

P-501

INGEMMET
BIENES CULTURALES
54.810 05155
INVENTARIO 1996



SIMULACION COMPUTARIZADA DE ESTABILIDAD DE TALUDES

EN PROBLEMAS DE TIPO CUÑA



Ing. Ricardo Aniya K. *
Ing. Néstor I. Chacón A. *
Ing. Emilio Rojas R. *

05 MAYO 1984

I N D I C E

	<u>Página</u>
INTRODUCCION	1
RESUMEN	1
1. ROTURA EN CUÑA	2
1.1 Definición Geométrica de la Cuña	2
1.2 Fuerzas que Actuan sobre la Cuña	2
1.3 Coeficiente de Seguridad	3
2. SOLUCION CORTA DE ESTABILIDAD DE TALUDES PARA ROTURAS DE TIPO CUÑA	
2.1 Alcance de la Solución	3
2.2 Datos que entran en el Cálculo	4
2.3 Diagrama de Flujos	

* U.N.M.S.M. P.A. Ingeniería Geológica
Ciudad Universitaria
Av. Venezuela s/n.
LIMA

SIMULACION COMPUTARIZADA DE ESTABILIDAD DE TALUDES

EM PROBLEMAS DE TIPO CUÑA

INTRODUCCION

Con el continuo avance de la Ciencia y Tecnología, la solución de problemas de diversas índoles se ven simplificadas con el uso de una computadora; en el presente trabajo se presenta una solución corta de estabilidad de taludes rocosos en roturas de tipo cuña, para lo cual se ha utilizado una computadora personal: Commodore Vic 20 de 5 K Bytes de capacidad y programada en lenguaje - Basic.

En la solución de problemas de este tipo se pueden utilizar también, simples calculadoras programables tales como la Hewlett - Packard 67, Texas Instrument SR52 o Casio Fx-602 P/701.

RESUMEN

El presente trabajo se inicia primeramente con la descripción de roturas tipo cuña en macizos rocosos, indicando las condiciones necesarias para que se produzca una caída, las fuerzas que actúan sobre la cuña y efectuar finalmente la simulación computarizada utilizando alternativas de diseño y/o modificando las condiciones geotécnicas presentes en cada caso, con todo lo cual se obtienen factores de seguridad para las diferentes simulaciones

Esta técnica nos ha permitido determinar hipotéticamente - cual de los parámetros que intervienen en el cálculo, tienen mayor incidencia en la estabilidad.

Se adjunta copia del programa utilizado y su respectivo - diagrama de flujos.

1. ROTURA EN CUÑA

Las roturas de taludes en roca se producen generalmente a través de las discontinuidades geológicas existentes en el macizo rocoso, tales como fallas, planos de estratificación, diaclasas, etc.; siendo uno de los problemas más comunes de inestabilidad de taludes excavados en roca, las caídas producidas por la intersección de dos planos, o familia de ellos, denominándoseles caída tipo Cuña.

Este problema ha sido ampliamente discutido en la literatura geotécnica de Hoek and Bray, Londe, John, Wittke y otros, habiéndose desarrollado rápidamente en los últimos 15 años.

1.1 Definición Geométrica de la Cuña

Una cuña está definida geoméricamente por dos planos o familias de discontinuidades geológicas. (Ver Fig. 1).

Para que una cuña pueda ponerse en movimiento y produzca una caída, la condición necesaria es que la línea de intersección de los planos que forman la cuña, tenga un buzamiento menor que el plano del talud que como en el caso de una rotura plana, la condición de deslizamiento es definida por $\psi_{fi} > \psi_i > \phi$ donde: ψ_{fi} es la inclinación del talud, ψ_i es la línea de intersección y ϕ es el ángulo de fricción interna (Ver Fig. 2).

El ángulo ψ_{fi} será igual a ψ_i si el buzamiento de la línea de intersección es igual a la inclinación del talud.

Otra condición es que los planos que forman dicha cuña a floren en el terreno natural o que exista un plano de rotura que individualice la cuña del resto del macizo rocoso (Ver Fig. 3).

1.2 Fuerzas Que Actuan Sobre La Cuña

Las fuerzas, que actúan sobre la cuña se pueden clasificar en Internas o Externas, según provengan del interior o exterior de la cuña, y en positivas o negativas según se opongan o favorezcan el movimiento de la cuña.

