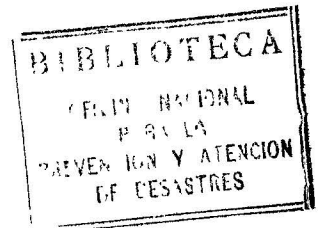


7. coldas,
551307
P969
EJ1



DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACION

C O R T O L I M A
CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL TOLIMA

ESTUDIO DEL DESLIZAMIENTO EN LA ORILLA
IZQUIERDA DEL RIO MAGDALENA EN FLANDES

ESTRATEGIAS PARA LA ESTABILIZACION

MAYO DE 1990

ROYECTOS TECNICOS - CPT LTDA.
INGENIEROS CONSULTORES - BOGOTA

DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACION

C O R T O L I M A

CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL TOLIMA

ESTUDIO DEL DESLIZAMIENTO EN LA ORILLA
IZQUIERDA DEL RIO MAGDALENA EN FLANDES

ESTRATEGIAS PARA LA ESTABILIZACION

C O N T E N I D O

	Página
1. INTRODUCCION	1
2. EXPLORACION GEOTECNICA Y LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO	1
2.1 COMPLEMENTACION LEVANTAMIENTO GEOLOGICO	1
2.2 EXPLORACION DEL SUBSUELO	2
3. GEOMORFOLOGIA Y GEOLOGIA	4
3.1 RASGOS GEOMORFOLOGICOS	4
4. MECANISMOS ASOCIADOS CON LA DESESTABILIZACION	5
5. ESTRATIGRAFIA Y PROPIEDADES MECANICAS	6
6. ESTRATEGIAS DE SOLUCION	9
7. CARACTERISTICAS DE LAS SOLUCIONES	10
7.1 PANTALLA DE CONTENCIÓN	10
7.2 PROTECCION EN CONCRETO LANZADO	12
7.3 CONFORMACION DEL TERRENO	13
7.4 DRENAJE SUPERFICIAL EN LA CORONA	14
8. RECOMENDACIONES GENERALES	14
REGISTRO FOTOGRAFICO	16
PERFILES ESTRATIGRAFICOS Y DE RESISTENCIA A LA PENETRACION NORMAL	23
MEMORIA DE CALCULOS	31
TABLAS DE RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE LABORATORIO	47
PLANOS	52

ESTUDIO DEL DESLIZAMIENTO EN LA ORILLA IZQUIERDA
DEL RÍO MAGDALENA EN FLANDES

ESTRATEGIAS PARA ESTABILIZACIÓN

1. INTRODUCCION

Frente al desarrollo acelerado que ha venido presentando la desestabilización del flanco izquierdo del lecho menor del Río Magdalena, en el perímetro oriental de Flandes, CORTOLIMA ordenó a la Compañía de Proyectos Técnicos - CPT Ltda., en primera instancia un estudio detallado de los factores que están controlando y provocando el colapso gradual del talud y la destrucción total de varias construcciones y en segunda instancia la formulación de estrategias para estabilizar la ladera y alcanzar una condición segura.

Para el logro de estos dos objetivos se aplicó la siguiente metodología: análisis de la información existente, evaluación geológica geomorfológica y geotécnica del área afectada, exploración del subsuelo y determinación de las características mecánicas de la secuencia estratigráfica, identificación de los mecanismos de desestabilización, análisis de la condición de estabilidad actual, formulación de soluciones para alcanzar la estabilización del proceso y elaboración del informe correspondiente.

2. EXPLORACION GEOTECNICA Y LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO

2.1 COMPLEMENTACION LEVANTAMIENTO GEOLOGICO

Dado que se disponía de dos documentos sobre la geología del sector realizados por el Instituto de Investigaciones Geológico-Mineras, "Deslizamientos y tectónica reciente en el área del municipio de Flandes por Heyley Vergara, Marzo de 1987" y "Estudio geológico

y geoeléctrico en el municipio de Flandes por Manuel Moreno, Abril de 1989", el trabajo de geología se orienta hacia la precisión de la disposición estructural de las unidades estratigráficas y la obtención de parámetros, específicos del área, para los análisis de estabilidad.

Se revisó y estudió la litología, abundante en generalidades, y mediante un reconocimiento detallado en el campo, con el apoyo de la caracterización aerofotogramétrica, se fijaron pautas para la exploración del subsuelo y la evaluación geotécnica.

2.2 EXPLORACION DEL SUBSUELO

Se realizaron seis (6) sondeos con barreno mecánico de avance por percusión o rotación; en el Plano N° 1, se muestra la localización de los sitios explorados. Dada la composición de la columna estratigráfica, la perforación se dificultó considerablemente limitándose tanto la obtención de muestras representativas y como la significancia de las pruebas de resistencia in situ.

El cuaternario aluvial presenta una coherencia muy alta para avance manual o por percusión y muy baja para permitir un avance por rotación; por razones similares, se descartó la alternativa de avance a través de la ejecución de caissons.

Se logró la realización continua de pruebas de penetración normal (SPT) y la obtención de núcleos en el nivel de rocas sedimentarias terciarias; pese a que la significancia de los resultados de prueba SPT se ve afectada por la presencia de fragmentos y cantos dispuestos aleatoriamente dentro de la matriz limo-arenosa, el envoltorio de los valores mínimos refleja la competencia mecánica del conglomerado aluvial.

Aderás de establecer el R.Q.D. en la arenisca, se estableció la resistencia a la compresión incondfinada de dos maneras: a) Directamente sobre los núcleos recuperados y b) mediante correlaciones establecidas con la resistencia a la carga puntual; esta última prueba se hace sobre fragmentos de roca, sin restricción específica de tamaños.

Por dificultades topográficas no fue factible tomar muestras representativas en el nivel de arcillas blandas, ya que su presencia solo se detectó en el escarpe vertical; en su lugar se hizo una evaluación continua de resistencia al corte medida con el penetrometro manual, lo que permitió calificar la disponibilidad de resistencia y la incidencia de ésta en la condición de estabilidad.

A todas las muestras recuperadas, que presentaban un buen grado de representatividad, se les establecieron los índices de comportamiento: humedad natural, peso unitario, distribución granulométrica y límites líquido y plástico.

