{2 \cdot \pi} \cdot \left[ \frac{\left[ \frac{\cos(\theta)}{\sqrt{R^2 + \frac{a^4}{b^2} - 2 \cdot \frac{a^2}{b} \cdot R \cdot \cos(\theta - \beta)}} - \frac{1}{2} \cdot \frac{\left( R \cdot \cos(\theta) - \frac{a^2}{b} \cdot \cos(\beta) \right)}{\left( \sqrt{R^2 + \frac{a^4}{b^2} - 2 \cdot \frac{a^2}{b} \cdot R \cdot \cos(\theta - \beta)} \right)^3} \cdot \left( 2 \cdot R - 2 \cdot \frac{a^2}{b} \cdot \cos(\theta - \beta) \right) \right]}{\sqrt{1 - \frac{\left( R \cdot \cos(\theta) - \frac{a^2}{b} \cdot \cos(\beta) \right)^2}{R^2 + \frac{a^4}{b^2} - 2 \cdot \frac{a^2}{b} \cdot R \cdot \cos(\theta - \beta)}}} \right]$$

$$V_t(R) := f_1(R) + f_2(R) + f_3(R)$$

$$M_i := V_t(R_i)$$

$$M_i =$$

■

Archivo: Vel\_ind\_SZ1\_bma

## Modelo SZ-1

### Parte Imaginaria

$$\Gamma := 4.568 \quad V := 3.448 \quad a := 1$$

$$\kappa := \operatorname{asin}\left(\frac{\Gamma}{4\pi \cdot V \cdot a}\right)$$

$$\beta := 2 \cdot \pi - \kappa$$

$$Q(b) := \frac{-V \cdot \frac{a^2}{b^2} \cdot \sin(2 \cdot \beta) - \frac{1}{2} \cdot \frac{\Gamma}{\pi \cdot b} \cdot \cos(\beta)}{\frac{1}{\pi \cdot b} \cdot \sin(\beta) - \frac{1}{2} \cdot \frac{b \cdot \sin(\beta)}{\pi \cdot (b^2 - a^2)}}$$

Programa para el cálculo de los perfiles de velocidades sobre el cilindro con el modelo SZ – 1.

Archivo : VTSZ1\_bma

Programa para calcular la Velocidad Tangencial sobre un cilindro utilizando el modelo SZ-1 para **b** mayor que **a**

$N := 600$        $i := 100 .. N$        $R_i := \left( \frac{6}{N} \right) \cdot i$       Paso de R       $R_{102} - R_{101} = \blacksquare$

Parámetros

$a := 1$        $Q := -0.0351388881$        $R_{cir} := 10$        $T := R_{cir} - a$

$b := 1.01988066867$        $\Gamma := 4.568$

$V := 3.448$        $\theta := 0$

$\kappa := \text{asin} \left( \frac{\Gamma}{4\pi \cdot V \cdot a} \right)$

$\beta := 2 \cdot \pi - \kappa$

## Velocidad Tangencial

$$f1(R) := V \cdot \left( \sin(\theta) + \frac{a^2}{R^2} \cdot \sin(\theta) \right) + \frac{\Gamma}{2 \cdot \pi \cdot R}$$

$$f2(R) := \frac{Q}{2 \cdot \pi} \cdot \left[ \frac{\left[ \frac{\cos(\theta)}{\sqrt{R^2 + b^2 - 2 \cdot b \cdot R \cdot \cos(\theta - \beta)}} - \frac{1}{2} \frac{R \cdot \cos(\theta) - b \cdot \cos(\beta)}{\left(\sqrt{R^2 + b^2 - 2 \cdot b \cdot R \cdot \cos(\theta - \beta)}\right)^3} \cdot (2 \cdot R - 2 \cdot b \cdot \cos(\theta - \beta)) \right]}{\sqrt{1 - \frac{(R \cdot \cos(\theta) - b \cdot \cos(\beta))^2}{R^2 + b^2 - 2 \cdot b \cdot R \cdot \cos(\theta - \beta)}}} \right]$$

$$f3(R) := \frac{Q}{2 \cdot \pi} \cdot \left[ \frac{\left[ \frac{\cos(\theta)}{\sqrt{R^2 + \frac{a^4}{b^2} - 2 \cdot \frac{a^2}{b} \cdot R \cdot \cos(\theta - \beta)}} - \frac{1}{2} \frac{\left( R \cdot \cos(\theta) - \frac{a^2}{b} \cdot \cos(\beta) \right)}{\left(\sqrt{R^2 + \frac{a^4}{b^2} - 2 \cdot \frac{a^2}{b} \cdot R \cdot \cos(\theta - \beta)}\right)^3} \cdot \left( 2 \cdot R - 2 \cdot \frac{a^2}{b} \cdot \cos(\theta - \beta) \right) \right]}{\sqrt{1 - \frac{\left( R \cdot \cos(\theta) - \frac{a^2}{b} \cdot \cos(\beta) \right)^2}{R^2 + \frac{a^4}{b^2} - 2 \cdot \frac{a^2}{b} \cdot R \cdot \cos(\theta - \beta)}}} \right]$$

$$V(R) := f1(R) + f2(R) + f3(R)$$

$$M_i := V(R_i)$$

$$M_i =$$

■

$$R_i =$$

■

$$\theta = \blacksquare \text{ deg}$$

7.629

M

■



Parámetros

$$a = \blacksquare$$

$$Q = \blacksquare$$

$$b = \blacksquare$$

$$\Gamma = \blacksquare$$

$$V = \blacksquare$$

$$\beta = \blacksquare \text{ deg}$$

$$\theta = \blacksquare \text{ deg}$$

$$v_t(1) = \blacksquare$$

$$v_t(3) = \blacksquare$$

$$v_t(5) = \blacksquare$$

$$v_t(7) = \blacksquare$$

$$v_t(10) = \blacksquare$$

R

$$\theta = \blacksquare \text{ deg}$$

$$C := Vt(1) \quad C = \blacksquare$$

$$YTras_i := Vt(R_i) - C \quad XTras_i := R_i + T$$

$$Mod_i := \sqrt{[(XTras_i)]^2 + (YTras_i)^2} \quad ang_i := atan2[XTras_i, YTras_i] \quad H0 := (\max(XTras) \cdot \cos(\theta) \quad \max(XTras) \cdot \sin(\theta))$$

$$RotX_i := Mod_i \cdot \cos(ang_i + \theta) \quad RotY_i := Mod_i \cdot \sin(ang_i + \theta) \quad P0 := \begin{pmatrix} RotX_{100} & RotY_{100} \end{pmatrix} \quad S0 := \begin{pmatrix} RotX_N & RotY_N \end{pmatrix}$$

$$PerfilV0 := \text{augment}(RotX, RotY)$$

$$Rneg_i := (1 - R_i) \cdot Rcir \quad Ycn_i := \sqrt{Rcir^2 - (Rneg_i)^2} \quad Cirneg := \text{augment}(Rneg, Ycn)$$

$$Rpos_i := (R_i - 1) \cdot Rcir \quad Ycp_i := \sqrt{Rcir^2 - (Rpos_i)^2} \quad Cirpos := \text{augment}(Rpos, Ycp)$$

$$PerfilV := \text{augment}(Cirneg, Cirpos, PerfilV0, PerfilV30, PerfilV60, PerfilV90, PerfilV120, PerfilV150, PerfilV180, PerfilV210, PerfilV240, PerfilV270, PerfilV300, PerfilV330, -Cirneg, -Cirpos)$$

$$Recta0 := \text{stack}(P0, H0, S0) \quad Recta30 := \text{stack}(P30, H30, S30) \quad Recta60 := \text{stack}(P60, H60, S60) \quad Recta90 := \text{stack}(P90, H90, S90) \quad Recta120 := \text{stack}(P120, H120, S120)$$

$$Recta150 := \text{stack}(P150, H150, S150) \quad Recta180 := \text{stack}(P180, H180, S180) \quad Recta210 := \text{stack}(P210, H210, S210) \quad Recta240 := \text{stack}(P240, H240, S240)$$

$$Recta270 := \text{stack}(P270, H270, S270) \quad Recta300 := \text{stack}(P300, H300, S300) \quad Recta330 := \text{stack}(P330, H330, S330)$$

$$Rectas := \text{augment}(Recta0, Recta30, Recta60, Recta90, Recta120, Recta150, Recta180, Recta210, Recta240, Recta270, Recta300, Recta330)$$

  
C:\..\PV30.dat  
Perfil V

  
C:\..\R30.dat  
Rectas

PerfilV := augment(Cirneg, Cirpos, PerfilV0, PerfilV45, PerfilV90, PerfilV135, PerfilV180, PerfilV225, PerfilV270, PerfilV315, -Cirneg, -Cirpos)

Recta0 := stack(P0, H0, S0)

Recta45 := stack(P45, H45, S45)

Recta90 := stack(P90, H90, S90)

Recta135 := stack(P135, H135, S135)

Recta180 := stack(P180, H180, S180)

Recta225 := stack(P225, H225, S225)

Recta270 := stack(P270, H270, S270)

Recta315 := stack(P315, H315, S315)

Rectas := augment(Recta0, Recta45, Recta90, Recta135, Recta180, Recta225, Recta270, Recta315)

  
C:\..\PV45.dat  
Perfil V

  
C:\..\R45.dat  
Rectas

Archivo : CPSZ2\_bma

Programa para calcular el Coeficiente de Presión sobre un cilindro utilizando el modelo SZ-2

$$N := 100 \cdot \pi \quad i := 0 .. N \quad \theta_i := \left( \frac{\pi}{N} \right) \cdot i \quad \text{Paso de } \theta \quad \theta_1 - \theta_0 = \blacksquare$$

Parámetros

$$a := 1 \quad Q := -0.0351389987$$

$$b := 1.00038878986 \quad \Gamma := 4.568$$

$$V := 3.448 \quad R := a$$

$$\kappa := \arcsin\left(\frac{\Gamma}{4\pi \cdot V \cdot a}\right) \quad \text{Este ángulo es el mismo del punto de estancamiento Aguas Abajo, su valor debe ser positivo y en grados se mide desde el eje OX positivo}$$

$$\mu := 2 \cdot \pi - \kappa$$

$$\eta_1 := 0.5 \quad \text{En grados}$$

$$\eta := \frac{\eta_1 \cdot \pi}{180}$$

$$\beta_p := \mu + \eta$$

$$\beta_n := \mu - \eta$$



### Coeficiente de Presión

$$f1(\theta) := v \cdot \left( \sin(\theta) + \frac{a^2}{R^2} \cdot \sin(\theta) \right) + \frac{\Gamma}{2 \cdot \pi \cdot R}$$

$$f2(\theta) := -\frac{Q}{2 \cdot \pi} \cdot \left[ \frac{\left[ \frac{\cos(\theta)}{\sqrt{R^2 + b^2 - 2 \cdot b \cdot R \cdot \cos(\theta - \beta p)}} - \frac{1}{2} \cdot \frac{R \cdot \cos(\theta) - b \cdot \cos(\beta p)}{\left( \sqrt{R^2 + b^2 - 2 \cdot b \cdot R \cdot \cos(\theta - \beta p)} \right)^3} \cdot (2 \cdot R - 2 \cdot b \cdot \cos(\theta - \beta p)) \right]}{\sqrt{1 - \frac{(R \cdot \cos(\theta) - b \cdot \cos(\beta p))^2}{R^2 + b^2 - 2 \cdot b \cdot R \cdot \cos(\theta - \beta p)}}} \right]$$

$$f3(\theta) := -\frac{Q}{2 \cdot \pi} \cdot \left[ \frac{\left[ \frac{\cos(\theta)}{\sqrt{R^2 + \frac{a^4}{b^2} - 2 \cdot \frac{a^2}{b} \cdot R \cdot \cos(\theta - \beta p)}} - \frac{1}{2} \cdot \frac{\left( R \cdot \cos(\theta) - \frac{a^2}{b} \cdot \cos(\beta p) \right)}{\left( \sqrt{R^2 + \frac{a^4}{b^2} - 2 \cdot \frac{a^2}{b} \cdot R \cdot \cos(\theta - \beta p)} \right)^3} \cdot \left( 2 \cdot R - 2 \cdot \frac{a^2}{b} \cdot \cos(\theta - \beta p) \right) \right]}{\sqrt{1 - \frac{\left( R \cdot \cos(\theta) - \frac{a^2}{b} \cdot \cos(\beta p) \right)^2}{R^2 + \frac{a^4}{b^2} - 2 \cdot \frac{a^2}{b} \cdot R \cdot \cos(\theta - \beta p)}}} \right]$$

$$f4(\theta) := -\frac{Q}{2 \cdot \pi} \cdot \left[ \frac{\left[ \frac{\cos(\theta)}{\sqrt{R^2 + b^2 - 2 \cdot b \cdot R \cdot \cos(\theta - \beta n)}} - \frac{1}{2} \cdot \frac{R \cdot \cos(\theta) - b \cdot \cos(\beta n)}{\left( \sqrt{R^2 + b^2 - 2 \cdot b \cdot R \cdot \cos(\theta - \beta n)} \right)^3} \cdot (2 \cdot R - 2 \cdot b \cdot \cos(\theta - \beta n)) \right]}{\sqrt{1 - \frac{(R \cdot \cos(\theta) - b \cdot \cos(\beta n))^2}{R^2 + b^2 - 2 \cdot b \cdot R \cdot \cos(\theta - \beta n)}}} \right]$$

$$f_5(\theta) := -\frac{Q}{2 \cdot \pi} \cdot \left[ \frac{\frac{\cos(\theta)}{\sqrt{R^2 + \frac{a^4}{b^2} - 2 \cdot \frac{a^2}{b} \cdot R \cdot \cos(\theta - \beta n)} - \frac{1}{2} \cdot \frac{\left(R \cdot \cos(\theta) - \frac{a^2}{b} \cdot \cos(\beta n)\right)}{\left(\sqrt{R^2 + \frac{a^4}{b^2} - 2 \cdot \frac{a^2}{b} \cdot R \cdot \cos(\theta - \beta n)}\right)^3} \cdot \left(2 \cdot R - 2 \cdot \frac{a^2}{b} \cdot \cos(\theta - \beta n)\right)}{\sqrt{1 - \frac{\left(R \cdot \cos(\theta) - \frac{a^2}{b} \cdot \cos(\beta n)\right)^2}{R^2 + \frac{a^4}{b^2} - 2 \cdot \frac{a^2}{b} \cdot R \cdot \cos(\theta - \beta n)}}} \right]$$

$$f(\theta) := f_1(\theta) + f_2(\theta) + f_3(\theta) + f_4(\theta) + f_5(\theta)$$

$$C_p(\theta) := 1 - \left(\frac{f(\theta)}{V}\right)^2$$

$$M_i := -C_p(\theta_i)$$

Archivo: FASZ2\_bma

Programa para calcular las Fuerzas Aerodinámicas sobre un cilindro utilizando el modelo SZ-2

Parámetros

$$a := 1$$

$$\Gamma := 4.568$$

$$Q := -0.0351389987$$

$$b := 1.00038878986$$

$$q := \frac{Q}{2}$$

$$\rho := 1$$

$$V := 3.448$$

$$\kappa := \operatorname{asin}\left(\frac{\Gamma}{4\pi \cdot V \cdot a}\right)$$

$\mu := 2\pi - \kappa$  Este ángulo es el mismo del punto de estancamiento Aguas Abajo, su valor debe ser positivo y en grados se mide desde el eje OX positivo

$\eta_1 := 0.5$  En grados

$$\eta := \frac{\eta_1 \cdot \pi}{180}$$

$$\beta_p := \mu + \eta$$

$$\beta_n := \mu - \eta$$

## Fuerza de Arrastre

$$f1 := -\frac{\rho}{b^2} \cdot V \cdot a^2 \cdot q \cdot \cos(2 \cdot \beta p) + \frac{1}{2} \cdot \frac{\rho}{\pi \cdot b} \cdot q \cdot \Gamma \cdot \sin(\beta p) - \frac{1}{2} \cdot \frac{\rho}{\pi \cdot (a^2 - b^2)} \cdot q^2 \cdot b \cdot \cos(\beta p) - \frac{\rho}{\pi \cdot b} \cdot q^2 \cdot \cos(\beta p) - \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot q^2 \cdot b \cdot \frac{a^2 \cdot \cos(\beta n) - b^2 \cdot \cos(\beta p)}{\pi \cdot (a^4 - 2 \cdot a^2 \cdot b^2 \cdot \cos(\beta n - \beta p) + b^4)}$$

$$f2 := -\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot q^2 \cdot b \cdot \frac{a^2 \cdot \cos(\beta p) - b^2 \cdot \cos(\beta n)}{\pi \cdot (a^4 - 2 \cdot a^2 \cdot b^2 \cdot \cos(\beta n - \beta p) + b^4)} - \frac{\rho}{b^2} \cdot q \cdot V \cdot a^2 \cdot \cos(2 \cdot \beta n) + \frac{1}{2} \cdot \frac{\rho}{\pi \cdot b} \cdot q \cdot \Gamma \cdot \sin(\beta n) - \frac{\rho}{\pi \cdot b} \cdot q^2 \cdot \cos(\beta n) - \frac{1}{2} \cdot \frac{\rho}{\pi \cdot (a^2 - b^2)} \cdot q^2 \cdot b \cdot \cos(\beta n)$$

$$X := f1 + f2$$

$$CD := \frac{X}{\frac{\rho}{2} \cdot V^2 \cdot 2 \cdot a \cdot 1}$$

## Fuerza de Sustentación

$$f3 := -\frac{\rho}{b^2} \cdot V \cdot a^2 \cdot q \cdot \sin(2 \cdot \beta p) - \frac{1}{2} \cdot \frac{\rho}{\pi \cdot b} \cdot q \cdot \Gamma \cdot \cos(\beta p) - \frac{1}{2} \cdot \frac{\rho}{\pi \cdot (a^2 - b^2)} \cdot q^2 \cdot b \cdot \sin(\beta p) - \frac{\rho}{\pi \cdot b} \cdot q^2 \cdot \sin(\beta p) - \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot q^2 \cdot b \cdot \frac{a^2 \cdot \sin(\beta n) - b^2 \cdot \sin(\beta p)}{\pi \cdot (a^4 - 2 \cdot a^2 \cdot b^2 \cdot \cos(\beta n - \beta p) + b^4)}$$

$$f4 := -\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot q^2 \cdot b \cdot \frac{a^2 \cdot \sin(\beta p) - b^2 \cdot \sin(\beta n)}{\pi \cdot (a^4 - 2 \cdot a^2 \cdot b^2 \cdot \cos(\beta n - \beta p) + b^4)} - \frac{\rho}{b^2} \cdot q \cdot V \cdot a^2 \cdot \sin(2 \cdot \beta n) - \frac{1}{2} \cdot \frac{\rho}{\pi \cdot b} \cdot q \cdot \Gamma \cdot \cos(\beta n) - \frac{\rho}{\pi \cdot b} \cdot q^2 \cdot \sin(\beta n) - \frac{1}{2} \cdot \frac{\rho}{\pi \cdot (a^2 - b^2)} \cdot q^2 \cdot b \cdot \sin(\beta n)$$

$$f5 := \rho \cdot V \cdot \Gamma$$

$$Y := f3 + f4 + f5$$

$$CL := \frac{Y}{\frac{\rho}{2} \cdot V^2 \cdot 2 \cdot a \cdot 1}$$

Archivo : FunCorSZ2\_bma

Programa para calcular la Función de Corriente sobre un cilindro utilizando el modelo SZ-2

$N := 250$        $i := -N..N$        $x_i := \left(\frac{2.5}{N}\right) \cdot i + 0.001$       Paso para X       $X := x_{99} - x_{100}$        $X = \blacksquare$

$M := 250$        $j := -M..M$        $y_j := \left(\frac{2.5}{M}\right) \cdot j + 0.001$       Paso para Y       $Y := y_{49} - y_{50}$        $Y = \blacksquare$

### Parámetros

$a := 1$        $Q := -0.0570980573$

$b := 1.00040214175$        $\Gamma := 4.568$

$V := 3.448$

$$\kappa := \operatorname{asin}\left(\frac{\Gamma}{4\pi \cdot V \cdot a}\right)$$

$\mu := 2\pi - \kappa$       Este ángulo es el mismo del punto de estancamiento Aguas Abajo, su valor debe ser positivo y en grados se mide desde el eje OX positivo