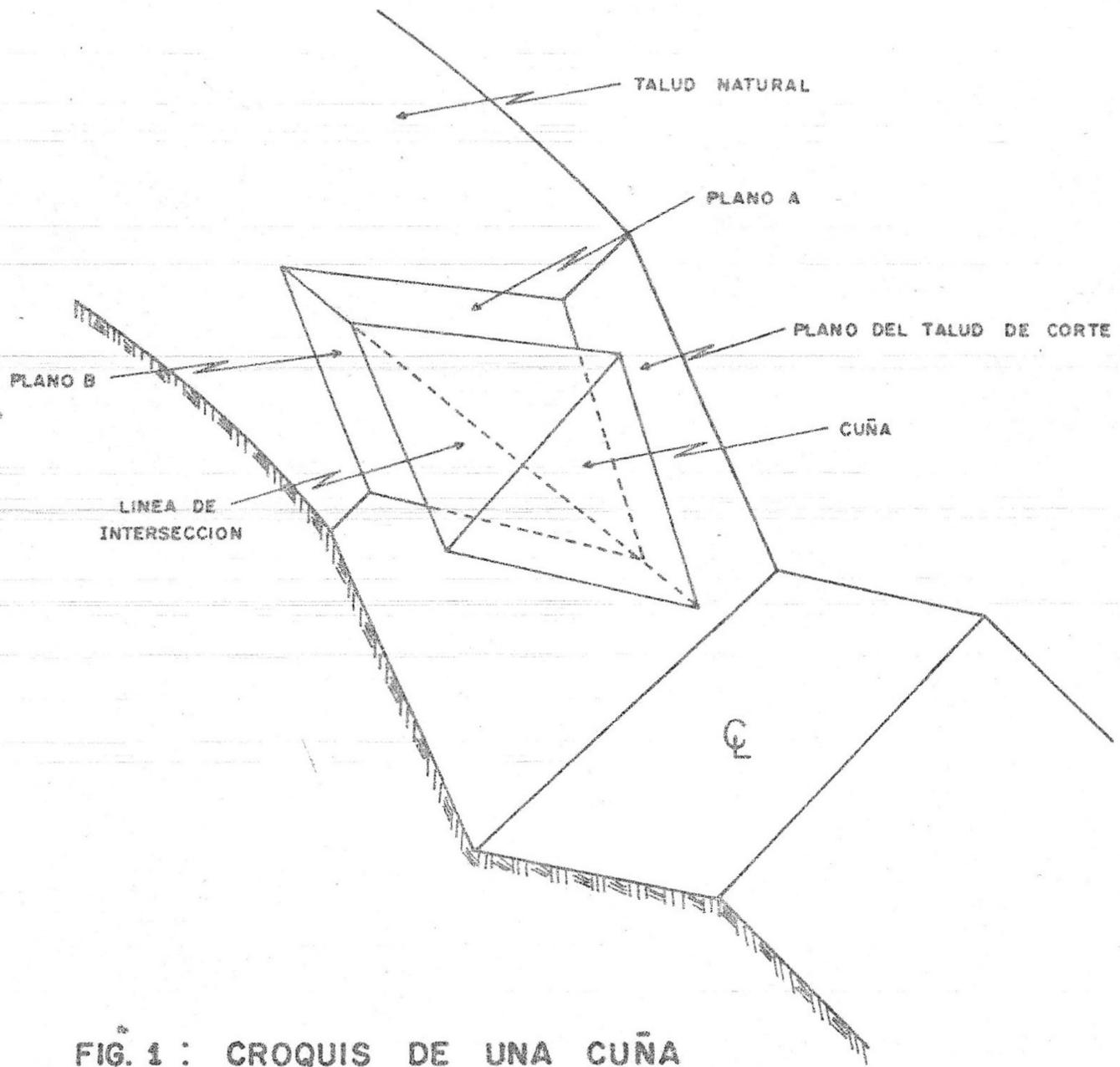


FIG. 1 : CROQUIS DE UNA CUÑA

