

131



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

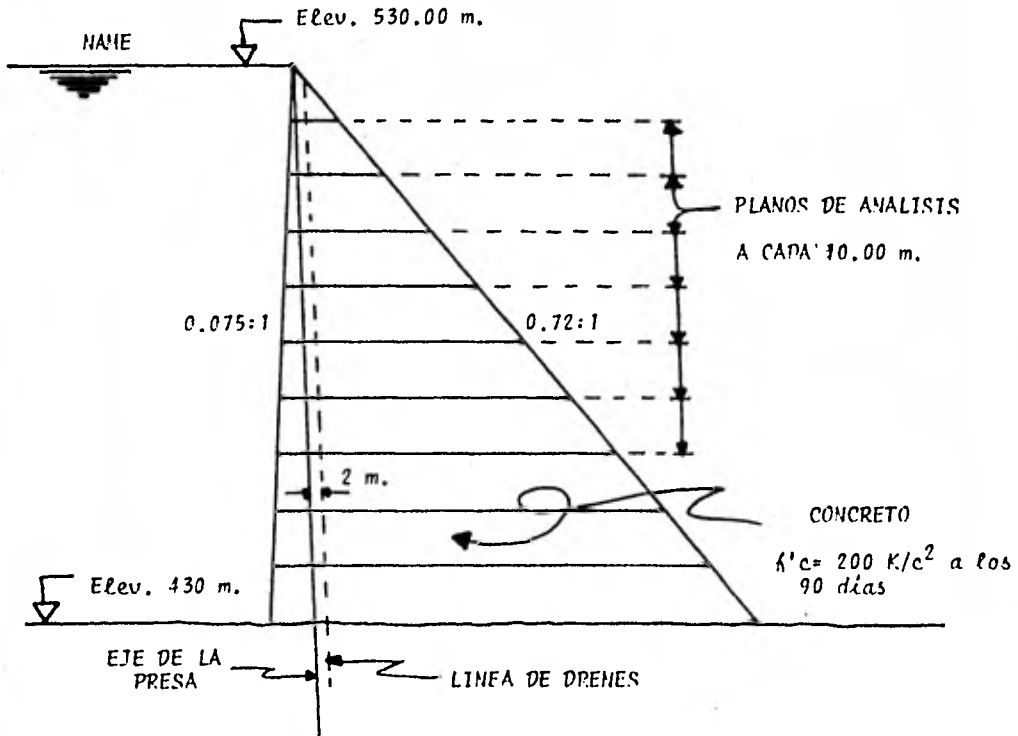
INDICE

TRABAJO ESCRITO POR DESARROLLAR	2
CAPITULO I . CALCULO DE FUERZAS	6
a) CASO VASO VACIO	7
b) CASO EMBALSE LLENO AL NAME	9
CAPITULO II . CALCULO DE ESFUERZOS NORMALES VERTICALES	12
a) CASO VASO VACIO	14
b) CASO EMBALSE LLENO AL NAME	26
CAPITULO III . FACTOR DE FRICCION - CORTANTE	45
CAPITULO IV . CALCULO Y REPRESENTACION GRAFICA DE LOS ESFUERZOS PRINCIPALES Y SU DIRECCION . METODO DE PIGEAUD	48

TRABAJO ESCRITO POR

DESARROLLAR

Sea la siguiente sección :



Desarrollense los siguientes temas :

CAPITULO I . CALCULO DE FUERZAS.

- Obtención de las fuerzas actuantes en la base de la sección, para los casos :

- a) Caso Vaso Vacío.
- b) Caso Embalse Lleno al NAME.

CAPITULO II . CALCULO DE ESFUERZOS NORMALES VERTICALES.

- Obtención de fuerzas para su cálculo, en cada plano de análisis.
- Cálculo de esfuerzos Normales Verticales $\sqrt{V_z}$, en cada plano de análisis.
- Distribución de Esfuerzos Normales Verticales $\sqrt{V_z}$, en cada plano de análisis.

Para los casos :

- a) Caso Vaso Vacío.
- b) Caso Embalse Lleno al NAME.

CAPITULO III . FACTOR DE FRICCIÓN-CORTANTE,

- Cálculo del Factor de Fricción-Cortante en cada plano de análisis, en el caso de embalse lleno al NAME.

CAPITULO IV . CALCULO Y REPRESENTACION GRAFICA DE LOS ESFUERZOS PRINCIPALES Y SU DIRECCION. METODO DE PIGEAUD.

- Para los puntos de intersección de los planos de análisis, con los planos verticales auxiliares la cada

7.20 m., aguas abajo del eje y a cada 1.5 m., aguas arriba), determinar los Esfuerzos Normales Verticales y Horizontales, los Cortantes τ_{yz} , y los Esfuerzos Principales σ_I y σ_{II} con su dirección.

- Interpretar los resultados obtenidos, trazando :
 - Dirección y Magnitud de los Esfuerzos Principales.
 - Isostáticas de los Esfuerzos Principales.
 - Trayectorias de los Esfuerzos Principales.

Considerar para todo el trabajo, un ancho unitario de la sección de la Presa de Gravedad.

CAPITULO

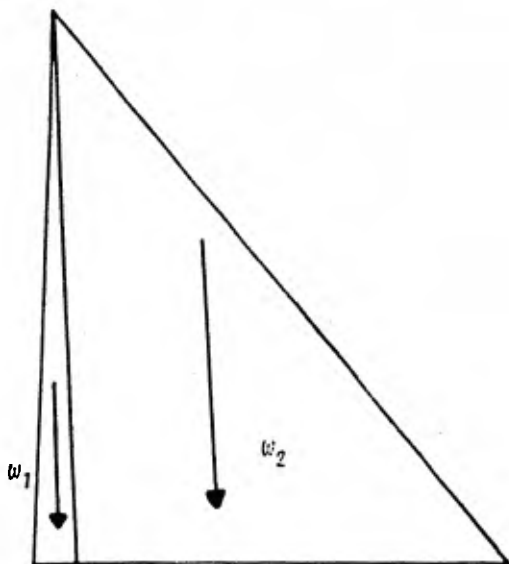
I

a) CASO VASO VACIO

OBTENCION DE FUERZAS ACTUANTES

EN LA BASE DE LA SECCION

CASO - VASO VACIO



CONCEPTO	MAGNITUD	FUERZA		BRAZO DE MOMENTO*	MOMENTO
		VERTICAL	HORIZONTAL		
1.-Peso Propio	$w_1 = \frac{7.5 \times 100}{2} \times 2.4 \times 1 =$	900.00		- 34.75	- 31275.00
	$w_2 = \frac{72 \times 100}{2} \times 2.4 \times 1 =$	8640.00		- 5.25	- 71280.00
		9540.00			-102555.00

* Con respecto al centro de la base de la sección.

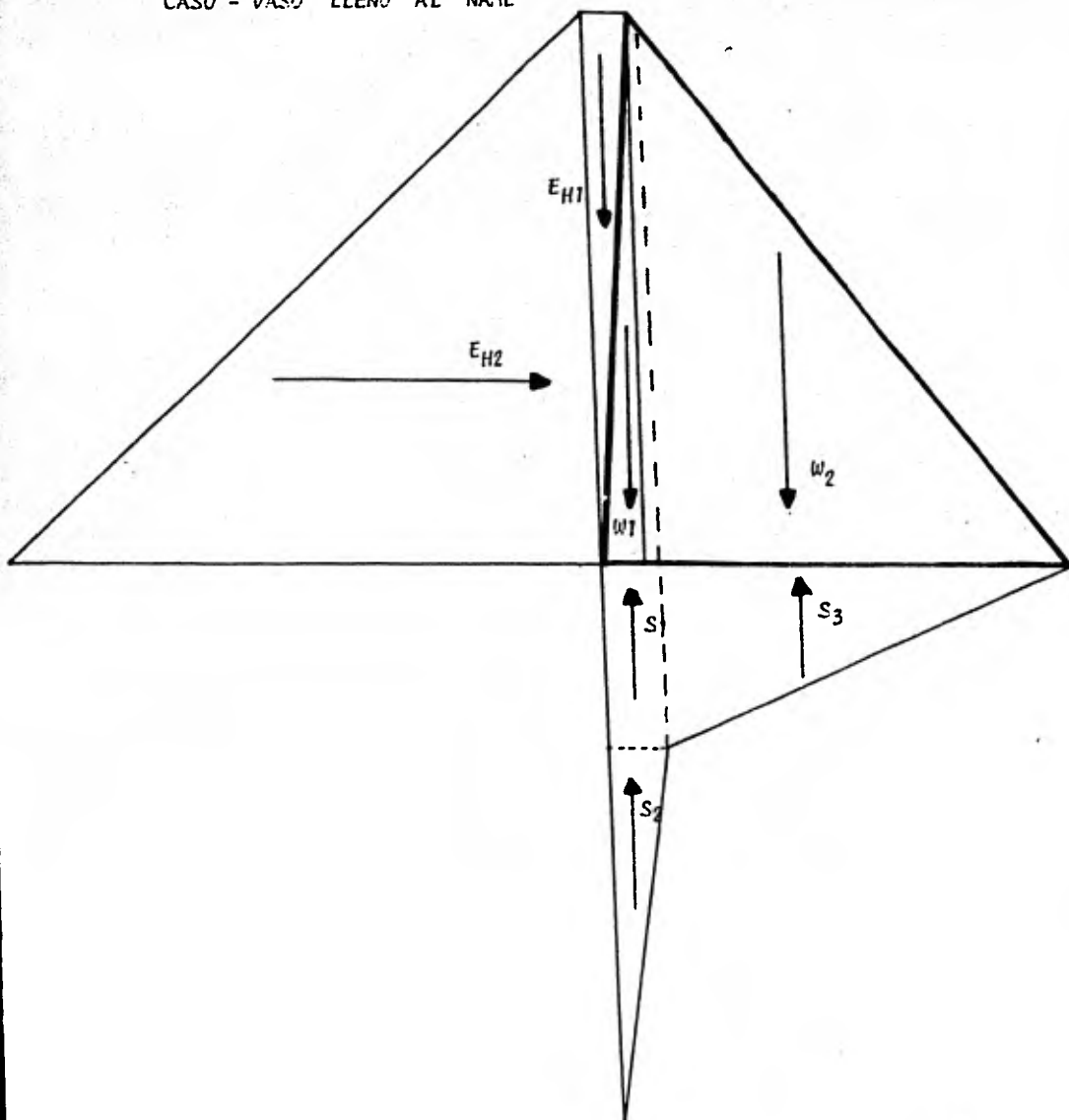
b) CASO EMBALSE LLENO

AL NAME

OBTENCION DE FUERZAS ACTUANTES

EN LA BASE DE LA SECCION

CASO - VASO LLENO AL NAHE



OBTENCION DE FUERZAS
ACTUANTES EN LA
BASE DE LA SECCION

CASO - VASO LLENO AL NIVEL (Ton) (m) (T-m)

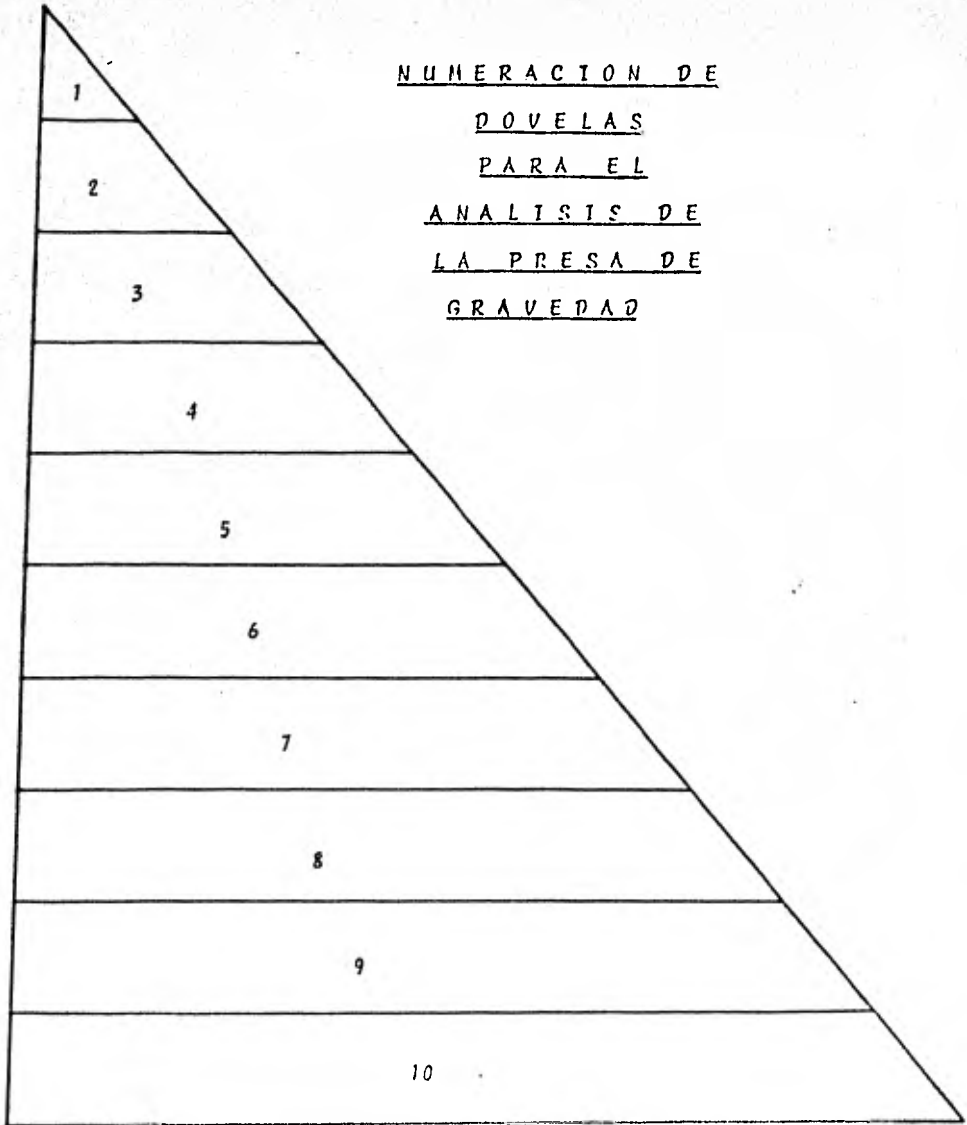
CONCEPTO	MAGNITUD	FUERZA		BRAZO DE	MOMENTO
		VERTICAL	HORIZONTAL	* MOMENTO	
1.-Peso Propio	$W_1 = \frac{7.5 \times 100}{2} \times 2.4 \times 1 =$	900.00		- 34.75	- 31275.00
	$W_2 = \frac{72 \times 100}{2} \times 2.4 \times 1 =$	8640.00		- 8.25	- 71280.00
2.-Empuje Hidrostático	$E_{H1} = \frac{7.5 \times 100}{2} \times 1 \times 1 =$	37.50		- 37.25	- 13968.75
	$E_{H2} = \frac{(100)^2}{2} \times 1 \times 1 =$		5000.00	33.33	156650.00
3.-Subpresión	$S_1 = 0.33 \times 1 \times 100 \times 9.5 \times 1 =$ $S_1 = - 313.50$	- 313.50		- 35.00	10972.50
	$S_2 = \frac{(0.66 \times 1 \times 100 \times 9.5)}{2} \times 1 =$ $S_2 = - 313.50$	- 313.50		- 36.58	11467.83
	$S_3 = \frac{(0.33 \times 1 \times 100 \times 70)}{2} \times 1 =$ $S_3 = - 1155.00$	-1155.00		- 6.91	7987.95
		8133.00	5000.00		80554.56

* Con respecto al centro de la base de la sección.