$\eta_1 := 0.5$       En grados

$$\eta := \frac{\eta_1 \cdot \pi}{180}$$

$\beta_p := \mu + \eta$

$\beta_n := \mu - \eta$

## Función de Corriente

$$R_a(x, y) := \sqrt{x^2 + y^2 + \frac{a^4}{b^2} - 2 \cdot \frac{a^2}{b} \cdot (y \cdot \sin(\beta p) + x \cdot \cos(\beta p))}$$

$$\theta_a(x, y) := \arccos\left(\frac{x - \frac{a^2}{b} \cdot \cos(\beta p)}{R_a(x, y)}\right)$$

$$R_b(x, y) := \sqrt{x^2 + y^2 + b^2 - 2 \cdot b \cdot (y \cdot \sin(\beta p) + x \cdot \cos(\beta p))}$$

$$\theta_b(x, y) := \arccos\left(\frac{x - b \cdot \cos(\beta p)}{R_b(x, y)}\right)$$

$$R_c(x, y) := \sqrt{x^2 + y^2 + \frac{a^4}{b^2} - 2 \cdot \frac{a^2}{b} \cdot (y \cdot \sin(\beta n) + x \cdot \cos(\beta n))}$$

$$\theta_c(x, y) := \arccos\left(\frac{x - \frac{a^2}{b} \cdot \cos(\beta n)}{R_c(x, y)}\right)$$

$$R_d(x, y) := \sqrt{x^2 + y^2 + b^2 - 2 \cdot b \cdot (y \cdot \sin(\beta n) + x \cdot \cos(\beta n))}$$

$$\theta_d(x, y) := \arccos\left(\frac{x - b \cdot \cos(\beta n)}{R_d(x, y)}\right)$$

$$\psi_1(x, y) := V \cdot \left( y - \frac{a^2 \cdot y}{x^2 + y^2} \right) + \frac{\Gamma}{2 \cdot \pi} \cdot \ln\left(\frac{\sqrt{x^2 + y^2}}{a}\right)$$

$$\psi_2(x, y) := \frac{Q}{2 \cdot \pi} \cdot \left( \theta_b(x, y) + \theta_a(x, y) - \operatorname{atan}\left(\frac{y}{x}\right) \right) + \frac{Q}{2 \cdot \pi} \cdot \left( \theta_d(x, y) + \theta_c(x, y) - \operatorname{atan}\left(\frac{y}{x}\right) \right) - Q$$

$$M_{i,j} := \psi_1(x_i, y_j) + \psi_2(x_i, y_j)$$

$$M_{i,j} =$$

■

Archivo : VTSZ2\_bma

Programa para calcular la Velocidad Tangencial sobre un cilindro utilizando el modelo SZ-2

$$N := 1000 \quad i := 100..N \quad R_i := \left(\frac{10}{N}\right) \cdot i \quad R_{102} - R_{101} = \blacksquare$$

Parámetros

$$a := 1 \quad Q := -0.04$$

$$b := 2 \quad \Gamma := 4.568$$

$$V := 3.448 \quad \theta := \frac{\pi}{2}$$

$$\kappa := \operatorname{asin}\left(\frac{\Gamma}{4\pi \cdot V \cdot a}\right) \quad \text{Este ángulo es el mismo del punto de estancamiento Aguas Abajo, su valor debe ser positivo y en grados se mide desde el eje OX positivo}$$

$$\mu := 2 \cdot \pi - \kappa$$

$$\eta_1 := 0.5 \quad \text{En grados}$$

$$\eta := \frac{\eta_1 \cdot \pi}{180}$$

$$\beta_p := \mu + \eta$$

$$\beta_n := \mu - \eta$$

## Velocidad Tangencial

$$f1(R) := V \cdot \left( \sin(\theta) + \frac{a^2}{R^2} \cdot \sin(\theta) \right) + \frac{\Gamma}{2 \cdot \pi \cdot R}$$

$$f2(R) := -\frac{Q}{2 \cdot \pi} \cdot \left[ \frac{\frac{\cos(\theta)}{\sqrt{R^2 + b^2 - 2 \cdot b \cdot R \cdot \cos(\theta - \beta p)}} - \frac{1}{2} \cdot \frac{R \cdot \cos(\theta) - b \cdot \cos(\beta p)}{\left(\sqrt{R^2 + b^2 - 2 \cdot b \cdot R \cdot \cos(\theta - \beta p)}\right)^3} \cdot (2 \cdot R - 2 \cdot b \cdot \cos(\theta - \beta p))}{\sqrt{1 - \frac{(R \cdot \cos(\theta) - b \cdot \cos(\beta p))^2}{R^2 + b^2 - 2 \cdot b \cdot R \cdot \cos(\theta - \beta p)}}} \right]$$

$$f3(R) := -\frac{Q}{2 \cdot \pi} \cdot \left[ \frac{\frac{\cos(\theta)}{\sqrt{R^2 + \frac{a^4}{b^2} - 2 \cdot \frac{a^2}{b} \cdot R \cdot \cos(\theta - \beta p)}} - \frac{1}{2} \cdot \frac{\left(R \cdot \cos(\theta) - \frac{a^2}{b} \cdot \cos(\beta p)\right)}{\left(\sqrt{R^2 + \frac{a^4}{b^2} - 2 \cdot \frac{a^2}{b} \cdot R \cdot \cos(\theta - \beta p)}\right)^3} \cdot \left(2 \cdot R - 2 \cdot \frac{a^2}{b} \cdot \cos(\theta - \beta p)\right)}{\sqrt{1 - \frac{\left(R \cdot \cos(\theta) - \frac{a^2}{b} \cdot \cos(\beta p)\right)^2}{R^2 + \frac{a^4}{b^2} - 2 \cdot \frac{a^2}{b} \cdot R \cdot \cos(\theta - \beta p)}}} \right]$$



$$f4(R) := -\frac{Q}{2 \cdot \pi} \cdot \left[ \frac{\left[ \frac{\cos(\theta)}{\sqrt{R^2 + b^2 - 2 \cdot b \cdot R \cdot \cos(\theta - \beta n)}} - \frac{1}{2} \cdot \frac{R \cdot \cos(\theta) - b \cdot \cos(\beta n)}{\left(\sqrt{R^2 + b^2 - 2 \cdot b \cdot R \cdot \cos(\theta - \beta n)}\right)^3} \cdot (2 \cdot R - 2 \cdot b \cdot \cos(\theta - \beta n)) \right]}{\sqrt{1 - \frac{(R \cdot \cos(\theta) - b \cdot \cos(\beta n))^2}{R^2 + b^2 - 2 \cdot b \cdot R \cdot \cos(\theta - \beta n)}}} \right]$$

$$f5(R) := -\frac{Q}{2 \cdot \pi} \cdot \left[ \frac{\left[ \frac{\cos(\theta)}{\sqrt{R^2 + \frac{a^4}{b^2} - 2 \cdot \frac{a^2}{b} \cdot R \cdot \cos(\theta - \beta n)}} - \frac{1}{2} \cdot \frac{\left(R \cdot \cos(\theta) - \frac{a^2}{b} \cdot \cos(\beta n)\right)}{\left(\sqrt{R^2 + \frac{a^4}{b^2} - 2 \cdot \frac{a^2}{b} \cdot R \cdot \cos(\theta - \beta n)}\right)^3} \cdot \left(2 \cdot R - 2 \cdot \frac{a^2}{b} \cdot \cos(\theta - \beta n)\right) \right]}{\sqrt{1 - \frac{\left(R \cdot \cos(\theta) - \frac{a^2}{b} \cdot \cos(\beta n)\right)^2}{R^2 + \frac{a^4}{b^2} - 2 \cdot \frac{a^2}{b} \cdot R \cdot \cos(\theta - \beta n)}}} \right]$$

$$Vt(R) := f1(R) + f2(R) + f3(R) + f4(R) + f5(R)$$

$$M_i := Vt(R_i)$$

Archivo: Vel\_ind\_SZ2\_bma

## Modelo SZ-2

### Parte Imaginaria

$$\Gamma := 4.568 \quad V := 3.448 \quad a := 1$$

$$\eta_1 := 0.5 \quad \text{En grados}$$

$$\eta := \frac{\eta_1 \cdot \pi}{180}$$

$$\kappa := \text{asin}\left(\frac{\Gamma}{4\pi \cdot V \cdot a}\right)$$

$$\mu := 2 \cdot \pi - \kappa$$

$$\beta_p := \mu + \eta$$

$$\beta_n := \mu - \eta$$

$$q(b) := \frac{-V \cdot \frac{a^2}{b^2} \cdot \sin(2 \cdot \beta_p) - \frac{1}{2} \cdot \frac{\Gamma}{\pi \cdot b} \cdot \cos(\beta_p)}{\frac{1}{\pi \cdot b} \cdot \sin(\beta_p) + \frac{1}{2} \cdot \frac{b \cdot \sin(\beta_p)}{\pi \cdot (a^2 - b^2)} - \frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot \frac{b \cdot \sin(\beta_p) - b \cdot \sin(\beta_n)}{(b \cdot \cos(\beta_p) - b \cdot \cos(\beta_n))^2 + (b \cdot \sin(\beta_p) - b \cdot \sin(\beta_n))^2} + \frac{b}{2 \cdot \pi} \cdot \frac{a^2 \cdot \sin(\beta_n) - b^2 \cdot \sin(\beta_p)}{(a^4 + b^4 - 2 \cdot a^2 \cdot b^2 \cdot \cos(\beta_p - \beta_n))}}$$

## Programa para el cálculo de los perfiles de velocidades sobre el cilindro con el modelo SZ – 2.

Archivo : VTSZ2\_bma

Programa para calcular la Velocidad Tangencial sobre un cilindro utilizando el modelo SZ-2 para  $b$  mayor que  $a$

$$N := 600 \quad i := 100..N \quad R_i := \left(\frac{6}{N}\right) \cdot i \quad R_{102} - R_{101} = \blacksquare$$

Parámetros

$$a := 1 \quad Q := 0 \quad R_{cir} := 10 \quad T := R_{cir} - a$$

$$b := 2 \quad \Gamma := 4.568$$

$$v := 3.448 \quad \theta := 0$$

$$\kappa := \arcsin\left(\frac{\Gamma}{4\pi \cdot v \cdot a}\right)$$

Este ángulo es el mismo del punto de estancamiento su valor debe ser positivo y en grados se mide desde el eje OX positivo

Aguas Abajo ,

$$\mu := 2 \cdot \pi - \kappa$$

$$\eta_1 := 0.5 \quad \text{En grados}$$

$$\eta := \frac{\eta_1 \cdot \pi}{180}$$

$$\beta_p := \mu + \eta$$

$$\beta_n := \mu - \eta$$

## Velocidad Tangencial

$$f1(R) := V \cdot \left( \sin(\theta) + \frac{a^2}{R^2} \cdot \sin(\theta) \right) + \frac{\Gamma}{2 \cdot \pi \cdot R}$$

$$f2(R) := -\frac{Q}{2 \cdot \pi} \cdot \left[ \frac{\left[ \frac{\cos(\theta)}{\sqrt{R^2 + b^2 - 2 \cdot b \cdot R \cdot \cos(\theta - \beta p)}} - \frac{1}{2} \cdot \frac{R \cdot \cos(\theta) - b \cdot \cos(\beta p)}{\left(\sqrt{R^2 + b^2 - 2 \cdot b \cdot R \cdot \cos(\theta - \beta p)}\right)^3} \cdot (2 \cdot R - 2 \cdot b \cdot \cos(\theta - \beta p)) \right]}{\sqrt{1 - \frac{(R \cdot \cos(\theta) - b \cdot \cos(\beta p))^2}{R^2 + b^2 - 2 \cdot b \cdot R \cdot \cos(\theta - \beta p)}}} \right]$$

$$f3(R) := -\frac{Q}{2 \cdot \pi} \cdot \left[ \frac{\left[ \frac{\cos(\theta)}{\sqrt{R^2 + \frac{a^4}{b^2} - 2 \cdot \frac{a^2}{b} \cdot R \cdot \cos(\theta - \beta p)}} - \frac{1}{2} \cdot \frac{\left(R \cdot \cos(\theta) - \frac{a^2}{b} \cdot \cos(\beta p)\right)}{\left(\sqrt{R^2 + \frac{a^4}{b^2} - 2 \cdot \frac{a^2}{b} \cdot R \cdot \cos(\theta - \beta p)}\right)^3} \cdot \left(2 \cdot R - 2 \cdot \frac{a^2}{b} \cdot \cos(\theta - \beta p)\right) \right]}{\sqrt{1 - \frac{\left(R \cdot \cos(\theta) - \frac{a^2}{b} \cdot \cos(\beta p)\right)^2}{R^2 + \frac{a^4}{b^2} - 2 \cdot \frac{a^2}{b} \cdot R \cdot \cos(\theta - \beta p)}}} \right]$$

$$f_4(R) := \frac{Q}{2 \cdot \pi} \left[ \frac{\left[ \frac{\cos(\theta)}{\sqrt{R^2 + b^2 - 2 \cdot b \cdot R \cdot \cos(\theta - \beta n)}} - \frac{1}{2} \frac{R \cdot \cos(\theta) - b \cdot \cos(\beta n)}{\left(\sqrt{R^2 + b^2 - 2 \cdot b \cdot R \cdot \cos(\theta - \beta n)}\right)^3} \cdot (2 \cdot R - 2 \cdot b \cdot \cos(\theta - \beta n)) \right]}{\sqrt{1 - \frac{(R \cdot \cos(\theta) - b \cdot \cos(\beta n))^2}{R^2 + b^2 - 2 \cdot b \cdot R \cdot \cos(\theta - \beta n)}}} \right]$$

$$f_5(R) := \frac{Q}{2 \cdot \pi} \left[ \frac{\left[ \frac{\cos(\theta)}{\sqrt{R^2 + \frac{a^4}{b^2} - 2 \cdot \frac{a^2}{b} \cdot R \cdot \cos(\theta - \beta n)}} - \frac{1}{2} \frac{\left(R \cdot \cos(\theta) - \frac{a^2}{b} \cdot \cos(\beta n)\right)}{\left(\sqrt{R^2 + \frac{a^4}{b^2} - 2 \cdot \frac{a^2}{b} \cdot R \cdot \cos(\theta - \beta n)}\right)^3} \cdot \left(2 \cdot R - 2 \cdot \frac{a^2}{b} \cdot \cos(\theta - \beta n)\right) \right]}{\sqrt{1 - \frac{\left(R \cdot \cos(\theta) - \frac{a^2}{b} \cdot \cos(\beta n)\right)^2}{R^2 + \frac{a^4}{b^2} - 2 \cdot \frac{a^2}{b} \cdot R \cdot \cos(\theta - \beta n)}}} \right]$$

$$Vt(R) := f1(R) + f2(R) + f3(R) + f4(R) + f5(R)$$

$$M_i := Vt(R_i)$$

$$M_i =$$

$$R_i =$$

$$\theta = \blacksquare \text{ deg}$$

M

### Parámetros

$$a = \blacksquare$$

$$Q = \blacksquare$$

$$b = \blacksquare$$

$$\Gamma = \blacksquare$$

$$V = \blacksquare$$

$$Vt(1) = \blacksquare$$

$$Vt(3) = \blacksquare$$

$$\kappa = \blacksquare \text{ deg}$$

$$\beta p = \blacksquare \text{ deg}$$

$$Vt(5) = \blacksquare$$

$$Vt(7) = \blacksquare$$

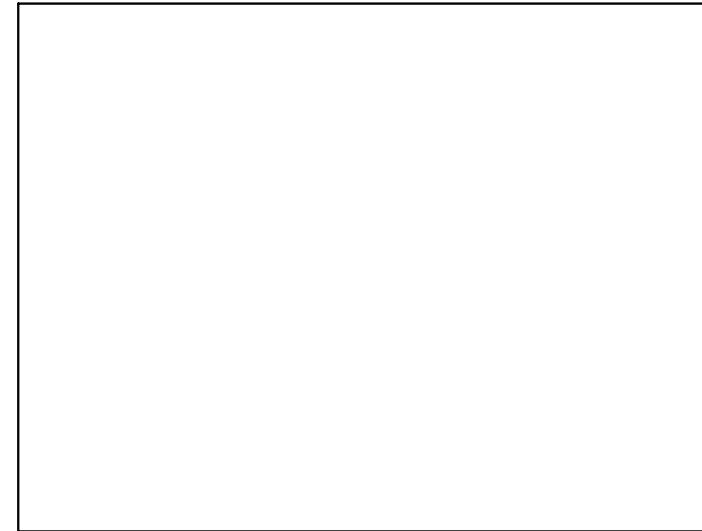
$$\mu = \blacksquare \text{ deg}$$

$$\beta n = \blacksquare \text{ deg}$$

$$Vt(10) = \blacksquare$$

$$\eta = \blacksquare \text{ deg}$$

$$\theta = \blacksquare \text{ deg}$$



R

$$\theta = \blacksquare \text{ deg}$$

$$C := \text{Vt}(1)$$

$$C = \mathbf{1}$$

$$Y\text{Tras}_i := \text{Vt}(R_i) - C$$

$$X\text{Tras}_i := R_i + T$$

$$\text{Mod}_i := \sqrt{[(X\text{Tras}_i)]^2 + (Y\text{Tras}_i)^2}$$

$$\text{ang}_i := \text{atan2}[(X\text{Tras}_i), Y\text{Tras}_i]$$

$$H0 := (\max(X\text{Tras}) \cdot \cos(\theta) \quad \max(X\text{Tras}) \cdot \sin(\theta))$$

$$\text{RotX}_i := \text{Mod}_i \cdot \cos(\text{ang}_i + \theta)$$

$$\text{RotY}_i := \text{Mod}_i \cdot \sin(\text{ang}_i + \theta)$$

$$P0 := \begin{pmatrix} \text{RotX}_{100} & \text{RotY}_{100} \end{pmatrix}$$

$$S0 := \begin{pmatrix} \text{RotX}_N & \text{RotY}_N \end{pmatrix}$$

$$\text{PerfilV0} := \text{augment}(\text{RotX}, \text{RotY})$$

$$R_{neg_i} := (1 - R_i) \cdot R_{cir} \quad Y_{cn_i} := \sqrt{R_{cir}^2 - (R_{neg_i})^2} \quad Cir_{neg} := \text{augment}(R_{neg}, Y_{cn})$$

$$R_{pos_i} := (R_i - 1) \cdot R_{cir} \quad Y_{cp_i} := \sqrt{R_{cir}^2 - (R_{pos_i})^2} \quad Cir_{pos} := \text{augment}(R_{pos}, Y_{cp})$$

PerfilV := augment(Cirneg, Cirpos, PerfilV0, PerfilV30, PerfilV60, PerfilV90, PerfilV120, PerfilV150, PerfilV180, PerfilV210, PerfilV240, PerfilV270, PerfilV300, PerfilV330, -Cirneg, -Cirpos)

Recta0 := stack(P0, H0, S0)      Recta30 := stack(P30, H30, S30)      Recta60 := stack(P60, H60, S60)      Recta90 := stack(P90, H90, S90)

Recta150 := stack(P150, H150, S150)      Recta180 := stack(P180, H180, S180)      Recta210 := stack(P210, H210, S210)      Recta240 := stack(P240, H240, S240)

Recta270 := stack(P270, H270, S270)      Recta300 := stack(P300, H300, S300)      Recta330 := stack(P330, H330, S330)      Recta120 := stack(P120, H120, S120)

Rectas := augment(Recta0, Recta30, Recta60, Recta90, Recta120, Recta150, Recta180, Recta210, Recta240, Recta270, Recta300, Recta330)



C:\..\PV30.dat  
PerfilV



C:\..\R30.dat  
Rectas



PerfilV := augment(Cirneg, Cirpos, PerfilV0, PerfilV45, PerfilV90, PerfilV135, PerfilV180, PerfilV225, PerfilV270, PerfilV315, -Cirneg, -Cirpos)

Recta0 := stack(P0, H0, S0)

Recta45 := stack(P45, H45, S45)

Recta90 := stack(P90, H90, S90)

Recta135 := stack(P135, H135, S135)

Recta180 := stack(P180, H180, S180)

Recta225 := stack(P225, H225, S225)

Recta270 := stack(P270, H270, S270)

Recta315 := stack(P315, H315, S315)

Rectas := augment(Recta0, Recta45, Recta90, Recta135, Recta180, Recta225, Recta270, Recta315)