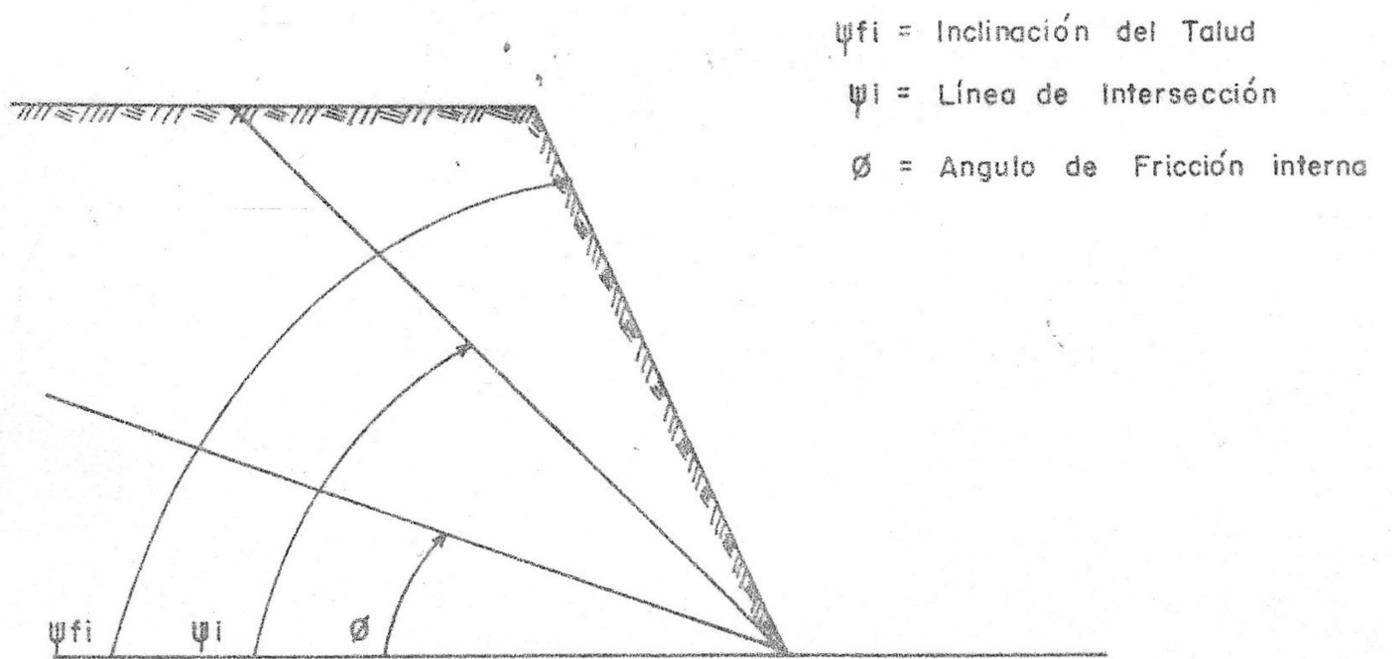
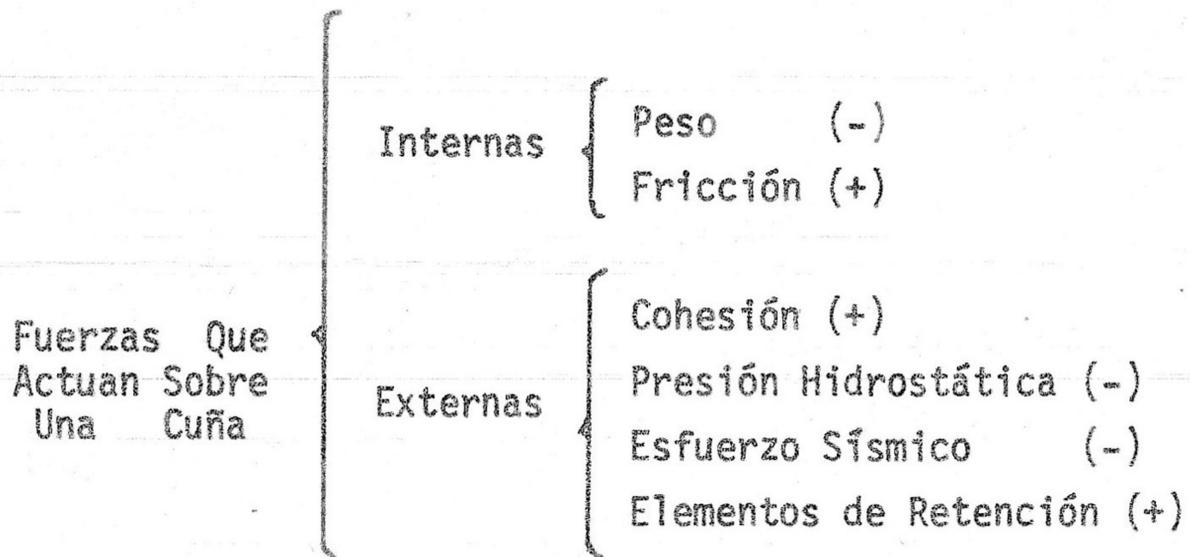