CAPITULO

II

NUMERACION DE
DOVELAS
PARA EL
ANALISIS DE
LA PRESA DE
GRAVEDAD

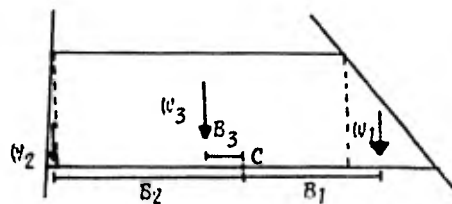


a) CASO VASO VACIO

DIAGRAMA PARA LA OBTENCION
DE FUERZAS POR DOVELA



- *Peso Propio*



donde :

w_2 - *Peso Propio*, en (Ton).

C - *Centro de la base de la dovela y centro de momentos.*

B_2 - *Brazo de momento, con respecto al centro de la dovela,*
en (m).

FUERZAS ACTUANTES POR DOVELA

VASO VACIO

CONCEPTO	MAGNITUD	FUERZA (Ton)		(m)	(T-m)
		VERTICAL	HORIZONTAL	BRAZO DE MOMENTO	MOMENTO
DOVELA 1					
1.-Peso Propio	$W_1 = \frac{7.2 \times 10}{2} \times 2.4 = 86.4$	86.40		- 0.777	- 67.13
	$W_2 = \frac{0.75 \times 10}{2} \times 2.4 = 9.0$	9.00		- 3.480	- 3.48
		95.40			- 70.61
DOVELA 2					
1.-Peso Propio	$W_1 = \frac{7.2 \times 10}{2} \times 2.4 = 86.4$	86.40		3.198	276.31
	$W_2 = \frac{0.75 \times 10}{2} \times 2.4 = 9.0$	9.00		- 7.455	- 67.09
	$W_3 = 7.95 \times 10 \times 2.4 = 190.8$	190.80		- 3.225	- 615.33
2.-Resultante 1		95.40		- 3.965	- 378.27
		381.60			- 784.38
DOVELA 3					
1.-Peso Propio	$W_1 = \frac{7.2 \times 10}{2} \times 2.4 = 86.4$	86.40		7.173	619.75
	$W_2 = \frac{0.75 \times 10}{2} \times 2.4 = 9.0$	9.00		- 11.430	- 102.87
	$W_3 = 15.9 \times 10 \times 2.4 = 381.60$	381.60		- 3.225	- 1230.66
2.-Resultante 2		381.60		- 5.280	- 2014.84
		858.60			- 2728.62
DOVELA 4					
1.-Peso Propio	$W_1 = \frac{7.2 \times 10}{2} \times 2.4 = 86.4$	86.40		11.148	363.19
	$W_2 = \frac{0.75 \times 10}{2} \times 2.4 = 9.0$	9.00		- 15.405	- 138.65
	$W_3 = 25.85 \times 10 \times 2.4 = 572.4$	572.40		- 3.776	- 1546.00
2.-Resultante 3		858.60		- 6.402	- 5497.52
		1526.40			- 6563.98

FUERZAS ACTUANTES POR DOVELA

V A S O V A C I O

(Ton)

(m)

(T-m)

CONCEPTO	MAGNITUD	FUERZA		BRAZO DE MOMENTO	MOMENTO
		VERTICAL	HORIZONTAL		
DOVELA 5					
1.-Peso Propio	$W_1 = \frac{7.2 \times 10}{2} \times 2.4 = 86.4$	86.40		15.123	1306.63
	$W_2 = \frac{0.75 \times 10}{2} \times 2.4 = 9.0$	9.00		- 19.380	- 174.42
	$W_3 = 31.8 \times 10 \times 2.4 = 763.2$	763.20		- 3.225	- 2461.32
2.-Resultante 4		1526.40		- 7.528	- 11491.50
		2385.00			- 12820.61
DOVELA 6					
1.-Peso Propio	$W_1 = \frac{7.2 \times 10}{2} \times 2.4 = 86.4$	86.40		19.098	1650.07
	$W_2 = \frac{0.75 \times 10}{2} \times 2.4 = 9.0$	9.00		- 23.355	- 210.20
	$W_3 = 59.75 \times 10 \times 2.4 = 954.0$	954.00		- 3.225	- 3076.65
2.-Resultante 5		2385.00		- 8.600	- 20512.19
		3434.40			- 22148.97
DOVELA 7					
1.-Peso Propio	$W_1 = \frac{7.2 \times 10}{2} \times 2.4 = 86.4$	86.40		23.073	1993.51
	$W_2 = \frac{0.75 \times 10}{2} \times 2.4 = 9.0$	9.00		- 27.330	- 245.97
	$W_3 = 47.7 \times 10 \times 2.4 = 1144.80$	1144.80		- 3.225	- 3691.98
2.-Resultante 6		3434.40		- 9.674	- 33224.72
		4674.60			- 35169.16

FUERZAS ACTUANTES POR DOVELA

CONCEPTO	MAGNITUD	F U E R Z A		BRAZO DE MOMENTO	MOMENTO
		(Ton)			
		VERTICAL	HORIZONTAL		
V A C O V A C I O					
DOVELA 5					
1.-Peso Propio	$W_1 = \frac{7.2 \times 10}{2} \times 2.4 = 86.4$	86.40		27.048	2336.95
	$W_2 = \frac{0.75 \times 10}{2} \times 2.4 = 9.0$	9.00		- 31.305	- 281.75
	$W_3 = 55.65 \times 10 \times 2.4 = 1335.6$	1335.60		- 3.225	- 4307.31
2.-Resultante 7		4674.60		- 10.748	- 50244.94
		6105.60			- 52497.05
DOVELA 9					
1.-Peso Propio	$W_1 = \frac{7.2 \times 10}{2} \times 2.4 = 86.4$	86.40		31.020	2680.39
	$W_2 = \frac{0.75 \times 10}{2} \times 2.4 = 9.0$	9.00		- 35.280	- 317.55
	$W_3 = 63.6 \times 10 \times 2.4 = 1526.4$	1526.40		- 3.225	- 4922.64
2.-Resultante 8		6105.60		- 11.823	- 72187.12
		7727.40			- 74746.92
DOVELA 10					
1.-Peso Propio	$W_1 = \frac{7.2 \times 10}{2} \times 2.4 = 86.4$	86.40		34.998	3023.83
	$W_2 = \frac{0.75 \times 10}{2} \times 2.4 = 9.0$	9.00		- 39.255	- 353.30
	$W_3 = 71.55 \times 10 \times 2.4 = 1717.2$	1717.20		- 3.225	- 5537.97
2.-Resultante 9		7727.40		- 12.898	- 97661.23
		9540.00			- 107534.57

V A S O V A C I O

Cálculo del brazo de momento "Xi", de la resultante de la "Dovela i", con respecto al centro de la base de ésta, y el brazo de momento "Bi", de la resultante de la "Dovela i", con respecto al centro de la base de la "Dovela i+1".

$$M \text{ ACTUANTE} = X \cdot \Sigma F_v$$

por lo que :

$$X = \frac{M \text{ ACTUANTE}}{\Sigma F_v}$$

$$X_1 = \frac{-70.613}{95.4} = -0.7401$$

$$B_1 = -3.9651$$

$$X_2 = \frac{-784.385}{381.600} = -2.055$$

$$B_2 = -5.280$$

$$X_3 = \frac{-2728.63}{858.60} = -3.178$$

$$B_3 = -6.4029$$

$$X_4 = \frac{-6568.989}{1526.400} = -4.303$$

$$B_4 = -7.528$$

$$X_5 = \frac{-12820.61}{2385.00} = -5.375$$

$$B_5 = -8.600$$

$$X_6 = \frac{-22148.97}{3434.40} = -6.449$$

$$B_6 = -9.674$$

$$X_7 = \frac{-35169.16}{4674.60} = -7.523$$

$$B_7 = -10.7483$$

$$X_8 = \frac{-52497.05}{6105.60} = -8.598$$

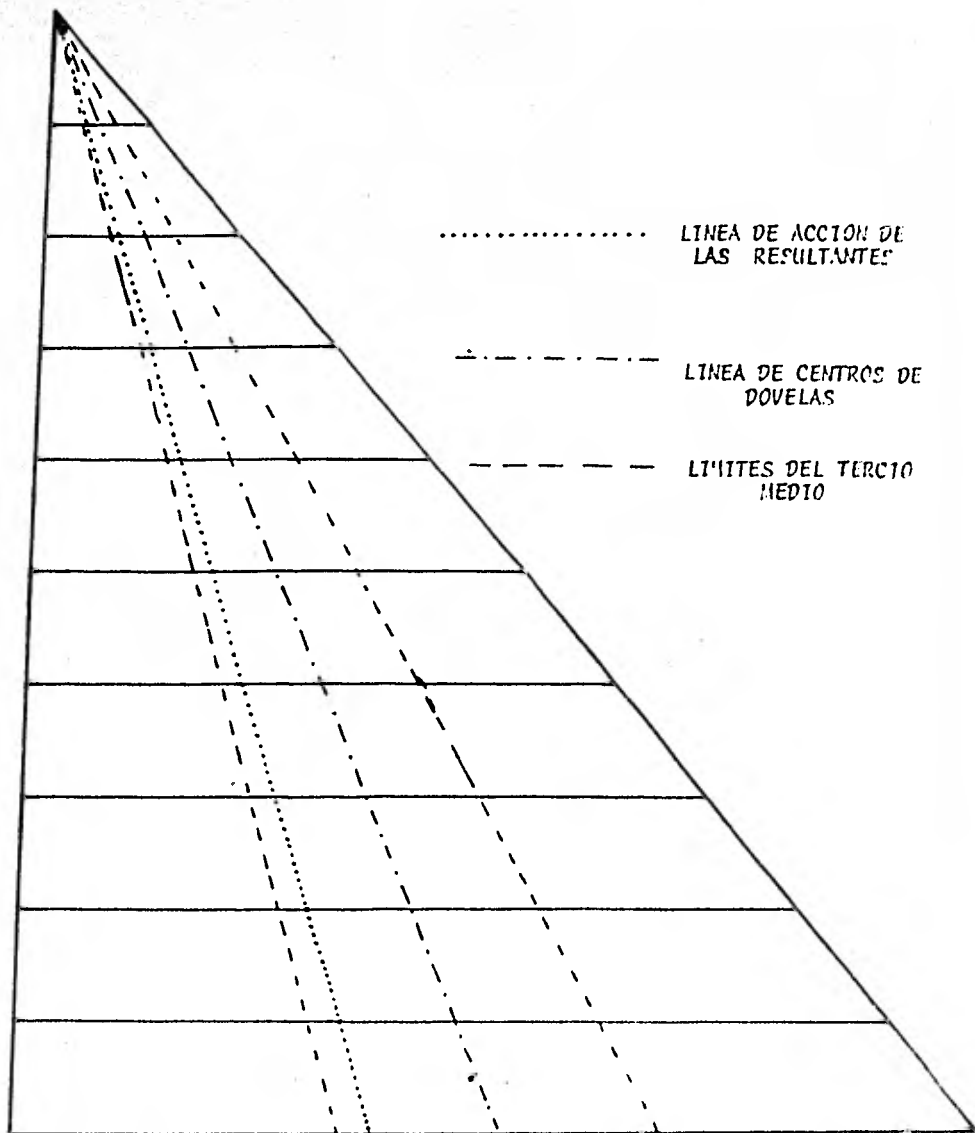
$$B_8 = -11.8231$$

$$X_9 = \frac{-74746.92}{7727.40} = -9.673$$

$$B_9 = -12.8979$$

$$X_{10} = \frac{-102534.67}{9540.00} = -10.748$$

V A S O V A C I O



..... LINEA DE ACCION DE LAS RESULTANTES

- - - - - LINEA DE CENTROS DE DOVELAS

- . - . - . LIMITES DEL TERCIO MEDIO

CALCULO DE ESFUERZOS
NORMALES VERTICALES

Para la obtención de la ecuación de la distribución de los esfuerzos Normales Verticales, se usará el Método Tradicional de Análisis Bi-dimensional de Gravedad, en el que se obtiene para cada dovela lo siguiente :

A - Area de la base de la dovela, en (m²).

I - Momento de inercia de la base de la dovela, que por ser rectangular, estará dado por:

$$I = \frac{1}{12} \times I \times (A)^3, \text{ en (m}^4\text{)}.$$

N - Es la suma de las fuerzas verticales, excluyendo las de la subpresion, en (Ton).

M - Es la suma de momentos con respecto al centro de la base, de todas las fuerzas, excluyendo las de la subpresion, en (Ton-m).

\bar{V}_z - Se obtiene aplicando la formula :

donde "x", es la coordenada horizontal, tomando como origen el centro de la base de la dovela correspondiente.

$$\bar{V}_z = \frac{N}{A} + \frac{M}{I} x, \text{ en (Ton/m}^2\text{)}$$

donde :

"x" - es la coordenada horizontal, tomando como origen el centro de la base de la dovela en estudio.

CÁLCULO DE LOS ESFUERZOS NORMALES

VERTICALES EN LOS PLANOS DE ANALISIS HORIZONTALES

BOVELA	AREA	I	H	M	H/A	M/I	$\sqrt{\frac{N}{A} + \frac{M}{I}} X$
1	7.95	41.87	95.40	- 70.61	12.00	- 1.6864	12 - 1.6864 X
2	15.90	334.73	381.60	- 784.38	24.00	- 2.3433	24 - 2.3433 X
3	23.85	1 130.53	858.60	- 2 728.63	36.00	- 2.4136	36 - 2.4136 X
4	31.80	2 679.78	1 526.40	- 6 568.98	48.00	- 2.4513	48 - 2.4513 X
5	39.75	5 233.96	2 385.00	- 12 820.61	60.00	- 2.4495	60 - 2.4495 X
6	47.70	9 044.28	3 434.40	- 22 148.97	72.00	- 2.4489	72 - 2.4489 X
7	55.65	14 351.98	4 674.60	- 35 169.16	84.00	- 2.4487	84 - 2.4487 X
8	63.60	21 433.29	6 105.60	- 52 497.05	96.00	- 2.4487	96 - 2.4487 X
9	71.55	30 524.44	7 727.10	- 74 746.92	108.00	- 2.4487	108 - 2.4487 X
10	79.50	41 871.66	9 540.00	- 102 534.67	120.00	- 2.4487	120 - 2.4487 X

CASO - VASO VACIO

DIAGRAMAS DE DISTRIBUCION

DE LOS ESFUERZOS NORMALES

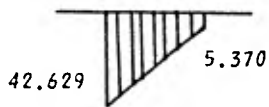
VERTICALES \sqrt{z}

(EN LAS BASES DE LAS DOVELAS)

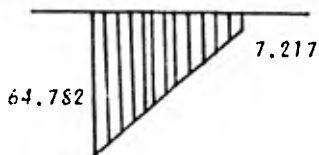
DOVELA 1



DOVELA 2

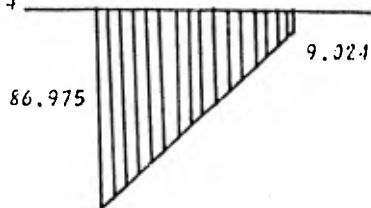


DOVELA 3

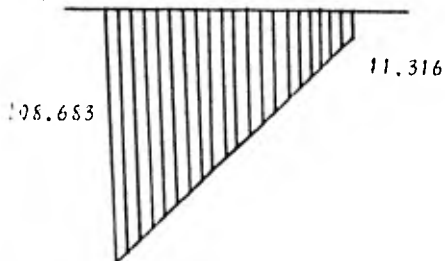


VALORES EN :
(Ton/m²)