Se incluye en el Anexo los registros de los perfiles estratigráficos y de resistencia establecidos en las seis (6) perforaciones y las tablas de resultados con toda la información de las pruebas de laboratorio.

Para el dimensionamiento físico del problema y de las soluciones, se hizo un nuevo levantamiento topográfico, el cual permitió establecer contrastes con el efectuado por Jorge Montoya para Cortolima en 1988; a partir de esta doble fuente de información se elaboraron los planos 1, 2, 2A y 3 que contienen los siguientes aspectos:

Plano N° 1: Topografía General

Planos N°s. 2 y 2A: Secciones de trabajo sobre disposición estratigráfica del sustrato.

Plano N° 3: Relieve de la estratigrafía del subsuelo.

En el Plano N° 4 se consigna todo lo concerniente con el último levantamiento topográfico efectuado.

3. GEOMORFOLOGIA Y GEOLOGIA

3.1 RASGOS GEOMORFOLOGICOS

Tal como se aprecia en las fotografías N° 1, 6, 7 y 8, que se incluyen en el Anexo y en los planos que registran los relieves topográficos, la zona afectada tiene la apariencia de una batea con un eje central en dirección E-W; está delimitada por un escarpe semicircular de más de diez metros de altura, con una verticalidad máxima hacia la corona que gradualmente se va atenuando hacia los flancos y luego hacia la rivera del Río Magdalena.

En la parte baja del sector central de la batea y sobre los escarpes de los costados se ha acumulado gran parte del material caído, mezclado con basuras y escombros, lo cual ha dado lugar a un relieve de pendiente suave en la parte baja del área. En las actuales circunstancias la geometría de la zona muestra un desnivel de 26 metros, entre la vía (Fotografía N° 2) y el río, en una longitud de 75 metros, con una pendiente uniforme a lo largo del eje transversal, que tiene un ancho aproximado de 60 metros.

En el Plano N° 1 se presenta en forma simultánea los rasgos determinantes de los levantamientos topográficos hechos para CORTOLIMA por J. Montoya en Abril/88 y por C.P.T. en Marzo/90, en donde a pesar de las inconsistencias que se encontraron se puede establecer que el frente de desestabilización más activo se localiza en los sectores centroccidental y suroccidental.

Analizando las secciones transversales que se incluyen en el Plan N° 2, en donde se conjugan el relieve del terreno en diferentes direcciones y la disposición de las unidades estratigráficas, puede calificarse la dinámica del proceso desestabilizador y de remoción en masa que ha operado allí y que convirtió una terraza características uniformes en la gran cárcava que hoy se observa.

4. MECANISMOS ASOCIADOS CON LA DESESTABILIZACION

El principal mecanismo de desestabilización es de origen antrópico, manejo inapropiado en la recolección y entrega de las aguas meteoricas y las aguas servidas de los asentamientos humanos que en forma irregular han proliferado en el borde de la terraza, e incluso en la parte media del flanco que delimita el lecho menor del R Magdalena.

La acción de estas aguas superficiales sobre un medio poco coherente, Fotografías 11 y 12, provocó un proceso acelerado de erosión en forma de canales y cárcavas verticales que a su vez causaron una redistribución en el estado tensional de la formación, por la relajación de esfuerzos que se tenía, una vez superada la disponibilidad de resistencia a la tracción en el conglomerado aluvial principal unidad estratigráfica; se conformaron bloques y columnas de material, delimitados por la red de fisuras y grietas verticales dispuestas en forma paralela al talud, Fotografías 11 y 12.

Por las fisuras y grietas se infiltra el agua, creando con el presiones que actúan sobre el plano horizontal y debilitan paulatinamente la consistencia de la arcilla que se encuentra en la base del conglomerado, quedando así dispuestas las condiciones para la falla por desplome o volteo de las columnas o tajadas.

Al caerse este primer frente de desestabilización se presentó incremento en las tensiones y aparecieron nuevas superficies propicias para la erosión, configurándose así un proceso remota que provocó la destrucción de varias casas y amenaza actualmente a la Carrera 2ª y a todas las edificaciones adyacentes.

Todo el material caído, conjuntamente con los escombros de construcciones, se han venido acumulando en la parte baja y media del escarpe, almacenando agua y desbalanceando la precaria condición de equilibrio; esta mayor humedad a nivel de la arcilla, actuó y acentúa la pérdida de resistencia, incrementando con ello la posibilidad del colapso.

Es indudable que en los últimos diez años el fenómeno de inestabilidad y remoción en masa ha tenido un desarrollo incontrolado sin que ninguna de las medidas correctivas que se trataron de implementar hayan resultado favorables; es necesario frenar la afectación a la comunidad y el gran deterioro ambiental que se ha presentado para no tener que lamentar una tragedia humana y urbanística, anunciada.

5. ESTRATIGRAFIA Y PROPIEDADES MECANICAS

El análisis sobre la disponibilidad y potencialidad de las propiedades mecánicas de los diferentes componentes del perfil estratigráfico se basó en la siguiente información:

- Los registros estratigráficos y de resistencia, establecidos en las seis (6) perforaciones.
- Anotaciones y datos tomados durante el reconocimiento de campo.
- Resultados de las pruebas de laboratorio de resistencia a corte y de comportamiento.

- Disposición estructural de las unidades estratigráficas y de los contactos de las mismas, información presentada en los planos 1, 2, 2A y 3, elaborados específicamente para este estudio.

Integrando y analizando este gran volumen informativo se establecen las siguientes características promedio:

De 0.00 a 1.15 mts. Limo arenoso, carmelito rojizo, con escasa humedad; de baja plasticidad.

LL: 26%, IP:6, HN:7%

De resistencia media, pero de gran susceptibilidad a la erosión.

De 1.15 a 10.15 mts. Conglomerado cementado, con presencia de partículas del tamaño arena, gravilla y grava; la cementación le confiere una gran capacidad de soporte pero en condición seca.

Los finos son limo-arenosos de muy baja plasticidad, característica que está asociada con un alto potencial de erodabilidad y pueden ser fácilmente desagregados por el agua de escorrentía o de infiltración; en estas circunstancias se presenta una disminución apreciable en la cohesión y en resistencia al corte del material.

Con la envolvente de los valores mínimos de la prueba SPT, disponibilidad segura de competencia mecánica, se puede establecer un ángulo de fricción interna de 34°.