FIG. 2 : CONDICION DE DESLIZAMIENTO

$$\psi_{fi} > \psi_i > \phi$$



La solución corta que se presenta en el trabajo incluye - en los cálculos el peso, la fricción, cohesión y presión hidrostática, más no introduce en los cálculos de estabilidad el esfuerzo sísmico y los elementos de retención que son objetos de otro programa de mayor amplitud.

1.3 Coefficiente de Seguridad

El coeficiente de seguridad se define como el cociente entre las fuerzas que se oponen (fuerzas positivas) y las fuerzas que favorecen (fuerzas negativas) el movimiento, es decir:

$$C.S. = \frac{\sum F (+)}{\sum F (-)}$$

Cuando el cociente es mayor que 1 se trata de un talud estable, siendo el cociente de seguridad mínimo exigido normalmente en las minas a cielo abierto de 1.3 y en autopistas de 1.5.

2. SOLUCIÓN CORTA DE ESTABILIDAD DE TALUDES PARA ROTURAS DE TIPO CUÑA

2.1 Alcance de la Solución

Mediante el programa presentado se obtiene el factor de seguridad para una rotura de tipo cuña formado por la intersección de dos discontinuidades en un talud rocoso, incluyendo el talud de corte y el talud natural. En esta solución no se considera la in

fluencia del plano de rotura y es permitida para diferentes esfuerzos y presiones de agua en los dos planos de debilidad.

2.2 Datos que entran en el Cálculo

La geometría del problema es ilustrada en la Fig. 4. Las discontinuidades son marcadas por 1 y 2, el talud natural por 3 y el talud de corte por 4.

Los datos requeridos para la solución del problema son el peso unitario de la roca γ , la altura H de la cresta a la intersección 0, el buzamiento ψ y la dirección de buzamiento α de cada plano, la cohesión C y el ángulo de fricción ϕ para los planos 1 y 2, la presión de agua U en cada uno de los planos 1 y 2. Si el talud compromete al pie de la pendiente el índice $n = -1$, en caso contrario $n = +1$.

Otros términos usados en la solución son:

- F = Factor de seguridad
- A = Area de una cara de la cuña
- W = Peso de la cuña
- N = Reacción normal efectiva en un plano
- S = Esfuerzo cortante en un plano
- x,y,z = Ejes con origen en 0. El eje z es directamente vertical hacia arriba, el eje y es en la dirección de buzamiento del plano 2
- \vec{a} = Vector unitario en dirección normal al plano 4, con sus componentes (fx, fy, z)
- \vec{b} = Vector unitario en dirección normal al plano 2, con sus componentes (bx, by, bz)
- \vec{f} = Vector unitario en dirección normal al plano 4, con sus componentes (fx, fy, z)
- \vec{g} = Vector en la dirección de la línea de intersección del plano 1 y 4 con sus componentes (gx, gy, gz).
- \vec{i} = Vector en la dirección de la línea de intersección del plano 1 y 2 con sus componentes (ix, iy, iz)
- i = -iz
- q = Componente de \vec{g} en la dirección de \vec{b}