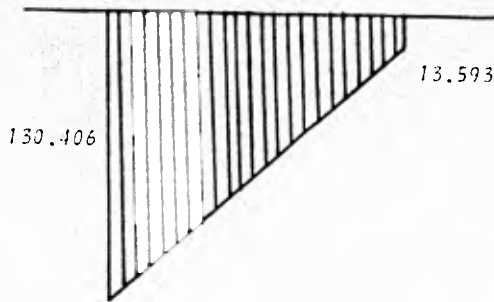
DOVELA 4



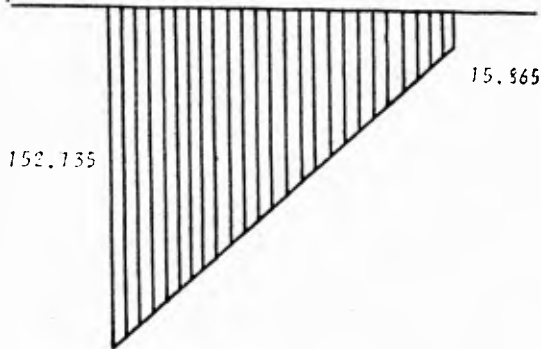
DOVELA 5



DOVELA 6

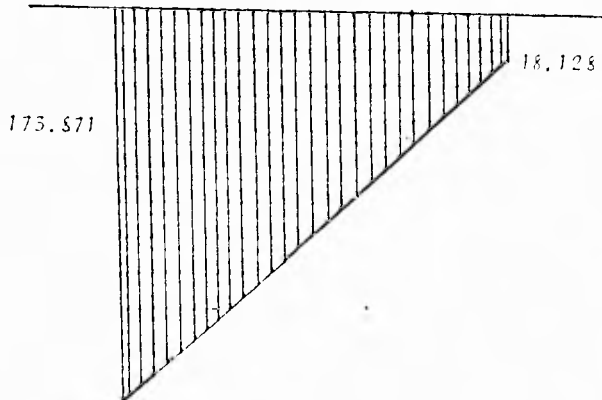


DOVELA 7

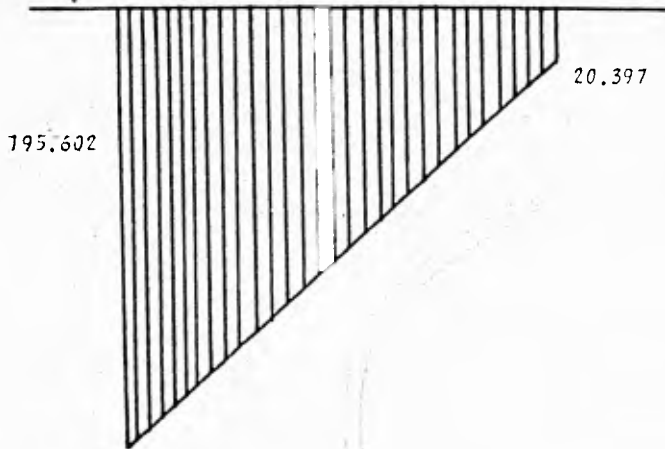


VALORES EN :
(Ton/m²)

DOVELA 8

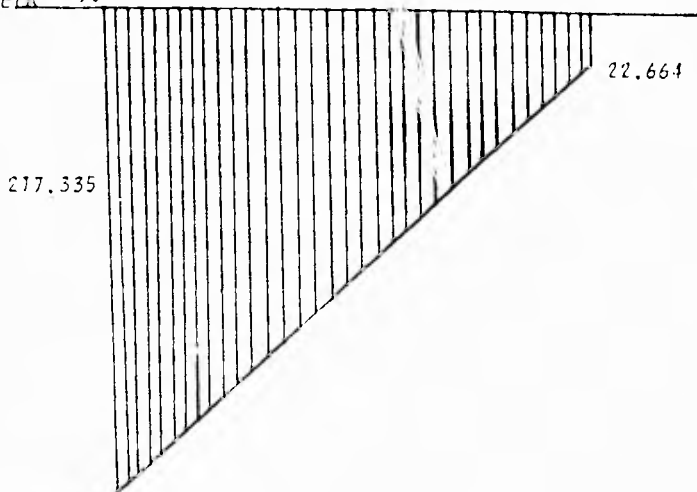


DOVELA 9



VALORES EN :
(Ton/m²)

DOVELA 10



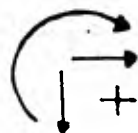
b) CASO EMBALSE LLENO

AL NAME

DIAGRAMAS PARA LA OBTENCION

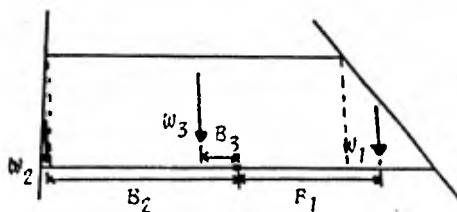
DE FUERZAS

POR DOVELA

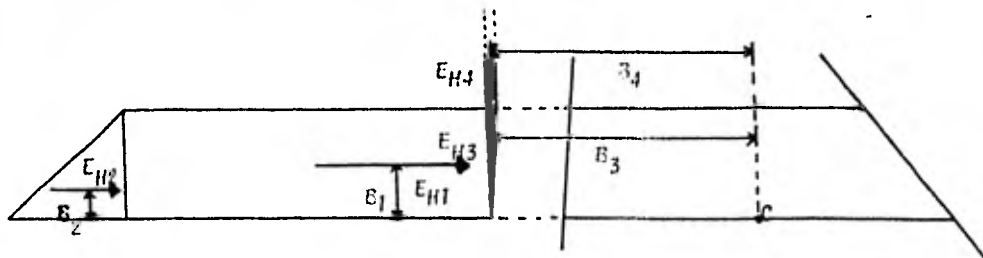


CONVENCIÓN DE
SIGNOS

1.- Peso Propio



2.- Empuje Hidrostático



donde :

B_i - Brazo de momento, en (m).

C - Centro de la base de la dovela y centro de momentos.

W_i - Peso propio de cada una de las partes de la dovela, en (Ton).

E_{Hi} - Empuje Hidrostático, en (Ton).

FUERZAS ACTUANTES POR DOVELA

CONCEPTO	MAGNITUD	F U E R Z A		BRAZO DE MOMENTO	MOMENTO
		(Ton)			
		VERTICAL	HORIZONTAL		
DOVELA 1					
1.-Peso Propio	$W_1 = \frac{7.2 \times 10}{2} \times 2.4 =$	86.40		- 0.825	- 71.28
	$W_2 = \frac{0.75 \times 10}{2} \times 2.4 =$	9.00		- 3.475	- 31.28
2.-Empuje Hidrostático	$E_{H1} = \frac{0.75 \times 10}{2} \times 1 =$	3.75		- 3.725	- 13.97
	$E_{H2} = \frac{10 \times 10}{2} \times 1 =$		50.00	3.333	166.65
		99.15	50.00		50.12

FUERZAS ACTUANTES POR DOVELA

CASO - VASO LLENO AL MANE		(Ton)	(m)	(T-m)	
CONCEPTO	MAGNITUD	FUERZA		BRAZO DE MOMENTO	MOMENTO
		VERTICAL	HORIZONTAL		
DOVELA 2					
1.-Peso Propio	$W_1 = \frac{7.2 \times 10}{2} \times 2.4 =$	86.40		3.15	272.16
	$W_2 = \frac{0.75 \times 10}{2} \times 2.4 =$	9.00		- 7.45	- 67.05
	$W_3 = (15.9 - 7.95) \times 10 \times 2.4 =$	190.80		- 3.225	- 615.33
2.-Empuje Hidrostático	$E_{H1} = \frac{0.75 \times 10}{2} \times 1 =$	3.75		- 7.700	- 28.88
	$E_{H2} = \frac{10 \times 10}{2} \times 1 =$		50.00	3.333	166.65
	$E_{H3} = 10 \times 10 \times 1 =$		100.00	5.000	500.00
	$E_{H4} = (0.75 \times 10) \times 1 =$	7.50		- 7.575	- 56.81
3.-Resultante 1		99.15		- 2.720	- 269.69
			50.00	10.000	500.00
		396.60	200.00		401.05

FUERZAS ACTUANTES POR DOVELA

CASO - VASO LLENO AL MAX

(Ton)

(m)

(T-m)

CONCEPTO	MAGNITUD	FUERZA		BRAZO DE MOMENTO	MOMENTO
		VERTICAL	HORIZONTAL		
DOVELA 3					
1.- Peso Propio	$W_1 = \frac{7.2 \times 10}{2} \times 2.4 =$	86.40		7.125	615.60
	$W_2 = \frac{0.75 \times 10}{2} \times 2.4 =$	9.00		- 11.425	- 102.82
	$W_3 = (23.85 - 7.95) 10 \times 2.4 =$	381.60		- 3.225	- 1230.66
2.-Empuje Hidrostático	$E_{H1} = \frac{0.75 \times 10}{2} \times 1 =$	3.75		- 11.675	- 43.78
	$E_{H2} = \frac{10 \times 10}{2} \times 1 =$		50.00	3.333	166.65
	$E_{H3} = 20 \times 10 \times 1 =$		200.00	5.000	1000.00
	$E_{H4} = (0.75 \times 20) \times 1 =$	15.00		-11.550	- 173.25
3.-Resultante 2		396.60		- 2.214	- 878.07
			200.00	10.000	2000.00
		592.30	150.00		1353.67

FUERZAS ACTUANTES POR DOVELA

CASO - VASO LLENO AL NAVIE

CONCEPTO	MAGNITUD	FUERZA		BRAZO DE MOMENTO	MOMENTO
		VERTICAL	HORIZONTAL		
DOVELA 4					
1.-Peso Propio	$W_1 = \frac{7.2 \times 10}{2} \times 2.4 =$	86.40		11.100	959.04
	$W_2 = \frac{0.75 \times 10}{2} \times 2.4 =$	9.00		- 15.400	- 138.60
	$W_3 = (31.8 - 7.95) 10 \times 2.4 =$	572.40		- 3.225	- 1845.99
2.-Empuje Hidrostático	$E_{H1} = \frac{0.75 \times 10}{2} \times 1 =$	3.75		- 15.650	- 58.68
	$E_{H2} = \frac{10 \times 10}{2} \times 1 =$		50.00	3.333	166.65
	$E_{H3} = 30 \times 10 \times 1 =$		300.00	5.000	1500.00
	$E_{H4} = (0.75 \times 30) \times 1 =$	22.50		- 15.525	- 349.31
3.-Resultante 3		892.35		- 1.708	- 1524.13
			450.00	10.000	4500.00
		1586.40	800.00		3208.98

FUERZAS ACTUANTES POR DOVELA

CASO - VASO LLENO AL NABE		(Ton)	(m)	(T-m)	
CONCEPTO	MAGNITUD	FUERZA		BRAZO DE MOMENTO	MOMENTO
		VERTICAL	HORIZONTAL		
DOVELA 5					
1.-Peso Propio	$W_1 = \frac{7.2 \times 10}{2} \times 2.4 =$	86.40		15.075	1302.48
	$W_2 = \frac{0.75 \times 10}{2} \times 2.4 =$	9.00		- 19.375	- 174.37
	$W_3 = (39.75 - 7.95) 10 \times 2.4 =$	763.20		- 3.225	- 2461.32
2.-Empuje Hidrostático	$E_{H1} = \frac{0.75 \times 10}{2} \times 1 =$	3.75		- 19.625	- 73.59
	$E_{H2} = \frac{10 \times 10}{2} \times 1 =$		50.00	3.333	166.65
	$E_{H3} = 40 \times 10 \times 1 =$		400.00	5.000	2000.00
	$E_{H4} = (0.75 \times 40) \times 1 =$	30.00		- 19.500	- 585.00
3.-Resultante 4		1586.40		- 1.200	- 1906.85
			800.00	10.000	8000.00
		2478.75	1250.00		6268.00

FUERZAS ACTUANTES POR DOVELA

CASO - VASO LLENO AL NOME		(Ton)	(m)	(T-m)	
CONCEPTO	MAGNITUD	FUERZA		BRAZO DE	MOMENTO
		VERTICAL	HORIZONTAL	MOMENTO	
DOVELA 6					
1.-Peso Propio	$W_1 = \frac{7.2 \times 10}{2} \times 2.4 =$	86.40		19.050	1645.92
	$W_2 = \frac{0.75 \times 10}{2} \times 2.4 =$	9.00		- 23.350	- 210.15
	$W_3 = (47.7 - 7.95) 10 \times 2.4 =$	954.00		- 3.225	- 3076.65
2.-Empuje Hidrostatico	$E_{H1} = \frac{0.75 \times 10}{2} \times 1 =$	3.75		- 23.600	- 88.50
	$E_{H2} = \frac{10 \times 10}{2} \times 1 =$		50.00	3.333	166.65
	$E_{H3} = 50 \times 10 \times 1 =$		500.00	5.000	2500.00
	$E_{H4} = (0.75 \times 50) \times 1 =$	37.50		- 23.475	- 880.31
3.-Resultante 5		2478.75		- 0.697	- 1727.68
			1250.00	10.000	12500.00
		3569.40	1000.00		10829.28

FUERZAS ACTUANTES POR DOVELA

CASO - VASO LLENO AL NOME

(Ton)

(m)

(T-m)

CONCEPTO	MAGNITUD	FUERZA		BRAZO DE MOMENTO	MOMENTO
		VERTICAL	HORIZONTAL		
DOVELA 7					
1.-Peso Propio	$W_1 = \frac{7.2 \times 10}{2} \times 2.4 =$	86.40		23.025	1989.36
	$W_2 = \frac{0.75 \times 10}{2} \times 2.4 =$	9.00		- 27.575	- 248.17
	$W_3 = (55.65 - 7.95) 10 \times 2.4 =$	1144.80		- 3.225	- 3691.98
2.-Empuje Hidrostático	$E_{H1} = \frac{0.75 \times 10}{2} \times 1 =$	3.75		- 27.325	- 102.46
	$E_{H2} = \frac{10 \times 10}{2} \times 1 =$		50.00	3.333	166.65
	$E_{H3} = 60 \times 10 \times 1 =$		600.00	5.000	3000.00
	$E_{H4} = (0.75 \times 60) \times 1 =$	45.00		- 27.450	- 1235.25
3.-Resultante 6		3569.40		- 0.192	- 685.32
			1800.00	10.000	18000.00
		4858.35	2450.00		17192.83

FUERZAS ACTUANTES POR DOVELA

CONCEPTO	MAGNITUD	(Ton)		(m)	(T-m)
		FUERZA		BRAZO DE MOMENTO	MOMENTO
		VERTICAL	HORIZONTAL		
DOVELA 8					
1.-Peso Propio	$W_1 = \frac{7.2 \times 10}{2} \times 2.4 =$	86.40		27.000	2332.80
	$W_2 = \frac{0.75 \times 10}{2} \times 2.4 =$	9.00		31.300	- 281.70
	$W_3 = (63.6 - 7.95) 10 \times 2.4 =$	1335.60		- 3.225	- 4307.31
2.-Empuje Hidrostático	$E_{H1} = \frac{0.75 \times 10}{2} \times 1 =$	3.75		31.550	- 118.31
	$E_{H2} = \frac{10 \times 10}{2} \times 1 =$		50.00	3.333	166.65
	$E_{H3} = 70 \times 10 \times 1 =$		700.00	5.000	3500.00
	$E_{H4} = (0.75 \times 70) \times 1 =$	52.50		31.425	- 1649.81
3.-Resultante 7		4858.35		0.313	1520.66
			2450.00	10.000	24500.00
		6345.60	3200.00		25662.98

FUERZAS ACTUANTES POR DOVELA

CASO - VASO LLENO AL NAVE		[Ton]	[m]	[T-m]	
CONCEPTO	MAGNITUD	FUERZA		BRAZO DE MOMENTO	MOMENTO
		VERTICAL	HORIZONTAL		
DOVELA 9					
1.-Peso Propio	$W_1 = \frac{7.2 \times 10}{2} \times 2.4 =$	86.40		30.975	2676.24
	$W_2 = \frac{0.75 \times 10}{2} \times 2.4 =$	9.00		- 35.275	- 317.47
	$W_3 = (71.55 - 7.95) 10 \times 2.4 =$	1526.40		- 3.225	- 4922.64
2.-Empuje Hidrostático	$E_{H1} = \frac{0.75 \times 10}{2} \times 1 =$	3.75		- 35.525	- 133.21
	$E_{H2} = \frac{10 \times 10}{2} \times 1 =$		50.00	3.333	166.65
	$E_{H3} = 80 \times 10 \times 1 =$		800.00	5.000	4000.00
	$E_{H4} = (0.75 \times 80) \times 1 =$	60.00		- 35.400	- 2124.00
3.-Resultante 8		6345.60		0.819	5197.04
			3200.00	10.000	32000.00
		8031.15	4050.00		36542.61