El análisis de la resistencia a la tracción del conglomerado aluvial se presenta en las memorias de cálculo que se presenta en el

Anexo de este informe, se estableció mediante desagregación de componentes y evaluación retrospectiva, que dicha resistencia a tracción es del orden de una tonelada por metro cuadrado, en el momento de la falla luego de los procesos de degradación originados por la acción del agua.

De 10.15 a 11.35 mts. Arcilla rojiza, plástica y húmeda de consistencia media a baja.

De 11.35 a 12.55 mts. Arcilla de color negro oscuro, plástica y húmeda, de consistencia media a baja.

Estos dos últimos niveles representan la parte más débil de la columna estratigráfica y corresponde a la base de la zona de falla de movimiento estudiado. Su detección se logró en el reconocimiento de campo ya que no quedaron registrados en ninguna de las perforaciones efectuadas.

La resistencia al corte en condición no drenada de estas arcillas es del orden de 6 ton/m² de acuerdo al estimativo reflejado en el análisis retrospectivos.

De 12.55 a 18.15 mts. Arcilla o arcillolita de color gris, firme y consistente, con un contenido importante de limos, de baja plasticidad; su resistencia al corte en condición no drenada es alrededor de las 20 ton/m² de acuerdo a los resultados de la prueba SPT.

De 18.15 mts. hacia abajo Arenisca de grano fino a medio, delesnable; pese a que todas las evaluaciones mecánicas conducen a una clasificación como roca blanda, se trata de un material muy competente para construcciones civiles.

La roca está bastante diaclasada hacia el techo con valores de RQD, variando entre 28 y 90%; la resistencia al corte fluctúa entre 40 y 90 K/cm².

6. ESTRATEGIAS DE SOLUCION

Cuatro acciones fundamentales hay que acometer para alcanzar una condición de estabilidad, durable y segura.

6.1 Incrementar y preservar las características mecánicas del nivel de arcilla que actúa como formación basal para el conglomerado aluvial; ésto se puede alcanzar mediante la construcción de una pantalla de contención en concreto reforzado, que en una primera instancia puede llegar a tener 5,0 metros de altura, y se localiza aproximadamente entre las cotas 405 y 410 mts. snm.

6.2 Proteger y preservar las características mecánicas del conglomerado aluvial, de la acción erosiva de las aguas superficiales y luego de las presiones neutras ocasionadas por las aguas infiltradas es necesario alcanzar igualmente la conservación de las fuerzas inerciales para contrarrestar la relajación de esfuerzos que se presenta por la dinámica de las sollicitaciones y por la ausencia de confinamiento. Lo anterior se consigue mediante la aplicación de dos capas de concreto lanzado y la colocación de una malla electrosoldada entre las dos capas indicadas; para asimilar las tensiones por tracción que se presentan se recomienda la construcción de tensores en toda el área superficial del conglomerado aluvial.

- 6.3 Manejo adecuado de las aguas superficiales con líneas de drenaje bien definidas y obras de entrega protegidas, para no causar nuevos frentes de erosión y desestabilización; esto implica cubrir mediante locetas en concreto reforzado toda la corona del talud, incluso las áreas enmarcadas dentro de las construcciones existentes adyacentes al sitio de estudio; ante la eventualidad de que se presenten aguas infiltradas se deben dejar puntos de desagüe a manera de drenes horizontales, sobre la pantalla de concreto lanzado.
- 6.4 De acuerdo a las intenciones o planes futuros que tengan CORTOLIM o el Municipio de FLANDES, sobre el uso del área, se plantea la conveniencia de reconfigurar el terreno mediante la construcción de terrazas, aprovechando el desnivel del terreno, hasta llegar a la orilla del Río Magdalena.

7. CARACTERISTICAS DE LAS SOLUCIONES

En las memorias de cálculo que se presentan anexas, se desglosan los análisis que se hicieron para establecer: la condición de estabilidad actual, las sollicitaciones que están actuando, los mecanismos de falla operantes y el dimensionamiento de los esquemas de solución.

7.1 PANTALLA DE CONTENCIÓN

Los parámetros que determinan la altura de la pantalla de contención son: el espesor de los niveles de arcilla blanda y la profundidad de anclaje necesaria para que la estructura alcance una condición segura de trabajo.

En primera instancia se plantea la conveniencia de construir una pantalla en concreto reforzado de cinco metros de altura máxima que va entre las cotas 405 y 410 mts. s.n.m; se prefiere la alternativa del concreto reforzado sobre la del concreto ciclópeo porque implica un menor volumen y por consiguiente un menor movimiento

de tierras, aunque es necesario advertir que ello exige la implementación de una metodología de construcción más especializada.

Para definir la geometría de la pantalla planteada y su localización topográfica, se requiere establecer durante la etapa de excavación el espesor de la arcilla blanda y las cotas de los contactos de las unidades estratigráficas; de acuerdo al análisis que se presenta en la memoria de cálculo, el 55% de la altura de la pantalla se requiere para proteger la arcilla blanda que tiene un espesor promedio de 2.40 mts. y el 45% de dicha altura debe quedar hincada entre la arcilla dura para proveer estabilidad.

En resumen las características principales de la pantalla son las siguientes:

- Longitud: 77.5 mts. indicada en el plano N° 5.
- Altura de la pantalla: puede llegar a tener hasta 5.0 mts. de altura y se localiza entre las cotas 405 y 410 msnm.
- Espesor de la pantalla: 0.45 mts.
- Mecanismo de trabajo: Se requiere que un 45% de la altura de la pantalla quede hincada dentro de la arcilla dura y el resto actúe como protección de la arcilla blanda, cuyo espesor promedio es de 2.40 mt.
- Proceso constructivo: El % de la altura de la pantalla que va hincada, debe excavarse dentro de la arcilla dura, evitando cualquier afectación de la condición de confinamiento lateral; el suplemento de la pantalla puede construirse con formaleta.

- Prediseño del refuerzo: Tal como se muestra en el Plano N° 5 y se indica en las memorias de cálculo, el refuerzo que surge del análisis preliminar es:

Refuerzo vertical: nueve (9) varillas de una pulgada de diámetro por metro de longitud, de 60.000 psi.

Refuerzo horizontal: cuatro (4) varillas de diámetro 1/2 pulgada cada metro.