C:\..\PV45.dat

Perfil V



C:\..\R45.dat

Rectas

Archivo : CPSZ3\_bma

Programa para calcular el Coeficiente de Presión sobre un cilindro utilizando el modelo SZ-2

$$N := 100 \cdot \pi \quad i := 0..N \quad \theta_i := \left( \frac{\pi}{N} \right) \cdot i \quad \text{Paso de } \theta \quad \theta_1 - \theta_0 = \blacksquare$$

Parámetros

$$a := 1 \quad Q := -0.0351389275$$

$$b := 1.00809461564 \quad \Gamma := 4.568$$

$$V := 3.448 \quad R := a$$

$$\kappa := \text{asin} \left( \frac{\Gamma}{4\pi \cdot V \cdot a} \right)$$

$\mu_{ab} := 2 \cdot \pi - \kappa$  Este ángulo es el mismo del punto de estancamiento Aguas Abajo, su valor debe ser positivo y en grados se mide desde el eje OX positivo

$\mu_{ar} := \kappa$  Este ángulo es el mismo del punto de estancamiento Aguas Arriba, su valor debe ser positivo y en grados se mide desde el eje OX negativo

Parámetros de los Vórtices Aguas Abajo

$\varepsilon_1 := 0.5$  En grados

$$\varepsilon := \frac{\varepsilon_1 \cdot \pi}{180}$$

$$\tau_p := \mu_{ab} + \varepsilon$$

$$\tau_n := \mu_{ab} - \varepsilon$$

$$R_1 := 1.01$$

Archivo: CPclasico

Programa para calcular el Coeficiente de Presión sobre un cilindro utilizando el modelo Clásico

$$N := 100 \cdot \pi \quad i := 0..N \quad \theta_i := \left(\frac{\pi}{N}\right) \cdot i \quad \text{Paso de } \theta \quad \theta_1 - \theta_0 = \blacksquare$$

Parámetros

$$a := 1 \quad \Gamma := 4.568$$

$$V := 3.448 \quad R := a$$

$$f1(\theta) := V \cdot \left( \sin(\theta) + \frac{a^2}{R^2} \cdot \sin(\theta) \right) + \frac{\Gamma}{2 \cdot \pi \cdot R}$$

$$f(\theta) := f1(\theta)$$

$$Cp(\theta) := 1 - \left( \frac{f(\theta)}{V} \right)^2$$

$$M_i := -Cp(\theta_i)$$

Archivo : FunCorclasico

Programa para calcular la Función de Corriente sobre un cilindro utilizando el modelo Clásico

$$N := 250 \quad i := -N..N \quad x_i := \left(\frac{2.5}{N}\right) \cdot i + 0.001 \quad \text{Paso para X} \quad X := x_{-99} - x_{-100} \quad X = \blacksquare$$

$$M := 250 \quad j := -M..M \quad y_j := \left(\frac{2.5}{M}\right) \cdot j + 0.001 \quad \text{Paso para Y} \quad Y := y_{-49} - y_{-50} \quad Y = \blacksquare$$

Parámetros

$$a := 1 \quad \Gamma := 4.568$$

$$V := 3.448$$

Función de Corriente

$$\psi(x,y) := V \cdot \left( y - \frac{a^2 \cdot y}{x^2 + y^2} \right) + \frac{\Gamma}{2 \cdot \pi} \cdot \ln \left( \frac{\sqrt{x^2 + y^2}}{a} \right)$$

$$M_{i,j} := \psi(x_i, y_j)$$

$$M_{i,j} =$$

■

## Programa para el cálculo de los perfiles de velocidades sobre el cilindro con el modelo clásico.

Archivo : VTclasico

Programa para calcular la Velocidad Tangencial sobre un cilindro utilizando el modelo Clásico

$$N := 600 \quad i := 100 .. N \quad R_i := \left( \frac{6}{N} \right) \cdot i \quad \text{Paso de R} \quad R_{102} - R_{101} = \blacksquare$$

Parámetros

$$a := 1 \quad \Gamma := 4.568 \quad R_{cir} := 10 \quad T := R_{cir} - a$$

$$V := 3.448 \quad \theta := 0$$

### Velocidad Tangencial

$$f1(R) := V \cdot \left( \sin(\theta) + \frac{a^2}{R^2} \cdot \sin(\theta) \right) + \frac{\Gamma}{2 \cdot \pi \cdot R}$$

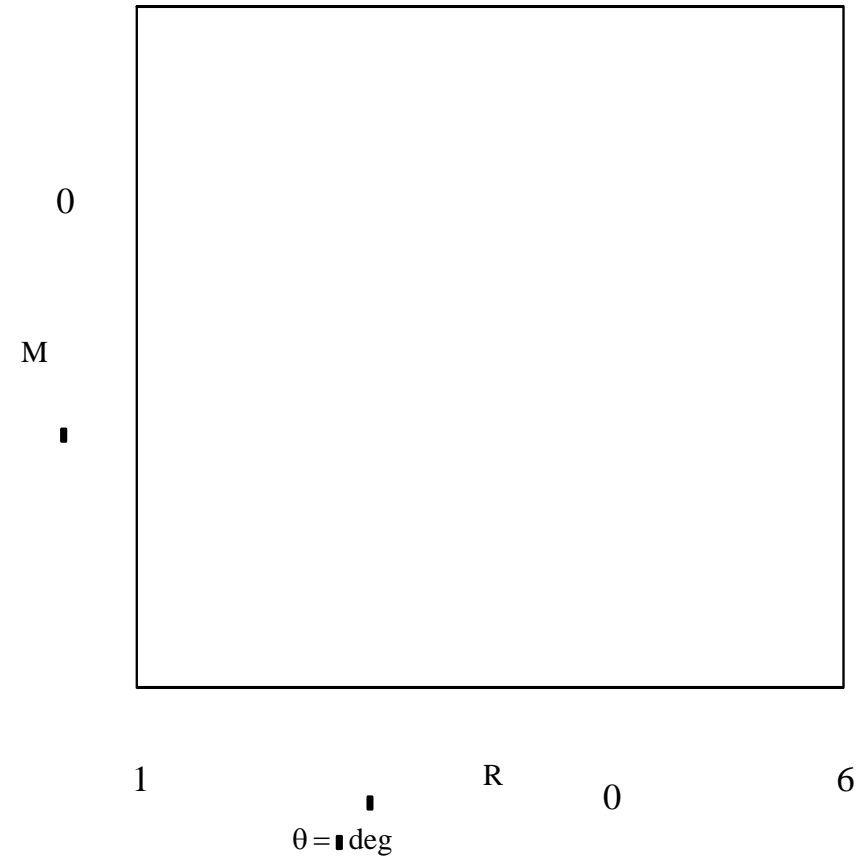
$$Vt(R) := f1(R)$$

$$M_1 := V(R_1)$$

$$M_1 =$$

$$R_1 =$$

$$\theta = \blacksquare \text{deg}$$



Parámetros

$$v(1) = \blacksquare$$

$$v(3) = \blacksquare$$

$$a = \blacksquare \quad \Gamma = \blacksquare$$

$$v(5) = \blacksquare$$

$$V = \blacksquare$$

$$v(7) = \blacksquare$$

$$v(10) = \blacksquare$$

$$\theta = \blacksquare \text{deg}$$

$$C := \text{vt}(1) \quad C = \blacksquare$$

$$Y\text{Tras}_1 := \text{vt}(R_1) - C$$

$$X\text{Tras}_1 := R_1 + T$$

$$\text{Mod}_1 := \sqrt{[(X\text{Tras}_1)_i]^2 + (Y\text{Tras}_1)^2}$$

$$\text{ang}_1 := \text{atan2}[(X\text{Tras}_1)_i, Y\text{Tras}_1]$$

$$H0 := (\max(X\text{Tras}) \cdot \cos(\theta) \quad \max(X\text{Tras}) \cdot \sin(\theta))$$

$$\text{RotX}_1 := \text{Mod}_1 \cdot \cos(\text{ang}_1 + \theta)$$

$$\text{RotY}_1 := \text{Mod}_1 \cdot \sin(\text{ang}_1 + \theta)$$

$$P0 := \begin{pmatrix} \text{RotX}_{100} & \text{RotY}_{100} \end{pmatrix} \quad S0 := \begin{pmatrix} \text{RotX}_N & \text{RotY}_N \end{pmatrix}$$

$$\text{PerfilV0} := \text{augment}(\text{RotX}, \text{RotY})$$

$$R_{neg_i} := (1 - R_i) \cdot R_{cir} \quad Y_{cn_i} := \sqrt{R_{cir}^2 - (R_{neg_i})^2} \quad Cir_{neg} := \text{augment}(R_{neg}, Y_{cn})$$

$$R_{pos_i} := (R_i - 1) \cdot R_{cir} \quad Y_{cp_i} := \sqrt{R_{cir}^2 - (R_{pos_i})^2} \quad Cir_{pos} := \text{augment}(R_{pos}, Y_{cp})$$

PerfilV := augment(Cirneg, Cirpos, PerfilV0, PerfilV30, PerfilV60, PerfilV90, PerfilV120, PerfilV150, PerfilV180, PerfilV210, PerfilV240, PerfilV270, PerfilV300, PerfilV330, -Cirneg, -Cirpos)

Recta0 := stack(P0, H0, S0)      Recta30 := stack(P30, H30, S30)      Recta60 := stack(P60, H60, S60)      Recta90 := stack(P90, H90, S90)      Recta120 := stack(P120, H120, S120)

Recta150 := stack(P150, H150, S150)      Recta180 := stack(P180, H180, S180)      Recta210 := stack(P210, H210, S210)      Recta240 := stack(P240, H240, S240)

Recta270 := stack(P270, H270, S270)      Recta300 := stack(P300, H300, S300)      Recta330 := stack(P330, H330, S330)

Rectas := augment(Recta0, Recta30, Recta60, Recta90, Recta120, Recta150, Recta180, Recta210, Recta240, Recta270, Recta300, Recta330)



C:\.\PerfilV30.dat

PerfilV



C:\.\Rectas30.dat

Rectas



PerfilV := augment(Cirneg, Cirpos, PerfilV0, PerfilV45, PerfilV90, PerfilV135, PerfilV180, PerfilV225, PerfilV270, PerfilV315, -Cirneg, -Cirpos)

Recta0 := stack(P0, H0, S0)

Recta45 := stack(P45, H45, S45)

Recta90 := stack(P90, H90, S90)

Recta135 := stack(P135, H135, S135)

Recta180 := stack(P180, H180, S180)

Recta225 := stack(P225, H225, S225)

Recta270 := stack(P270, H270, S270)

Recta315 := stack(P315, H315, S315)

Rectas := augment(Recta0, Recta45, Recta90, Recta135, Recta180, Recta225, Recta270, Recta315)



C:\..\PerfilV45.dat

Perfil V



C:\..\Rectas45.dat

Rectas

Archivo: CPSZ1\_bma

Programa para calcular el Coeficiente de Presión sobre un cilindro utilizando el modelo SZ-1

$$N := 100 \cdot \pi \quad i := 0..N \quad \theta_i := \left(\frac{\pi}{N}\right) \cdot i \quad \text{Paso de } \theta \quad \theta_1 - \theta_0 = \blacksquare$$

Parámetros

$$a := 1 \quad Q := -0.0351388881$$

$$b := 1.01988066867 \quad \Gamma := 4.568$$

$$V := 3.448 \quad R := a$$

$$\kappa := \text{asin}\left(\frac{\Gamma}{4\pi \cdot V \cdot a}\right)$$

$$\beta := 2 \cdot \pi - \kappa$$

Coeficiente de Presión

$$f1(\theta) := V \cdot \left( \sin(\theta) + \frac{a^2}{R^2} \cdot \sin(\theta) \right) + \frac{\Gamma}{2 \cdot \pi \cdot R}$$

$$f2(\theta) := -\frac{Q}{2 \cdot \pi} \cdot \left[ \frac{\left[ \frac{\cos(\theta)}{\sqrt{R^2 + b^2 - 2 \cdot b \cdot R \cdot \cos(\theta - \beta)}} - \frac{1}{2} \cdot \frac{R \cdot \cos(\theta) - b \cdot \cos(\beta)}{\left(\sqrt{R^2 + b^2 - 2 \cdot b \cdot R \cdot \cos(\theta - \beta)}\right)^3} \cdot (2 \cdot R - 2 \cdot b \cdot \cos(\theta - \beta)) \right]}{\sqrt{1 - \frac{(R \cdot \cos(\theta) - b \cdot \cos(\beta))^2}{R^2 + b^2 - 2 \cdot b \cdot R \cdot \cos(\theta - \beta)}}} \right]$$

$$f_3(\theta) := -\frac{Q}{2 \cdot \pi} \cdot \left[ \frac{\left[ \frac{\cos(\theta)}{\sqrt{R^2 + \frac{a^4}{b^2} - 2 \cdot \frac{a^2}{b} \cdot R \cdot \cos(\theta - \beta)}} - \frac{1}{2} \cdot \frac{\left( R \cdot \cos(\theta) - \frac{a^2}{b} \cdot \cos(\beta) \right)}{\left( \sqrt{R^2 + \frac{a^4}{b^2} - 2 \cdot \frac{a^2}{b} \cdot R \cdot \cos(\theta - \beta)} \right)^3} \cdot \left( 2 \cdot R - 2 \cdot \frac{a^2}{b} \cdot \cos(\theta - \beta) \right) \right]}{\sqrt{1 - \frac{\left( R \cdot \cos(\theta) - \frac{a^2}{b} \cdot \cos(\beta) \right)^2}{R^2 + \frac{a^4}{b^2} - 2 \cdot \frac{a^2}{b} \cdot R \cdot \cos(\theta - \beta)}}}$$

$$f(\theta) := f_1(\theta) + f_2(\theta) + f_3(\theta)$$

$$C_p(\theta) := 1 - \left( \frac{f(\theta)}{V} \right)^2 \quad C_{p, \text{clas}}(\theta) := 1 - \left( \frac{f_1(\theta)}{V} \right)^2$$

$$M_i := -C_p(\theta_i)$$

Archivo: FASZ1\_bma

Programa para calcular las Fuerzas Aerodinámicas sobre un cilindro utilizando el modelo SZ-1

Parámetros

$$a := 1 \quad \Gamma := 4.568 \quad \rho := 1$$

$$b := 1.01916844555 \quad V := 3.448$$

$$Q := -0.0326282261$$

$$\kappa := \operatorname{asin}\left(\frac{\Gamma}{4\pi \cdot V \cdot a}\right)$$

$$\beta := 2 \cdot \pi - \kappa$$

Fuerza de Arrastre

$$X := -\frac{\rho}{b^2} \cdot V \cdot a^2 \cdot Q \cdot \cos(2 \cdot \beta) + \frac{1}{2} \cdot \frac{\rho}{\pi \cdot b} \cdot Q \cdot \Gamma \cdot \sin(\beta) + \frac{1}{2} \cdot \frac{\rho}{\pi} \cdot \frac{\cos(\beta)}{(b^2 - a^2)} \cdot Q^2 \cdot b - \frac{1}{2} \cdot \frac{\rho}{\pi \cdot b} \cdot Q^2 \cdot \cos(\beta)$$

$$CD := \frac{X}{\frac{\rho}{2} \cdot V^2 \cdot 2 \cdot a \cdot 1}$$

Fuerza de Sustentación

$$Y := -\rho \cdot V \cdot a^2 \cdot Q \cdot \frac{\sin(2 \cdot \beta)}{b^2} - \frac{1}{2} \cdot \frac{\rho}{\pi \cdot b} \cdot Q \cdot \Gamma \cdot \cos(\beta) + \frac{1}{2} \cdot Q^2 \cdot \frac{b}{\pi \cdot (b^2 - a^2)} \cdot \sin(\beta) - \frac{1}{2} \cdot \frac{\rho}{\pi \cdot b} \cdot Q^2 \cdot \sin(\beta) + \rho \cdot V \cdot \Gamma$$

$$CL := \frac{Y}{\frac{\rho}{2} \cdot V^2 \cdot 2 \cdot a \cdot 1}$$



$$Rb(x, y) := \sqrt{x^2 + y^2 + b^2 - 2 \cdot b \cdot (y \cdot \sin(\beta) + x \cdot \cos(\beta))}$$

$$\theta b(x, y) := \arccos\left(\frac{x - b \cdot \cos(\beta)}{Rb(x, y)}\right)$$

$$\psi 1(x, y) := V \cdot \left( y - \frac{a^2 \cdot y}{x^2 + y^2} \right) + \frac{\Gamma}{2 \cdot \pi} \cdot \ln\left(\frac{\sqrt{x^2 + y^2}}{a}\right)$$

$$\psi 2(x, y) := \frac{Q}{2 \cdot \pi} \cdot \left( \theta b(x, y) + \theta a(x, y) - \operatorname{atan}\left(\frac{y}{x}\right) \right) - \frac{Q}{2}$$

$$M_{i, j} := \psi 1(x_i, y_j) + \psi 2(x_i, y_j)$$

$$M_{i, j} =$$

■

Archivo : VTSZ1\_bma

Programa para calcular la Velocidad Tangencial sobre un cilindro utilizando el modelo SZ-1

$$N := 1000 \quad i := 100..N \quad R_i := \left(\frac{10}{N}\right) \cdot i \quad \text{Paso de R} \quad R_{102} - R_{101} = \blacksquare$$

Parámetros

$$a := 1 \quad Q := -0.04$$

$$b := 1.2 \quad \Gamma := 4.568$$

$$V := 3.448 \quad \theta := \frac{\pi}{2}$$

$$\kappa := \text{asin}\left(\frac{\Gamma}{4\pi \cdot V \cdot a}\right)$$

$$\beta := 2 \cdot \pi - \kappa$$

Velocidad Tangencial

$$f1(R) := V \cdot \left( \sin(\theta) + \frac{a^2}{R^2} \cdot \sin(\theta) \right) + \frac{\Gamma}{2 \cdot \pi \cdot R}$$

$$f2(R) := -\frac{Q}{2 \cdot \pi} \cdot \left[ \frac{\left[ \frac{\cos(\theta)}{\sqrt{R^2 + b^2 - 2 \cdot b \cdot R \cdot \cos(\theta - \beta)}} - \frac{1}{2} \cdot \frac{R \cdot \cos(\theta) - b \cdot \cos(\beta)}{\left(\sqrt{R^2 + b^2 - 2 \cdot b \cdot R \cdot \cos(\theta - \beta)}\right)^3} \cdot (2 \cdot R - 2 \cdot b \cdot \cos(\theta - \beta)) \right]}{\sqrt{1 - \frac{(R \cdot \cos(\theta) - b \cdot \cos(\beta))^2}{R^2 + b^2 - 2 \cdot b \cdot R \cdot \cos(\theta - \beta)}}} \right]$$

$$f_3(R) := -\frac{Q}{2 \cdot \pi} \cdot \left[ \frac{\left[ \frac{\cos(\theta)}{\sqrt{R^2 + \frac{a^4}{b^2} - 2 \cdot \frac{a^2}{b} \cdot R \cdot \cos(\theta - \beta)}} - \frac{1}{2} \cdot \frac{\left( R \cdot \cos(\theta) - \frac{a^2}{b} \cdot \cos(\beta) \right)}{\left( \sqrt{R^2 + \frac{a^4}{b^2} - 2 \cdot \frac{a^2}{b} \cdot R \cdot \cos(\theta - \beta)} \right)^3} \cdot \left( 2 \cdot R - 2 \cdot \frac{a^2}{b} \cdot \cos(\theta - \beta) \right) \right]}{\sqrt{1 - \frac{\left( R \cdot \cos(\theta) - \frac{a^2}{b} \cdot \cos(\beta) \right)^2}{R^2 + \frac{a^4}{b^2} - 2 \cdot \frac{a^2}{b} \cdot R \cdot \cos(\theta - \beta)}}} \right]$$

$$V_t(R) := f_1(R) + f_2(R) + f_3(R)$$

$$M_i := V_t(R_i)$$

$$M_i =$$

■



Programa para el cálculo de los perfiles de velocidades sobre el cilindro con el modelo SZ – 1.