FUERZAS ACTUANTES POR DOVELA

CASO - VASO LLENO AL NAVE		(Ton)	(m)	(T-m)	
CONCEPTO	MAGNITUD	FUERZA		BRAZO DE	MOMENTO
		VERTICAL	HORIZONTAL	MOMENTO	
DOVELA 10					
1.-Peso Propio	$W_1 = \frac{7.2 \times 10}{2} \times 2.4 =$	86.40		34.950	3019.68
	$W_2 = \frac{0.75 \times 10}{2} \times 2.4 =$	9.00		- 39.250	- 353.25
	$W_3 = (79.5 - 7.95) 10 \times 2.4 =$	1717.20		- 3.225	- 5537.97
2.-Empuje Hidrostático	$E_{H1} = \frac{0.75 \times 10}{2} \times 1 =$	3.75		- 39.500	- 148.12
	$E_{H2} = \frac{10 \times 10}{2} \times 1 =$		50.00	3.333	166.65
	$E_{H3} = 90 \times 10 \times 1 =$		900.00	5.000	4500.00
	$E_{H4} = (0.75 \times 90) \times 1 =$	67.50		- 39.375	- 2657.81
3.-Resultante 9		8031.15		1.324	10637.07
			4050.00	10.000	40 500.00
		9915.00	5000.00		50126.25

V A S O L L E N O A L N A M E

Cálculo del brazo de momento "Xi", de la resultante de la "Dovela i", con respecto al centro de la base de ésta, y el --
brazo de momento "Bi", de la resultante de la "Dovela i", con
respecto al centro de la base de la "Dovela i+1".

$$M \text{ ACTUANTE} = X \cdot \Sigma F_v$$

por lo que :

$$X = \frac{M \text{ ACTUANTE}}{\Sigma F_v}$$

$$X_1 = \frac{50.12}{99.15} = 0.505$$

$$B_1 = -2.72$$

$$X_2 = \frac{401.05}{396.60} = 1.011$$

$$B_2 = -0.489$$

$$X_3 = \frac{1353.67}{892.35} = 1.517$$

$$B_3 = -1.708$$

$$X_4 = \frac{3208.98}{1586.40} = 2.023$$

$$B_4 = -1.202$$

$$X_5 = \frac{6268.00}{2478.75} = 2.528$$

$$B_5 = -0.697$$

$$X_6 = \frac{10829.28}{3569.40} = 3.033$$

$$B_6 = -0.192$$

$$X_7 = \frac{17192.28}{4858.35} = 3.538$$

$$B_7 = 0.313$$

$$X_8 = \frac{25662.98}{6345.60} = 4.044$$

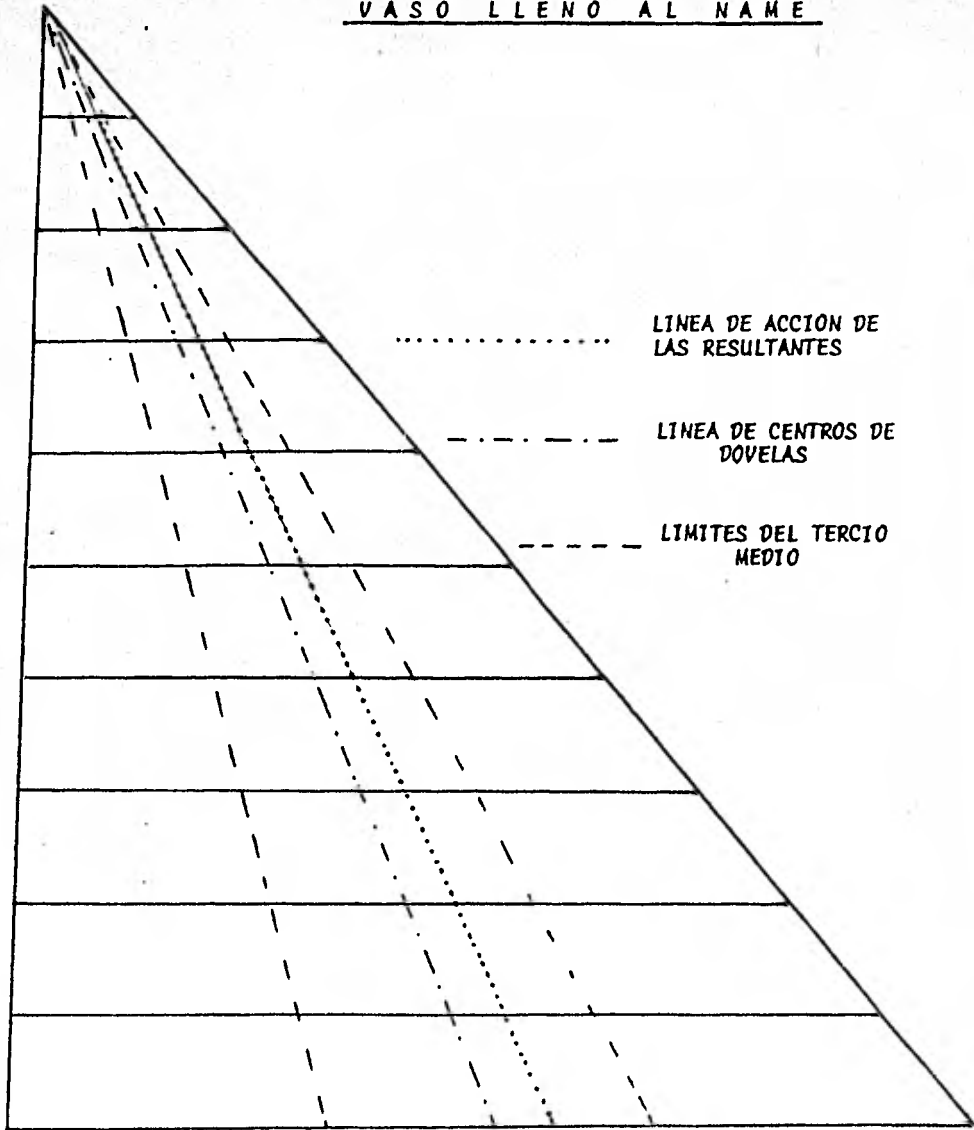
$$B_8 = 0.819$$

$$X_9 = \frac{36542.61}{8031.15} = 4.550$$

$$B_9 = 1.325$$

$$X_{10} = \frac{50126.25}{9915.00} = 5.005$$

VASO LLENO AL NOME



CALCULO DE ESFUERZOS
NORMALES VERTICALES

Para la obtención de la ecuación de la distribución de los esfuerzos Normales Verticales, se usará el Método Tradicional de Análisis Bi-dimensional de Gravedad, en el que se obtiene para cada dovela lo siguiente :

A - Area de la base de la dovela, en (m²).

I - Momento de inercia de la base de la dovela, que por ser rectangular, estará dado por :

$$I = \frac{1}{12} \times l \times A^3, \text{ en (m}^4\text{)}.$$

N - Es la suma de las fuerzas verticales, excluyendo las de la subpresión, en (Ton).

M - Es la suma de momentos con respecto al centro de la base, de todas las fuerzas, excluyendo las de la subpresión, en (Ton-m).

$\sqrt{V_z}$ - Se obtiene aplicando la formula :

donde "x", será el momento de inercia con respecto al centro de la base de la dovela correspondiente.

$$\sqrt{V_z} = \frac{N}{A} + \frac{M}{I} \times x, \text{ en (Ton/m}^2\text{)}$$

donde :

"x" - es la coordenada horizontal, tomando como origen el centro de la base de la dovela en estudio.

CALCULO DE LOS ESFUERZOS NORMALES

VERTICALES EN LOS PLANOS DE ANALISIS HORIZONTALES

DOVELA	AREA	I	N	M	N/A	M/I	$\sigma_z = \frac{N}{A} + \frac{M}{I} X$
1	7.95	41.87	99.15	50.12	12.47	1.197	12.47 + 1.197 X
2	15.90	334.73	396.60	401.05	24.94	1.197	24.94 + 1.197 X
3	23.85	1 130.53	892.35	1 353.67	37.41	1.197	37.41 + 1.197 X
4	31.80	2 679.78	1 586.40	3 208.98	41.89	1.197	41.89 + 1.197 X
5	39.75	5 233.96	2 478.75	6 268.00	62.36	1.197	62.36 + 1.197 X
6	47.70	9 044.28	3 569.40	10 829.28	76.71	1.197	76.71 + 1.197 X
7	55.65	14 361.98	4 858.35	17 192.83	87.30	1.197	87.30 + 1.197 X
8	63.60	21 433.27	6 345.60	25 662.98	99.77	1.197	99.77 + 1.197 X
9	71.55	30 524.44	8 031.15	36 542.61	112.23	1.197	112.23 + 1.197 X
10	79.50	41 871.66	9 915.00	50 126.25	124.71	1.197	124.71 + 1.197 X

CASO - VASO LLENO AL MAXE

DIAGRAMAS DE DISTRIBUCION
DE LOS ESFUERZOS NORMALES
VERTICALES \sqrt{z}

(EN LAS BASES DE LAS DOVELAS)

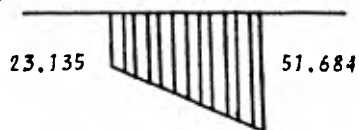
DOVELA 1



DOVELA 2

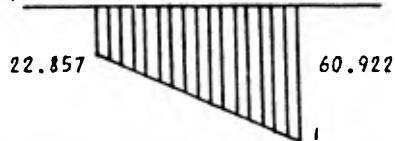


DOVELA 3

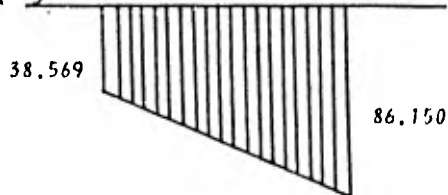


VALORES EN :
(Ton/m²)

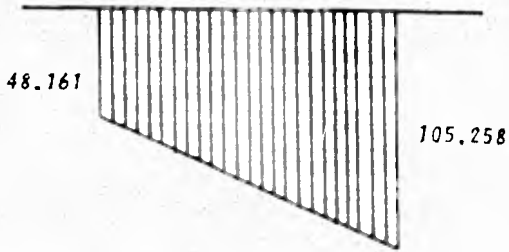
DOVELA 4



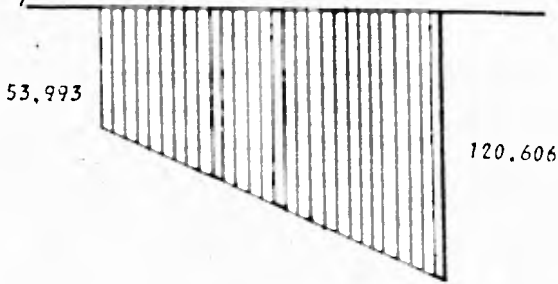
DOVELA 5



DOVELA 6

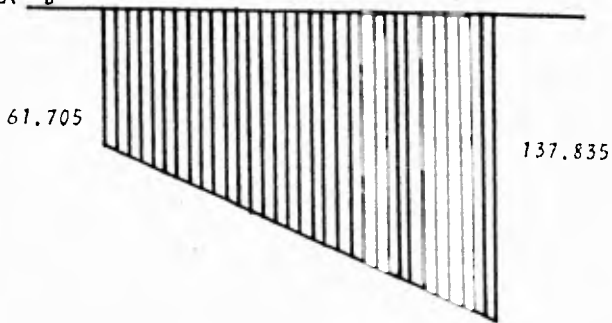


DOVELA 7



VALORES EN :
(Ton/m²)

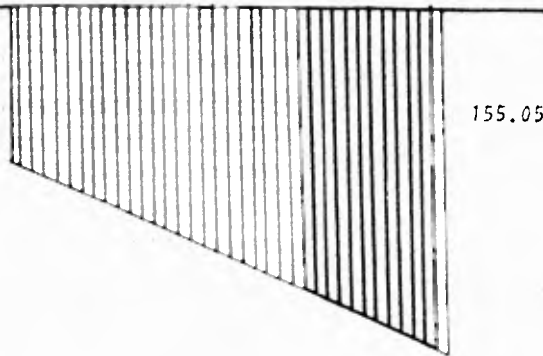
DOVELA 8



DOVELA 9

69.407

155.053

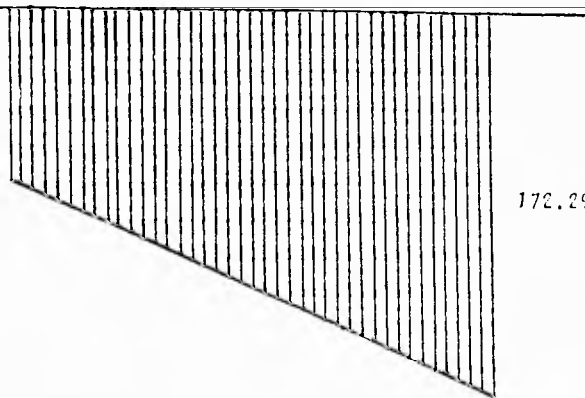


VALORES EN :
(Ton/m²)

DOVELA 10

77.129

172.290



CAPITULO

III

FACTOR DE FRICCIÓN - CORTANTE

Este factor es una relación entre la resistencia al cortante y el esfuerzo cortante medio en el plano de análisis, calculado con la fórmula :

$$F.F.-C. = \frac{f \bar{N} + c A}{\Sigma F_H} \quad (\text{adimensional})$$

donde :

f - Factor de fricción interna del material, que a falta de datos de laboratorio (ya que las pruebas de resistencia al cortante, de la mezcla de concreto que se va a usar, no se tienen generalmente en esta etapa de diseño), por lo que se usará $f=1$, que es equivalente a un φ de 45° .

\bar{N} - Es la suma de fuerzas verticales, incluyendo las de la subpresión, en (Ton).

c - Es la cohesión del material, dada por :

$$c = 0.1 f'c, \text{ en (Ton/m}^2\text{)},$$

por lo que para este caso, tendremos :

$$\text{si } f'c = 200 \text{ (Kg/cm}^2\text{)} = 2000 \text{ (Ton/m}^2\text{)} \quad \therefore$$

$$c = 0.1 \times 2000 \quad c = 200 \text{ (Ton/m}^2\text{)}$$

A - Area de la base de la dovela, en (m^2).

ΣF_H - Es la suma de las fuerzas horizontales, en (Ton).