Recubrimiento: 0.10 metros.

Concreto de: 3000 psi.

Es necesario que este diseño preliminar se revalue por un Ingeniero Estructural de acuerdo a las condiciones reales que se encuentren durante la construcción de las obras, en particular la de la pantalla, en lo concerniente a la altura mínima que va en voladizo y la que va hincada.

7.2 PROTECCION EN CONCRETO LANZADO

Una vez se retire todo el material fisurado y relajado, hasta el contorno que se muestra en el Plano N° 5, y se alcance la verticalidad en todo el frente del conglomerado aluvial se aplicará la primera capa de 0.05 mts. de espesor, seguida de la colocación de una malla electrosoldada de Ø 5 mm y 100 x 100 mm, tipo Q-4 y finalmente una segunda capa de 0.05 mts. de concreto.

Tal como ya se explicó hay que colocar tensores en varilla lisa de tres (3.0) metros de longitud, distribuidos cada dos metros en ambas direcciones.

- Tensor en varilla lisa de \varnothing 1/2" con anclaje y rosca en los extremos interior y exterior, respectivamente. .
- Longitud: 3.0 metros, de los cuales 2.0 trabajan como anclaje.
- Tensión aplicada: 0.5 Ton/m.1.
- Mortero de inyección duro en los primeros 2.0 metros y blando en la longitud libre final, de 1.0 metro.
- Presión de inyección "baja" del orden de 0.5 k/cm²
- Area aproximada 10.0 x 77.5 metros cuadrados.

Para evitar la subpresión se debe proveer de drenes horizontales dispuestos entre tensores, van separados cada 2.0 metros, en tubería de PVC de 2" de diámetro, perforada y revestida en geotextil. La longitud de cada dren es de 0.30 mts.

En el Plano N° 5 se muestra un esquema de lo que se plantea.

7.3 CONFORMACION DEL TERRENO

Si se piensa habilitar el terreno para la comunidad de Flandes parque recreativo, se pueden conformar varias terrazas, entre las cotas 410 hasta una ronda sobre la 400 m.s.n.m.; este aterrazamiento se debe hacer con material seleccionado compactado y con drenaje superficial bien definido.

Una vez se tome una decisión y se cuente con el diseño urbanístico y recreativo, se debe contemplar el diseño de los drenajes superficiales y las obras de entrega.

Bien sea que se adopte esta recomendación o se encierre el área afectada, es necesario construir una primera terraza para confinar la pantalla, de dos metros de ancho con material granular y ejerciendo un control en la compactación.

7.4 DRENAJE SUPERFICIAL EN LA CORONA

Como ya se indicó la corona del talud debe ser revestida con un andén, una loseta de 0.15 mts. de espesor, que drene hacia la calzada en donde existe un buen sistema de alcantarillado de aguas lluvias.

8. RECOMENDACIONES GENERALES

- 8.1 Es conveniente que las construcciones adyacentes al sitio central del problema, las que quedan inscritas en el espacio de solución se compren y se demuelan para poder ejercer un buen control y alcanzar las condiciones de estabilidad y la permanencia de características geomecánicas que sirvieron de base para el diseño de las obras.
- 8.2 Ejercer un control estricto durante la construcción de las obras propuestas, contando con el concurso permanente de un profesional idóneo para poder precisar y definir la localización y dimensión de las soluciones.
- 8.3 Corresponde a Cortolima definir la utilización futura del sector y el plan de seguimiento del comportamiento de las obras; es necesario impedir cualquier asentamiento de viviendas y limitar la circulación de vehículos pesados por la corona del talud; debe dejarse implementado un programa de mantenimiento y obras remediales, asignando responsabilidades y presupuestos.

8.4 Todo lo planteado corresponde a un análisis ortodoxo de la situación encontrada, basada en observaciones directas y en los resultados de la exploración del subsuelo y de las pruebas de laboratorio como se trata de una condición de estabilidad que evoluciona con el tiempo, la validez de las soluciones que se recomiendan queda supeditada a la prontitud con que se acometan las obras.

PERFILES ESTRATIGRAFICOS Y DE RESISTENCIA
A LA PENETRACION NORMAL

REGISTRO DE PERFORACION

CLIENTE: CORTOLIMA

PROYECTO DESLIZAMIENTO ORILLA IZQUIERDA RIO MAGDALENA EN FLANDES

PERFORACION S-1

EQUIPO PETTY-2

LOCALIZACION ?

MARTILLO 140 Lbs

CARRERA 30 Pulgadas

EMPEZADA FEBRERO 28/90

SUPERVISOR J. MARTINEZ

TERMINADA MARZO 3 /90

REALIZADO POR SUELOS Y FUNDACIONES

REVES-TIM	DESCRIPCION	MUESTRAS			OBSERVACIONES
		Nº	TIPO	Colp/pie	
	Placa asfáltica (e=0.10 m)				
	Relleno de arena algo limosa carmelita rojiza, medio densa	1	SS	23	Feb. 28
		2	SS	12	
	Arena (f-m-g) y gravas (f-m-g) gris, con algunos fragmentos de arenisca hasta de 15 cm, con algunas vetas de limo arcilloso gris oscuro, densa	3	SS	37	
		4	SS	34	
		5	SS	55	
		6	SS	22	
		7	SS	20	
		8	SS	46	
		9	SS	53	
		4.6 - 5.0	BX		R =62% RQD=0%
		11	SS	49	
		12	SS	19/6"-25/6"	Rechazo Marzo 1
		6.3 - 7.0	BX		R =26% RQD=0%
		14	SS	17	
		15	SS	32	
		16	SS	46	Marzo 2
		17	SS	49	
		18	SS	40	
			SS	57	No recobró
		19	SS	84	
		20	SS	33	
			SS	52	No recobró
		21	SS	47	
		22	SS	41	
		23	SS	43	
		24	SS	62	
		25	SS	68	