Archivo : VTSZ1\_bma

Programa para calcular la Velocidad Tangencial sobre un cilindro utilizando el modelo SZ-1 para **b** mayor que **a**

$N := 600$        $i := 100 .. N$        $R_i := \left( \frac{6}{N} \right) \cdot i$       Paso de R       $R_{102} - R_{101} = \blacksquare$

Parámetros

$a := 1$        $Q := -0.0351388881$        $R_{cir} := 10$        $T := R_{cir} - a$

$b := 1.01988066867$        $\Gamma := 4.568$

$V := 3.448$        $\theta := 0$

$\kappa := \text{asin} \left( \frac{\Gamma}{4\pi \cdot V \cdot a} \right)$

$\beta := 2 \cdot \pi - \kappa$

## Velocidad Tangencial

$$f1(R) := V \cdot \left( \sin(\theta) + \frac{a^2}{R^2} \cdot \sin(\theta) \right) + \frac{\Gamma}{2 \cdot \pi \cdot R}$$

$$f2(R) := \frac{Q}{2 \cdot \pi} \cdot \left[ \frac{\left[ \frac{\cos(\theta)}{\sqrt{R^2 + b^2 - 2 \cdot b \cdot R \cdot \cos(\theta - \beta)}} - \frac{1}{2} \frac{R \cdot \cos(\theta) - b \cdot \cos(\beta)}{\left(\sqrt{R^2 + b^2 - 2 \cdot b \cdot R \cdot \cos(\theta - \beta)}\right)^3} \cdot (2 \cdot R - 2 \cdot b \cdot \cos(\theta - \beta)) \right]}{\sqrt{1 - \frac{(R \cdot \cos(\theta) - b \cdot \cos(\beta))^2}{R^2 + b^2 - 2 \cdot b \cdot R \cdot \cos(\theta - \beta)}}} \right]$$

$$f3(R) := \frac{Q}{2 \cdot \pi} \cdot \left[ \frac{\left[ \frac{\cos(\theta)}{\sqrt{R^2 + \frac{a^4}{b^2} - 2 \cdot \frac{a^2}{b} \cdot R \cdot \cos(\theta - \beta)}} - \frac{1}{2} \frac{\left( R \cdot \cos(\theta) - \frac{a^2}{b} \cdot \cos(\beta) \right)}{\left(\sqrt{R^2 + \frac{a^4}{b^2} - 2 \cdot \frac{a^2}{b} \cdot R \cdot \cos(\theta - \beta)}\right)^3} \cdot \left( 2 \cdot R - 2 \cdot \frac{a^2}{b} \cdot \cos(\theta - \beta) \right) \right]}{\sqrt{1 - \frac{\left( R \cdot \cos(\theta) - \frac{a^2}{b} \cdot \cos(\beta) \right)^2}{R^2 + \frac{a^4}{b^2} - 2 \cdot \frac{a^2}{b} \cdot R \cdot \cos(\theta - \beta)}}} \right]$$

$$V_t(R) := f_1(R) + f_2(R) + f_3(R)$$

$$M_i := V_t(R_i)$$

$$M_i =$$

■

$$R_i =$$

■

$$\theta = \blacksquare \text{ deg}$$

7.629

M

■



Parámetros

$$a = \blacksquare$$

$$Q = \blacksquare$$

$$b = \blacksquare$$

$$\Gamma = \blacksquare$$

$$V = \blacksquare$$

$$\beta = \blacksquare \text{ deg}$$

$$\theta = \blacksquare \text{ deg}$$

$$v_t(1) = \blacksquare$$

$$v_t(3) = \blacksquare$$

$$v_t(5) = \blacksquare$$

$$v_t(7) = \blacksquare$$

$$v_t(10) = \blacksquare$$

R

$$\theta = \blacksquare \text{ deg}$$

$$C := Vt(1) \quad C = \blacksquare$$

$$YTras_i := Vt(R_i) - C \quad XTras_i := R_i + T$$

$$Mod_i := \sqrt{[(XTras_i)]^2 + (YTras_i)^2} \quad ang_i := atan2[XTras_i, YTras_i] \quad H0 := (\max(XTras) \cdot \cos(\theta) \quad \max(XTras) \cdot \sin(\theta))$$

$$RotX_i := Mod_i \cdot \cos(ang_i + \theta) \quad RotY_i := Mod_i \cdot \sin(ang_i + \theta) \quad P0 := \begin{pmatrix} RotX_{100} & RotY_{100} \end{pmatrix} \quad S0 := \begin{pmatrix} RotX_N & RotY_N \end{pmatrix}$$

$$PerfilV0 := \text{augment}(RotX, RotY)$$

$$Rneg_i := (1 - R_i) \cdot Rcir \quad Ycn_i := \sqrt{Rcir^2 - (Rneg_i)^2} \quad Cirneg := \text{augment}(Rneg, Ycn)$$

$$Rpos_i := (R_i - 1) \cdot Rcir \quad Ycp_i := \sqrt{Rcir^2 - (Rpos_i)^2} \quad Cirpos := \text{augment}(Rpos, Ycp)$$

$$PerfilV := \text{augment}(Cirneg, Cirpos, PerfilV0, PerfilV30, PerfilV60, PerfilV90, PerfilV120, PerfilV150, PerfilV180, PerfilV210, PerfilV240, PerfilV270, PerfilV300, PerfilV330, -Cirneg, -Cirpos)$$

$$Recta0 := \text{stack}(P0, H0, S0) \quad Recta30 := \text{stack}(P30, H30, S30) \quad Recta60 := \text{stack}(P60, H60, S60) \quad Recta90 := \text{stack}(P90, H90, S90) \quad Recta120 := \text{stack}(P120, H120, S120)$$

$$Recta150 := \text{stack}(P150, H150, S150) \quad Recta180 := \text{stack}(P180, H180, S180) \quad Recta210 := \text{stack}(P210, H210, S210) \quad Recta240 := \text{stack}(P240, H240, S240)$$

$$Recta270 := \text{stack}(P270, H270, S270) \quad Recta300 := \text{stack}(P300, H300, S300) \quad Recta330 := \text{stack}(P330, H330, S330)$$

$$Rectas := \text{augment}(Recta0, Recta30, Recta60, Recta90, Recta120, Recta150, Recta180, Recta210, Recta240, Recta270, Recta300, Recta330)$$

  
C:\..\PV30.dat  
Perfil V

  
C:\..\R30.dat  
Rectas

PerfilV := augment(Cirneg, Cirpos, PerfilV0, PerfilV45, PerfilV90, PerfilV135, PerfilV180, PerfilV225, PerfilV270, PerfilV315, -Cirneg, -Cirpos)

Recta0 := stack(P0, H0, S0)

Recta45 := stack(P45, H45, S45)

Recta90 := stack(P90, H90, S90)

Recta135 := stack(P135, H135, S135)

Recta180 := stack(P180, H180, S180)

Recta225 := stack(P225, H225, S225)

Recta270 := stack(P270, H270, S270)

Recta315 := stack(P315, H315, S315)

Rectas := augment(Recta0, Recta45, Recta90, Recta135, Recta180, Recta225, Recta270, Recta315)

  
C:\..\PV45.dat  
Perfil V

  
C:\..\R45.dat  
Rectas

Archivo : CPSZ2\_bma

Programa para calcular el Coeficiente de Presión sobre un cilindro utilizando el modelo SZ-2

$$N := 100 \cdot \pi \quad i := 0 .. N \quad \theta_i := \left( \frac{\pi}{N} \right) \cdot i \quad \text{Paso de } \theta \quad \theta_1 - \theta_0 = \blacksquare$$

Parámetros

$$a := 1 \quad Q := -0.0351389987$$

$$b := 1.00038878986 \quad \Gamma := 4.568$$

$$V := 3.448 \quad R := a$$

$$\kappa := \arcsin\left(\frac{\Gamma}{4\pi \cdot V \cdot a}\right) \quad \text{Este ángulo es el mismo del punto de estancamiento Aguas Abajo, su valor debe ser positivo y en grados se mide desde el eje OX positivo}$$

$$\mu := 2 \cdot \pi - \kappa$$

$$\eta_1 := 0.5 \quad \text{En grados}$$

$$\eta := \frac{\eta_1 \cdot \pi}{180}$$

$$\beta_p := \mu + \eta$$

$$\beta_n := \mu - \eta$$

### Coeficiente de Presión

$$f1(\theta) := v \cdot \left( \sin(\theta) + \frac{a^2}{R^2} \cdot \sin(\theta) \right) + \frac{\Gamma}{2 \cdot \pi \cdot R}$$

$$f2(\theta) := -\frac{Q}{2 \cdot \pi} \cdot \left[ \frac{\left[ \frac{\cos(\theta)}{\sqrt{R^2 + b^2 - 2 \cdot b \cdot R \cdot \cos(\theta - \beta p)}} - \frac{1}{2} \cdot \frac{R \cdot \cos(\theta) - b \cdot \cos(\beta p)}{\left( \sqrt{R^2 + b^2 - 2 \cdot b \cdot R \cdot \cos(\theta - \beta p)} \right)^3} \cdot (2 \cdot R - 2 \cdot b \cdot \cos(\theta - \beta p)) \right]}{\sqrt{1 - \frac{(R \cdot \cos(\theta) - b \cdot \cos(\beta p))^2}{R^2 + b^2 - 2 \cdot b \cdot R \cdot \cos(\theta - \beta p)}}} \right]$$

$$f3(\theta) := -\frac{Q}{2 \cdot \pi} \cdot \left[ \frac{\left[ \frac{\cos(\theta)}{\sqrt{R^2 + \frac{a^4}{b^2} - 2 \cdot \frac{a^2}{b} \cdot R \cdot \cos(\theta - \beta p)}} - \frac{1}{2} \cdot \frac{\left( R \cdot \cos(\theta) - \frac{a^2}{b} \cdot \cos(\beta p) \right)}{\left( \sqrt{R^2 + \frac{a^4}{b^2} - 2 \cdot \frac{a^2}{b} \cdot R \cdot \cos(\theta - \beta p)} \right)^3} \cdot \left( 2 \cdot R - 2 \cdot \frac{a^2}{b} \cdot \cos(\theta - \beta p) \right) \right]}{\sqrt{1 - \frac{\left( R \cdot \cos(\theta) - \frac{a^2}{b} \cdot \cos(\beta p) \right)^2}{R^2 + \frac{a^4}{b^2} - 2 \cdot \frac{a^2}{b} \cdot R \cdot \cos(\theta - \beta p)}}} \right]$$

$$f4(\theta) := -\frac{Q}{2 \cdot \pi} \cdot \left[ \frac{\left[ \frac{\cos(\theta)}{\sqrt{R^2 + b^2 - 2 \cdot b \cdot R \cdot \cos(\theta - \beta n)}} - \frac{1}{2} \cdot \frac{R \cdot \cos(\theta) - b \cdot \cos(\beta n)}{\left( \sqrt{R^2 + b^2 - 2 \cdot b \cdot R \cdot \cos(\theta - \beta n)} \right)^3} \cdot (2 \cdot R - 2 \cdot b \cdot \cos(\theta - \beta n)) \right]}{\sqrt{1 - \frac{(R \cdot \cos(\theta) - b \cdot \cos(\beta n))^2}{R^2 + b^2 - 2 \cdot b \cdot R \cdot \cos(\theta - \beta n)}}} \right]$$

$$f_5(\theta) := -\frac{Q}{2 \cdot \pi} \cdot \left[ \frac{\cos(\theta)}{\sqrt{R^2 + \frac{a^4}{b^2} - 2 \cdot \frac{a^2}{b} \cdot R \cdot \cos(\theta - \beta n)}} - \frac{1}{2} \cdot \frac{\left( R \cdot \cos(\theta) - \frac{a^2}{b} \cdot \cos(\beta n) \right)}{\left( \sqrt{R^2 + \frac{a^4}{b^2} - 2 \cdot \frac{a^2}{b} \cdot R \cdot \cos(\theta - \beta n)} \right)^3} \cdot \left( 2 \cdot R - 2 \cdot \frac{a^2}{b} \cdot \cos(\theta - \beta n) \right) \right] \\ \sqrt{1 - \frac{\left( R \cdot \cos(\theta) - \frac{a^2}{b} \cdot \cos(\beta n) \right)^2}{R^2 + \frac{a^4}{b^2} - 2 \cdot \frac{a^2}{b} \cdot R \cdot \cos(\theta - \beta n)}}$$

$$f(\theta) := f_1(\theta) + f_2(\theta) + f_3(\theta) + f_4(\theta) + f_5(\theta)$$

$$C_p(\theta) := 1 - \left( \frac{f(\theta)}{V} \right)^2$$

$$M_i := -C_p(\theta_i)$$



Archivo: FASZ2\_bma

Programa para calcular las Fuerzas Aerodinámicas sobre un cilindro utilizando el modelo SZ-2

Parámetros

$$a := 1 \quad \Gamma := 4.568$$

$$Q := -0.0351389987 \quad b := 1.00038878986$$

$$q := \frac{Q}{2} \quad \rho := 1$$

$$V := 3.448$$

$$\kappa := \operatorname{asin}\left(\frac{\Gamma}{4\pi \cdot V \cdot a}\right)$$

$$\mu := 2\pi - \kappa \quad \text{Este ángulo es el mismo del punto de estancamiento Aguas Abajo, su valor debe ser positivo y en grados se mide desde el eje OX positivo}$$

$$\eta_1 := 0.5 \quad \text{En grados}$$

$$\eta := \frac{\eta_1 \cdot \pi}{180}$$

$$\beta_p := \mu + \eta$$

$$\beta_n := \mu - \eta$$

## Fuerza de Arrastre

$$f1 := -\frac{\rho}{b^2} \cdot V \cdot a^2 \cdot q \cdot \cos(2 \cdot \beta p) + \frac{1}{2} \cdot \frac{\rho}{\pi \cdot b} \cdot q \cdot \Gamma \cdot \sin(\beta p) - \frac{1}{2} \cdot \frac{\rho}{\pi \cdot (a^2 - b^2)} \cdot q^2 \cdot b \cdot \cos(\beta p) - \frac{\rho}{\pi \cdot b} \cdot q^2 \cdot \cos(\beta p) - \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot q^2 \cdot b \cdot \frac{a^2 \cdot \cos(\beta n) - b^2 \cdot \cos(\beta p)}{\pi \cdot (a^4 - 2 \cdot a^2 \cdot b^2 \cdot \cos(\beta n - \beta p) + b^4)}$$

$$f2 := -\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot q^2 \cdot b \cdot \frac{a^2 \cdot \cos(\beta p) - b^2 \cdot \cos(\beta n)}{\pi \cdot (a^4 - 2 \cdot a^2 \cdot b^2 \cdot \cos(\beta n - \beta p) + b^4)} - \frac{\rho}{b^2} \cdot q \cdot V \cdot a^2 \cdot \cos(2 \cdot \beta n) + \frac{1}{2} \cdot \frac{\rho}{\pi \cdot b} \cdot q \cdot \Gamma \cdot \sin(\beta n) - \frac{\rho}{\pi \cdot b} \cdot q^2 \cdot \cos(\beta n) - \frac{1}{2} \cdot \frac{\rho}{\pi \cdot (a^2 - b^2)} \cdot q^2 \cdot b \cdot \cos(\beta n)$$

$$X := f1 + f2$$

$$CD := \frac{X}{\frac{\rho}{2} \cdot V^2 \cdot 2 \cdot a \cdot 1}$$

## Fuerza de Sustentación

$$f3 := -\frac{\rho}{b^2} \cdot V \cdot a^2 \cdot q \cdot \sin(2 \cdot \beta p) - \frac{1}{2} \cdot \frac{\rho}{\pi \cdot b} \cdot q \cdot \Gamma \cdot \cos(\beta p) - \frac{1}{2} \cdot \frac{\rho}{\pi \cdot (a^2 - b^2)} \cdot q^2 \cdot b \cdot \sin(\beta p) - \frac{\rho}{\pi \cdot b} \cdot q^2 \cdot \sin(\beta p) - \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot q^2 \cdot b \cdot \frac{a^2 \cdot \sin(\beta n) - b^2 \cdot \sin(\beta p)}{\pi \cdot (a^4 - 2 \cdot a^2 \cdot b^2 \cdot \cos(\beta n - \beta p) + b^4)}$$

$$f4 := -\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot q^2 \cdot b \cdot \frac{a^2 \cdot \sin(\beta p) - b^2 \cdot \sin(\beta n)}{\pi \cdot (a^4 - 2 \cdot a^2 \cdot b^2 \cdot \cos(\beta n - \beta p) + b^4)} - \frac{\rho}{b^2} \cdot q \cdot V \cdot a^2 \cdot \sin(2 \cdot \beta n) - \frac{1}{2} \cdot \frac{\rho}{\pi \cdot b} \cdot q \cdot \Gamma \cdot \cos(\beta n) - \frac{\rho}{\pi \cdot b} \cdot q^2 \cdot \sin(\beta n) - \frac{1}{2} \cdot \frac{\rho}{\pi \cdot (a^2 - b^2)} \cdot q^2 \cdot b \cdot \sin(\beta n)$$

$$f5 := \rho \cdot V \cdot \Gamma$$

$$Y := f3 + f4 + f5$$

$$CL := \frac{Y}{\frac{\rho}{2} \cdot V^2 \cdot 2 \cdot a \cdot 1}$$

Archivo : FunCorSZ2\_bma

Programa para calcular la Función de Corriente sobre un cilindro utilizando el modelo SZ-2

$N := 250$        $i := -N..N$        $x_i := \left(\frac{2.5}{N}\right) \cdot i + 0.001$       Paso para X       $X := x_{99} - x_{100}$        $X = \blacksquare$

$M := 250$        $j := -M..M$        $y_j := \left(\frac{2.5}{M}\right) \cdot j + 0.001$       Paso para Y       $Y := y_{49} - y_{50}$        $Y = \blacksquare$

### Parámetros

$a := 1$        $Q := -0.0570980573$

$b := 1.00040214175$        $\Gamma := 4.568$

$V := 3.448$

$$\kappa := \operatorname{asin}\left(\frac{\Gamma}{4\pi \cdot V \cdot a}\right)$$

$\mu := 2\pi - \kappa$       Este ángulo es el mismo del punto de estancamiento Aguas Abajo, su valor debe ser positivo y en grados se mide desde el eje OX positivo

$\eta_1 := 0.5$       En grados

$$\eta := \frac{\eta_1 \cdot \pi}{180}$$

$$\beta_p := \mu + \eta$$

$$\beta_n := \mu - \eta$$

## Función de Corriente

$$R_a(x, y) := \sqrt{x^2 + y^2 + \frac{a^4}{b^2} - 2 \cdot \frac{a^2}{b} \cdot (y \cdot \sin(\beta p) + x \cdot \cos(\beta p))}$$

$$\theta_a(x, y) := \arccos\left(\frac{x - \frac{a^2}{b} \cdot \cos(\beta p)}{R_a(x, y)}\right)$$

$$R_b(x, y) := \sqrt{x^2 + y^2 + b^2 - 2 \cdot b \cdot (y \cdot \sin(\beta p) + x \cdot \cos(\beta p))}$$

$$\theta_b(x, y) := \arccos\left(\frac{x - b \cdot \cos(\beta p)}{R_b(x, y)}\right)$$

$$R_c(x, y) := \sqrt{x^2 + y^2 + \frac{a^4}{b^2} - 2 \cdot \frac{a^2}{b} \cdot (y \cdot \sin(\beta n) + x \cdot \cos(\beta n))}$$

$$\theta_c(x, y) := \arccos\left(\frac{x - \frac{a^2}{b} \cdot \cos(\beta n)}{R_c(x, y)}\right)$$

$$R_d(x, y) := \sqrt{x^2 + y^2 + b^2 - 2 \cdot b \cdot (y \cdot \sin(\beta n) + x \cdot \cos(\beta n))}$$

$$\theta_d(x, y) := \arccos\left(\frac{x - b \cdot \cos(\beta n)}{R_d(x, y)}\right)$$

$$\psi_1(x, y) := V \cdot \left( y - \frac{a^2 \cdot y}{x^2 + y^2} \right) + \frac{\Gamma}{2 \cdot \pi} \cdot \ln\left(\frac{\sqrt{x^2 + y^2}}{a}\right)$$

$$\psi_2(x, y) := \frac{Q}{2 \cdot \pi} \cdot \left( \theta_b(x, y) + \theta_a(x, y) - \operatorname{atan}\left(\frac{y}{x}\right) \right) + \frac{Q}{2 \cdot \pi} \cdot \left( \theta_d(x, y) + \theta_c(x, y) - \operatorname{atan}\left(\frac{y}{x}\right) \right) - Q$$

$$M_{i,j} := \psi_1(x_i, y_j) + \psi_2(x_i, y_j)$$

$$M_{i,j} =$$

■

Archivo : VTSZ2\_bma

Programa para calcular la Velocidad Tangencial sobre un cilindro utilizando el modelo SZ-2

$$N := 1000 \quad i := 100..N \quad R_i := \left(\frac{10}{N}\right) \cdot i \quad R_{102} - R_{101} = \blacksquare$$