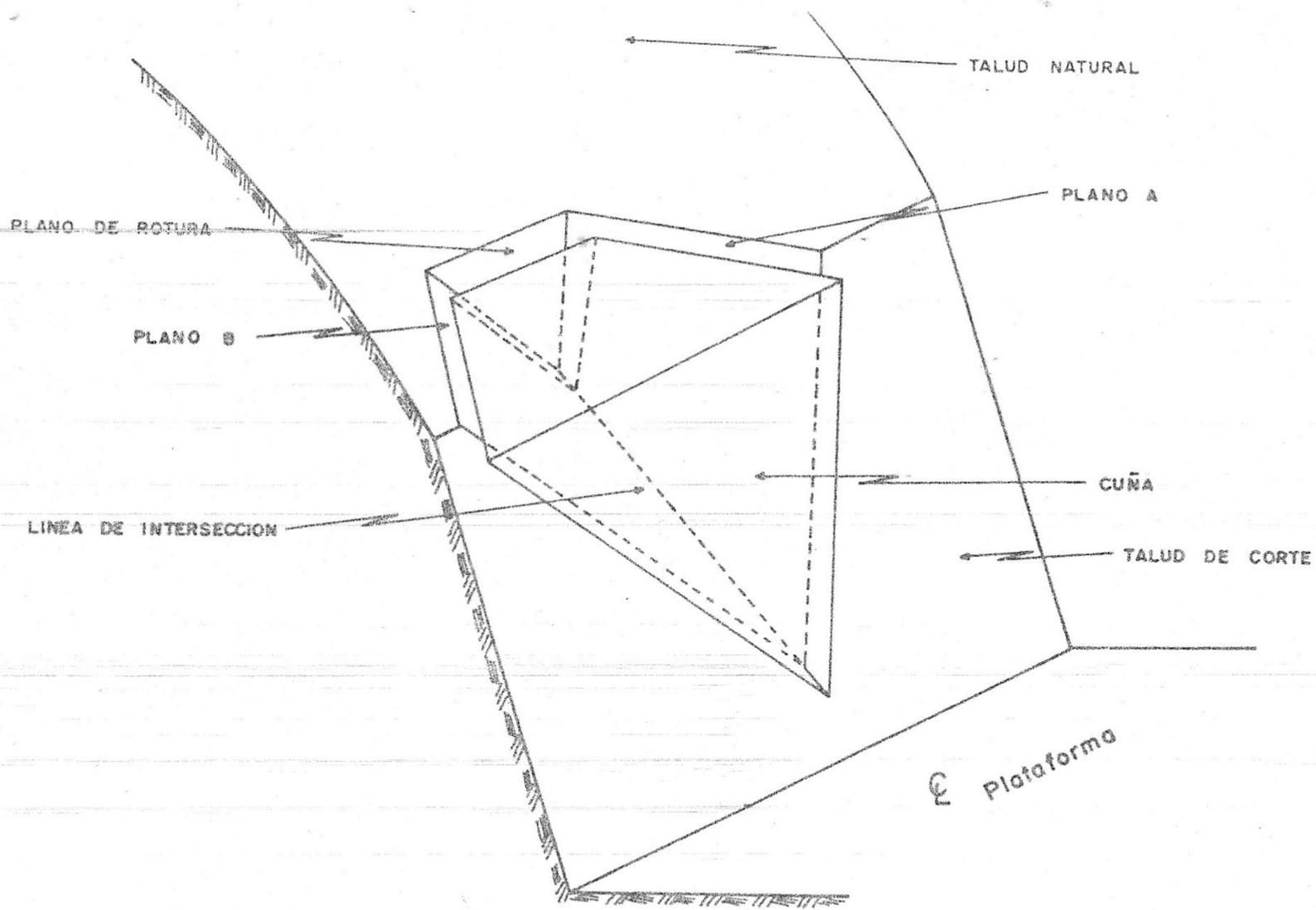


FIG. 3 : CUÑA CON PLANO DE ROTURA

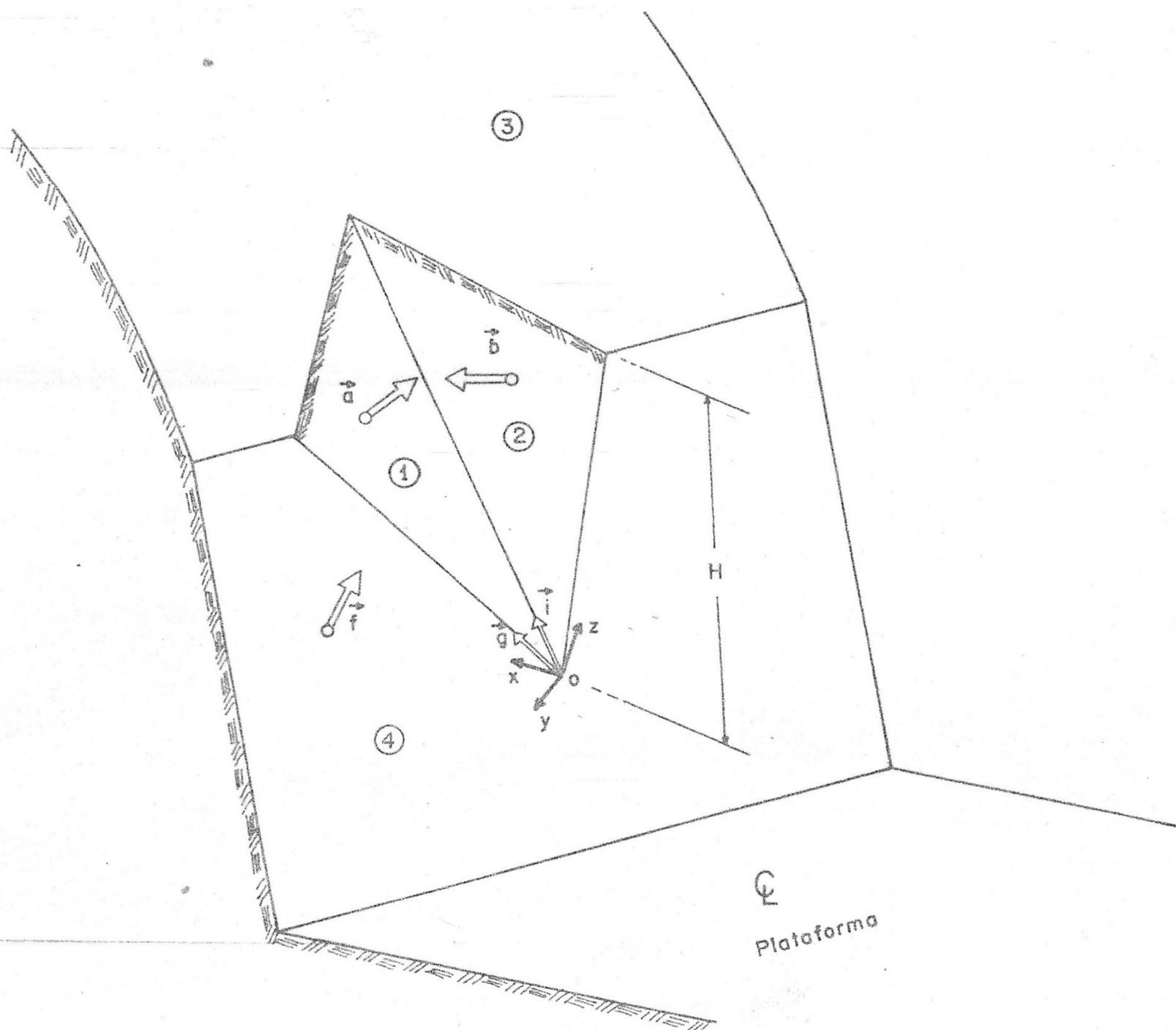


FIG. 4

r = Componente de \vec{a} en la dirección de \vec{b}

$$K = |\vec{i}|^2 = i_x^2 + i_y^2 + i_z^2$$

$$l = W/A_2$$

$$p = A_1/A_2$$

$$n_1 = N_1/A_2$$

$$n_2 = N_2/A_2$$

$$|n|/\sqrt{K} = SA_2$$

} Asumiendo contacto en ambos planos

$$m_1 = N_1/A_2$$

$$\text{denominador de } F = S_1/A_2$$

} Contacto solamente en el plano 1

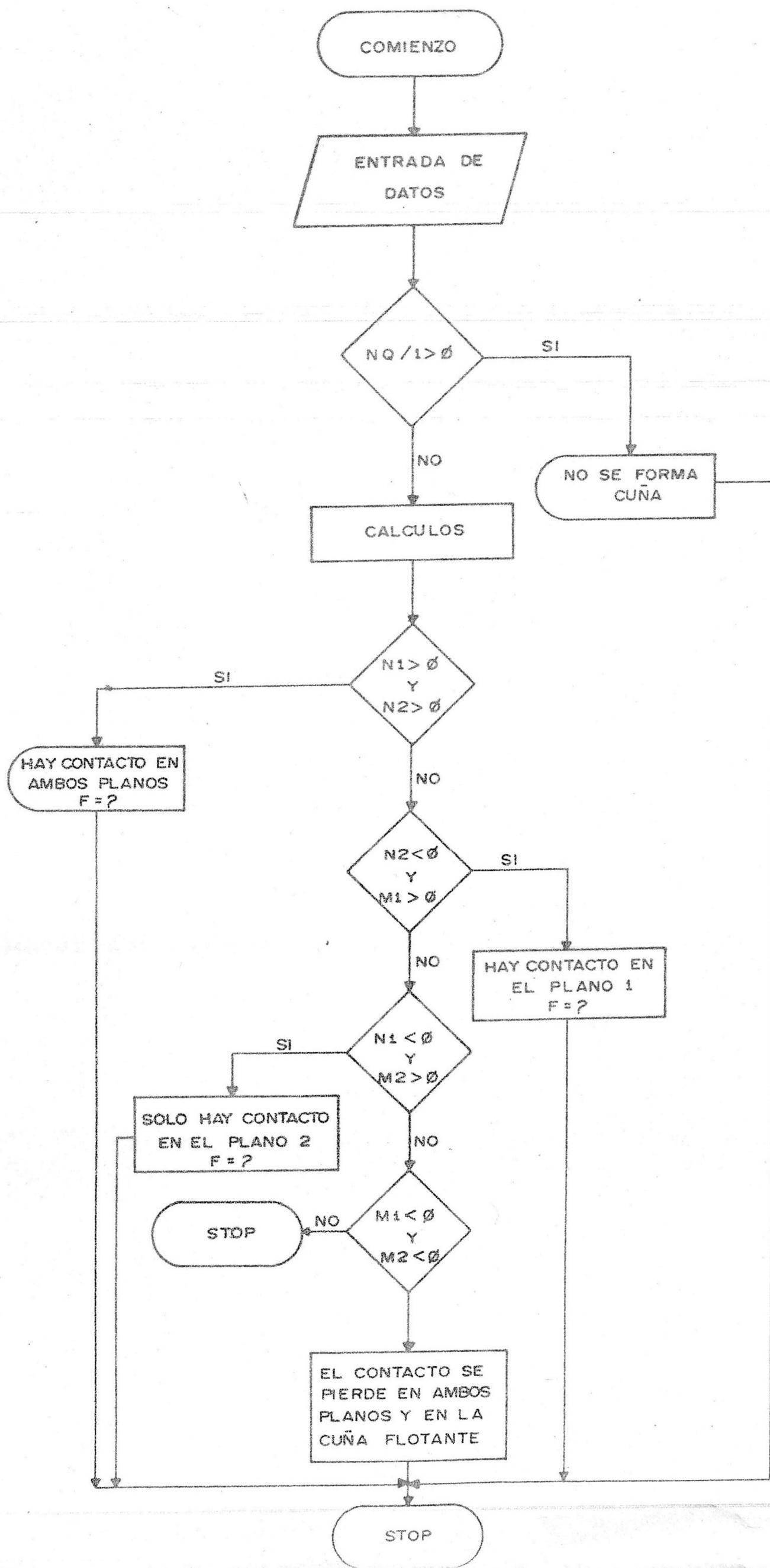
$$m_2 = N_2/A_2$$

$$\text{denominador de } F = S_2/A_2$$

} Contacto solamente en el plano 2

DIAGRAMA DE FLUJO

ANALISIS DE DESLIZAMIENTO EN CUÑA



```

300 PRINT"N=-1:SI LA CARA SOBRE-      SALE EL PIE DEL TALUD"