REVES- TIM	DESCRIPCION	MUESTRAS			OBSERVACIONES															
		N°	TIPO	ulp/pie																
BX ↓	Arenas (f-m-g) y gravas (f-m-g) gris con algunos fragmentos de arenisca, con algunas vetas de limo arcilloso gris oscuro, densa	26	SS	76	Marzo 3 No recobró No recobró															
		27	SS	67																
		28	SS	42																
			SS	48																
			SS	40/4"																
		30	SS	36																
		31	SS	33																
		32	SS	70																
		33	SS	26																
	Limo arcilloso con algo de arena (f) gris y algo de gravas, duro	34	SS	28																
		35	SS	35																
		36	SS	33																
	FIN DEL SONDEO A 20.00 METROS				Nivel agua de perforación <table border="1"> <thead> <tr> <th>Día</th> <th>6 am</th> <th>6 pm</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>28</td> <td>-</td> <td>3.90</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>seco</td> <td>2.00</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>seco</td> <td>7.80</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>10.9</td> <td>11.30</td> </tr> </tbody> </table>	Día	6 am	6 pm	28	-	3.90	1	seco	2.00	2	seco	7.80	3	10.9	11.30
Día	6 am	6 pm																		
28	-	3.90																		
1	seco	2.00																		
2	seco	7.80																		
3	10.9	11.30																		

REGISTRO DE PERFORACION

CLIENTE: CORTOLIMA

PROYECTO DESLIZAMIENTO ORILLA IZQUIERDA RIO MAGDALENA EN FLAND

PERFORACION S - 2

EQUIPO PETTY - 2

LOCALIZACION _____

MARTILLO 140 Lbs

CARRERA 30 Pulgadas

EMPEZADA MARZO 5 /90

SUPERVISOR J. MARTINEZ

TERMINADA MARZO 7 /90

REALIZADO POR SUELOS Y FUNDACIONES

REVESTIM. TIM.	DESCRIPCION	MUESTRAS			OBSERVACIONES
		Nº	TIPO	Golp/pie	
	Arenas (f-m) algo limosa gris, con algo de gravas, medio densa	1	SS	16	Marzo
		2	SS	21	
	Arcilla carmelita clara, vetas grises oxidadas, con algo de arena (f) y gravas (f), muy firme	3	SS	16	
		4	SS	28	
		5	SS	13	
		6	SS	22	
		7	SS	25	
		8	SS	28	
		9	SS	23	
		10	SS	24	
		11	SS	21-50/4"	
Arenisca amarilla, grano medio a fino, friable, fracturada	5.25 - 5.80	BX	R = 0 RQD=0	Marzo	
	5.80 - 6.50	BX	R = 63% RQD=0		
	6.50 - 8.00	BX	R = 98% RQD=80%		
FIN DEL SONDEO A 9.00 METROS	8.00 - 9.00	BX	R = 89% RQD=69%	Marzo	
	Nivel agua de perforación				
			Día	6 am	6 p
			5	-	1.6
			6	1.70	2.0
			7	2.70	3.5

REGISTRO DE PERFORACION

CLIENTE: CORTOLIMA

PROYECTO DESLIZAMIENTO ORILLA IZQUIERDA RIO MAGDALENA EN FLANDE

PERFORACION S - 3
 LOCALIZACION _____
 EMPEZADA MARZO 7 /90
 TERMINADA MARZO 8 /90

EQUIPO PETTY - 2
 MARTILLO 140 Lbs
 CARRERA 30 Pulgadas
 SUPERVISOR J. MARTINEZ
 REALIZADO POR SUELOS Y FUNDACIONES

REVESTIM. TIM.	DESCRIPCION	MUESTRAS			OBSERVACIONES									
		Nº	TIPO	Gal/pie										
	Relleno de limo arenoso carmelito con algo de gravas, medio denso	1	SS	3	Marzo 7									
	Arcilla limosa gr., carmelita, trazas de gravas, muy firme	2	SS	15										
		3	SS	27										
		4	SS	15										
		5	SS	16										
		6	SS	12										
	gris verdosa con vetas habanas, muy firme	7	SS	16	Marzo 8									
		8	SS	20										
		9	SS	12										
		10	SS	18										
		11	SS	19										
		12	SS	22										
		13	SS	42										
		14	SS	12-40/4"										
	Arenisca amarilla oscura, grano fino a medio, friable, fracturada	6.75 - 8.25	BX		R =59% RQD=28%									
		8.25 - 9.50	BX		R =96% RQD=90%									
10-	FIN DEL SONDEO A 9.50 METROS				Nivel agua de perforación									
					<table border="1"> <tr> <td>Día</td> <td>6 am</td> <td>6 pm</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>-</td> <td>1.70</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>1.80</td> <td>2.80</td> </tr> </table>	Día	6 am	6 pm	7	-	1.70	8	1.80	2.80
Día	6 am	6 pm												
7	-	1.70												
8	1.80	2.80												

COMPANIA DE PROYECTOS TECNICOS LTDA.

REGISTRO DE PERFORACION

CLIENTE . CORTOLIMA

PROYECTO DESLIZAMIENTO ORILLA IZQUIERDA RIO MAGDALENA EN FLANDES

PERFORACION S - 4

EQUIPO PETTY - 2

LOCALIZACION _____

MARTILLO 140 Lbs

CARRERA 30 Pulgadas

EMPEZADA MARZO 9 /90

SUPERVISOR J. MARTINEZ

TERMINADA MARZO 10 /90

REALIZADO POR SUELOS Y FUNDACIONES

EVE- TIM.	DESCRIPCION	MUESTRAS			OBSERVACIONES		
		Nº	TIPO	Colp/pie			
m NX 5	Relleno de arena limosa carmelita con gravas, medio densa	1	SS	5	Marzo 9		
		2	SS	12			
	Arcilla limosa gris verdosa, con vetas habanas oxidadas, firme	3	SS	7			
		4	SS	22			
	Limo arcilloso habano rojizo, vetas grises, trazas de arena (f), duro	5	SS	31			
		6	SS	31			
		7	SS	23			
		8	SS	29			
		9	SS	39			
		10	SS	79			
	10	Arcilla carmelita con algo de arena (f) y gravas (fm), dura	11	SS		75	Marzo 10
			12	SS		80	
13			SS	63			
14			SS	85			
Limo amarillo oscuro, muy denso		15	SS	39			
		16	SS	63			
Arenisca amarilla de grano (f), friable, fracturada		17	SS	78			
		18	SS	85			
		9.0	10.5	BX	R =43% RQD=28%		
		10.5	11.0	BX	R =98% RQD=34%		
	FIN DEL SONDEO A 11.00 METROS				Nivel agua de perforación Día 6 am 6 pm 9 - 0.40 10 0.40 2.50		

COMPAÑIA DE PROYECTOS TECNICOS LTDA.