Parámetros

$$a := 1 \quad Q := -0.04$$

$$b := 2 \quad \Gamma := 4.568$$

$$V := 3.448 \quad \theta := \frac{\pi}{2}$$

$$\kappa := \operatorname{asin}\left(\frac{\Gamma}{4\pi \cdot V \cdot a}\right) \quad \text{Este ángulo es el mismo del punto de estancamiento Aguas Abajo, su valor debe ser positivo y en grados se mide desde el eje OX positivo}$$

$$\mu := 2 \cdot \pi - \kappa$$

$$\eta_1 := 0.5 \quad \text{En grados}$$

$$\eta := \frac{\eta_1 \cdot \pi}{180}$$

$$\beta_p := \mu + \eta$$

$$\beta_n := \mu - \eta$$

## Velocidad Tangencial

$$f1(R) := V \cdot \left( \sin(\theta) + \frac{a^2}{R^2} \cdot \sin(\theta) \right) + \frac{\Gamma}{2 \cdot \pi \cdot R}$$

$$f2(R) := -\frac{Q}{2 \cdot \pi} \cdot \left[ \frac{\frac{\cos(\theta)}{\sqrt{R^2 + b^2 - 2 \cdot b \cdot R \cdot \cos(\theta - \beta p)}} - \frac{1}{2} \cdot \frac{R \cdot \cos(\theta) - b \cdot \cos(\beta p)}{\left(\sqrt{R^2 + b^2 - 2 \cdot b \cdot R \cdot \cos(\theta - \beta p)}\right)^3} \cdot (2 \cdot R - 2 \cdot b \cdot \cos(\theta - \beta p))}{\sqrt{1 - \frac{(R \cdot \cos(\theta) - b \cdot \cos(\beta p))^2}{R^2 + b^2 - 2 \cdot b \cdot R \cdot \cos(\theta - \beta p)}}} \right]$$

$$f3(R) := -\frac{Q}{2 \cdot \pi} \cdot \left[ \frac{\frac{\cos(\theta)}{\sqrt{R^2 + \frac{a^4}{b^2} - 2 \cdot \frac{a^2}{b} \cdot R \cdot \cos(\theta - \beta p)}} - \frac{1}{2} \cdot \frac{\left(R \cdot \cos(\theta) - \frac{a^2}{b} \cdot \cos(\beta p)\right)}{\left(\sqrt{R^2 + \frac{a^4}{b^2} - 2 \cdot \frac{a^2}{b} \cdot R \cdot \cos(\theta - \beta p)}\right)^3} \cdot \left(2 \cdot R - 2 \cdot \frac{a^2}{b} \cdot \cos(\theta - \beta p)\right)}{\sqrt{1 - \frac{\left(R \cdot \cos(\theta) - \frac{a^2}{b} \cdot \cos(\beta p)\right)^2}{R^2 + \frac{a^4}{b^2} - 2 \cdot \frac{a^2}{b} \cdot R \cdot \cos(\theta - \beta p)}}} \right]$$

$$f4(R) := -\frac{Q}{2 \cdot \pi} \cdot \left[ \frac{\left[ \frac{\cos(\theta)}{\sqrt{R^2 + b^2 - 2 \cdot b \cdot R \cdot \cos(\theta - \beta n)}} - \frac{1}{2} \cdot \frac{R \cdot \cos(\theta) - b \cdot \cos(\beta n)}{\left(\sqrt{R^2 + b^2 - 2 \cdot b \cdot R \cdot \cos(\theta - \beta n)}\right)^3} \cdot (2 \cdot R - 2 \cdot b \cdot \cos(\theta - \beta n)) \right]}{\sqrt{1 - \frac{(R \cdot \cos(\theta) - b \cdot \cos(\beta n))^2}{R^2 + b^2 - 2 \cdot b \cdot R \cdot \cos(\theta - \beta n)}}} \right]$$

$$f5(R) := -\frac{Q}{2 \cdot \pi} \cdot \left[ \frac{\left[ \frac{\cos(\theta)}{\sqrt{R^2 + \frac{a^4}{b^2} - 2 \cdot \frac{a^2}{b} \cdot R \cdot \cos(\theta - \beta n)}} - \frac{1}{2} \cdot \frac{\left(R \cdot \cos(\theta) - \frac{a^2}{b} \cdot \cos(\beta n)\right)}{\left(\sqrt{R^2 + \frac{a^4}{b^2} - 2 \cdot \frac{a^2}{b} \cdot R \cdot \cos(\theta - \beta n)}\right)^3} \cdot \left(2 \cdot R - 2 \cdot \frac{a^2}{b} \cdot \cos(\theta - \beta n)\right) \right]}{\sqrt{1 - \frac{\left(R \cdot \cos(\theta) - \frac{a^2}{b} \cdot \cos(\beta n)\right)^2}{R^2 + \frac{a^4}{b^2} - 2 \cdot \frac{a^2}{b} \cdot R \cdot \cos(\theta - \beta n)}}} \right]$$

$$Vt(R) := f1(R) + f2(R) + f3(R) + f4(R) + f5(R)$$

$$M_i := Vt(R_i)$$

Archivo: Vel\_ind\_SZ2\_bma

## Modelo SZ-2

### Parte Imaginaria

$$\Gamma := 4.568 \quad V := 3.448 \quad a := 1$$

$$\eta_1 := 0.5 \quad \text{En grados}$$

$$\eta := \frac{\eta_1 \cdot \pi}{180}$$

$$\kappa := \text{asin}\left(\frac{\Gamma}{4\pi \cdot V \cdot a}\right)$$

$$\mu := 2 \cdot \pi - \kappa$$

$$\beta_p := \mu + \eta$$

$$\beta_n := \mu - \eta$$

$$q(b) := \frac{-V \cdot \frac{a^2}{b^2} \cdot \sin(2 \cdot \beta_p) - \frac{1}{2} \cdot \frac{\Gamma}{\pi \cdot b} \cdot \cos(\beta_p)}{\frac{1}{\pi \cdot b} \cdot \sin(\beta_p) + \frac{1}{2} \cdot \frac{b \cdot \sin(\beta_p)}{\pi \cdot (a^2 - b^2)} - \frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot \frac{b \cdot \sin(\beta_p) - b \cdot \sin(\beta_n)}{(b \cdot \cos(\beta_p) - b \cdot \cos(\beta_n))^2 + (b \cdot \sin(\beta_p) - b \cdot \sin(\beta_n))^2} + \frac{b}{2 \cdot \pi} \cdot \frac{a^2 \cdot \sin(\beta_n) - b^2 \cdot \sin(\beta_p)}{(a^4 + b^4 - 2 \cdot a^2 \cdot b^2 \cdot \cos(\beta_p - \beta_n))}}$$



## Programa para el cálculo de los perfiles de velocidades sobre el cilindro con el modelo SZ – 2.

Archivo : VTSZ2\_bma

Programa para calcular la Velocidad Tangencial sobre un cilindro utilizando el modelo SZ-2 para  $b$  mayor que  $a$

$$N := 600 \quad i := 100..N \quad R_i := \left(\frac{6}{N}\right) \cdot i \quad R_{102} - R_{101} = \blacksquare$$

Parámetros

$$a := 1 \quad Q := 0 \quad R_{cir} := 10 \quad T := R_{cir} - a$$

$$b := 2 \quad \Gamma := 4.568$$

$$v := 3.448 \quad \theta := 0$$

$$\kappa := \arcsin\left(\frac{\Gamma}{4\pi \cdot v \cdot a}\right)$$

Este ángulo es el mismo del punto de estancamiento su valor debe ser positivo y en grados se mide desde el eje OX positivo

Aguas Abajo ,

$$\mu := 2 \cdot \pi - \kappa$$

$$\eta_1 := 0.5 \quad \text{En grados}$$

$$\eta := \frac{\eta_1 \cdot \pi}{180}$$

$$\beta_p := \mu + \eta$$

$$\beta_n := \mu - \eta$$

## Velocidad Tangencial

$$f1(R) := V \cdot \left( \sin(\theta) + \frac{a^2}{R^2} \cdot \sin(\theta) \right) + \frac{\Gamma}{2 \cdot \pi \cdot R}$$

$$f2(R) := -\frac{Q}{2 \cdot \pi} \cdot \left[ \frac{\left[ \frac{\cos(\theta)}{\sqrt{R^2 + b^2 - 2 \cdot b \cdot R \cdot \cos(\theta - \beta p)}} - \frac{1}{2} \cdot \frac{R \cdot \cos(\theta) - b \cdot \cos(\beta p)}{\left(\sqrt{R^2 + b^2 - 2 \cdot b \cdot R \cdot \cos(\theta - \beta p)}\right)^3} \cdot (2 \cdot R - 2 \cdot b \cdot \cos(\theta - \beta p)) \right]}{\sqrt{1 - \frac{(R \cdot \cos(\theta) - b \cdot \cos(\beta p))^2}{R^2 + b^2 - 2 \cdot b \cdot R \cdot \cos(\theta - \beta p)}}} \right]$$

$$f3(R) := -\frac{Q}{2 \cdot \pi} \cdot \left[ \frac{\left[ \frac{\cos(\theta)}{\sqrt{R^2 + \frac{a^4}{b^2} - 2 \cdot \frac{a^2}{b} \cdot R \cdot \cos(\theta - \beta p)}} - \frac{1}{2} \cdot \frac{\left(R \cdot \cos(\theta) - \frac{a^2}{b} \cdot \cos(\beta p)\right)}{\left(\sqrt{R^2 + \frac{a^4}{b^2} - 2 \cdot \frac{a^2}{b} \cdot R \cdot \cos(\theta - \beta p)}\right)^3} \cdot \left(2 \cdot R - 2 \cdot \frac{a^2}{b} \cdot \cos(\theta - \beta p)\right) \right]}{\sqrt{1 - \frac{\left(R \cdot \cos(\theta) - \frac{a^2}{b} \cdot \cos(\beta p)\right)^2}{R^2 + \frac{a^4}{b^2} - 2 \cdot \frac{a^2}{b} \cdot R \cdot \cos(\theta - \beta p)}}} \right]$$

$$f_4(R) := \frac{Q}{2 \cdot \pi} \left[ \frac{\left[ \frac{\cos(\theta)}{\sqrt{R^2 + b^2 - 2 \cdot b \cdot R \cdot \cos(\theta - \beta n)}} - \frac{1}{2} \frac{R \cdot \cos(\theta) - b \cdot \cos(\beta n)}{\left(\sqrt{R^2 + b^2 - 2 \cdot b \cdot R \cdot \cos(\theta - \beta n)}\right)^3} \cdot (2 \cdot R - 2 \cdot b \cdot \cos(\theta - \beta n)) \right]}{\sqrt{1 - \frac{(R \cdot \cos(\theta) - b \cdot \cos(\beta n))^2}{R^2 + b^2 - 2 \cdot b \cdot R \cdot \cos(\theta - \beta n)}}} \right]$$

$$f_5(R) := \frac{Q}{2 \cdot \pi} \left[ \frac{\left[ \frac{\cos(\theta)}{\sqrt{R^2 + \frac{a^4}{b^2} - 2 \cdot \frac{a^2}{b} \cdot R \cdot \cos(\theta - \beta n)}} - \frac{1}{2} \frac{\left( R \cdot \cos(\theta) - \frac{a^2}{b} \cdot \cos(\beta n) \right)}{\left(\sqrt{R^2 + \frac{a^4}{b^2} - 2 \cdot \frac{a^2}{b} \cdot R \cdot \cos(\theta - \beta n)}\right)^3} \cdot \left( 2 \cdot R - 2 \cdot \frac{a^2}{b} \cdot \cos(\theta - \beta n) \right) \right]}{\sqrt{1 - \frac{\left( R \cdot \cos(\theta) - \frac{a^2}{b} \cdot \cos(\beta n) \right)^2}{R^2 + \frac{a^4}{b^2} - 2 \cdot \frac{a^2}{b} \cdot R \cdot \cos(\theta - \beta n)}}} \right]$$

$$Vt(R) := f1(R) + f2(R) + f3(R) + f4(R) + f5(R)$$

$$M_i := Vt(R_i)$$

$$M_i =$$

$$R_i =$$

$$\theta = \blacksquare \text{ deg}$$

M

### Parámetros

$$a = \blacksquare \quad Q = \blacksquare$$

$$b = \blacksquare \quad \Gamma = \blacksquare$$

$$V = \blacksquare$$

$$\kappa = \blacksquare \text{ deg} \quad \beta p = \blacksquare \text{ deg}$$

$$\mu = \blacksquare \text{ deg} \quad \beta n = \blacksquare \text{ deg}$$

$$\eta = \blacksquare \text{ deg}$$

$$\theta = \blacksquare \text{ deg}$$

$$Vt(1) = \blacksquare$$

$$Vt(3) = \blacksquare$$

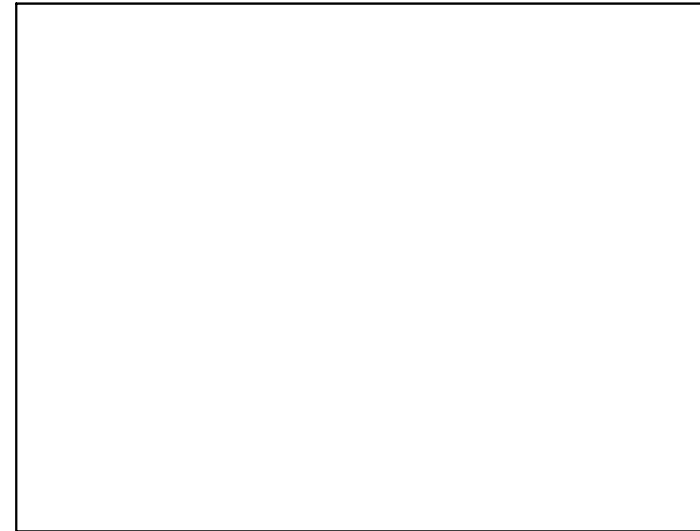
$$Vt(5) = \blacksquare$$

$$Vt(7) = \blacksquare$$

$$Vt(10) = \blacksquare$$

R

$$\theta = \blacksquare \text{ deg}$$



$$C := \text{Vt}(1)$$

$$C = \mathbf{1}$$

$$Y\text{Tras}_i := \text{Vt}(R_i) - C$$

$$X\text{Tras}_i := R_i + T$$

$$\text{Mod}_i := \sqrt{[(X\text{Tras}_i)]^2 + (Y\text{Tras}_i)^2}$$

$$\text{ang}_i := \text{atan2}[(X\text{Tras}_i), Y\text{Tras}_i]$$

$$H0 := (\max(X\text{Tras}) \cdot \cos(\theta) \quad \max(X\text{Tras}) \cdot \sin(\theta))$$

$$\text{RotX}_i := \text{Mod}_i \cdot \cos(\text{ang}_i + \theta)$$

$$\text{RotY}_i := \text{Mod}_i \cdot \sin(\text{ang}_i + \theta)$$

$$P0 := \begin{pmatrix} \text{RotX}_{100} & \text{RotY}_{100} \end{pmatrix}$$

$$S0 := \begin{pmatrix} \text{RotX}_N & \text{RotY}_N \end{pmatrix}$$

$$\text{PerfilV0} := \text{augment}(\text{RotX}, \text{RotY})$$

$$R_{neg_i} := (1 - R_i) \cdot R_{cir} \quad Y_{cn_i} := \sqrt{R_{cir}^2 - (R_{neg_i})^2} \quad Cir_{neg} := \text{augment}(R_{neg}, Y_{cn})$$

$$R_{pos_i} := (R_i - 1) \cdot R_{cir} \quad Y_{cp_i} := \sqrt{R_{cir}^2 - (R_{pos_i})^2} \quad Cir_{pos} := \text{augment}(R_{pos}, Y_{cp})$$

PerfilV := augment(Cirneg, Cirpos, PerfilV0, PerfilV30, PerfilV60, PerfilV90, PerfilV120, PerfilV150, PerfilV180, PerfilV210, PerfilV240, PerfilV270, PerfilV300, PerfilV330, -Cirneg, -Cirpos)

Recta0 := stack(P0, H0, S0)      Recta30 := stack(P30, H30, S30)      Recta60 := stack(P60, H60, S60)      Recta90 := stack(P90, H90, S90)

Recta150 := stack(P150, H150, S150)      Recta180 := stack(P180, H180, S180)      Recta210 := stack(P210, H210, S210)      Recta240 := stack(P240, H240, S240)

Recta270 := stack(P270, H270, S270)      Recta300 := stack(P300, H300, S300)      Recta330 := stack(P330, H330, S330)      Recta120 := stack(P120, H120, S120)

Rectas := augment(Recta0, Recta30, Recta60, Recta90, Recta120, Recta150, Recta180, Recta210, Recta240, Recta270, Recta300, Recta330)



C:\..\PV30.dat  
PerfilV



C:\..\R30.dat  
Rectas

PerfilV := augment(Cirneg, Cirpos, PerfilV0, PerfilV45, PerfilV90, PerfilV135, PerfilV180, PerfilV225, PerfilV270, PerfilV315, -Cirneg, -Cirpos)

Recta0 := stack(P0, H0, S0)

Recta45 := stack(P45, H45, S45)

Recta90 := stack(P90, H90, S90)

Recta135 := stack(P135, H135, S135)

Recta180 := stack(P180, H180, S180)

Recta225 := stack(P225, H225, S225)

Recta270 := stack(P270, H270, S270)

Recta315 := stack(P315, H315, S315)

Rectas := augment(Recta0, Recta45, Recta90, Recta135, Recta180, Recta225, Recta270, Recta315)



C:\..\PV45.dat

Perfil V



C:\..\R45.dat

Rectas

Archivo : CPSZ3\_bma

Programa para calcular el Coeficiente de Presión sobre un cilindro utilizando el modelo SZ-2

$$N := 100 \cdot \pi \quad i := 0..N \quad \theta_i := \left( \frac{\pi}{N} \right) \cdot i \quad \text{Paso de } \theta \quad \theta_1 - \theta_0 = \blacksquare$$

Parámetros

$$a := 1 \quad Q := -0.0351389275$$

$$b := 1.00809461564 \quad \Gamma := 4.568$$

$$V := 3.448 \quad R := a$$

$$\kappa := \text{asin} \left( \frac{\Gamma}{4\pi \cdot V \cdot a} \right)$$

$\mu_{ab} := 2 \cdot \pi - \kappa$  Este ángulo es el mismo del punto de estancamiento Aguas Abajo, su valor debe ser positivo y en grados se mide desde el eje OX positivo

$\mu_{ar} := \kappa$  Este ángulo es el mismo del punto de estancamiento Aguas Arriba, su valor debe ser positivo y en grados se mide desde el eje OX negativo

Parámetros de los Vórtices Aguas Abajo

$\varepsilon_1 := 0.5$  En grados

$$\varepsilon := \frac{\varepsilon_1 \cdot \pi}{180}$$

$$\tau_p := \mu_{ab} + \varepsilon$$

$$\tau_n := \mu_{ab} - \varepsilon$$

$$R_1 := 1.01$$



$$\Gamma 1 := 4 \cdot \pi \cdot V \cdot R1 \cdot \sin(\varepsilon) \cdot \left[ 1 - \frac{a^4}{(R1)^4} \right]$$

### Parámetros de los Vórtices Aguas Arriba

$$v1 := 0.5 \quad \text{En grados}$$

$$v := \frac{v1 \cdot \pi}{180}$$

$$\delta p := \mu ar + v$$

$$\delta n := \mu ar - v$$

$$R2 := 1.001$$

$$\Gamma 2 := 4 \cdot \pi \cdot V \cdot R2 \cdot \sin(v) \cdot \left[ 1 - \frac{a^4}{(R2)^4} \right]$$

