

Temp. Original Lta en Copia

**SERVICIO NACIONAL DE
GEOLOGIA Y MINERIA**

SUBDIRECCION NAC. DE MINERIA
-DEPTO. SEGURIDAD MINERA-

09.04.1984.

REFIMET S. A.	
FECHA: 26.4.84	
AN ✓	RT
AD	AA
SM	CB
HE	OC
ARCHIVO: 1.21	

ORD. N° 829 /

ANT.: 1. Su carta solicitud s/N°, de fecha 16.03.1984.

2. Proyecto de construcción y operación del tranque de relaves denominado "PLANTA REFIMET N°1, ubicado en localidad de Runguco, comuna de Tiltil, Provincia de Chacabuco, Región Metropolitana.

3. Exp. N° 533/84/- SERNAGEOMIN.

MAT.: Envía copia de Resolución.

SANTIAGO, 25 ABR. 1984

DE : SUBDIRECTOR NACIONAL DE MINERIA

A : SR. ALEJANDRO NOEMI CALLEJAS, GERENTE GENERAL
REFINADORA DE METALES - REFIMET S.A. -
PRESENTE.

- 1.- Adjunto sírvase encontrar copia de la Resolución N° 438 de fecha 25/04/84, de este Servicio Nacional, mediante la cual se ha emitido pronunciamiento acerca de su solicitud del antecedente.

Saluda atentamente a Ud.,


SERGIO SCHINDLER CONTARDO
INGENIERO
SUBDIRECTOR NAC. DE MINERIA

Inc. Lo citado.

MAAR/hea.

DISTRIBUCION:

1. Sr. A. Noemi Callejas
Gerente General
Refinadora de Metales-REFIMET S.A.
Lota N° 2267-Of. 312, SANTIAGO
2. SubDirección Nac. de Minería
3. Depto. Seguridad Minera
4. Of. de Partes
5. ARCHIVO

SUBDIRECCIÓN NAC. DE MINERÍA
-DEPTO. SEGURIDAD MINERA-

SECC. A.M.A.R./nea.
EXP. N° 533/84 SECC.
06.04.84.

SERVICIO NACIONAL DE GEOLOGIA Y MINERÍA

TOMA CONOCIMIENTO DEL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACION DEL TRANQUE DE RELAVES "REFINET N°1", SITUADO EN LA LOCALIDAD DE RANGUE, COMUNA DE TILTIL, PROVINCIA DE CHACABUCO, REGION METROPOLITANA, SOLICITADO POR REFINADORA DE MENTA - LES S.A. - REFINMET.

SANTIAGO, 25 DE MARZO DE 1984

RESOLUCION N°

488

VISTO : La solicitud presentada por el Sr. Alejandro Nozai Callejas en re presentación de "REFINET S.A.", con fecha 16/Marzo/1984; el Memorandum N° 136 de 06.04.1984 de la Subdirección Nacional de Minería de este organismo; lo dispuesto en el Decreto Ley N° 3525 de 1980 y en los Decretos Supremos del Ministerio de Minería N° 86 de 1970 y N° 89 de 1981; el artículo 16, inciso 2° de la Ley N° 10.336, y

CONSIDERANDO :

1°.- Las facultades que concede a este Servicio Nacional el artículo 23 del Decreto Supremo N° 86 de 1970, del Ministerio de Minería, en la supervigilancia de los proyectos de tranques de relaves y de su explotación o empleo, en relación a la seguridad industrial, y

2°.- Que para ejercer la referida supervigilancia, es indispensable contar con información periódica en relación con el desarrollo y operación del tranque de cuyo proyecto se toma conocimiento en este acto,

RESUELVO :

1°.- TOMASE CONOCIMIENTO del proyecto de construcción y operación del tranque de relaves, denominado PLANTA REFINET N°1, presentado por el señor Alejandro Nozai Callejas, situado en localidad de Rangue, comuna de Tiltill, Provincia de Chacabuco, Región Metropolitana.

2°.- El usuario estará obligado a informar a este Servicio Nacional, tan pronto comience a operar el tranque al que se refiere esta Resolución.

3°.- CUMPLASE con la entrega a este Servicio Nacional de la información especificada en el artículo 27 del Decreto Supremo N° 86 de 1970. Dicha información deberá referirse a períodos de seis (6) meses, contados desde la fecha de puesta en servicio del tranque.