REGISTRO DE PERFORACION

CLIENTE: CORTOLIMA

PROYECTO DESLIZAMIENTO ORILLA IZQUIERDA RIO MAGDALENA EN FLANDES

PERFORACION S - 5

EQUIPO PETTY - 2

LOCALIZACION _____

MARTILLO 140 Lbs

CARRERA 30 Pulgadas

EMPEZADA MARZO 12 /90

SUPERVISOR J MARTINEZ

TERMINADA MARZO 13 /90

REALIZADO POR SUELOS Y FUNDACIONES

REVESTIM	DESCRIPCION	MUESTRAS			OBSERVACIONES
		Nº	TIPO	Colp/pie	
2 m NX 5 10	Relleno de arena limosa gris con algo de gravas y fragmentos de ladrillo, medio denso	1	SS	13	Marzo 12
		2	SS	11	
	Relleno de limo arcilloso carmelito rojizo, vetas grises oxidadas con trazas de arena(f)	3	SS	4	
		4	SS	23	
	Relleno de arcilla limosa carmelita, duro	5	SS	48	
		6	SS	58	
		7	SS	18	
		8	SS	47	
		9	SS	62	
	Relleno de limo arcilloso carmelito rojizo con algo de gravas, muy firme	10	SS	72	
		11	SS	56	
		12	SS	23	
		13	SS	43	
	Relleno de limo arcilloso carmelito con algo de arena y gravas, duro	14	SS	53	
	Limo arcilloso, carmelito, vetas oxidadas, duro	15	SS	73	
Arenisca amarilla grano fino, friable, fracturada	7.30-8.30	EX		R =78% ROD=66%	
gris	8.30-9.20	BX		R =70% RQD=44% Marzo 13	
FIN DEL SONDEO A 9.20 METROS				Nivel agua de perforación	
				Día 6 am 6pm	
				12 - 2.60	
				13 3.40 3.20	

COMPAÑIA DE PRODUCTOS TECNICOS S.A.
 REGISTRO DE PERFORACION
 CLIENTE: CORTOLIMA

PROYECTO DESLIZAMIENTO ORILLA IZQUIERDA RIO MAGDALENA EN FLANDES

PERFORACION S - 6
 LOCALIZACION _____
 EMPEZADA MARZO 13 /90
 TERMINADA MARZO 14 /90

EQUIPO PETTY - 2
 MARTILLO 140 Lbs
 CARRERA 30 Pulgadas
 SUPERVISOR J MARTINEZ
 REALIZADO POR SUELOS Y FUNDACIONES

REVES- TIM.	DESCRIPCION	MUESTRAS			OBSERVACIONES	
		Nº	TIPO	Col/pie		
m ↑ NX ↓	Relleno de arena limosa carmeli- ta con gravas, medio denso a suelto	1	SS	8	Marzo 13	
		2	SS	12		
		3	SS	22		
		4	SS	11		
		5	SS	4		
		6	SS	5		
		7	SS	6		
	5	Limo verdoso, vetas rojizas, al- go arcilloso, muy firme	8	SS	20	Marzo 14
			9	SS	16-32/4"	
10	Arenisca gris verdosa, grano fino, friable	4.25-5.75		BX	R =80% RQD=75%	
		FIN DEL SONDEO A 5.75 METROS			Nivel agua de perfo- ración Día 6 am 6 pm 13 - 1.30 14 1.30 2.00	

MEMORIA DE CALCULOS

ANÁLISIS DEL MECANISMO DE FALLA

Tal y como se indicó anteriormente, las evidencias morfológicas conducen a asegurar que el fenómeno de inestabilidad origina en una condición de falla por tracción en el conglomerado que conforma la parte alta de la terraza aluvial.

Fuerzas horizontales, generadas fundamentalmente por las fuerzas de infiltración, logran vencer la resistencia a la tracción del material formando grietas verticales paralelas al escarpe. Los tajados de material así resultantes pueden fallar por volteo o falta de soporte en su base, donde yacen dos capas de arcilla blanda con un espesor total de 2.40 m.

Obviamente que el agua infiltrada deteriora progresivamente la resistencia a la tracción y finalmente desencadena el fenómeno que se acaba de describir.

Para simular ese proceso se desarrolló un modelo sencillo que la tajada de conglomerado está soportada por dos que la tracción en la superficie vertical y las fuerzas normal actúan en una potencial superficie de falla que se desarrolla sobre la base.

En la que sigue se presenta el modelo y mediante un análisis retrospectivo se deduce que la causa de la tracción es la infiltración de agua que al irse acumulando en el interior de la tajada...

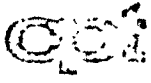


El esfuerzo de tracción resultante fue de:

$$\sigma^t = 1.0 \text{ tón/m}^2$$

Se sugiere finalmente que, para impedir que el movimiento giese se deben implementar dos medidas correctivas a:

1. Construcción de una pantalla de concreto lanzado y zado con malla para proteger el conglomerado contra erosión, además de contrarrestar el esfuerzo de tracción mediante la utilización de anclajes en una retícula de $2.0\text{m} \times 2.0\text{m}$, tensionados con una carga de 1.0 tón . Esta pantalla deberá ser complementada con drenaje horizontales en los puntos centrales entre anclajes.
2. Un muro de contención para mantener en su lugar arilla blanda impidiendo que pueda erosionarse o favorecer la presente situación.