### Coefficiente de Presión

$$\rho 1(\theta) := \sqrt{R^2 + R1^2 - 2 \cdot R1 \cdot R \cdot \cos((\theta - \tau p))}$$

$$\rho 2(\theta) := \sqrt{R^2 + \frac{a^4}{R1^2} - 2 \cdot \frac{a^2}{R1} \cdot R \cdot \cos(\theta - \tau p)}$$

$$\rho 3(\theta) := \sqrt{R^2 + R1^2 - 2 \cdot R1 \cdot R \cdot \cos((\theta - \tau n))}$$

$$\rho 4(\theta) := \sqrt{R^2 + \frac{a^4}{R1^2} - 2 \cdot \frac{a^2}{R1} \cdot R \cdot \cos((\theta - \tau n))}$$

$$\gamma 1(\theta) := \arccos\left(\frac{R \cdot \cos(\theta) - R1 \cdot \cos(\tau p)}{\rho 1(\theta)}\right)$$

$$\gamma 2(\theta) := \arccos\left(\frac{R \cdot \cos(\theta) - \frac{a^2}{R1} \cdot \cos(\tau p)}{\rho 2(\theta)}\right)$$

$$\gamma 3(\theta) := \arccos\left(\frac{R \cdot \cos(\theta) - R1 \cdot \cos(\tau n)}{\rho 3(\theta)}\right)$$

$$\gamma 4(\theta) := \arccos\left(\frac{R \cdot \cos(\theta) - \frac{a^2}{R1} \cdot \cos(\tau n)}{\rho 4(\theta)}\right)$$

$$\sigma_1(\theta) := \sqrt{R^2 + R_2^2 + 2 \cdot R_2 \cdot R \cdot \cos((\theta - \delta n))}$$

$$\lambda_1(\theta) := \arccos\left(\frac{R \cdot \cos(\theta) + R_2 \cdot \cos(\delta n)}{\sigma_1(\theta)}\right)$$

$$\sigma_2(\theta) := \sqrt{R^2 + \frac{a^4}{R^2} + 2 \cdot \frac{a^2}{R^2} \cdot R \cdot \cos((\theta - \delta n))}$$

$$\lambda_2(\theta) := \arccos\left(\frac{R \cdot \cos(\theta) + \frac{a^2}{R^2} \cdot \cos(\delta n)}{\sigma_2(\theta)}\right)$$

$$\sigma_3(\theta) := \sqrt{R^2 + R_2^2 + 2 \cdot R_2 \cdot R \cdot \cos((\theta - \delta p))}$$

$$\lambda_3(\theta) := \arccos\left(\frac{R \cdot \cos(\theta) + R_2 \cdot \cos(\delta p)}{\sigma_3(\theta)}\right)$$

$$\sigma_4(\theta) := \sqrt{R^2 + \frac{a^4}{R^2} + 2 \cdot \frac{a^2}{R^2} \cdot R \cdot \cos((\theta - \delta p))}$$

$$\lambda_4(\theta) := \arccos\left(\frac{R \cdot \cos(\theta) + \frac{a^2}{R^2} \cdot \cos(\delta p)}{\sigma_4(\theta)}\right)$$

$$f_1(\theta) := V \cdot \left( \sin(\theta) + \frac{a^2}{R^2} \cdot \sin(\theta) \right) + \frac{\Gamma}{2 \cdot \pi \cdot R}$$

$$f_2(\theta) := \frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot \Gamma_1 \cdot \left( \frac{\rho_2(\theta) \cdot \cos(\theta - \gamma_1(\theta)) - \rho_1(\theta) \cdot \cos(\theta - \gamma_2(\theta))}{\rho_1(\theta) \cdot \rho_2(\theta)} + \frac{\rho_3(\theta) \cdot \cos(\theta - \gamma_4(\theta)) - \rho_4(\theta) \cdot \cos(\theta - \gamma_3(\theta))}{\rho_3(\theta) \cdot \rho_4(\theta)} \right)$$

$$f_3(\theta) := \frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot \Gamma_2 \cdot \left( \frac{\sigma_2(\theta) \cdot \cos(\theta - \lambda_1(\theta)) - \sigma_1(\theta) \cdot \cos(\theta - \lambda_2(\theta))}{\sigma_1(\theta) \cdot \sigma_2(\theta)} + \frac{\sigma_3(\theta) \cdot \cos(\theta - \lambda_4(\theta)) - \sigma_4(\theta) \cdot \cos(\theta - \lambda_3(\theta))}{\sigma_3(\theta) \cdot \sigma_4(\theta)} \right)$$

$$f_4(\theta) := -\frac{1}{2\pi} \cdot Q \cdot \left[ b \cdot \frac{\sin(\theta - \mu ab)}{(R^2 - 2 \cdot R \cdot b \cdot \cos(\theta - \mu ab) + b^2)} + b \cdot a^2 \cdot \frac{\sin(\theta - \mu ab)}{(R^2 \cdot b^2 - 2 \cdot R \cdot b \cdot a^2 \cdot \cos(\theta - \mu ab) + a^4)} \right]$$

$$f(\theta) := f_1(\theta) + f_2(\theta) + f_3(\theta) + f_4(\theta)$$

$$C_p(\theta) := 1 - \left( \frac{f(\theta)}{V} \right)^2$$

$$M_i := -C_p(\theta_i)$$

Archivo: FASZ3\_bma

Programa para calcular las Fuerzas Aerodinámicas sobre un cilindro utilizando el modelo SZ-3

Parámetros

$$a := 1 \quad \Gamma := 4.568 \quad \rho := 1$$

$$b := 1.01659234779 \quad Q := -0.0351389099$$

$$V := 3.448$$

$$\kappa := \operatorname{asin}\left(\frac{\Gamma}{4\pi \cdot V \cdot a}\right)$$

$\mu_{ab} := 2 \cdot \pi - \kappa$  Este ángulo es el mismo del punto de estancamiento Aguas Abajo, su valor debe ser positivo y en grados se mide desde el eje OX positivo

$\mu_{ar} := \kappa$  Este ángulo es el mismo del punto de estancamiento Aguas Arriba, su valor debe ser positivo y en grados se mide desde el eje OX negativo

Parámetros de los Vórtices Aguas Abajo

$\varepsilon_1 := 0.5$  En grados

$$\varepsilon := \frac{\varepsilon_1 \cdot \pi}{180}$$

$$\tau_p := \mu_{ab} + \varepsilon$$

$$\tau_n := \mu_{ab} - \varepsilon$$

$$R1 := 1.01$$

$$\Gamma1 := 4 \cdot \pi \cdot V \cdot R1 \cdot \sin(\varepsilon) \cdot \left[ 1 - \frac{a^4}{(R1)^4} \right]$$

### Parámetros de los Vórtices Aguas Arriba

$$v1 := 0.5 \quad \text{En grados}$$

$$v := \frac{v1 \cdot \pi}{180}$$

$$\delta p := \mu ar + v$$

$$\delta n := \mu ar - v$$

$$R2 := 1.001$$

$$\Gamma2 := 4 \cdot \pi \cdot V \cdot R2 \cdot \sin(v) \cdot \left[ 1 - \frac{a^4}{(R2)^4} \right]$$

### Fuerza de Arrastre

$$f1 := -\frac{\rho}{R2^2} \cdot \Gamma2 \cdot V \cdot a^2 \cdot \sin(2 \cdot \delta n) - \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot Q \cdot b \cdot \Gamma1 \cdot \frac{a^2 \cdot \sin(\mu ab) - b \cdot R1 \cdot \sin(\tau p)}{\pi \cdot (a^4 - 2 \cdot a^2 \cdot R1 \cdot b \cdot \cos(\mu ab - \tau p) + R1^2 \cdot b^2)} - \frac{1}{2} \cdot \Gamma2 \cdot R2 \cdot Q \cdot \rho \cdot \frac{a^2 \cdot \sin(\delta n) + R2 \cdot b \cdot \sin(\mu ab)}{\pi \cdot (a^4 + 2 \cdot a^2 \cdot R2 \cdot b \cdot \cos(\mu ab - \delta n) + R2^2 \cdot b^2)}$$

$$f2 := \frac{1}{2} \cdot \frac{\rho}{\pi \cdot R2} \cdot \Gamma2 \cdot Q \cdot \sin(\delta n) - \frac{1}{2} \cdot \Gamma2 \cdot b \cdot Q \cdot \rho \cdot \frac{a^2 \cdot \sin(\mu ab) + b \cdot R2 \cdot \sin(\delta n)}{\pi \cdot (a^4 + 2 \cdot a^2 \cdot R2 \cdot b \cdot \cos(\mu ab - \delta n) + R2^2 \cdot b^2)} - \frac{1}{2} \cdot \frac{\rho}{\pi \cdot R1} \cdot \Gamma1 \cdot \Gamma \cdot \cos(\tau p) + \frac{1}{2} \cdot \frac{\rho}{\pi \cdot (b^2 - a^2)} \cdot Q^2 \cdot b \cdot \cos(\mu ab)$$

$$f3 := -\frac{1}{2} \cdot \frac{\rho}{\pi \cdot R2} \cdot \Gamma2 \cdot \Gamma \cdot \cos(\delta p) + \frac{1}{2} \cdot \frac{\rho}{\pi \cdot (R1^2 - a^2)} \cdot \Gamma1^2 \cdot R1 \cdot \cos(\tau n) - \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot \Gamma1 \cdot R1 \cdot \Gamma2 \cdot \frac{a^2 \cdot \cos(\tau p) + R1 \cdot R2 \cdot \cos(\delta n)}{\pi \cdot (a^4 + 2 \cdot a^2 \cdot R1 \cdot R2 \cdot \cos(\delta n - \tau p) + R2^2 \cdot R1^2)}$$

$$f4 := \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot \Gamma1^2 \cdot R1 \cdot \frac{R1^2 \cdot \cos(\tau p) - a^2 \cdot \cos(\tau n)}{\pi \cdot (a^4 - 2 \cdot a^2 \cdot R1^2 \cdot \cos(\tau p - \tau n) + R1^4)} - \frac{1}{2} \cdot R1 \cdot \Gamma1 \cdot Q \cdot \rho \cdot \frac{R1 \cdot b \cdot \sin(\mu ab) - a^2 \cdot \sin(\tau p)}{\pi \cdot (a^4 - 2 \cdot a^2 \cdot R1 \cdot b \cdot \cos(\mu ab - \tau p) + R1^2 \cdot b^2)}$$

$$f5 := \frac{1}{2} \cdot R1 \cdot \Gamma1 \cdot Q \cdot \rho \cdot \frac{R1 \cdot b \cdot \sin(\mu ab) - a^2 \cdot \sin(\tau n)}{\pi \cdot (a^4 - 2 \cdot a^2 \cdot b \cdot R1 \cdot \cos(\mu ab - \tau n) + R1^2 \cdot b^2)} + \frac{1}{2} \cdot R2 \cdot \Gamma2 \cdot Q \cdot \rho \cdot \frac{a^2 \cdot \sin(\delta p) + R2 \cdot b \cdot \sin(\mu ab)}{\pi \cdot (a^4 + 2 \cdot a^2 \cdot b \cdot R2 \cdot \cos(\mu ab - \delta p) + R2^2 \cdot b^2)}$$

$$f6 := -\frac{1}{2} \cdot \frac{\rho}{\pi \cdot R2} \cdot \Gamma2 \cdot Q \cdot \sin(\delta p) - \frac{1}{2} \cdot \frac{\rho}{\pi \cdot R1} \cdot \Gamma1 \cdot Q \cdot \sin(\tau p) + \frac{1}{2} \cdot \Gamma2 \cdot b \cdot Q \cdot \rho \cdot \frac{a^2 \cdot \sin(\mu ab) + b \cdot R2 \cdot \sin(\delta p)}{\pi \cdot (a^4 + 2 \cdot a^2 \cdot b \cdot R2 \cdot \cos(\mu ab - \delta p) + R2^2 \cdot b^2)}$$

$$f7 := -\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot Q \cdot b \cdot \Gamma1 \cdot \frac{b \cdot R1 \cdot \sin(\tau n) - a^2 \cdot \sin(\mu ab)}{\pi \cdot (a^4 - 2 \cdot a^2 \cdot b \cdot R1 \cdot \cos(\mu ab - \tau n) + R1^2 \cdot b^2)} + \frac{\rho}{R2^2} \cdot \Gamma2 \cdot V \cdot a^2 \cdot \sin(2 \cdot \delta p) + \frac{1}{2} \cdot \frac{\rho}{\pi \cdot R2} \cdot \Gamma2 \cdot \Gamma \cdot \cos(\delta n)$$

$$f8 := -\frac{\rho \cdot \Gamma1^2 \cdot R1 \cdot (R1^2 \cdot \cos(\tau n) - a^2 \cdot \cos(\tau p))}{2 \cdot \pi \cdot (a^4 - 2 \cdot a^2 \cdot R1^2 \cdot \cos(\tau p - \tau n) + R1^4)} - \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot b} \cdot Q^2 \cdot \cos(\mu ab) - \frac{\rho}{R1^2} \cdot \Gamma1 \cdot V \cdot a^2 \cdot \sin(2 \cdot \tau p) - \frac{\Gamma1 \cdot \rho \cdot \Gamma2 \cdot R2 \cdot (a^2 \cdot \cos(\delta n) + R2 \cdot R1 \cdot \cos(\tau n))}{2 \cdot \pi \cdot (a^4 + 2 \cdot a^2 \cdot R2 \cdot R1 \cdot \cos(\delta n - \tau n) + R2^2 \cdot R1^2)}$$

$$f9 := \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot \Gamma1 \cdot R1 \cdot \Gamma2 \cdot \frac{a^2 \cdot \cos(\tau n) + R1 \cdot R2 \cdot \cos(\delta n)}{\pi \cdot (a^4 + 2 \cdot a^2 \cdot R2 \cdot R1 \cdot \cos(\delta n - \tau n) + R2^2 \cdot R1^2)} + \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot \Gamma1 \cdot \Gamma2 \cdot R2 \cdot \frac{a^2 \cdot \cos(\delta p) + R2 \cdot R1 \cdot \cos(\tau n)}{\pi \cdot (a^4 + 2 \cdot a^2 \cdot R2 \cdot R1 \cdot \cos(\delta p - \tau n) + R2^2 \cdot R1^2)}$$

$$f10 := -\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot \Gamma1 \cdot R1 \cdot \Gamma2 \cdot \frac{a^2 \cdot \cos(\tau n) + R1 \cdot R2 \cdot \cos(\delta p)}{\pi \cdot (a^4 + 2 \cdot a^2 \cdot R2 \cdot R1 \cdot \cos(\delta p - \tau n) + R2^2 \cdot R1^2)} - \frac{1}{2} \cdot R2 \cdot \Gamma2 \cdot \Gamma1 \cdot \rho \cdot \frac{a^2 \cdot \cos(\delta p) + R2 \cdot R1 \cdot \cos(\tau p)}{\pi \cdot (a^4 + 2 \cdot a^2 \cdot R2 \cdot R1 \cdot \cos(\tau p - \delta p) + R2^2 \cdot R1^2)}$$

$$f11 := \frac{\Gamma1 \cdot \rho \cdot R1 \cdot \Gamma2 \cdot (a^2 \cdot \cos(\tau p) + R1 \cdot R2 \cdot \cos(\delta p))}{2 \pi \cdot (a^4 + 2 \cdot a^2 \cdot R2 \cdot R1 \cdot \cos(\tau p - \delta p) + R2^2 \cdot R1^2)} + \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot \Gamma1 \cdot \Gamma2 \cdot R2 \cdot \frac{a^2 \cdot \cos(\delta n) + R2 \cdot R1 \cdot \cos(\tau p)}{\pi \cdot (a^4 + 2 \cdot a^2 \cdot R1 \cdot R2 \cdot \cos(\delta n - \tau p) + R2^2 \cdot R1^2)} - \frac{1}{2} \cdot \frac{\rho}{\pi \cdot (R2^2 - a^2)} \cdot R2 \cdot \Gamma2^2 \cdot \cos(\delta p)$$

$$f12 := \frac{1}{2} \cdot \frac{\rho}{\pi \cdot R1} \cdot \Gamma1 \cdot \Gamma \cdot \cos(\tau n) - \frac{1}{2} \cdot \frac{\rho}{\pi \cdot (R2^2 - a^2)} \cdot R2 \cdot \Gamma2^2 \cdot \cos(\delta n) - \frac{\rho}{b^2} \cdot Q \cdot V \cdot a^2 \cdot \cos(2 \cdot \mu ab) + \frac{\rho}{R1^2} \cdot \Gamma1 \cdot V \cdot a^2 \cdot \sin(2 \cdot \tau n) + \frac{1}{2} \cdot \frac{\rho}{\pi \cdot (R1^2 - a^2)} \cdot \Gamma1^2 \cdot R1 \cdot \cos(\tau p)$$

$$f13 := \frac{1}{2} \cdot \frac{\rho}{\pi \cdot R1} \cdot \Gamma1 \cdot Q \cdot \sin(\tau n) + \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot \Gamma2^2 \cdot R2 \cdot \frac{R2^2 \cdot \cos(\delta n) - a^2 \cdot \cos(\delta p)}{\pi \cdot (a^4 - 2 \cdot a^2 \cdot R2^2 \cdot \cos(\delta n - \delta p) + R2^4)} + \frac{1}{2} \cdot \frac{\rho}{\pi \cdot b} \cdot Q \cdot \Gamma \cdot \sin(\mu ab)$$

$$X := f1 + f2 + f3 + f4 + f5 + f6 + f7 + f8 + f9 + f10 + f11 + f12 + f13$$

$$CD := \frac{X}{\frac{\rho}{2} \cdot V^2 \cdot 2 \cdot a \cdot 1}$$

## Fuerza de Sustentación

$$f14 := \rho \cdot V \cdot \Gamma + \frac{1}{2} \cdot \frac{\rho}{\pi \cdot (R1^2 - a^2)} \cdot \Gamma1^2 \cdot R1 \cdot \sin(\tau n) - \frac{1}{2} \cdot R2 \cdot \Gamma2^2 \cdot \rho \cdot \frac{a^2 \cdot \sin(\delta p) - R2^2 \cdot \sin(\delta n)}{\pi \cdot (a^4 - 2 \cdot a^2 \cdot R2^2 \cdot \cos(\delta n - \delta p) + R2^4)} - \frac{1}{2} \cdot \frac{\rho}{\pi \cdot (R2^2 - a^2)} \cdot R2 \cdot \Gamma2^2 \cdot \sin(\delta p)$$

$$f15 := -\frac{1}{2} \cdot \frac{\rho}{\pi \cdot (R2^2 - a^2)} \cdot R2 \cdot \Gamma2^2 \cdot \sin(\delta n) - \frac{\rho \cdot \Gamma1^2 \cdot R1 \cdot (R1^2 \cdot \sin(\tau n) - a^2 \cdot \sin(\tau p))}{2\pi \cdot (a^4 - 2 \cdot a^2 \cdot R1^2 \cdot \cos(\tau p - \tau n) + R1^4)} - \frac{1}{2} \cdot \frac{\rho}{\pi \cdot b} \cdot Q^2 \cdot \sin(\mu ab) - \frac{1}{2} \cdot \frac{\rho}{\pi \cdot R1} \cdot \Gamma1 \cdot \Gamma \cdot \sin(\tau p) + \frac{1}{2} \cdot \frac{\rho}{\pi \cdot R1} \cdot \Gamma1 \cdot \Gamma \cdot \sin(\tau n)$$

$$f16 := -\frac{\rho}{b^2} \cdot Q \cdot V \cdot a^2 \cdot \sin(2 \cdot \mu ab) - \frac{\rho \cdot \Gamma1^2 \cdot R1 \cdot (R1^2 \cdot \sin(\tau p) - a^2 \cdot \sin(\tau n))}{2\pi \cdot (a^4 - 2 \cdot a^2 \cdot R1^2 \cdot \cos(\tau p - \tau n) + R1^4)} - \frac{1}{2} \cdot \frac{\rho}{\pi \cdot R1} \cdot \Gamma1 \cdot Q \cdot \cos(\tau n) - \frac{1}{2} \cdot \frac{\rho}{\pi \cdot R2} \cdot \Gamma2 \cdot \Gamma \cdot \sin(\delta p) + \frac{1}{2} \cdot \frac{\rho}{\pi \cdot R2} \cdot \Gamma2 \cdot Q \cdot \cos(\delta p)$$

$$f17 := -\frac{1}{2} \cdot \frac{\rho}{\pi \cdot R2} \cdot \Gamma2 \cdot Q \cdot \cos(\delta n) + \frac{\rho}{R1^2} \cdot \Gamma1 \cdot V \cdot a^2 \cdot \cos(2 \cdot \tau p) + \frac{1}{2} \cdot \frac{\rho}{\pi \cdot (R1^2 - a^2)} \cdot \Gamma1^2 \cdot R1 \cdot \sin(\tau p) + \frac{1}{2} \cdot \frac{\rho}{\pi \cdot R1} \cdot \Gamma1 \cdot Q \cdot \cos(\tau p) + \frac{\rho}{R2^2} \cdot \Gamma1 \cdot V \cdot a^2 \cdot \cos(2 \cdot \delta n)$$