4°.- REMITASE copia de esta Resolución, en carácter informativo, a las Direcciones Regionales de Salud y de Agricultura y Dirección General de Aguas.

ANOTESE Y CRONIQUESE.


MARIA TERESA CARRAS PINCHET
INGENIERO CIVIL QUIMICO
DIRECTORA NACIONAL

DISTRIBUCION:

1. Dirección Nacional
 2. Subdirección Nac. de Minería
 3. Depto. Seguridad Minera
 4. Depto. Administrativo
 5. Depto. Jurídico
 6. Of. de Partes
 7. ARCHIVO
-



REFIMET SA

PROYECTO

TRAN QUE N°1

RUNGUE

PREPARADO POR
H. García Z.



PROYECTO DE TRANQUE DE RELAVES N° 1
DE REFIMET EN RUNGUE

1.0 Antecedentes

La Compañía Minera El Indio produce aproximadamente 6000 ton/mes de concentrados de Cu, Ag, y Au con contaminación de As y Sb.-

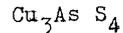
Estos concentrados no pueden ser fundidos y posteriormente refinados sin antes removerles el As y Sb.-

La Compañía Minera el Indio trata 4000 ton/mes de sus concentrados para eliminar el As y Sb y exporta con As y Sb 2000 ton /mes.-

Refimet ha emprendido la tarea de tratar las mencionadas 2000 ton/mes con sus instalaciones de Rungue, originalmente diseñadas para tratar Molibdeno, las que resultan disponibles, como consecuencia de una drástica reducción en el abastecimientos de concentrados que proveía Codelco-Chile.-

1.1 Tratamiento de concentrados para desarsenificación

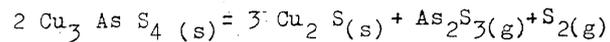
Los concentrados de El Indio contienen el As en enargita:



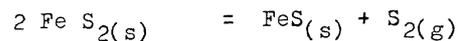
El proceso de desarsenificación tiene como propósito la remoción de As y Sb y al mismo tiempo permitir un contenido en S apto para la fusión y conversión.-

El proceso consiste en una tostación en la cual se verifican las reacciones:

1)



2)



Junto al S y As_2S_3 sublima también Sb_2S_3

Las reacciones mencionadas son exotérmicas.-



Los gases son oxidados selectivamente y en esta forma el S se oxida segun



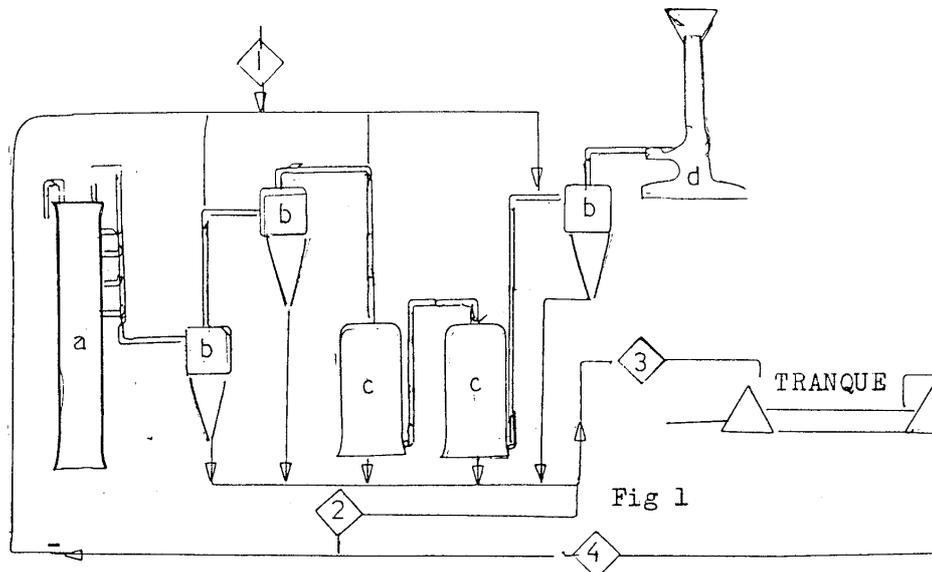
Durante la tostación ademas de As y Sb se elimina Bi. La operacion se verifica introduciendo los concentrados en la parte alta de un horno de pisos de 5,6 m de diámetro, con 10 pisos, con revestimiento interno refractario, superficie útil de 172 m², 2 brazos velocidad ajustable en el órden de 1 a 5 RPM, 16 quemadores con capacidad de 264 600 cal/hora c/u con inyección a 0,56 kg/cm², temperatura operativa de 650° C.-