305 PRINT
310 INPUT"N=+1:SI NO SOBRESALE";N
350 GOSUB5000
500 REMCALCULO DE LAS COMPONENTES DEL VECTOR UNITARIO NORMAL AL PLANO 1
510 LETAX=SINK L1*PI/180)*SINK(A1-A2)*PI/180)
520 LETAY=SINK L1*PI/180)*COS((A1-A2)*PI/180)
530 LET AZ=COS(L1*PI/180)
540 REMCALCULO DE LAS COMPONENTES DEL VECTOR UNITARIO NORMAL AL P4
550 LETFX=SINK L4*PI/180)*SINK(A4-A2)*PI/180)
560 LETFY=SINK L4*PI/180)*COS((A4-A2)*PI/180)
570 LETFZ=COS(L4*PI/180)
580 REMCALCULO DE LAS COMPONENTES DEL VECTOR UNITARIO NORMAL AL P2
590 LETBY=SINK L2*PI/180)
600 LETBZ=COS(L2*PI/180)
610 LETI=AX*BY
630 LETGZ=FX*AY-FY*AX
640 LETQ=BY*(FZ*AX-FX*AZ)+BZ*GZ
650 IFNQ/I>0ORN*(FZ-Q/I)*TANK(L3*PI/180))*((1-FZ^2)^0.5)THEN1020