CALCULO DEL
FACTOR DE FRICCION - CORTANTE

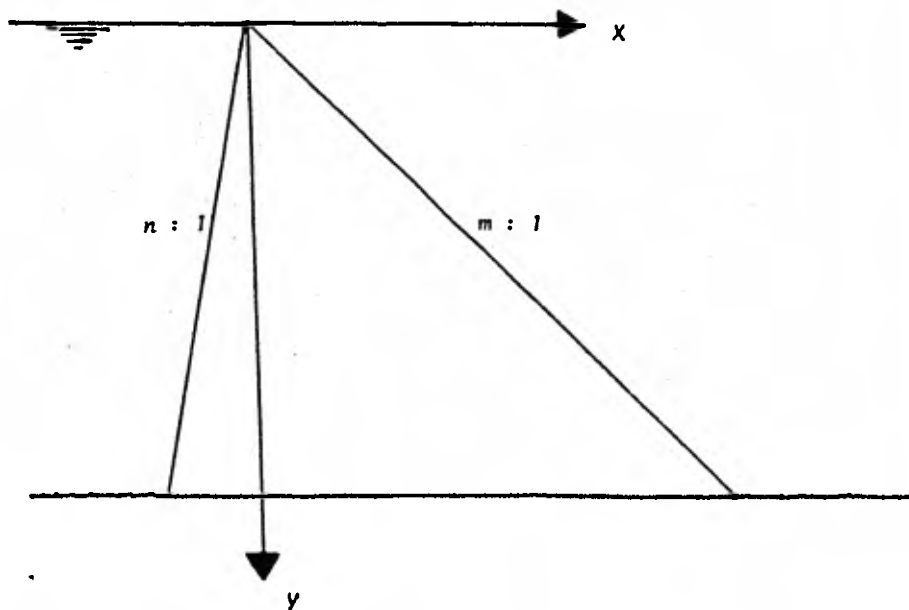
DOVELA	\bar{N}	c · A	ΣF_H	F.F.-C.
1	72.42	1 590	50	33.248
2	309.48	3 180	200	17.447
3	711.17	4 770	450	12.180
4	1 277.52	6 360	800	9.547
5	2 008.49	7 950	1 250	7.967
6	2 904.12	9 540	1 800	5.915
7	3 964.37	11 130	2 450	6.161
8	5 189.28	12 720	3 200	5.596
9	6 578.81	14 310	4 050	5.158
10	8 133.00	15 900	5 000	4.806

CAPITULO

IV

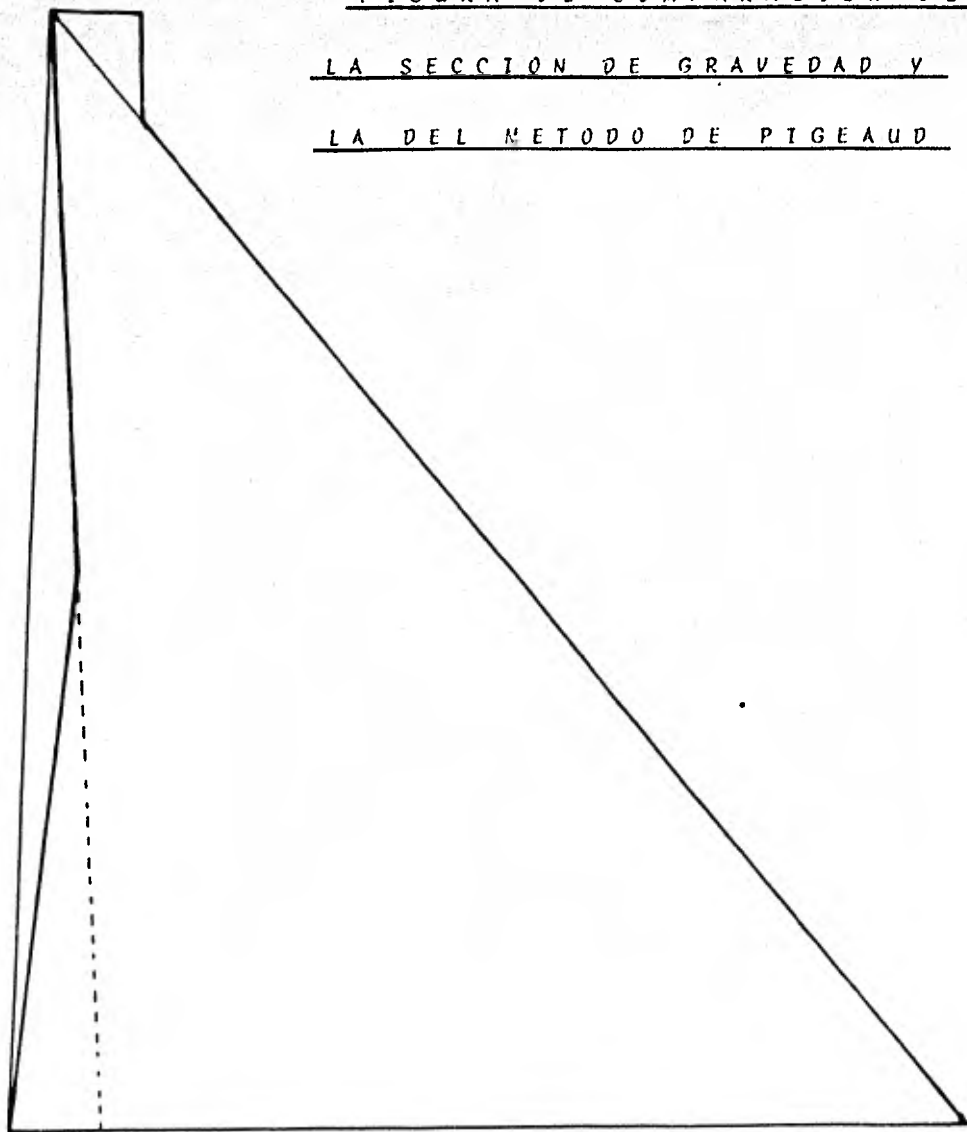
METODO DE PIGEAUD

Este método es muy limitado y se recomienda que sea utilizado en la etapa preliminar del diseño de la presa, ya que no considera la subpresión, azolves, sismo, requiere de que el nivel del agua, para el análisis, este hasta el pico de la sección, la cual solo puede ser del tipo :



que como se observa en la figura siguiente, para un cálculo preliminar, se podría modificar la geometría de la presa de gravedad, para poder aplicar este método tomando los resultados con un rango pequeño de diferencia con los reales.

FIGURA DE COMPARACION DE
LA SECCION DE GRAVEDAD Y
LA DEL METODO DE PIGEAUD



Hechas las aclaraciones anteriores, este método se obtuvo planteando una función $\phi (X, Y)$,* tal que sea continua y tenga derivadas continuas hasta la cuarta derivada, por lo tanto, ϕ sería :

$$\phi = \frac{a}{6} x^3 + \frac{b}{2} x^2 y + \frac{c}{2} x y^2 + \frac{d}{6} y^3$$

teniendo las constantes a, b, c y d por determinar.

Obteniéndose en las derivadas:

$$\frac{\partial \phi}{\partial X} = \frac{ax^2}{2} + bxy + \frac{cy^2}{2} \qquad \frac{\partial^2 \phi}{\partial X^2} = ax + by$$

$$\frac{\partial \phi}{\partial Y} = \frac{bx^2}{2} + cxy + \frac{dy^2}{2} \qquad \frac{\partial^2 \phi}{\partial Y^2} = cx + dy$$

$$\frac{\partial^2 \phi}{\partial X \partial Y} = bx + cy$$

Los esfuerzos valdrían :

$$\nabla_X = \frac{\partial^2 \phi}{\partial Y^2} = cx + dy$$

$$\nabla_Y = \frac{\partial^2 \phi}{\partial X^2} - \gamma_m y = ax + (b - \gamma_m) y$$

γ_m - Peso específico del material (concreto generalmente), y - aparece al tener en el sentido "Y" una fuerza másica ---- (peso del material), por lo que $V = \gamma_m$

$$\tau_{xy} = - \frac{\partial^2 \phi}{\partial Y \partial X} = - (bx + cy)$$

* Función de Esfuerzos de Airy.

Aplicando las condiciones de frontera, se procede a determinar el valor de las constantes, obteniéndose :

$$a = \frac{m - n}{(m + n)^2} \gamma_m - \frac{2 - 3 m n - n^2}{(m + n)^3} \omega$$

$$b = \frac{2 m n}{(m + n)^2} \gamma_m^+ - \frac{2 m^2 n + m - n}{(m + n)^3} \omega$$

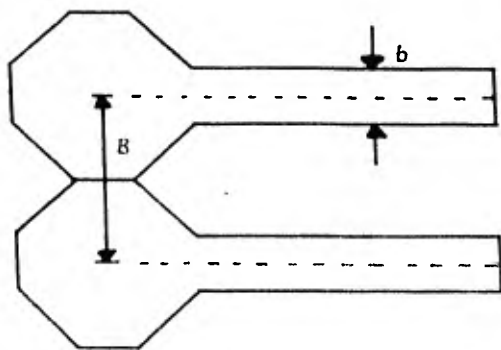
$$c = -\frac{m n (m - n)}{(m + n)^2} \gamma_m + \frac{m n (2 - m n + m^2)}{(m + n)^3} \omega$$

$$d = -\frac{m^2 n^2}{(m + n)^2} \gamma_m + \frac{m^2 (2 m n^2 - 3 n - m)}{(m + n)^3} \omega$$

donde :

ω - Es una constante que se calcula según la sección en planta - de la Presa de Machones, en que :

$$\omega = \frac{B}{b} \gamma_a$$



Si $b = B$, se tendrá que $w = 1$, y se tendrá el caso de la Presa de Gravedad.

γ_a - Peso Especifico del agua, normalmente igual a 1, en Ton/m³.

El cálculo de los esfuerzos principales y su dirección, se calcularán con :

$$\sigma_{I,II} = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2}$$

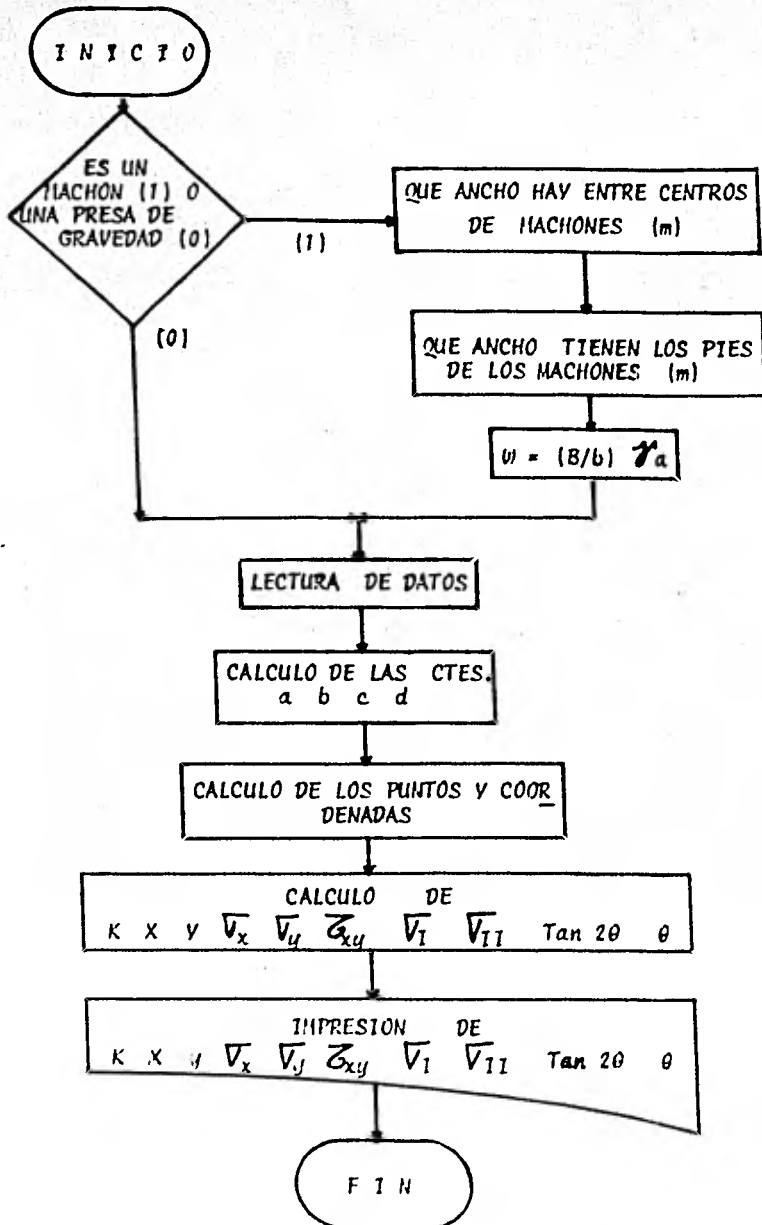
$$\theta = \frac{1}{2} \text{ ang } \tan \frac{2\tau_{xy}}{\sigma_y - \sigma_x}$$

A diferencia de la convención de signos que se utiliza normalmente, éste método da en sus resultados a las tensiones como positivas y a las compresiones como negativas, por lo que se debe tener cuidado al interpretar los resultados.

Para realizar estos cálculos del "Metodo de Pigeaud", utilizaremos una computadora RADIO SHACK Modelo TRS-80, que trabaja con una terminal de discos, pantalla, teclado e impresora.

Por lo que se procede con el "Diagrama de Flujo", para continuar con la codificación en lenguaje "BASIC" y realizar dichos cálculos :