Los concentrados calcinados, liberados de las impurezas As, Sb y Bi y rebajados en S pueden ser fundidos en ventana, en la Fundición de Enami, sin ningun riesgo de contaminación y como todos los productos que allí se refinan.-

Los gases procedentes de la tostación se refrigeran con agua alcalinizada con soda o cal, en un volumen de aproximadamente 25 m³/hora, de los cuales circulan 20 m³, se evapora 1 m³/hora, se descarta al tranque de relaves 4 m³/hora, desde donde se recicla agua clara 3 m³/hora y se pierde 1 m³/hora entre evaporación y oclusión en el tranque.

Originalmente y para tratar Molibdenita estaban instalados electro filtros de acción electrostática y con motivo del proceso de tostación de concentrados de enargita estos fueron suprimidos y se agregó:

- 4 ciclones captadores de polvo
- 2 torres de enfriamiento- lavado
- 3 torres de lavado
- 2 lavadores de gases tipo Venturi -Scrubber
- 2 ciclones separadores de agua
- 2 ventiladores extractores de gases



La Fig 1 es una carta esquemática de Flujo donde los flujos corresponden a :

1	25 m ³ /hora	aguas de enfriamiento-lavado
2	20 "	" " " recicló en planta
3	4 "	" " " descarte a tranque con Sb,As,Bi y residuos varios
4	3 "	" " " recicló recuperado en el tranque

Los equipos esquematizados corresponden a :

- a.- Horno de pisos
- b.- ciclones
- c.- scrubbers y torres
- d.- chimenea

Toda la operación se verifica con vacío controlado..-



Como producto del enfriamiento de los gases de tostación se obtiene una pulpa con:

66% de As_2S_3

30% de S elemental

4 % de otras impurezas

Este material sólido tiene un peso específico sólido resultante del peso específico de sus componentes y que denominaremos con el símbolo ω_s .

Los valores de ω_s corresponden a

Componente	ω_s	Proporción
As_2S_3	3,4 gr/cc	66%
S	2,0 "	30%
Impurezas	2,8 "	4%
Residuo total	2,956 "	100%

2.0 Cuantificación de sólidos y líquidos del Tranque

Interesa la cuantificación de los flujos $\diamond 3$ y $\diamond 4$ de la fig 1 como sigue: cuadro N° 1

Flujo	sólidos			agua		γ_i		
	t/dia	ω_s m ³ /dia	% peso	m ³ /dia	t/dia			
$\diamond 3$	10,6667	2,956	3,6085	10	96	106,6667	99,6085	1,0709
$\diamond S$	"	"	"	38	17,4035	28,0703	21,0121	1,3359
$\diamond 4$					71,9298			
$\diamond E$					6,6667			

en el cuadro anterior son:

γ_i = densidad de pulpa

$\diamond S$ = Flujo de sedimentación

$\diamond E$ = Flujo de evaporación media diaria calculado para una superficie de tranque de sup media 6 600 m² entre el inicio y el final de su vida útil.



2.1 Disposición de Obras y Ubicación

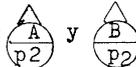
El Plano N° 1, acompañado, a escala 1:10 000 muestra la ubicación de los equipos de la faena de Refimet en la vecindad de Rungue y las obras del Tranque N° 1, que esta empresa erige en el fundo Los Llanos Hijuela N° 2, sobre terrenos adquiridos con estos propósitos, los cuales NO tienen valor agrícola de significación (clase 7)

El Plano N° 2, a escala 1: 2500,, muestra la conexión vial entre Ruta 5 y Tranque N° 1 y asimismo detalles de la Planta de este Tranque.-

El Prisma soportante perimétrico mantiene un ángulo de talud interno y externo, que denominamos δ , con el valor de 30°

Se ubicó el centro de la cubeta en la cota 717 y se practicó un rebaje de piso de 2 m.-

La cubeta fué dimensionada con forma rectangular en 65x80 m, con las puntas redondeadas.- Así la geometría escogida cumple, en el clima de Rungue, la condición de evaporación impuesta en 2.0.-

El Plano N° 3 presenta las Secciones  y

en las cuales se han destacado las areas de corte y terraplen con empréstitos de respectivamente:

SC Arenoso ,Bien gradado , $>12\%$ mas fino: que 74μ
Pedraplen, Grava $> 3''$

Compactado en capas de 0,5 m a 10% de humedad

Le moderado de la altura de carga no justifica mayor exigencia.- Estos muros permiten calcular el peso propio G , con densidad $\gamma_p = 2,08 \text{ ton/m}^3$



2.2 Características de empleo del Tranque 1

La capacidad del tranque N° 1 con 5 m de alto de muro por sobre el piso de cubeta corresponde a una cabida inicial de 30 185 m³. El cuadro N° 2 partiendo con la mencionada cabida inicial nos da la existencia bimestralmente desde el 1° al 23° bimestre de vida útil.-

Bimestre	Cabida m ³	Flujos			Existencia
		3	E	4	
1	30185	5 976,51	400	4315,788	1260,722
2	28974,278	"	"	"	2521,444
3	27663,556	"	"	"	3782,166
4	26402,834	"	"	"	5042,888
5	25142,112	"	"	"	6303,610
6	23881,39	"	"	"	7564,332
7	22620,668	"	"	"	8825,054
8	21359,946	"	"	"	10085,776
9	20099,224	"	"	"	11346,496
10	18838,502	"	"	"	12607,220
11	17577,78	"	"	"	13867,942
12	16317,058	"	"	"	15128,664
13	15056,336	"	"	"	16389,386
14	13795,614	"	"	"	17650,108
15	12534,892	"	"	"	18910,830
16	11274,17	"	"	"	20171,552
17	10013,448	"	"	"	21432,274
18	8752,726	"	"	"	22692,996
19	7492,004	"	"	"	23953,718
20	6231,282	"	"	"	25214,440
21	4970,56	"	"	"	26475,162
22	3709,838	"	"	"	27735,884
23	2449,116	"	"	"	28996,606
24	1188,394	"	"	"	

Si se consigue comprimir sobre 38% de sólidos el sedimentado, será posible aumentar la vida útil del Tranque. Los relaves que se llevan al tranque y el agua clara que se devuelve se movilizan en camiones algibe. Se ha dispuesto la impermeabilización de la cubeta del tranque con polietileno de 0,35 mm.-



2.3 Capacidad del Tranque segun cota

El cuadro N° 3 permite conocer la capacidad del Tranque según la cota de operación de superficie libre.-

Cuadro N° 3

Capacidad empleada m ³	Cota de cubeta operativa m
2641	715,5
5367	716
8175	716,5
11069	717
14046	717,5
17107	718
20250	718,5
23478	719
26790	719,5
30185	720

2.4 Aplicabilidad del DS 86

El Δh máximo al utilizar el cuadro n° 3, con la información del n° 2 y teniendo presente que las sobre cotas se refieren a un terreno circundante 2 m mas alto que el piso del tranque, resulta ser 1 m.-

Dispone el art 45 sg fórmula 7

$$A = (1 + 3,68 \Delta h) / 4,32 \text{ , en esta fórmula}$$

A = años de carga liquefactable

Remplazando $\Delta h = 1$, obtenemos A = 1,08 años

Según la expresión 8) del art 45

$$T = At \text{ , donde } T = \text{Tonelaje liquefactable por sismo} \\ t = \text{Tonelaje anual incorporado}$$

En el caso Del cuadro N° tenemos el volumen anual 7564 m³ con densidad $\gamma_1 = 1,3359$, cuyo producto nos da t=10105 ton de donde se deduce T= 10914 ton liquefactables por sismo..



con el valor determinado para T podemos aplicar la expresión 6) del art 45 que establece:

6)

$$D = 2 \times 10^{-6} T$$

En la expresión anterior son:

D = distancia de riesgo según la trayectoria probable por colapso sísmico del prisma resistente sujeto a examen

T = tonelaje liquefactable por sismo

i = pendiente en unidades de ‰ de la trayectoria

En el caso

i = 5 , de acuerdo al plano 3 , corte 
Sector 1

Aplicando el valor de T = 10 914 ton obtenemos

$$D = 2 \times 10^{-6} \times 10\ 914 \times 5 \text{ km} = 0,109 \text{ km}$$

En la distancia calculada, ni en 10 veces más, hay nada poblado, por lo cual EL DS 86 RESULTA INAPLICABLE, según lo dispuesto por el art 44.-