690 REMCALCULOS PARA HALLAR EL FACTOR DE SEGURIDAD
700 LETR=AY*BY+AZ*BZ
710 LETK=1-R^2
720 LETT=(G*H*Q)/(3*GZ)
730 LETP=-BY*FX/GZ
740 LETN1=((T/K)*(AZ-R*BZ)-P*U1)*P/ABS(P)
750 LETN2=((T/K)*(BZ-R*AZ)-U2)
760 LETM1=((T*AZ)-(R*U2)-(P*U1))*P/ABS(P)
770 LETM2=(T*BZ-R*P*U1-U2)
780 IFN1>0ANDN2>0THEN820
790 IFN2<0ANDM1>0THEN870
800 IFN1<0ANDM2>0THEN950
810 IFM1<0ANDM2<0THEN1000
820 PRINT"NOHAY CONTACTO EN AMBOS      PLANOS:"
830 LETF=(N1*(TANK FI1*PI/180))+(N2*TANK FI2*PI/180))+ABS(P)*C1+C2)*SQR(K)/ABS(T*I)
840 PRINT:PRINTTAB(5);"F=";F
850 GOTO850
870 PRINT"NOEXISTE CONTACTO EN EL"
872 PRINT"      PLANO 1:"
874 PRINT
890 LETF=(M1*TANK FI1*PI/180)+ABS(P)*C1)/SQR(T^2*(1-AZ^2)+K*U2^2+2*(R*AZ-BZ)*T*U2)
900 PRINT"NOFACTOR DE "