DIAGRAMA DE FLUJO



PAGINA # 1

```
10 CMD"BREAK N
20 CLS:PRINT:PRINT@450,"QUIERE CON <I>MPRESION Y GRA
    FICA O SOLO <G>RAFICA"
30 Q$=INKEY$:IFQ$<>"I"ANDQ$<>"G"THEN30ELSE40
40 IFQ$="G"THENRUN"YOYO1"ELSE50
50 CLS:PRINT:PRINT@450," SE ENCUENTRA LISTA LA IMP
    RESORA <S>I O <N>O ? ";
60 Q$=INKEY$:IFQ$<>"S"THEN60ELSE601070
70 CLEAR2000
80 GOSUB730
90 CLS:PRINTCHR$(23):PRINT@450,"UN MOMENTITO IMPRIMI
    ENDO TITULO"
100 LPRINTTAB(48)"*****"
110 LPRINTTAB(48)"* PROGRAMA PARA EL CALCULO *"
120 LPRINTTAB(48)"* DE ESFUERZOS NORMALES Y *"
130 LPRINTTAB(48)"* PRINCIPALES CON SU ANGULO *"
140 LPRINTTAB(48)"* DE ACCION POR EL METODO *"
150 LPRINTTAB(48)"*
160 LPRINTTAB(48)"* --- P I G E A U D --- *"
170 LPRINTTAB(48)"*
180 LPRINTTAB(48)"* APLICABLE A PRESAS DE *"
190 LPRINTTAB(48)"* MACHONES Y DE GRAVEDAD *"
200 LPRINTTAB(48)"*****"
210 CLS:PRINT:PRINT "SE TRATA DE UN MACHON (1), O DE
    UNA PRESA DE GRAVEDAD (0) ? ";
220 XM$=INKEY$:IFXM$<>"1"ANDXM$<>"0"THEN220
230 IFXM$="1"THEN260ELSE240
240 W = 1
250 GOTO 290
260 PRINT:INPUT "QUE ANCHO HAY ENTRE CENTRO DE MACHO
    NES (METROS)";BB
270 PRINT:INPUT "QUE ANCHO TIENE EL PIE DE LOS MACHO
    NES";DD
280 W = BB/DD
290 PRINT:INPUT "QUE PENDIENTE SE TIENE AGUAS ARRIBA
    ";N
300 PRINT:INPUT "QUE PENDIENTE SE TIENE AGUAS ABAJO"
    ";M
310 CLS:PRINTCHR$(23):PRINT@450,"UN MOMENTITO.CALCUL
    ANDO CONSTANTES."
320 A = 2.4*((H-N)/(M+N)I2)-(W*(2-3*M*N-NC2)/(M+N)I3
    )
330 B = 2.4*(2*N*N/(M+N)I2)+(W*(M-N-2*N*M)I2)/(M+N)I3
    )
340 C = W*(N*N*(2-M*N+M)I2)/(M+N)I3)-(2.4*M*N*(M-N)/(
    N+N)I2)
350 D = W*M)2*((2*M*N)I2)-3*N-M)/(M+N)I3)-(2.4*(2*M)I
    2*N)I2)/(M+N)I2)
360 CLS:PRINT:INPUT"CUAL ES LA ALTURA MAXIMA Y CUAL
    EL INTERVALO VERTICAL DESEADO(ALTURA,INTERVALO)
    ";YO,IY
370 FORI=110250:NEXT:CLS:PRINT"LA PENDIENTE AGUAS AR
    RIBA ES = ";N:PRINT"LA PENDIENTE AGUAS ABAJO ES
    = ";M
380 PRINT"LAS CONSTANTES SON A = ";A
390 PRINT" B = ";B
400 PRINT" C = ";C
```

```

410 PRINT"                                D = "D
420 PRINT"LA ALTURA ES....."          = "YO
430 PRINT"EL INTERVALO ES....."        = "IY
440 PRINT:PRINT:PRINT:PRINT:PRINT:PRINT"      LOS DA
      TOS SON CORRECTOS <S>1 O <N>0 "
450 Y$=INKEY$:IFY$<>"S"ANDY$<>"N"THEN450
460 CLS:IFY$="N"THEN210
470 GOSUB790:K=0
480 XB=Y0*M:XR=Y0*N:IB=IY*M:IR=IY*N
490 GOSUB1070
500 FORY=1YTOY0STEP1Y
510 BB=(Y/IY)*IB+I
520 AA=(Y/IY)*IR
530 FORRR=AATOIRSTEP(-IR)
540 X=-RR
550 GOSUB860
560 GOSUB1060
570 NEXTRR
580 FORX=0TOBBSTEPIB
590 GOSUB860
600 GOSUB1060
610 NEXTX
620 NEXTY
630 LPRINTSTRING$(132,"*")
640 PRINT@980,"DESEA CORRER NUEVAMENTE EL PROGRAMA (
      S/N)":
650 U$=INKEY$:IFU$<>"S"ANDU$<>"N"THEN650
660 IFU$="S"THEN670ELSE720
670 CLS:PRINT"CON LOS MISMOS DATOS <S>1 O <N>0  ?
      "
680 V$=INKEY$:IFV$<>"S"ANDV$<>"N"THEN680
690 IFV$="S"THEN470ELSE210
700 END
710 IFU$="S"GO TO70
720 IFU$="N"THENPRINTCHR$(23):CLS:PRINT@460,"GRACIAS
      HASTA LA PROXIMA.                                ":FORA=1TU15
      GO:NEXT:NEW
730 A$="      ####.####"
740 B$="#####"
750 J$="      ###"
760 C$="      PUNTO":D$="      COORDENADA":E$="      ES
      FUERZOS":F$="      ESFUERZO":G$="      TANGENTE":
      H$="      CORTANTES"
770 K$="      DE X      ":L$="      DE Y      ":M$="      N
      ORMALES":N$="      PRINCIPAL 1":O$="      PRINCIPAL 2":
      R$="      EN DIRECCION":S$="      X      ":T$="
      Y      ":Z$="      "
780 P$="      EN X-Y      ":I$="      DE 2      ":RETURN
790 LPRINT:LPRINT:LPRINTTAB(48)"      NUESTRAS CONSTA
      NTES SON "
800 LPRINT:LPRINTTAB(40)"A ="A:"B ="B:"C ="C:"D ="
      "D:LPRINT:LPRINT:LPRINT
810 LPRINTUSING"%      %":C$:I$:D$:E$:F$:G$:H$:I$:J$:
      K$:L$
820 LPRINTUSING"%      %":I$:I$:L$:M$:N$:O$:P$:Q$:
      R$:S$
830 LPRINTUSING"%      %":T$:Z$:Z$:R$:R$:P$

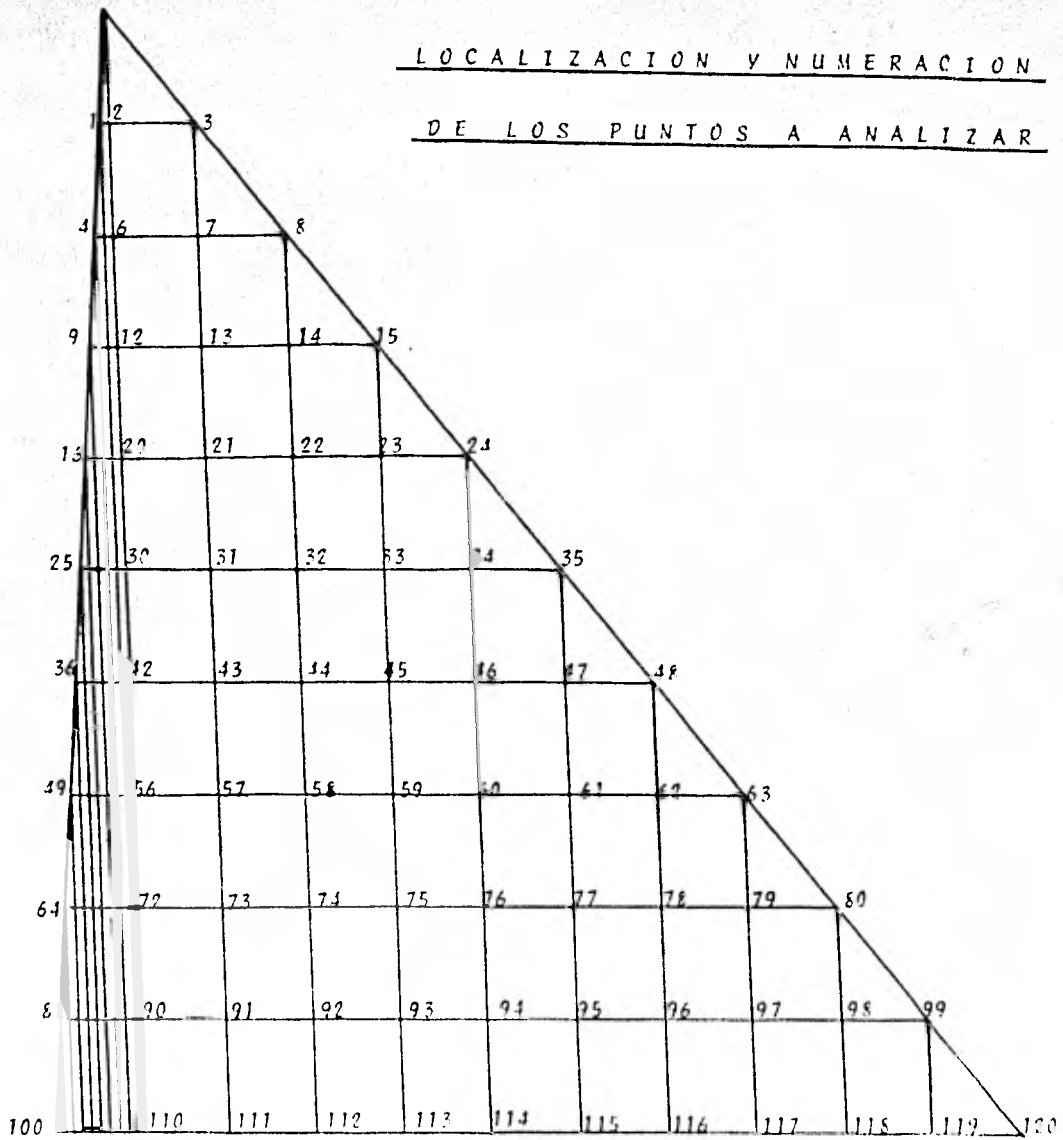
```

PAGINA # 3

```
840 LPRINTUSING"%           Z";Z#;Z#;Z#;S#;T#
850 LPRINTSTRING$(132,"-"):RETURN
860 K=K+1
870 E=C*X+D*Y
880 F=A*X+(B-2.4)*Y
890 G=-(B*X+C*Y)
900 H=(E+F)/2+SQR(((E-F)/2)[2+G[2)
910 I=(E+F)/2-SQR(((E-F)/2)[2+G[2)
920 L=(2*G)/(F-E)
930 MM=1/L
940 NN=-ATN(MM)+1.5708
950 O=(NN/2)*57.29577951
960 IF L<0 THEN O=O-90
970 LPRINTUSINGJ#;K#
980 LPRINTUSING A#;X,Y,E,F,G,H,I,L,O
990 PRINT@770,"CALCULANDO EL PUNTO :";K
1000 PRINT" X = ";PRINTUSING A#;X;PRINT"
      Y = ";PRINTUSING A#;Y;
1010 IFK=3860SUB790
1020 IFK=9060SUB790
1030 IFK=14160SUB790
1040 RETURN
1050 SET(X+XR+40,Y/3)::RETURN
1060 SET(X+XR+40,Y/3)::RETURN
1070 CLS
1080 FORX=15383T016126STEP64
1090 POKEX,170
1100 PRINT@18,"Y ";
1110 NEXT
1120 FORX=16064T016127
1130 POKEX,140
1140 NEXT
1150 PRINT@765,"X ";
1160 RETURN
```

TERMINADO

LOCALIZACION Y NUMERACION
DE LOS PUNTOS A ANALIZAR



 * PROGRAMA PARA EL CALCULO *
 * DE ESFUERZOS NORMALES Y *
 * PRINCIPALES CON SU ANGULO *
 * DE ACCION POR EL METODO *
 * * * * *
 * --- P I E R O U --- *
 * * * * *
 * APLICABLE A PRESAS DE *
 * MACHONES Y DE GRAVEDAD *

INSTRUMENTOS CONSTANTES SON

$$A = -1.19754 \quad B = 1.53704 \quad C = .132592 \quad D = -.968768$$

PUNTO	COORDENADA DE X	COORDENADA DE Y	ESFUERZOS NORMALES EN DIRECCION X	ESFUERZOS NORMALES EN DIRECCION Y	ESFUERZOS LORTANTES EN X-Y	ESFUERZO PRINCIPAL 1	ESFUERZO PRINCIPAL 2	TANGENTE DE 2 θ	θ
1	-0.7500	10.0000	-7.9871	-7.7115	-0.1710	-7.6768	-10.0000	-0.1506	-1.2891
2	0.0000	10.0000	-9.8877	-8.6076	-1.3257	-7.7768	-10.7205	-2.0749	-32.1342
3	7.2000	10.0000	-8.9330	-17.2319	-12.4070	-0.0969	-26.1649	2.9900	35.7540
4	-1.5000	20.0000	-15.9742	-15.4230	-0.3435	-15.3972	-20.0000	-0.1506	-4.2691
5	-0.7500	20.0000	-19.8748	-10.3211	-1.4776	-15.7742	-20.4217	-0.8428	-20.0624
6	0.0000	20.0000	-19.7754	-17.2193	-2.4518	-15.5530	-21.4411	-2.0749	-32.1342
7	7.2000	20.0000	-18.8207	-25.8410	-13.7329	-0.1567	-36.5055	3.9120	37.8306
8	14.4000	20.0000	-17.8650	-34.4638	-26.8139	-0.0000	-52.3259	2.9900	35.7540
9	-2.2500	30.0000	-29.9611	-23.1315	-0.5149	-23.0759	-30.0000	-0.1506	-4.2691
10	-1.5000	30.0000	-25.8619	-24.0326	-1.6652	-23.5885	-30.3061	-0.5727	-14.8996
11	-0.7500	30.0000	-29.7625	-24.9308	-2.5235	-23.6907	-31.0626	-1.1387	-24.7242
12	0.0000	30.0000	-25.6630	-25.8269	-3.9777	-23.3994	-32.1616	-2.0749	-32.1342
13	7.2000	30.0000	-28.7084	-34.4512	-15.0568	-16.2497	-46.9099	5.2444	39.6023
14	14.4000	30.0000	-27.7537	-43.0735	-26.1599	-8.1745	-62.6527	3.4126	36.8339
15	21.6000	30.0000	-26.7991	-51.6957	-37.2219	0.0000	-78.4948	2.9900	35.7540
16	-3.0000	40.0000	-39.9485	-30.8460	-0.6866	-30.7745	-40.0000	-0.1506	-4.2691
17	-2.2500	40.0000	-39.8490	-31.7441	-1.8408	-31.3456	-40.2476	-0.4542	-12.2149
18	-1.5000	40.0000	-39.7496	-32.6423	-2.9951	-31.5164	-40.8434	-0.8428	-20.0624
19	-0.7500	40.0000	-39.6502	-33.5404	-4.1494	-31.4427	-41.7479	-1.3583	-26.8192
20	0.0000	40.0000	-39.5507	-34.4386	-5.3037	-31.1072	-42.5821	-2.0749	-32.1342
21	7.2000	40.0000	-38.5961	-43.0608	-16.3847	-24.2924	-57.3646	7.3395	41.1208
22	14.4000	40.0000	-37.6414	-51.6831	-27.4658	-16.3133	-73.0112	3.9120	37.8306
23	21.6000	40.0000	-36.6867	-60.3054	-38.5468	-8.1808	-88.8113	3.2641	36.4835
24	28.8000	40.0000	-35.7321	-68.9277	-49.6279	0.0000	-104.6000	2.9900	35.7540
25	-3.7500	50.0000	-49.9354	-39.5575	-0.3582	-38.9931	-50.0000	-0.1506	-4.2691
26	-3.0000	50.0000	-49.8362	-40.4556	-1.0125	-39.0191	-50.2127	-0.3677	-10.5165
27	-2.2500	50.0000	-49.7367	-41.3538	-2.1667	-39.3850	-50.7055	-0.6750	-17.0096
28	-1.5000	50.0000	-49.6373	-42.2519	-3.3210	-39.4238	-51.4654	-1.0806	-22.9317
29	-0.7500	50.0000	-49.5378	-43.1501	-4.4753	-39.2391	-52.4488	-1.4823	-27.9972
30	0.0000	50.0000	-49.4384	-44.0482	-5.6296	-39.0800	-53.6027	-2.0749	-32.1342
31	7.2000	50.0000	-48.4837	-51.6705	-17.7106	-32.2949	-67.8593	11.1151	42.4297
32	14.4000	50.0000	-47.5291	-60.2928	-28.7917	-24.4204	-83.4014	4.5115	38.7512
33	21.6000	50.0000	-46.5744	-68.9151	-39.8728	-16.3368	-99.1526	3.5695	37.1750
34	28.8000	50.0000	-45.6198	-77.5375	-50.9538	-8.1640	-114.9730	3.1916	36.3048
35	36.0000	50.0000	-44.6651	-86.1598	-62.0349	-0.0000	-130.8250	2.9900	35.7540
36	-4.5000	60.0000	-59.9227	-46.2689	-1.0298	-46.1717	-60.0000	-0.1506	-4.2691
37	-3.7500	60.0000	-59.8233	-47.1671	-2.1841	-46.3095	-60.1896	-0.3451	-9.5000
38	-3.0000	60.0000	-59.7238	-48.0653	-3.3384	-47.1710	-60.6121	-0.5727	-14.8996