Proyecto

Hoja 5 de

Objeto

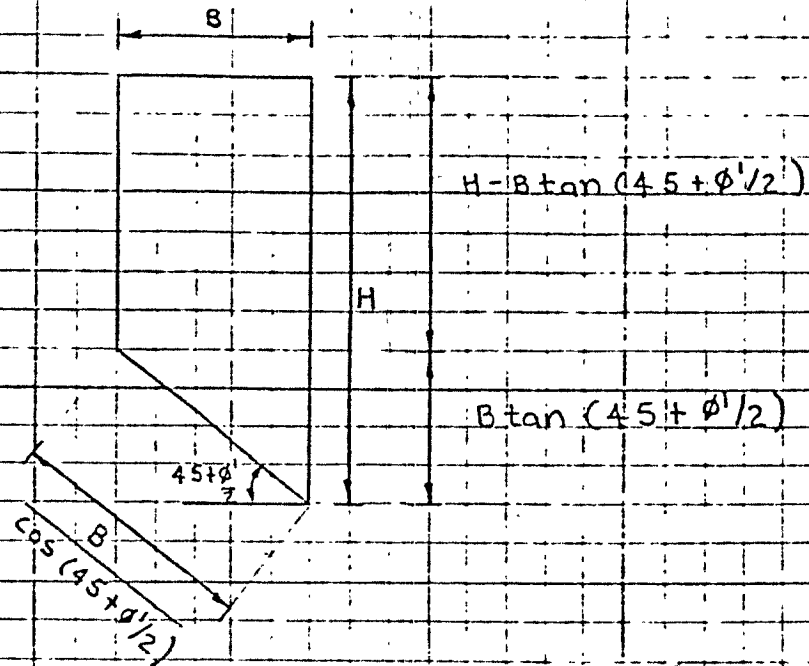
Lugar

Fecha

RESUMEN

Análisis de falla por tracción simplificado:

1. Geometría



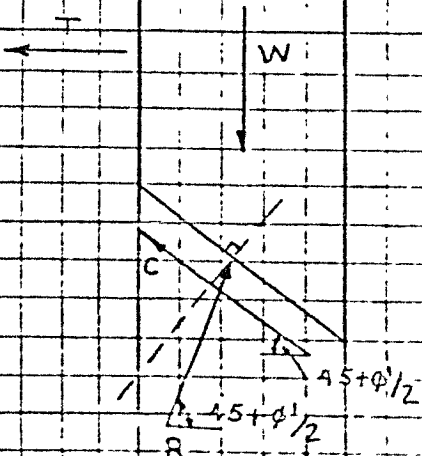
2. Fuerzas

$$W = \left[H - \frac{B}{2} \tan(45 + \phi'/2) \right] \times B$$

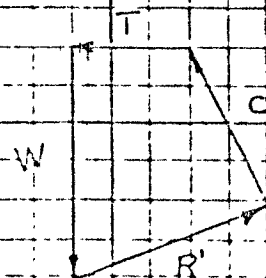
$$C = c' + B$$

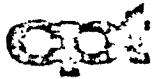
$$\cos(45 + \phi'/2)$$

$$T = \sigma' \left[H - B \tan(45 + \phi'/2) \right]$$



Polígono de fuerzas:





3. Por equilibrio de fuerzas (no se tienen en cuenta momentos)

Resolviendo se obtiene:

$$\sigma^t = \frac{0.5 \gamma^2 B^2 - B[\gamma H \tan(45 + \phi'/2) - 2c]}{B \tan(45 + \phi'/2) + H} \quad (1)$$

4. Gráficas de σ^t contra c' :

4.1 Pendientes de las curvas ISO-ALTURA:

Si se mantienen como constantes γ , B , y ϕ las gráficas de σ^t vs c para cada valor de H (líneas de ISO-ALTURA del talud), serán rectas de acuerdo con ecuación N°(1).

La pendiente de esas líneas será

$$\frac{d\sigma^t}{dc} = \frac{2}{\tan(45 + \phi'/2) - H/B} \quad (2)$$

$$\text{ó } \Delta \sigma^t = \frac{2}{\tan(45 + \phi'/2) - H/B} \Delta c$$

4.2 Puntos de intersección:

Para un mismo valor de B todas las líneas de ISO pasarán por el punto (σ_I^t, c_I) dado por

$$(\sigma_I^t, c_I) = \left(\gamma^2 B \tan(45 - \phi'/2); \frac{\gamma B}{4} \right) \quad (3)$$

Para un mismo valor de ϕ' , los puntos (σ_I^t, c_I) alinearán en una recta cuya ecuación es:

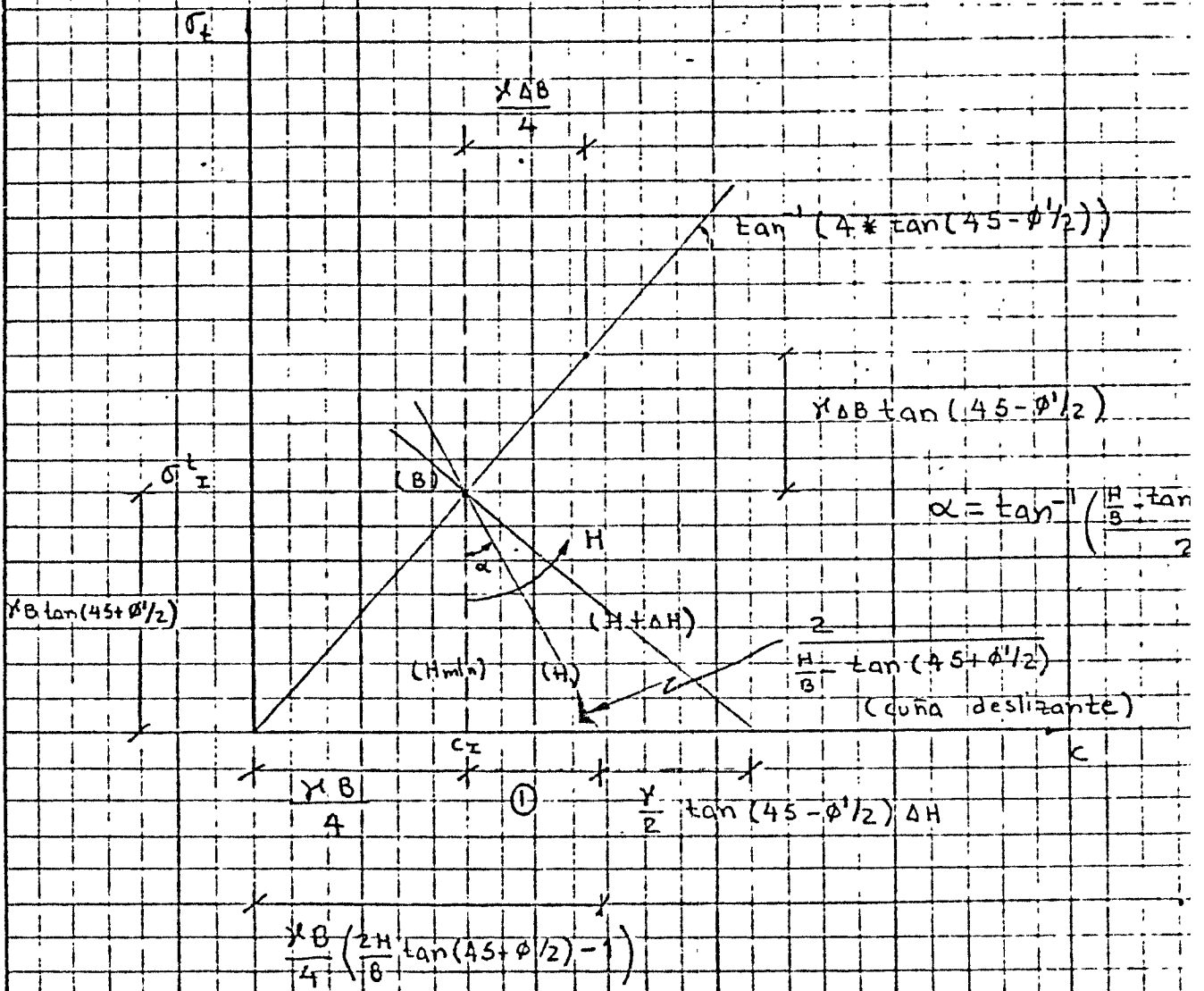
$$\sigma_I^t = 4 \tan(45 - \phi'/2) * c_I \quad (4)$$