$$f18 := \frac{1}{2} \cdot \frac{\rho}{\pi \cdot R2} \cdot \Gamma2 \cdot \Gamma \cdot \sin(\delta n) - \frac{\rho}{R2^2} \cdot \Gamma2 \cdot V \cdot a^2 \cdot \cos(2 \cdot \delta p) + \frac{1}{2} \cdot \frac{\rho}{\pi \cdot (b^2 - a^2)} \cdot Q^2 \cdot b \cdot \sin(\mu ab) - \frac{\rho}{R1^2} \cdot \Gamma1 \cdot V \cdot a^2 \cdot \cos(2 \cdot \tau n)$$

$$f19 := -\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot Q \cdot b \cdot \Gamma1 \cdot \frac{b \cdot R1 \cdot \cos(\tau p) - a^2 \cdot \cos(\mu ab)}{\pi \cdot (a^4 - 2 \cdot a^2 \cdot R1 \cdot b \cdot \cos(\mu ab - \tau p) + R1^2 \cdot b^2)} - \frac{1}{2} \cdot R2 \cdot \Gamma2 \cdot \Gamma1 \cdot \rho \cdot \frac{a^2 \cdot \sin(\delta p) - R2 \cdot R1 \cdot \sin(\tau p)}{\pi \cdot (a^4 + 2 \cdot a^2 \cdot R2 \cdot R1 \cdot \cos(\tau p - \delta p) + R2^2 \cdot R1^2)}$$

$$f20 := -\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot \Gamma1 \cdot R1 \cdot \Gamma2 \cdot \frac{a^2 \cdot \sin(\tau n) + R1 \cdot R2 \cdot \sin(\delta p)}{\pi \cdot (a^4 + 2 \cdot a^2 \cdot R2 \cdot R1 \cdot \cos(\delta p - \tau n) + R2^2 \cdot R1^2)} + \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot \Gamma1 \cdot \Gamma2 \cdot R2 \cdot \frac{a^2 \cdot \sin(\delta n) + R2 \cdot R1 \cdot \sin(\tau p)}{\pi \cdot (a^4 + 2 \cdot a^2 \cdot R1 \cdot R2 \cdot \cos(\delta n - \tau p) + R2^2 \cdot R1^2)}$$

$$f21 := \frac{1}{2} \cdot \Gamma2 \cdot b \cdot Q \cdot \rho \cdot \frac{a^2 \cdot \cos(\mu ab) + b \cdot R2 \cdot \cos(\delta n)}{\pi \cdot (a^4 + 2 \cdot a^2 \cdot R2 \cdot b \cdot \cos(\mu ab - \delta n) + R2^2 \cdot b^2)} - \frac{1}{2} \cdot R2 \cdot \Gamma2 \cdot Q \cdot \rho \cdot \frac{a^2 \cdot \cos(\delta p) + R2 \cdot b \cdot \cos(\mu ab)}{\pi \cdot (a^4 + 2 \cdot a^2 \cdot b \cdot R2 \cdot \cos(\mu ab - \delta p) + R2^2 \cdot b^2)}$$

$$f22 := -\frac{1}{2} \cdot \Gamma1 \cdot \rho \cdot R1 \cdot \Gamma2 \cdot \frac{a^2 \cdot \sin(\tau p) + R1 \cdot R2 \cdot \sin(\delta n)}{\pi \cdot (a^4 + 2 \cdot a^2 \cdot R1 \cdot R2 \cdot \cos(\delta n - \tau p) + R2^2 \cdot R1^2)} - \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot Q \cdot b \cdot \Gamma1 \cdot \frac{a^2 \cdot \cos(\mu ab) - b \cdot R1 \cdot \cos(\tau n)}{\pi \cdot (a^4 - 2 \cdot a^2 \cdot b \cdot R1 \cdot \cos(\mu ab - \tau n) + R1^2 \cdot b^2)}$$

$$f23 := -\frac{1}{2} \cdot \Gamma2 \cdot b \cdot Q \cdot \rho \cdot \frac{a^2 \cdot \cos(\mu ab) + b \cdot R2 \cdot \cos(\delta p)}{\pi \cdot (a^4 + 2 \cdot a^2 \cdot b \cdot R2 \cdot \cos(\mu ab - \delta p) + R2^2 \cdot b^2)} - \frac{1}{2} \cdot R1 \cdot \Gamma1 \cdot Q \cdot \rho \cdot \frac{R1 \cdot b \cdot \cos(\mu ab) - a^2 \cdot \cos(\tau n)}{\pi \cdot (a^4 - 2 \cdot a^2 \cdot b \cdot R1 \cdot \cos(\mu ab - \tau n) + R1^2 \cdot b^2)}$$

$$f24 := \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot \Gamma1 \cdot R1 \cdot \Gamma2 \cdot \frac{a^2 \cdot \sin(\tau n) + R1 \cdot R2 \cdot \sin(\delta n)}{\pi \cdot (a^4 + 2 \cdot a^2 \cdot R2 \cdot R1 \cdot \cos(\delta n - \tau n) + R2^2 \cdot R1^2)} + \frac{1}{2} \cdot \Gamma2 \cdot R2 \cdot Q \cdot \rho \cdot \frac{a^2 \cdot \cos(\delta n) + R2 \cdot b \cdot \cos(\mu ab)}{\pi \cdot (a^4 + 2 \cdot a^2 \cdot R2 \cdot b \cdot \cos(\mu ab - \delta n) + R2^2 \cdot b^2)}$$

$$f25 := \frac{1}{2} \cdot \Gamma1 \cdot \rho \cdot R1 \cdot \Gamma2 \cdot \frac{a^2 \cdot \sin(\tau p) + R1 \cdot R2 \cdot \sin(\delta p)}{\pi \cdot (a^4 + 2 \cdot a^2 \cdot R2 \cdot R1 \cdot \cos(\tau p - \delta p) + R2^2 \cdot R1^2)} + \frac{1}{2} \cdot R1 \cdot \Gamma1 \cdot Q \cdot \rho \cdot \frac{R1 \cdot b \cdot \cos(\mu ab) - a^2 \cdot \cos(\tau p)}{\pi \cdot (a^4 - 2 \cdot a^2 \cdot R1 \cdot b \cdot \cos(\mu ab - \tau p) + R1^2 \cdot b^2)}$$

$$f_{26} := \frac{1}{2} \cdot R_2 \cdot \Gamma_2 \cdot \Gamma_1 \cdot \rho \cdot \frac{a^2 \cdot \sin(\delta p) + R_2 \cdot R_1 \cdot \sin(\tau n)}{\pi \cdot (a^4 + 2 \cdot a^2 \cdot R_2 \cdot R_1 \cdot \cos(\delta p - \tau n) + R_2^2 \cdot R_1^2)} - \frac{1}{2} \cdot \Gamma_1 \cdot \rho \cdot \Gamma_2 \cdot R_2 \cdot \frac{a^2 \cdot \cos(\delta n) + R_2 \cdot R_1 \cdot \cos(\tau n)}{\pi \cdot (a^4 + 2 \cdot a^2 \cdot R_2 \cdot R_1 \cdot \cos(\delta n - \tau n) + R_2^2 \cdot R_1^2)} - \frac{1}{2} \cdot \frac{\rho}{\pi \cdot b} \cdot Q \cdot \Gamma \cdot \cos(\mu ab)$$

$$Y := f_{14} + f_{15} + f_{16} + f_{17} + f_{18} + f_{19} + f_{20} + f_{21} + f_{22} + f_{23} + f_{24} + f_{25} + f_{26}$$

$$CL := \frac{Y}{\frac{\rho}{2} \cdot V^2 \cdot 2 \cdot a \cdot 1}$$



Archivo : FunCorSZ3\_bma

Programa para calcular la Función de Corriente sobre un cilindro utilizando el modelo SZ-3

$N := 250$        $i := -N..N$        $x_i := \left(\frac{2.5}{N}\right) \cdot i + 0.001$       Paso para X       $X := x_{-99} - x_{-100}$        $X = \blacksquare$

$M := 250$        $j := -M..M$        $y_j := \left(\frac{2.5}{M}\right) \cdot j + 0.001$       Paso para Y       $Y := y_{-49} - y_{-50}$        $Y = \blacksquare$

### Parámetros

$a := 1$        $Q := -0.0326282583$

$b := 1.01701485407$        $\Gamma := 4.568$

$V := 3.448$

$$\kappa := \operatorname{asin}\left(\frac{\Gamma}{4\pi \cdot V \cdot a}\right)$$

$\mu_{ab} := 2 \cdot \pi - \kappa$       Este ángulo es el mismo del punto de estancamiento Aguas Abajo, su valor debe ser positivo y en grados se mide desde el eje OX positivo

$\mu_{ar} := \kappa$       Este ángulo es el mismo del punto de estancamiento Aguas Arriba, su valor debe ser positivo y en grados se mide desde el eje OX negativo

### Parámetros de los Vórtices Aguas Abajo

$\varepsilon_1 := 0.5$       En grados

$$\varepsilon := \frac{\varepsilon_1 \cdot \pi}{180}$$

$$\tau_p := \mu_{ab} + \varepsilon$$

$$\tau_n := \mu_{ab} - \varepsilon$$

$$R1 := 1.01$$

$$\Gamma 1 := 4 \cdot \pi \cdot V \cdot R1 \cdot \sin(\varepsilon) \cdot \left[ 1 - \frac{a^4}{(R1)^4} \right]$$

### Parámetros de los Vórtices Aguas Arriba

$$v1 := 0.5 \quad \text{En grados}$$

$$v := \frac{v1 \cdot \pi}{180}$$

$$\delta p := \mu_{ar} + v$$

$$\delta n := \mu_{ar} - v$$

$$R2 := 1.001$$

$$\Gamma 2 := 4 \cdot \pi \cdot V \cdot R2 \cdot \sin(v) \cdot \left[ 1 - \frac{a^4}{(R2)^4} \right]$$

### Función de Corriente

$$Ra(x, y) := \sqrt{x^2 + y^2 + \frac{a^4}{b^2} - 2 \cdot \frac{a^2}{b} \cdot (y \cdot \sin(\mu_{ab}) + x \cdot \cos(\mu_{ab}))}$$

$$\theta a(x, y) := \operatorname{acos} \left( \frac{x - \frac{a^2}{b} \cdot \cos(\mu_{ab})}{Ra(x, y)} \right)$$

$$Rb(x, y) := \sqrt{x^2 + y^2 + b^2 - 2 \cdot b \cdot (y \cdot \sin(\mu ab) + x \cdot \cos(\mu ab))}$$

$$\theta b(x, y) := \operatorname{acos}\left(\frac{x - b \cdot \cos(\mu ab)}{Rb(x, y)}\right)$$

$$\rho 1(x, y) := \sqrt{x^2 + y^2 + R1^2 - 2 \cdot R1 \cdot (x \cdot \cos(\tau p) + y \cdot \sin(\tau p))}$$

$$\gamma 1(x, y) := \operatorname{acos}\left(\frac{x - R1 \cdot \cos(\tau p)}{\rho 1(x, y)}\right)$$

$$\rho 2(x, y) := \sqrt{x^2 + y^2 + \frac{a^4}{R1^2} - 2 \cdot \frac{a^2}{R1} \cdot (x \cdot \cos(\tau p) + y \cdot \sin(\tau p))}$$

$$\gamma 2(x, y) := \operatorname{acos}\left(\frac{x - \frac{a^2}{R1} \cdot \cos(\tau p)}{\rho 2(x, y)}\right)$$

$$\rho 3(x, y) := \sqrt{x^2 + y^2 + R1^2 - 2 \cdot R1 \cdot (x \cdot \cos(\tau n) + y \cdot \sin(\tau n))}$$

$$\gamma 3(x, y) := \operatorname{acos}\left(\frac{x - R1 \cdot \cos(\tau n)}{\rho 3(x, y)}\right)$$

$$\rho 4(x, y) := \sqrt{x^2 + y^2 + \frac{a^4}{R1^2} - 2 \cdot \frac{a^2}{R1} \cdot (x \cdot \cos(\tau n) + y \cdot \sin(\tau n))}$$

$$\gamma 4(x, y) := \operatorname{acos}\left(\frac{x - \frac{a^2}{R1} \cdot \cos(\tau n)}{\rho 4(x, y)}\right)$$

$$\sigma 1(x, y) := \sqrt{x^2 + y^2 + R2^2 + 2 \cdot R2 \cdot (x \cdot \cos(\delta n) + y \cdot \sin(\delta n))}$$

$$\lambda 1(x, y) := \operatorname{acos}\left(\frac{x + R2 \cdot \cos(\delta n)}{\sigma 1(x, y)}\right)$$

$$\sigma 2(x, y) := \sqrt{x^2 + y^2 + \frac{a^4}{R2^2} + 2 \cdot \frac{a^2}{R2} \cdot (x \cdot \cos(\delta n) + y \cdot \sin(\delta n))}$$

$$\lambda 2(x, y) := \operatorname{acos}\left(\frac{x + \frac{a^2}{R2} \cdot \cos(\delta n)}{\sigma 2(x, y)}\right)$$

$$\sigma_3(x, y) := \sqrt{x^2 + y^2 + R_2^2 + 2 \cdot R_2 \cdot (x \cdot \cos(\delta p) + y \cdot \sin(\delta p))}$$

$$\lambda_3(x, y) := \arccos\left(\frac{x + R_2 \cdot \cos(\delta p)}{\sigma_3(x, y)}\right)$$

$$\sigma_4(x, y) := \sqrt{x^2 + y^2 + \frac{a^4}{R_2^2} + 2 \cdot \frac{a^2}{R_2} \cdot (x \cdot \cos(\delta p) + y \cdot \sin(\delta p))}$$

$$\lambda_4(x, y) := \arccos\left(\frac{x + \frac{a^2}{R_2} \cdot \cos(\delta p)}{\sigma_4(x, y)}\right)$$

$$\psi_1(x, y) := V \cdot \left( y - \frac{a^2 \cdot y}{x^2 + y^2} \right) + \frac{\Gamma}{2 \cdot \pi} \cdot \ln\left(\frac{\sqrt{x^2 + y^2}}{a}\right)$$

$$\psi_2(x, y) := \frac{Q}{2 \cdot \pi} \cdot \left( \theta_b(x, y) + \theta_a(x, y) - \operatorname{atan}\left(\frac{y}{x}\right) \right) - \frac{Q}{2} + \frac{1}{2} \cdot \frac{\Gamma_1}{\pi} \cdot \ln\left(\frac{\rho_1(x, y) \cdot \rho_4(x, y)}{\rho_3(x, y) \cdot \rho_2(x, y)}\right) + \frac{1}{2} \cdot \frac{\Gamma_2}{\pi} \cdot \ln\left(\frac{\sigma_1(x, y) \cdot \sigma_4(x, y)}{\sigma_3(x, y) \cdot \sigma_2(x, y)}\right)$$

$$M_{i, j} := \psi_1(x_i, y_j) + \psi_2(x_i, y_j)$$

$$M_{i, j} =$$

■

Archivo : VTSZ3\_bma

Programa para calcular la Velocidad Tangencial sobre un cilindro utilizando el modelo SZ-3

$$N := 1000 \quad i := 100..N \quad R_1 := \left(\frac{10}{N}\right) \cdot i \quad R_{102} - R_{101} = \blacksquare$$

Parámetros

$$a := 1 \quad Q := -0.04$$

$$b := 2 \quad \Gamma := 4.568$$

$$V := 3.448 \quad \theta := \frac{\pi}{2}$$

$$\kappa := \operatorname{asin}\left(\frac{\Gamma}{4\pi \cdot V \cdot a}\right)$$

$\mu_{ab} := 2 \cdot \pi - \kappa$  Este ángulo es el mismo del punto de estancamiento Aguas Abajo, su valor debe ser positivo y en grados se mide desde el eje OX positivo

$\mu_{ar} := \kappa$  Este ángulo es el mismo del punto de estancamiento Aguas Arriba, su valor debe ser positivo y en grados se mide desde el eje OX negativo

Parámetros de los Vórtices Aguas Abajo

$\varepsilon_1 := 0.5$  En grados

$$\varepsilon := \frac{\varepsilon_1 \cdot \pi}{180}$$

$$\tau_p := \mu_{ab} + \varepsilon$$

$$\tau_n := \mu_{ab} - \varepsilon$$

$$R_1 := 1.01$$

$$\Gamma 1 := 4 \cdot \pi \cdot V \cdot R1 \cdot \sin(\varepsilon) \cdot \left[ 1 - \frac{a^4}{(R1)^4} \right]$$

### Parámetros de los Vórtices Aguas Arriba

$$v1 := 0.5 \quad \text{En grados}$$

$$v := \frac{v1 \cdot \pi}{180}$$

$$\delta p := \mu_{ar} + v$$

$$\delta n := \mu_{ar} - v$$

$$R2 := 1.001$$

$$\Gamma 2 := 4 \cdot \pi \cdot V \cdot R2 \cdot \sin(v) \cdot \left[ 1 - \frac{a^4}{(R2)^4} \right]$$

### Velocidad Tangencial

$$\rho 1(R) := \sqrt{R^2 + R1^2 - 2 \cdot R1 \cdot R \cdot \cos(\theta - \tau p)}$$

$$\gamma 1(R) := \arccos\left(\frac{R \cdot \cos(\theta) - R1 \cdot \cos(\tau p)}{\rho 1(R)}\right)$$

$$\rho 2(R) := \sqrt{R^2 + \frac{a^4}{R1^2} - 2 \cdot \frac{a^2}{R1} \cdot R \cdot \cos(\theta - \tau p)}$$

$$\gamma 2(R) := \arccos\left(\frac{R \cdot \cos(\theta) - \frac{a^2}{R1} \cdot \cos(\tau p)}{\rho 2(R)}\right)$$

$$\rho 3(R) := \sqrt{R^2 + R1^2 - 2 \cdot R1 \cdot R \cdot \cos(\theta - \tau n)}$$

$$\gamma 3(R) := \arccos\left(\frac{R \cdot \cos(\theta) - R1 \cdot \cos(\tau n)}{\rho 3(R)}\right)$$

$$\rho_4(\mathbf{R}) := \sqrt{R^2 + \frac{a^4}{R_1^2} - 2 \cdot \frac{a^2}{R_1} \cdot R \cdot \cos(\theta - \tau_n)}$$

$$\gamma_4(\mathbf{R}) := \arccos\left(\frac{R \cdot \cos(\theta) - \frac{a^2}{R_1} \cdot \cos(\tau_n)}{\rho_4(\mathbf{R})}\right)$$

$$\sigma_1(\mathbf{R}) := \sqrt{R^2 + R_2^2 + 2 \cdot R_2 \cdot R \cdot \cos(\theta - \delta_n)}$$

$$\lambda_1(\mathbf{R}) := \arccos\left(\frac{R \cdot \cos(\theta) + R_2 \cdot \cos(\delta_n)}{\sigma_1(\mathbf{R})}\right)$$

$$\sigma_2(\mathbf{R}) := \sqrt{R^2 + \frac{a^4}{R_2^2} + 2 \cdot \frac{a^2}{R_2} \cdot R \cdot \cos(\theta - \delta_n)}$$

$$\lambda_2(\mathbf{R}) := \arccos\left(\frac{R \cdot \cos(\theta) + \frac{a^2}{R_2} \cdot \cos(\delta_n)}{\sigma_2(\mathbf{R})}\right)$$

$$\sigma_3(\mathbf{R}) := \sqrt{R^2 + R_2^2 + 2 \cdot R_2 \cdot R \cdot \cos(\theta - \delta_p)}$$

$$\lambda_3(\mathbf{R}) := \arccos\left(\frac{R \cdot \cos(\theta) + R_2 \cdot \cos(\delta_p)}{\sigma_3(\mathbf{R})}\right)$$

$$\sigma_4(\mathbf{R}) := \sqrt{R^2 + \frac{a^4}{R_2^2} + 2 \cdot \frac{a^2}{R_2} \cdot R \cdot \cos(\theta - \delta_p)}$$

$$\lambda_4(\mathbf{R}) := \arccos\left(\frac{R \cdot \cos(\theta) + \frac{a^2}{R_2} \cdot \cos(\delta_p)}{\sigma_4(\mathbf{R})}\right)$$

$$f_1(\mathbf{R}) := V \cdot \left( \sin(\theta) + \frac{a^2}{R^2} \cdot \sin(\theta) \right) + \frac{\Gamma}{2 \cdot \pi \cdot R}$$

$$f_2(\mathbf{R}) := \frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot \Gamma_1 \cdot \left( \frac{\rho_2(\mathbf{R}) \cdot \cos(\theta - \gamma_1(\mathbf{R})) - \rho_1(\mathbf{R}) \cdot \cos(\theta - \gamma_2(\mathbf{R}))}{\rho_1(\mathbf{R}) \cdot \rho_2(\mathbf{R})} + \frac{\rho_3(\mathbf{R}) \cdot \cos(\theta - \gamma_4(\mathbf{R})) - \rho_4(\mathbf{R}) \cdot \cos(\theta - \gamma_3(\mathbf{R}))}{\rho_3(\mathbf{R}) \cdot \rho_4(\mathbf{R})} \right)$$

$$f_3(\mathbf{R}) := \frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot \Gamma_2 \cdot \left( \frac{\sigma_2(\mathbf{R}) \cdot \cos(\theta - \lambda_1(\mathbf{R})) - \sigma_1(\mathbf{R}) \cdot \cos(\theta - \lambda_2(\mathbf{R}))}{\sigma_1(\mathbf{R}) \cdot \sigma_2(\mathbf{R})} + \frac{\sigma_3(\mathbf{R}) \cdot \cos(\theta - \lambda_4(\mathbf{R})) - \sigma_4(\mathbf{R}) \cdot \cos(\theta - \lambda_3(\mathbf{R}))}{\sigma_3(\mathbf{R}) \cdot \sigma_4(\mathbf{R})} \right)$$

$$f_4(R) := -\frac{1}{2\pi} \cdot Q \cdot \left[ b \cdot \frac{\sin(\theta - \mu ab)}{(R^2 - 2 \cdot R \cdot b \cdot \cos(\theta - \mu ab) + b^2)} + b \cdot a^2 \cdot \frac{\sin(\theta - \mu ab)}{(R^2 \cdot b^2 - 2 \cdot R \cdot b \cdot a^2 \cdot \cos(\theta - \mu ab) + a^4)} \right]$$

$$V_t(R) := f_1(R) + f_2(R) + f_3(R) + f_4(R)$$

$$M_i := V_t(R_i)$$

$$M_i =$$

■



Archivo: Vel\_ind\_SZ3\_bma

## Modelo SZ-3

$$\Gamma := 4.568$$

$$V := 3.448$$

$$\kappa := \operatorname{asin}\left(\frac{\Gamma}{4\pi \cdot V \cdot a}\right)$$

$$\mu_{ab} := 2 \cdot \pi - \kappa$$

Este ángulo es el mismo del punto de estancamiento Aguas Abajo, su valor debe ser positivo y en grados se mide desde el eje OX positivo

$$\mu_{ar} := \kappa$$

Este ángulo es el mismo del punto de estancamiento Aguas Arriba, su valor debe ser positivo y en grados se mide desde el eje OX negativo