MUESTRAS CONSTANTES SON

A = -1.19754 B = 1.53904 C = .132592 D = -.988768


	COORDENADA DE X	COORDENADA DE Y	ESFUERZOS NORMALES EN DIRECCION X	ESFUERZOS NORMALES EN DIRECCION Y	ESFUERZOS CORTANTES EN X-Y	ESFUERZO PRINCIPAL 1	ESFUERZO PRINCIPAL 2	TANGENTE DE 2 θ	θ
0									
1	-2.2500	60.0000	-59.6244	-48.9634	-4.4927	-47.3227	-61.2651	-0.6428	-20.0624
2	-1.5000	60.0000	-59.5250	-49.8616	-5.4469	-47.2613	-62.1252	-1.1687	-24.7242
3	-0.7500	60.0000	-59.4255	-50.7597	-6.8012	-47.0285	-63.1568	-1.5697	-28.7497
4	0.0000	60.0000	-59.3261	-51.6579	-7.9555	-46.6600	-64.3232	-2.0749	-32.1342
5	7.2000	60.0000	-58.3714	-60.2801	-19.0365	-40.2653	-78.3862	19.9469	43.5651
6	14.4000	60.0000	-57.4168	-68.9024	-30.1176	-32.4993	-93.8198	5.2444	39.6023
7	21.6000	60.0000	-56.4621	-77.5247	-41.1987	-24.4700	-109.5170	3.7120	37.8306
8	28.8000	60.0000	-55.5074	-86.1469	-52.2797	-16.3491	-125.3050	3.4126	36.8339
9	36.0000	60.0000	-54.5528	-94.7692	-63.3608	-8.1860	-141.1360	3.1510	36.1964
10	43.2000	60.0000	-53.5981	-103.3910	-74.4418	-0.0000	-156.9900	2.9900	35.7540
11	-5.2500	70.0000	-69.9079	-53.9804	-1.2015	-53.8903	-70.0000	-0.1508	-4.2891
12	-4.5000	70.0000	-69.8104	-54.8786	-2.3557	-54.5157	-70.1733	-0.3155	-8.7560
13	-3.7500	70.0000	-69.7110	-55.7768	-3.5100	-54.9425	-70.5452	-0.5038	-13.3693
14	-3.0000	70.0000	-69.6115	-56.6749	-4.6643	-55.1686	-71.1178	-0.7211	-17.8976
15	-2.2500	70.0000	-69.5121	-57.5731	-5.8186	-55.2064	-71.8781	-0.9747	-22.1331
16	-1.5000	70.0000	-69.4126	-58.4712	-6.9729	-55.0791	-72.8047	-1.2746	-25.9415
17	-0.7500	70.0000	-69.3132	-59.3694	-8.1271	-54.8139	-73.8686	-1.6346	-29.2714
18	0.0000	70.0000	-69.2137	-60.2675	-9.2814	-54.4376	-75.0437	-2.0749	-32.1342
19	7.2000	70.0000	-68.2591	-68.8898	-20.3625	-48.2095	-98.9393	64.5719	44.5565
20	14.4000	70.0000	-67.3044	-77.5121	-31.4435	-40.5532	-104.2630	6.1608	40.3903
21	21.6000	70.0000	-66.3498	-86.1343	-42.5246	-32.5820	-119.9020	4.2968	38.4524
22	28.8000	70.0000	-65.3951	-94.7566	-53.6056	-24.4963	-135.6550	3.6514	37.3422
23	36.0000	70.0000	-64.4405	-103.3790	-64.6867	-16.3566	-151.4630	3.3225	36.6248
24	43.2000	70.0000	-63.4858	-112.0010	-75.7678	-8.1873	-167.3000	3.1235	36.1237
25	50.4000	70.0000	-62.5311	-120.6230	-86.8488	-0.0000	-183.1550	2.9900	35.7540
26	-6.0000	80.0000	-79.8970	-61.6919	-1.3731	-61.5889	-80.0000	-0.1508	-4.2891
27	-5.2500	80.0000	-79.7975	-62.5901	-2.5274	-62.2266	-80.1611	-0.2938	-8.1851
28	-4.5000	80.0000	-79.6981	-63.4882	-3.6817	-62.6912	-80.4951	-0.4542	-12.2149
29	-3.7500	80.0000	-79.5986	-64.3864	-4.8359	-62.9792	-81.0058	-0.6358	-16.2239
30	-3.0000	80.0000	-79.4992	-65.2845	-5.9902	-63.0949	-81.6669	-0.8428	-20.0624
31	-2.2500	80.0000	-79.3998	-66.1827	-7.1445	-63.0590	-82.5235	-1.0811	-23.6157
32	-1.5000	80.0000	-79.3003	-67.0808	-8.2988	-62.8653	-83.4959	-1.3583	-26.8192
33	-0.7500	80.0000	-79.2009	-67.9790	-9.4530	-62.5971	-84.5828	-1.6648	-29.6541
34	0.0000	80.0000	-79.1014	-68.8772	-10.6073	-62.2144	-85.7642	-2.0749	-32.1342
35	7.2000	80.0000	-78.1468	-77.4994	-21.6884	-56.1323	-99.5139	-67.0070	-44.5724
36	14.4000	80.0000	-77.1921	-86.1217	-32.7694	-48.5847	-114.7290	7.3395	41.1208
37	21.6000	80.0000	-76.2375	-94.7440	-43.8505	-40.6745	-130.3070	4.7389	39.0423
38	28.8000	80.0000	-75.2828	-103.3660	-54.9316	-32.6267	-146.0220	3.9120	37.8306
39	36.0000	80.0000	-74.3281	-111.9890	-66.0126	-24.5126	-161.8040	3.5057	37.0397
40	43.2000	80.0000	-73.3735	-120.6110	-77.0937	-16.3616	-177.6230	3.2641	36.4835
41	50.4000	80.0000	-72.4188	-129.2330	-88.1747	-8.1862	-193.4640	3.1040	36.0715
42	57.6000	80.0000	-71.4642	-137.8550	-99.2558	0.0000	-209.3200	2.9900	35.7540
43	-6.7500	90.0000	-69.6841	-69.4034	-1.5947	-69.2876	-90.0000	-0.1508	-4.2891
44	-6.0000	90.0000	-69.7847	-70.3016	-2.6990	-69.9346	-90.1516	-0.2771	-7.7429
45	-5.2500	90.0000	-69.6852	-71.1997	-3.8533	-70.4287	-90.4563	-0.4169	-11.3155
46	-4.5000	90.0000	-69.5858	-72.0979	-5.0076	-70.7655	-90.9182	-0.5727	-14.8996
47	-3.7500	90.0000	-69.4863	-72.9960	-6.1619	-70.9479	-91.5344	-0.7473	-18.3658
48	-3.0000	90.0000	-69.3869	-73.8942	-7.3161	-70.9654	-92.2957	-0.9445	-21.6819
49	-2.2500	90.0000	-69.2874	-74.7924	-8.4704	-70.8920	-93.1878	-1.1687	-24.7242
50	-1.5000	90.0000	-69.1880	-75.6905	-9.6247	-70.6842	-94.1943	-1.4261	-27.4810
51	-0.7500	90.0000	-69.0886	-76.5887	-10.7790	-70.3788	-95.2985	-1.7246	-29.9467
52	0.0000	90.0000	-68.9891	-77.4868	-11.9332	-69.9711	-96.4848	2.0749	-32.1342


NUESTRAS CONSTANTES SGN

$A = -1.1975$; $E = 1.53904$; $C = .132592$; $D = -.968768$

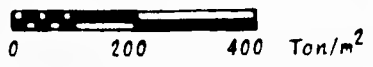
PUNTO	COORDENADA DE X	COORDENADA DE Y	ESFUERZOS NORMALES EN DIRECCION X	ESFUERZOS NORMALES EN DIRECCION Y	ESFUERZOS CORTANTES EN X-Y	ESFUERZO PRINCIPAL 1	ESFUERZO PRINCIPAL 2	TANGENTE DE θ	θ
91	7.2000	90.0000	-68.0345	-86.1091	-23.0143	-64.0374	-110.1060	-23.9043	-43.8023
92	14.4000	50.0000	-87.0798	-94.7313	-34.0954	-56.5962	-125.2150	8.9120	41.7990
93	21.6000	90.0000	-86.1251	-103.3540	-45.1764	-49.7490	-140.7300	5.2441	39.6023
94	28.8000	50.0000	-85.1705	-111.9770	-56.2575	-40.7412	-156.4050	4.1975	36.3000
95	36.0000	90.0000	-84.2158	-120.5996	-67.3385	-32.6546	-172.1590	3.7017	37.4415
96	43.2000	50.0000	-83.2612	-129.2200	-78.4196	-24.5237	-187.9580	3.4126	36.8339
97	50.4000	90.0000	-82.3065	-137.8430	-89.5006	-16.3854	-203.7240	3.2231	36.3817
98	57.6000	50.0000	-81.3518	-146.4650	-100.5820	-8.1889	-219.6290	3.0994	36.0322
99	64.8000	90.0000	-80.3972	-155.0870	-111.6630	-0.0000	-235.4940	2.9900	35.7540
100	-7.5000	100.0000	-99.8712	-77.1149	-1.7164	-76.9862	-100.0000	-0.1506	-4.2891
101	-6.7500	100.0000	-99.7718	-78.0131	-2.8707	-77.6407	-100.1440	-0.2639	-7.3906
102	-6.0000	100.0000	-99.6723	-78.9112	-4.0249	-78.1582	-100.4250	-0.3977	-10.5965
103	-5.2500	100.0000	-99.5729	-79.8094	-5.1792	-78.5344	-100.8480	-0.5241	-13.8298
104	-4.5000	100.0000	-99.4734	-80.7075	-6.3335	-78.7700	-101.4110	-0.6750	-17.0696
105	-3.7500	100.0000	-99.3740	-81.6057	-7.4878	-78.8711	-102.1090	-0.8428	-20.0624
106	-3.0000	100.0000	-99.2746	-82.5038	-8.6420	-78.8476	-102.9310	-1.0306	-22.5317
107	-2.2500	100.0000	-99.1751	-83.4020	-9.7963	-78.7122	-103.8650	-1.2422	-25.5819
108	-1.5000	100.0000	-99.0757	-84.3001	-10.9506	-78.4783	-104.8990	-1.4823	-27.9972
109	-0.7500	100.0000	-98.9762	-85.1983	-12.1049	-78.1594	-106.0150	-1.7571	-30.1776
110	0.0000	100.0000	-98.8768	-86.0964	-13.2592	-77.7679	-107.2050	-2.0749	-32.1342
111	7.2000	100.0000	-97.9221	-94.7187	-24.3402	-71.9276	-120.7130	-15.1965	-43.1174
112	14.4000	100.0000	-96.9675	-103.3410	-35.4213	-64.5899	-135.7190	11.1151	42.4297
113	21.6000	100.0000	-96.0128	-111.9630	-46.5023	-56.6068	-151.1690	5.8308	40.1343
114	28.8000	100.0000	-95.0582	-120.5860	-57.5834	-48.6409	-166.8030	4.5115	36.7512
115	36.0000	100.0000	-94.1035	-129.2090	-68.6644	-40.7834	-182.5290	3.9120	37.8306
116	43.2000	100.0000	-93.1488	-137.8300	-79.7455	-32.8737	-198.3050	3.5635	37.1750
117	50.4000	100.0000	-92.1942	-146.4520	-90.8266	-24.5316	-214.1150	3.3479	36.6949
118	57.6000	100.0000	-91.2395	-155.0750	-101.9080	-16.3680	-229.9460	3.1928	36.3040
119	64.8000	100.0000	-90.2848	-163.6970	-112.9970	-8.1894	-245.7920	3.0782	36.0015
120	72.0000	100.0000	-89.3302	-172.3190	-124.0700	-0.0000	-261.6490	2.9900	35.7540

ESFUERZOS PRINCIPALES EN
MAGNITUD Y DIRECCION

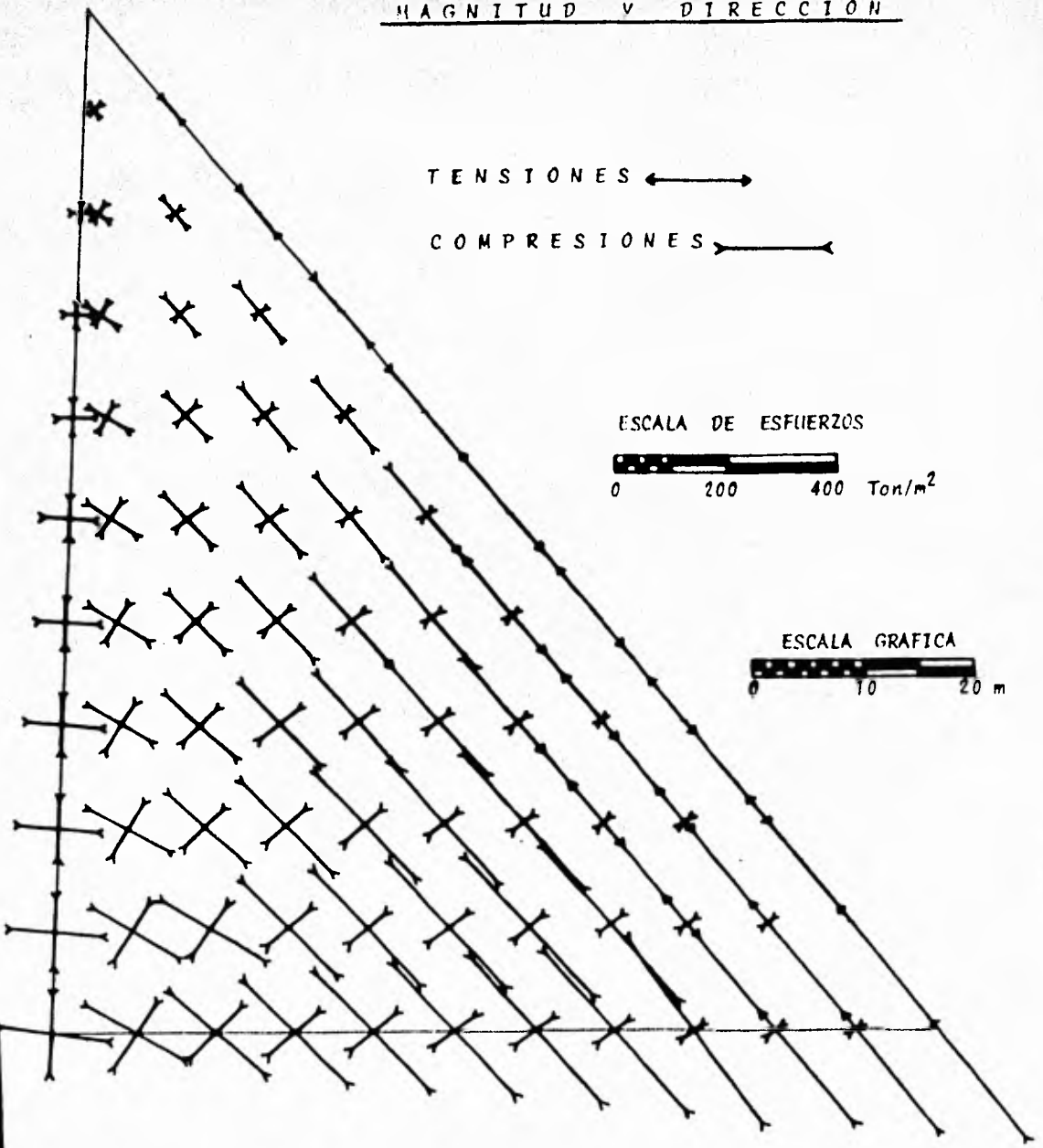
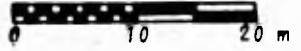
TENSIONES 