902 PRINTTAB(9);"=";F
904 PRINT"SEGURIDAD"
910 GOTO910
950 PRINT"NOSOLO HAY CONTACTO"
960 PRINT"NOEN EL PLANO 2:"
970 LETF=M2*TANK FI2*PI/180)+C2/(T^2*BY^2+(K*P^2*U1^2)+2*(R*BZ-AZ)*P*T*U1)^0.5
980 PRINT:PRINTTAB(5);"F=";F
990 GOTO990
1000 PRINT"EL CONTACTO SE PIERDE EN AMBOS PLANOS Y EN LA CUNA FLOTANTE,COMO RE
SULTA";
1005 PRINT"DO DE LA ACCIONDE LA PRESION DE AGUA,SOBRE LOS PLANOS 1 Y 2."
1007 PRINT"EN ESTE CASO EL FACTORDE SEGURIDAD,BAJA A 0."
1010 GOTO1010
1020 PRINT"NONO SE FORMA CUNA"
1030 GOTO1030
5000 REMCOMPUTER MANIA
5010 POKE36878,15
5020 FORL=1TO50
5030 POKE36876,INT(RND(1)*128)+128
5040 FORM=1TO10
5050 NEXTM
5060 NEXTL
5070 POKE36876,0
5080 POKE36878,0
5090 RETURN

```

READY.