## Parámetros de los Vórtices Aguas Abajo

$$\varepsilon_1 := 0.5 \text{ En grados}$$

$$\varepsilon := \frac{\varepsilon_1 \cdot \pi}{180}$$

$$\tau_p := \mu_{ab} + \varepsilon$$

$$\tau_n := \mu_{ab} - \varepsilon$$

$$R_1 := 1.01$$

$$\Gamma 1 := 4 \cdot \pi \cdot V \cdot R1 \cdot \sin(\varepsilon) \cdot \left[ 1 - \frac{a^4}{(R1)^4} \right]$$

## Parámetros de los Vórtices Aguas Arriba

v1 := 0.5 En grados

$$v := \frac{v1 \cdot \pi}{180}$$

$$\delta p := \mu ar + v$$

$$\delta n := \mu ar - v$$

$$R2 := 1.001$$

$$\Gamma 2 := 4 \cdot \pi \cdot V \cdot R2 \cdot \sin(v) \cdot \left[ 1 - \frac{a^4}{(R2)^4} \right]$$

$$D1(b) := V \cdot \frac{a^2}{b^2} \cdot \sin(2 \cdot \mu ab) + \frac{1}{2} \cdot \frac{\Gamma}{\pi \cdot b} \cdot \cos(\mu ab) - \frac{1}{2} \cdot \Gamma 1 \cdot \frac{R1 \cdot \cos(\tau p) - b \cdot \cos(\mu ab)}{\pi \cdot (b^2 - 2 \cdot b \cdot R1 \cdot \cos(\mu ab - \tau p) + R1^2)} + \frac{1}{2} \cdot \Gamma 1 \cdot R1 \cdot \frac{R1 \cdot b \cdot \cos(\mu ab) - a^2 \cdot \cos(\tau n)}{\pi \cdot (b^2 \cdot R1^2 - 2 \cdot b \cdot R1 \cdot a^2 \cdot \cos(\tau n - \mu ab) + \varepsilon)}$$

$$D2(b) := \frac{1}{2} \cdot \Gamma 1 \cdot \frac{R1 \cdot \cos(\tau n) - b \cdot \cos(\mu ab)}{\pi \cdot (b^2 - 2 \cdot b \cdot R1 \cdot \cos(\tau n - \mu ab) + R1^2)} - \frac{1}{2} \cdot \Gamma 1 \cdot R1 \cdot \frac{R1 \cdot b \cdot \cos(\mu ab) - a^2 \cdot \cos(\tau p)}{\pi \cdot (b^2 \cdot R1^2 - 2 \cdot b \cdot R1 \cdot a^2 \cdot \cos(\mu ab - \tau p) + a^4)}$$

$$D3(b) := \frac{1}{2} \cdot \Gamma 2 \cdot \frac{b \cdot \cos(\mu ab) + R2 \cdot \cos(\delta n)}{\pi \cdot (b^2 + 2 \cdot b \cdot R2 \cdot \cos(\delta n - \mu ab) + R2^2)} + \frac{1}{2} \cdot \Gamma 2 \cdot R2 \cdot \frac{R2 \cdot b \cdot \cos(\mu ab) + a^2 \cdot \cos(\delta p)}{\pi \cdot (b^2 \cdot R2^2 + 2 \cdot b \cdot R2 \cdot a^2 \cdot \cos(\mu ab - \delta p) + a^4)}$$

$$D4(b) := -\frac{1}{2} \cdot \Gamma 2 \cdot \frac{b \cdot \cos(\mu ab) + R2 \cdot \cos(\delta p)}{\pi \cdot (b^2 + 2 \cdot b \cdot R2 \cdot \cos(\mu ab - \delta p) + R2^2)} - \frac{1}{2} \cdot R2 \cdot \Gamma 2 \cdot \frac{R2 \cdot b \cdot \cos(\mu ab) + a^2 \cdot \cos(\delta n)}{\pi \cdot (b^2 \cdot R2^2 + 2 \cdot b \cdot R2 \cdot a^2 \cdot \cos(\delta n - \mu ab) + a^4)}$$

$$Q(b) := \frac{D1(b) + D2(b) + D3(b) + D4(b)}{\left[ \frac{1}{2} \cdot \frac{b \cdot \sin(\mu ab)}{\pi \cdot (a^2 - b^2)} - \frac{1}{\pi \cdot b} \cdot \sin(\mu ab) \right]}$$

## Programa para el cálculo de los perfiles de velocidades sobre el cilindro con el modelo SZ – 3.

Archivo : VTSZ3\_bma

Programa para calcular la Velocidad Tangencial sobre un cilindro utilizando el modelo SZ-3 para  $b$  mayor que  $a$

$$N := 1000 \quad i := 100..N \quad R_i := \left(\frac{10}{N}\right) \cdot i \quad R_{102} - R_{101} = \Delta$$

Parámetros

$$a := 1 \quad Q := -0.04 \quad R_{cir} := 10 \quad T := R_{cir} - a$$

$$b := 2 \quad \Gamma := 4.568$$

$$V := 3.448 \quad \theta := 0$$

$$\kappa := \text{asin}\left(\frac{\Gamma}{4\pi \cdot V \cdot a}\right)$$

$$\mu_{ab} := 2\pi - \kappa$$

Este ángulo es el mismo del punto de estancamiento se mide desde el eje OX positivo

Aguas Abajo , su valor debe ser positivo y en grados

$$\mu_{ar} := \kappa$$

Este ángulo es el mismo del punto de estancamiento se mide desde el eje OX negativo

Aguas Arriba , su valor debe ser positivo y en grados

Parámetros de los Vórtices Aguas Abajo

$$\varepsilon_1 := 0.5 \quad \text{En grados}$$

$$\varepsilon := \frac{\varepsilon_1 \cdot \pi}{180}$$

$$\tau_p := \mu_{ab} + \varepsilon$$

$$\tau_n := \mu_{ab} - \varepsilon$$

$$R1 := 1.01$$

$$\Gamma 1 := 4 \cdot \pi \cdot V \cdot R1 \cdot \sin(\varepsilon) \cdot \left[ 1 - \frac{a^4}{(R1)^4} \right]$$

## Parámetros de los Vórtices Aguas Arriba

$$v1 := 0.5 \quad \text{En grados}$$

$$v := \frac{v1 \cdot \pi}{180}$$

$$\delta p := \mu_{ar} + v$$

$$\delta n := \mu_{ar} - v$$

$$R2 := 1.001$$

$$\Gamma 2 := 4 \cdot \pi \cdot V \cdot R2 \cdot \sin(v) \cdot \left[ 1 - \frac{a^4}{(R2)^4} \right]$$

## Velocidad Tangencial

$$\rho 1(R) := \sqrt{R^2 + R1^2 - 2 \cdot R1 \cdot R \cdot \cos(\theta - \tau p)}$$

$$\gamma 1(R) := \arccos \left( \frac{R \cdot \cos(\theta) - R1 \cdot \cos(\tau p)}{\rho 1(R)} \right)$$

$$\rho 2(R) := \sqrt{R^2 + \frac{a^4}{R1^2} - 2 \cdot \frac{a^2}{R1} \cdot R \cdot \cos(\theta - \tau p)}$$

$$\gamma 2(R) := \arccos \left( \frac{R \cdot \cos(\theta) - \frac{a^2}{R1} \cdot \cos(\tau p)}{\rho 2(R)} \right)$$

$$\rho_3(R) := \sqrt{R^2 + R_1^2 - 2 \cdot R_1 \cdot R \cdot \cos(\theta - \tau n)}$$

$$\gamma_3(R) := \arccos\left(\frac{R \cdot \cos(\theta) - R_1 \cdot \cos(\tau n)}{\rho_3(R)}\right)$$

$$\rho_4(R) := \sqrt{R^2 + \frac{a^4}{R_1^2} - 2 \cdot \frac{a^2}{R_1} \cdot R \cdot \cos(\theta - \tau n)}$$

$$\gamma_4(R) := \arccos\left(\frac{R \cdot \cos(\theta) - \frac{a^2}{R_1} \cdot \cos(\tau n)}{\rho_4(R)}\right)$$

$$\sigma_1(R) := \sqrt{R^2 + R_2^2 + 2 \cdot R_2 \cdot R \cdot \cos(\theta - \delta n)}$$

$$\lambda_1(R) := \arccos\left(\frac{R \cdot \cos(\theta) + R_2 \cdot \cos(\delta n)}{\sigma_1(R)}\right)$$

$$\sigma_2(R) := \sqrt{R^2 + \frac{a^4}{R_2^2} + 2 \cdot \frac{a^2}{R_2} \cdot R \cdot \cos(\theta - \delta n)}$$

$$\lambda_2(R) := \arccos\left(\frac{R \cdot \cos(\theta) + \frac{a^2}{R_2} \cdot \cos(\delta n)}{\sigma_2(R)}\right)$$

$$\sigma_3(R) := \sqrt{R^2 + R_2^2 + 2 \cdot R_2 \cdot R \cdot \cos(\theta - \delta p)}$$

$$\lambda_3(R) := \arccos\left(\frac{R \cdot \cos(\theta) + R_2 \cdot \cos(\delta p)}{\sigma_3(R)}\right)$$

$$\sigma_4(R) := \sqrt{R^2 + \frac{a^4}{R_2^2} + 2 \cdot \frac{a^2}{R_2} \cdot R \cdot \cos(\theta - \delta p)}$$

$$\lambda_4(R) := \arccos\left(\frac{R \cdot \cos(\theta) + \frac{a^2}{R_2} \cdot \cos(\delta p)}{\sigma_4(R)}\right)$$

$$f1(R) := V \cdot \left( \sin(\theta) + \frac{a^2}{R^2} \cdot \sin(\theta) \right) + \frac{\Gamma}{2 \cdot \pi \cdot R}$$

$$f2(R) := \frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot \Gamma1 \cdot \left( \frac{\rho2(R) \cdot \cos(\theta - \gamma1(R)) - \rho1(R) \cdot \cos(\theta - \gamma2(R))}{\rho1(R) \cdot \rho2(R)} + \frac{\rho3(R) \cdot \cos(\theta - \gamma4(R)) - \rho4(R) \cdot \cos(\theta - \gamma3(R))}{\rho3(R) \cdot \rho4(R)} \right)$$

$$f3(R) := \frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot \Gamma2 \cdot \left( \frac{\sigma2(R) \cdot \cos(\theta - \lambda1(R)) - \sigma1(R) \cdot \cos(\theta - \lambda2(R))}{\sigma1(R) \cdot \sigma2(R)} + \frac{\sigma3(R) \cdot \cos(\theta - \lambda4(R)) - \sigma4(R) \cdot \cos(\theta - \lambda3(R))}{\sigma3(R) \cdot \sigma4(R)} \right)$$

$$f4(R) := -\frac{1}{2\pi} \cdot Q \cdot \left[ b \frac{\sin(\theta - \mu ab)}{\left( R^2 - 2 \cdot R \cdot b \cdot \cos(\theta - \mu ab) + b^2 \right)} + b \cdot a^2 \frac{\sin(\theta - \mu ab)}{\left( R^2 \cdot b^2 - 2 \cdot R \cdot b \cdot a^2 \cdot \cos(\theta - \mu ab) + a^4 \right)} \right]$$

$$Vt(R) := f1(R) + f2(R) + f3(R) + f4(R)$$

$$M_i := Vt(R_i)$$

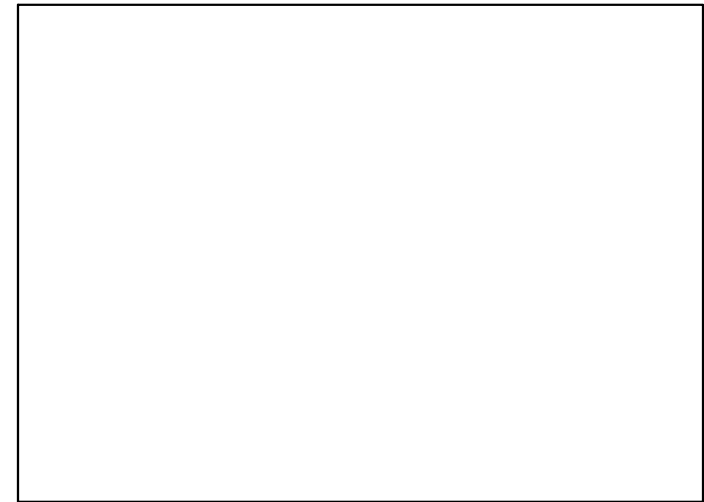
$$M_i =$$

■

$$R_i =$$

■

$$\theta = \blacksquare \text{ deg}$$



M

R

$$\theta = \blacksquare \text{ deg}$$

### Parámetros

$$a = \blacksquare$$

$$b = \blacksquare$$

$$V = \blacksquare$$

$$Q = \blacksquare$$

$$\Gamma = \blacksquare$$

$$\kappa = \blacksquare \text{ deg}$$

$$vt(1) = \blacksquare$$

$$vt(3) = \blacksquare$$

$$vt(5) = \blacksquare$$

$$vt(7) = \blacksquare$$

$$vt(10) = \blacksquare$$

### Aguas Abajo

$$R1 = \blacksquare$$

$$\Gamma1 = \blacksquare$$

$$\varepsilon = \blacksquare \text{ deg}$$

$$\mu_{ab} = \blacksquare \text{ deg}$$

$$\theta = \blacksquare \text{ deg}$$

### Aguas Arriba

$$R2 = \blacksquare$$

$$\Gamma2 = \blacksquare$$

$$v = \blacksquare \text{ deg}$$

$$\mu_{ar} = \blacksquare \text{ deg}$$



$$C := \text{Vt}(1) \quad C = \blacksquare$$

$$Y\text{Tras}_i := \text{Vt}(R_i) - C$$

$$X\text{Tras}_i := R_i + T$$

$$\text{Mod}_i := \sqrt{[(X\text{Tras}_i)_i]^2 + (Y\text{Tras}_i)^2}$$

$$\text{ang}_i := \text{atan2}[(X\text{Tras}_i)_i, Y\text{Tras}_i]$$

$$H0 := (\max(X\text{Tras}) \cdot \cos(\theta) \quad \max(X\text{Tras}) \cdot \sin(\theta))$$

$$\text{RotX}_i := \text{Mod}_i \cdot \cos(\text{ang}_i + \theta)$$

$$\text{RotY}_i := \text{Mod}_i \cdot \sin(\text{ang}_i + \theta)$$

$$P0 := \begin{pmatrix} \text{RotX}_{100} & \text{RotY}_{100} \end{pmatrix} \quad S0 := \begin{pmatrix} \text{RotX}_N & \text{RotY}_N \end{pmatrix}$$

$$\text{PerfilV0} := \text{augment}(\text{RotX}, \text{RotY})$$

$$R\text{neg}_i := (1 - R_i) \cdot R\text{cir} \quad Y\text{cn}_i := \sqrt{R\text{cir}^2 - (R\text{neg}_i)^2} \quad \text{Cirnég} := \text{augment}(R\text{neg}, Y\text{cn}) \quad R\text{pos}_i := (R_i - 1) \cdot R\text{cir} \quad Y\text{cp}_i := \sqrt{R\text{cir}^2 - (R\text{pos}_i)^2} \quad \text{Cirpos} := \text{augment}(R\text{pos}, Y\text{cp})$$

$$\text{PerfilV} := \text{augment}(\text{Cirnég}, \text{Cirpos}, \text{PerfilV0}, \text{PerfilV30}, \text{PerfilV60}, \text{PerfilV90}, \text{PerfilV120}, \text{PerfilV150}, \text{PerfilV180}, \text{PerfilV210}, \text{PerfilV240}, \text{PerfilV270}, \text{PerfilV300}, \text{PerfilV330}, -\text{Cirnég}, -\text{Cirpos})$$

$$\text{Recta0} := \text{stack}(P0, H0, S0)$$

$$\text{Recta30} := \text{stack}(P30, H30, S30)$$

$$\text{Recta60} := \text{stack}(P60, H60, S60)$$

$$\text{Recta90} := \text{stack}(P90, H90, S90)$$

$$\text{Recta150} := \text{stack}(P150, H150, S150)$$

$$\text{Recta180} := \text{stack}(P180, H180, S180)$$

$$\text{Recta210} := \text{stack}(P210, H210, S210)$$

$$\text{Recta240} := \text{stack}(P240, H240, S240)$$

$$\text{Recta270} := \text{stack}(P270, H270, S270)$$

$$\text{Recta300} := \text{stack}(P300, H300, S300)$$

$$\text{Recta330} := \text{stack}(P330, H330, S330)$$

$$\text{Recta120} := \text{stack}(P120, H120, S120)$$

$$\text{Rectas} := \text{augment}(\text{Recta0}, \text{Recta30}, \text{Recta60}, \text{Recta90}, \text{Recta120}, \text{Recta150}, \text{Recta180}, \text{Recta210}, \text{Recta240}, \text{Recta270}, \text{Recta300}, \text{Recta330})$$



PerfilV := augment(Cirneg, Cirpos, PerfilV0, PerfilV45, PerfilV90, PerfilV135, PerfilV180, PerfilV225, PerfilV270, PerfilV315, -Cirneg, -Cirpos)

Recta0 := stack(P0, H0, S0)

Recta45 := stack(P45, H45, S45)

Recta90 := stack(P90, H90, S90)

Recta135 := stack(P135, H135, S135)

Recta180 := stack(P180, H180, S180)

Recta225 := stack(P225, H225, S225)

Recta270 := stack(P270, H270, S270)

Recta315 := stack(P315, H315, S315)

Rectas := augment(Recta0, Recta45, Recta90, Recta135, Recta180, Recta225, Recta270, Recta315)