COMPRESIONES 

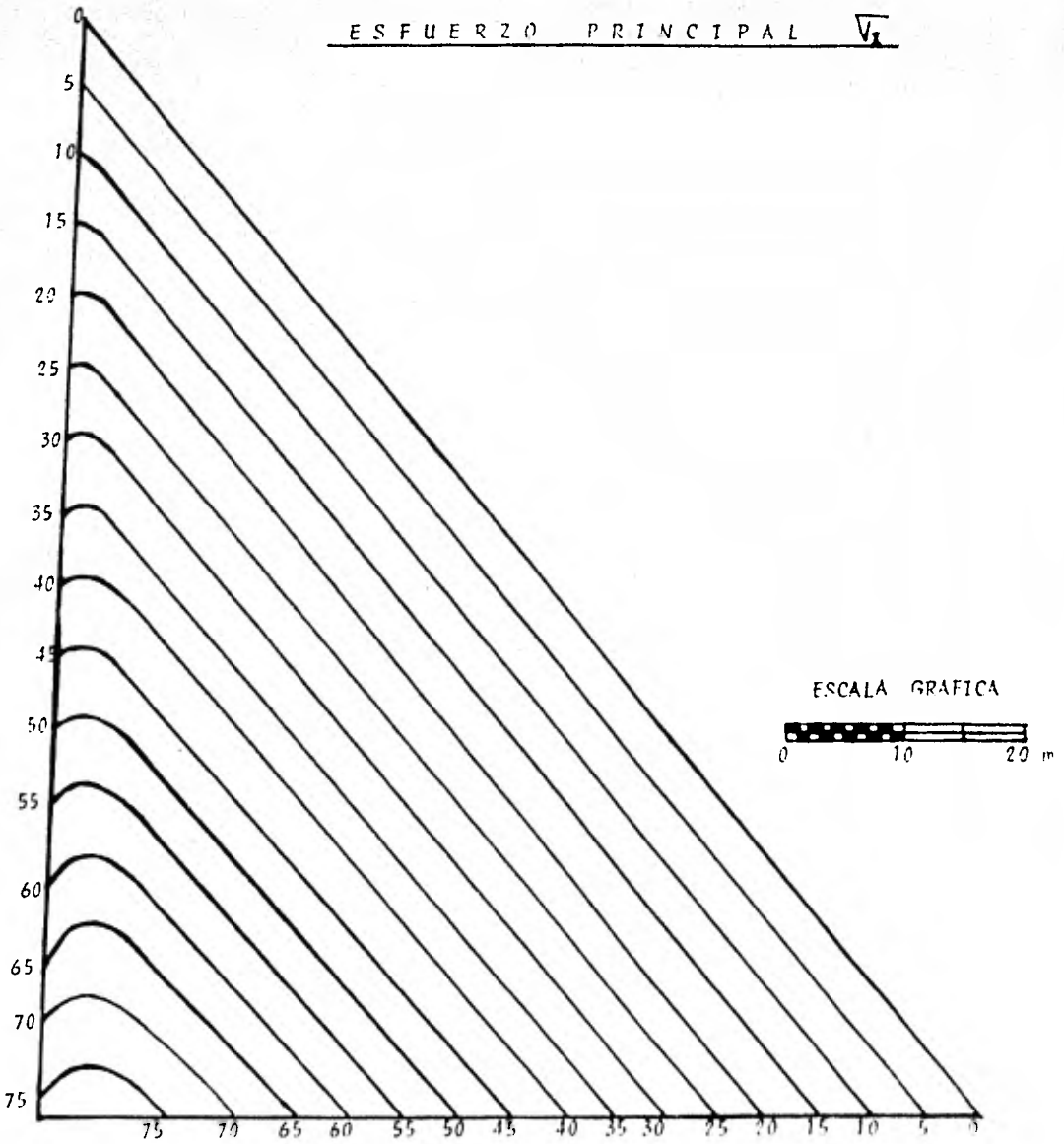
ESCALA DE ESFUERZOS



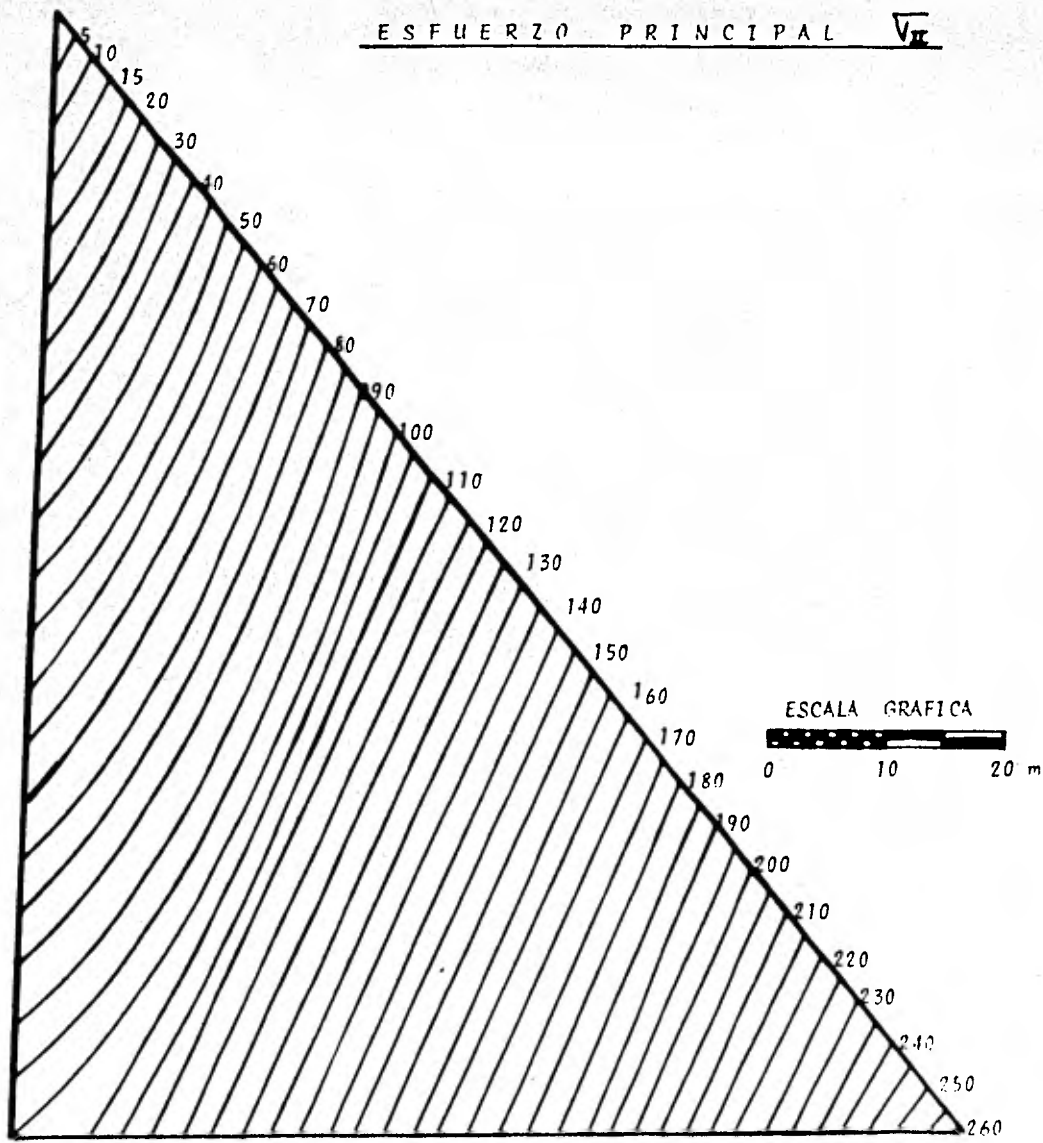
ESCALA GRAFICA



ISOSTATICAS DEL
ESFUERZO PRINCIPAL $\sqrt{\sigma}$



ISOSTATICAS DEL
ESFUERZO PRINCIPAL $\sqrt{\sigma}$



METODO PARA EL TRAZO DE LAS TRAYECTORIAS DE LOS
ESFUERZOS PRINCIPALES

- 1.- Escoger un punto que se haya analizado anteriormente (punto 110), ver en los resultados el ángulo θ de dicho punto ($\theta = -32.13^\circ$) y trazar una línea que tenga ese ángulo hasta el plano próximo superior (9), marcando como punto A, a la intersección de esta línea con el plano medio (α).
- 2.- De los dos puntos (90, 91) del plano 9, en medio de los cuales debiera pasar la continuación de la línea trazada anteriormente, ver su ángulo θ correspondiente de cada uno ($-32.13^\circ, 43.80^\circ$) y trazar sus líneas con su ángulo θ , prolongándose hasta su punto de intersección (punto X_1).
- 3.- De este punto X_1 , trazar una línea que pase por el punto A, hasta el plano 8, marcando como punto B, a la intersección de esta línea con el plano 9 y como punto C, al de la intersección con el plano medio β .
- 4.- De los dos puntos (74, 75) del plano 8, en medio de los cuales debiera pasar la continuación de la línea trazada en el punto anterior, ver su ángulo θ correspondiente de cada uno ($41.12^\circ, 39.04^\circ$) y trazar sus líneas con su ángulo θ , prolongándose hasta su punto de intersección (punto X_2).
- 5.- De este punto X_2 , trazar una línea que pase por el punto C, hasta el plano 7, marcando como punto D, a la intersección de esta línea con el plano 8, y como punto E, al de la intersección con

el plano medio. *J*.

- 6.- De los puntos (60, 61) del plano 7. en medio de los cuales debiera pasar la continuación de la línea trazada en el punto anterior, ver su ángulo θ correspondiente de cada uno - - (37.34°, 36.62°) y trazar sus líneas con su ángulo θ , prolongándose hasta su punto de intersección (punto X_3).
- 7.- De este punto X_3 , trazar una línea que pase por el punto E, hasta el paramento de aguas abajo, marcando como punto F, a la intersección de esta línea con el plano 7.
- 8.- Después, se verifica o se hace un ajuste, para que esta línea que se trazó en el punto anterior, sea perpendicular, a su llegada, al paramento de aguas abajo, y quede así localizado el punto G, sobre dicho paramento.
- 9.- Tomando los puntos 110, B, D, F y G : y con ayuda de un curvómetro o una plantilla, ajustar la curva que pase por todos estos puntos y trazarla. Así, se tiene una trayectoria que siguen los esfuerzos principales en una dirección.

Se procede al trazo de las otras trayectorias, tomándolas tan cerca como se requiera, teniendo en esta dirección las siguientes - características :

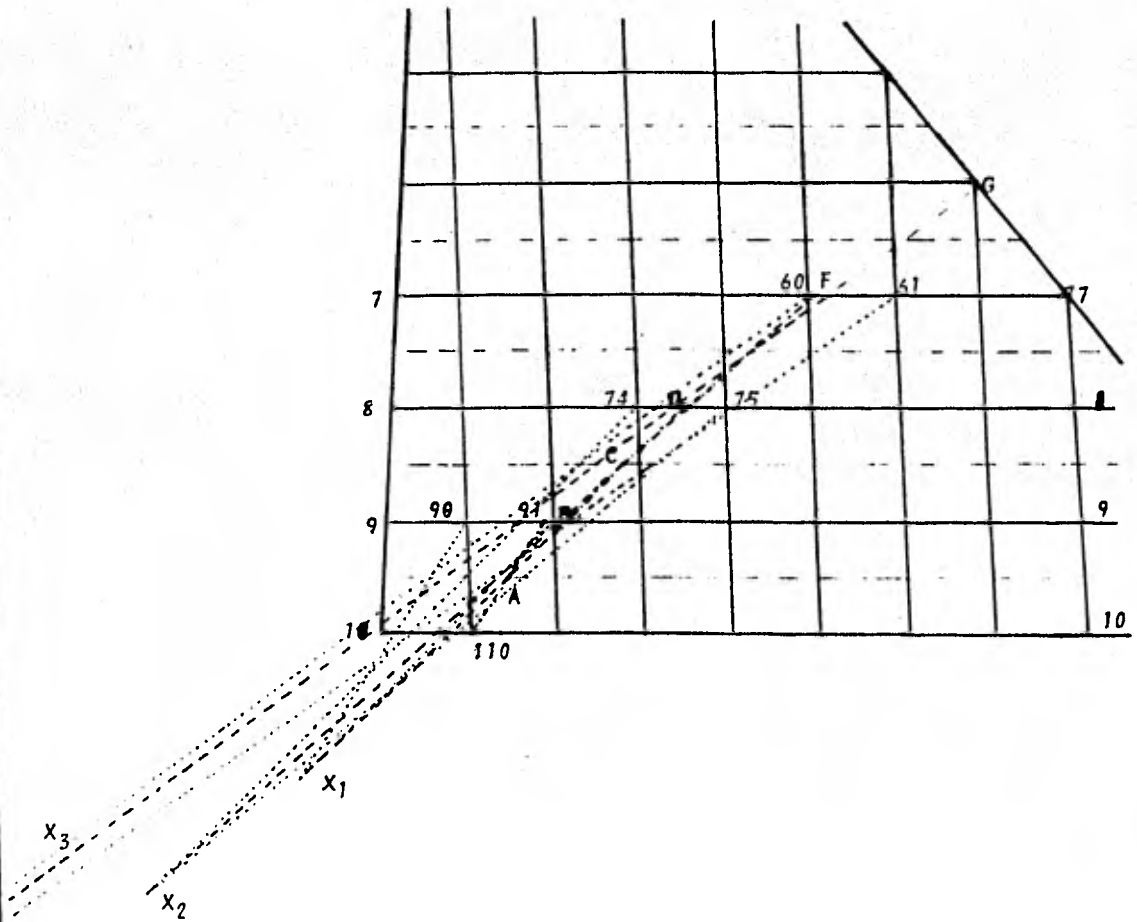
- Deben ser perpendiculares, a su llegada, con el paramento de aguas abajo.
- Al llegar al paramento de aguas arriba, debe tender a tomar - la dirección de dicho paramento.

Después, se procede al trazo de las trayectorias en la otra dirección, aplicando el mismo método, tomando en cuenta que estas deberán tener las siguientes características :

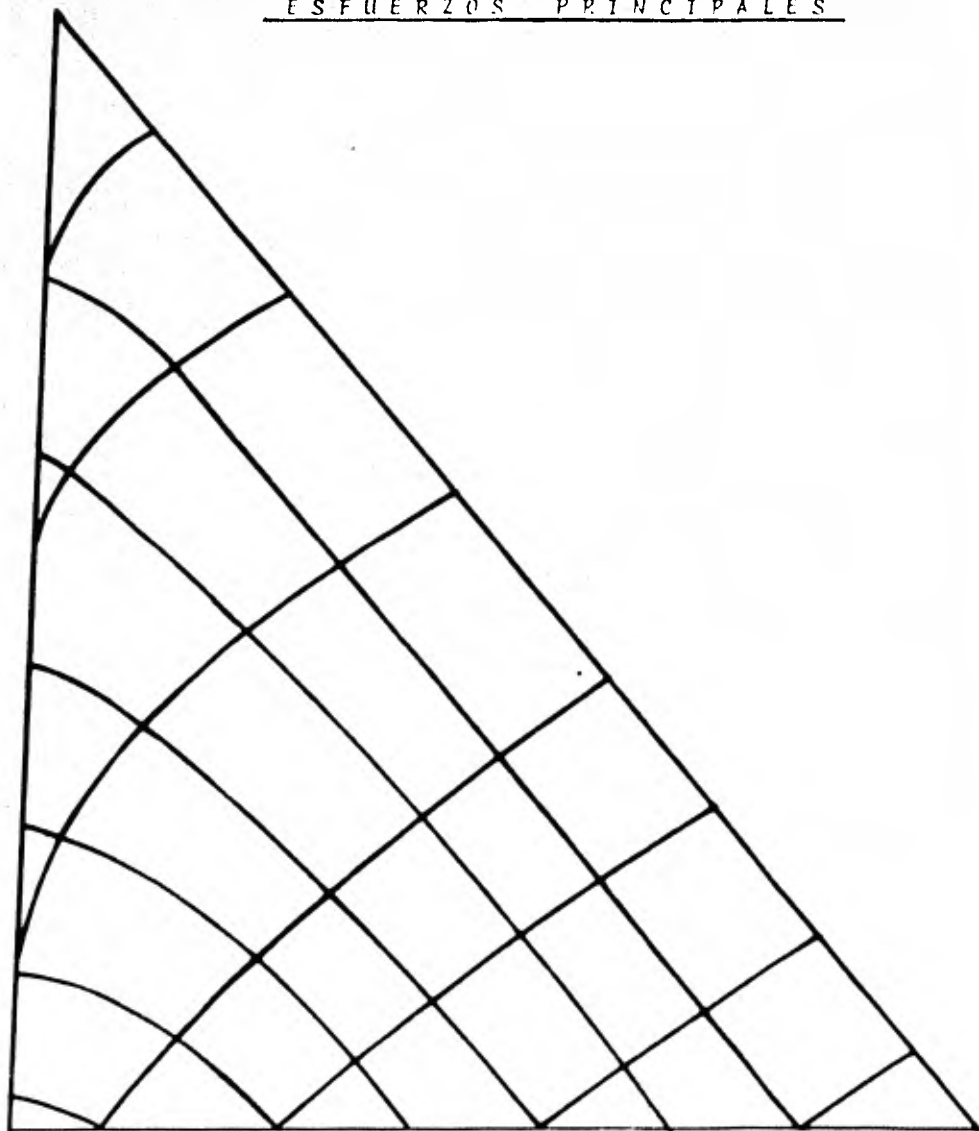
- Deben ser perpendiculares, a su llegada, con el paramento de aguas arriba.
- Al ir llegando a la cimentación, deben tender a ser paralelas al paramento de aguas abajo.

Por último, se debe verificar que las trayectorias de los dos esfuerzos principales cumplan con la característica de ser ortogonales.

TRAZO DE
TRAYECTORIA DE
ESFUERZOS PRINCIPALES



TRAVECTORIA DE
ESFUERZOS PRINCIPALES



Impresiones

Artes al Instante, s.a. de c.v.

REP. DE COLOMBIA No. 6, 1er. PISO

(CASI ESQ. CON BRASIL)

MEXICO 1, D. F.

526-04-72

529-11-19