3.0 Determinación del factor de seguridad F.S. sin sismo.-

Para plantear con claridad el tema del FS en un tranque de muro de empréstito como prisma resistente se expone el problema sin acción sísmica.-

Se ha definido este tipo de obra como de "líquido denso".-

El DS 86 solo contempla el caso de prisma resistente formado con la arena de clasificación del relave mismo, lo cual no corresponde al problema que se discute.-

En particular, la geometría producida altera la presentación clásica si existe un rebaje de cubeta que ubica el relave en cota de partida inferior a la cota externa del muro resistente.-

La carga hidrostática, en aguas adentro del Tranque, crea un empuje en dirección aguas afuera el cual, analiza la Fig. Nº 2 en la pag. siguiente.

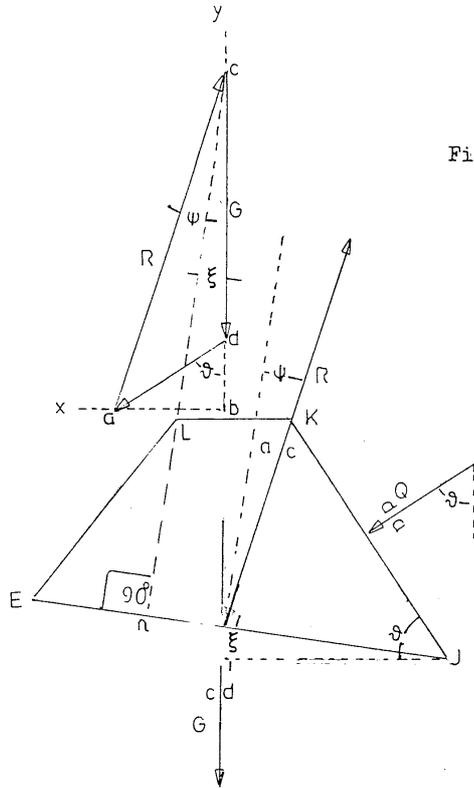


Fig. 2

En la fig 2 se supone el prisma resistente EJKL con aguas adentro sobre KJ, siendo empujado hacia aguas afuera por el empuje hidrostático Q . Si Q es generado por un líquido de densidad γ_1 en columna de alto H, siendo ϑ el talud con la horizontal de KJ se tendrá que

$$Q = \gamma_1 H^2 / 2 \text{ sen } \vartheta$$

Definiendo como G el peso propio de EJKL, como γ_p su densidad y como Ω su area se tendrá que



$$G = \gamma_p \Omega$$

Los valores de cálculo de Q y G, se refieren a la unidad de medida perpendicular al dibujo, en el caso ton/m

Para calcular la reacción se verifica el Cremona en base a dibujar vectores a escala escogida de fuerzas.

En la fig 2 se dibujó en c el vector \vec{cd} de magnitud G y verticalmente, a continuación el vector \vec{da} de magnitud Q paralelamente al empuje Q sobre KJ

La resultante de los vectores \vec{cd} y \vec{da} sumados es el vector \vec{ac} la cual denominamos R.-

En la fig 2 se han acotado los ángulos iguales y además se han destacado los paralelismos entre líneas en prisma vs líneas en Cremona con los mismos símbolos longitudinal y transversalmente ($da \parallel d|a$)

Proyectando en el Cremona sobre cb se tiene

$$1) \quad R \cos(\psi + \xi) = Q \cos \vartheta + G$$

Proyectando sobre ab se tiene

$$2) \quad R \sin(\psi + \xi) = Q \sin \vartheta$$

Eliminando R entre 1) y 2)

$$3) \quad \text{tang}(\psi + \xi) = Q \sin \vartheta / (Q \cos \vartheta + G)$$

con 3) se calcula ψ o bien en forma aproximada se mide en el Cremona.- Si se conoce el ángulo crítico de roce interno de corte según EJ, que definiremos con φ , habrá que comparar con el ángulo determinado ψ , el cual está medido con la normal en a EJ, si ψ es mayor que φ no hay equilibrio si ψ es igual o menor que φ hay equilibrio.-

El factor de seguridad F.S. se mide con la razón de las tangentes

$$F.S = \text{tang} \varphi / \text{tang} \psi$$

3.1 Determinación del factor de seguridad F.S. con sismo.

Se define como coeficiente sísmico, en el caso la fracción "a" de la aceleración de gravedad "g", con el sentido más desfavorable para crear la falla que se investiga.

La fig 3 de la página siguiente es ilustrativa del tema.

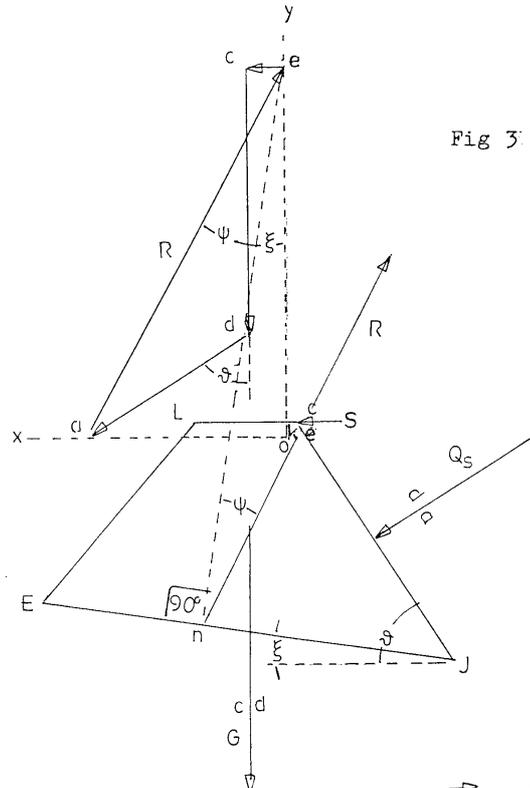


Fig 3

En la fig 3 se han hecho intervenir \vec{ec} y \vec{da} , en el cremona correspondiendo $\vec{ec} = S$ y $\vec{da} = Q_s$ en el prisma.- Experimentalmente se ha verificado que las magnitudes de S y Q_s deben calcularse según

$$4) S = 1,5 \cdot a \cdot G \quad \text{y} \quad 5) Q_s = \gamma_i H^2 (1 + 1,1a) / 2 \text{sen} \theta$$

como el valor de Q_s es mayor que Q y además ahora interviene S comparando con la fig 2 se verifica que esto incrementa ψ y , consecuentemente, disminuye F.S.



Proyectando el Cremona de la fig 3 según ox se deduce

$$6) R \sin(\psi + \xi) = S + Q_s \sin \delta$$

y proyectando según oy se obtiene

$$7) R \cos(\psi + \xi) = G + Q_s \cos \delta$$

Eliminando R entre 6) y 7) se obtiene

$$8) \tan(\psi + \xi) = (S + Q_s \sin \delta) / (G + Q_s \cos \delta)$$

4.0 Aplicación al Tranque N°1

Según detalle en Plano N° 3, Análisis de Estabilidad

$\Omega = 38,406 \text{ m}^2$, siendo $\gamma = 2,08 \text{ ton/m}^3$ resulta

$G = 79,88 \text{ ton/m}$

La fórmula 4) del art 38 del DS 86 fija "a" según

$a = 0,05 \log(100 + h)$ valor del coeficiente sísmico

por emplear para protección de un poblado de h habitantes,

con $h = 10$, se tiene $a = 0,10207$

aplicando 4) de pg 11 resulta por sustitución

$$S = 1,5 \times 0,10207 \times 79,88 = 12,230 \text{ ton/m}$$

Aplicando 5) de pg 11 resulta por sustitución

$$Q_s = 1,3359 \times 5^2 \times (1 + 1,1 \times 0,10207) / 2 \sin 30^\circ = 37,1473 \text{ ton/m}$$

finalmente sustituyendo en la expresión 8) de mas arriba

$$\text{se tiene } \tan(\psi + \xi) = \frac{(12,23 + 37,1473 \times \sin 30^\circ)}{(79,88 + 37,1473 \times \cos 30^\circ)}$$

$$= \frac{30,80365}{112,0505} = 0,2749$$

$$\psi + \xi = 15,37^\circ \quad \text{como } \xi = 5,71^\circ$$

resulta $\psi = 9,66^\circ$ y $\tan \psi = 0,1702$, siendo, en el caso $\psi = 37^\circ$

resulta $\tan \psi = 0,7535 \therefore F.S. = 0,7535 / 0,1702 = 4,43$

Añadiendo a este elevado factor > que 1,2 (art 38)

el tranque será cercado con malla de alambre.-

Humberto García Zúñiga