4.3 La gráfica σ_z vs C

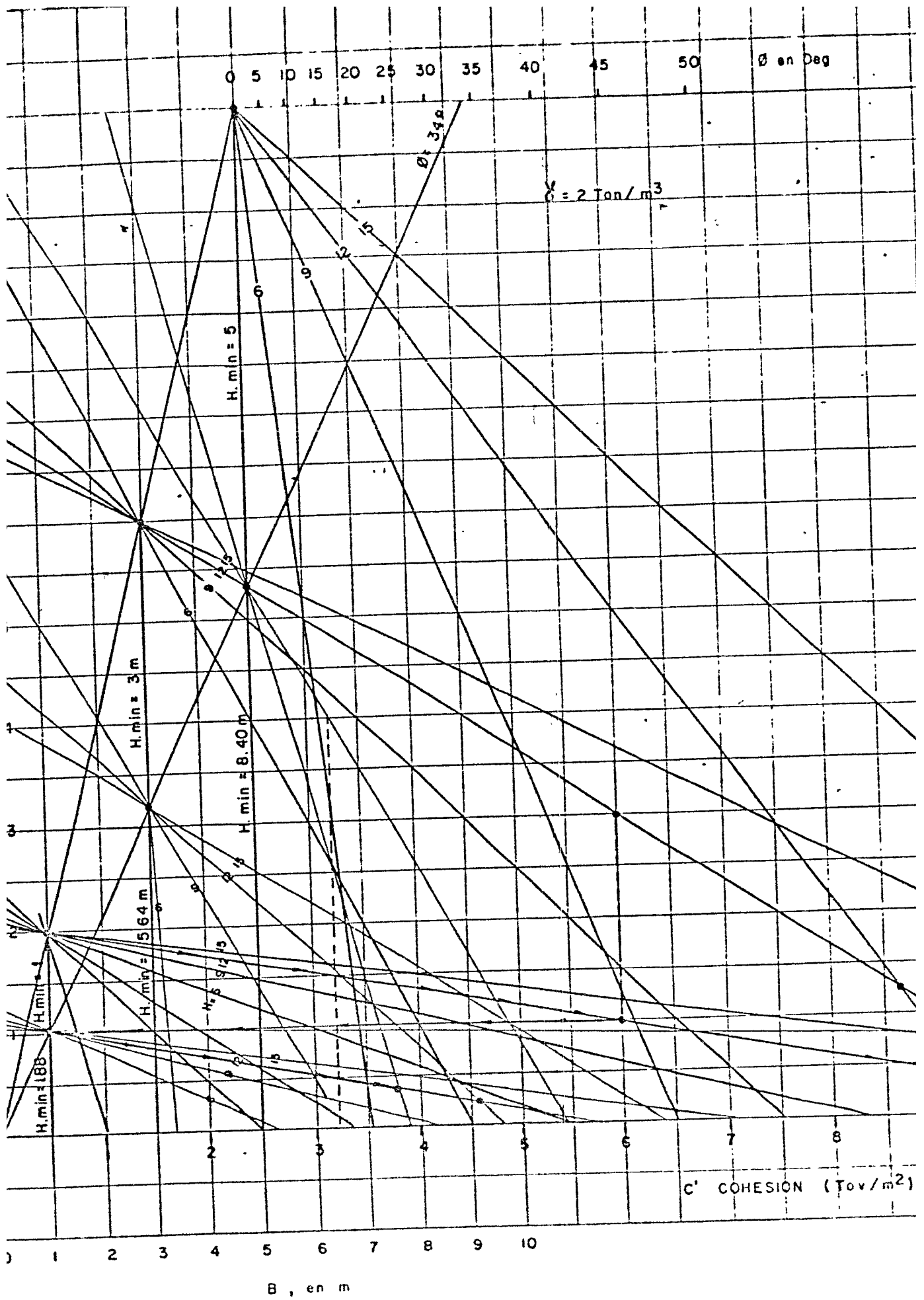
Dicha gráfica quedaría así:

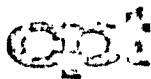
Para ϕ, γ



$$\textcircled{1} = \gamma_B \tan(45 - \phi'/2) \times \frac{1}{2} \left[\frac{H}{B} \tan(45 + \phi'/2) \right] = \frac{\gamma}{2} \tan(45 + \frac{\phi'}{2}) \left[\right]$$

$$H_{\min} = B \tan(45 + \phi'/2)$$





PATAS DE CAMPO:

De los planos topográficos

$B \cong 1.0$ m en zonas no cargadas

$B \cong 3.0$ m en zonas cargadas con vivienda

H: varía entre 10 y 15 m en las zonas del escurpe

Se asumió: $H = 12$ m

Para estabilidad de talud de esa altura, la cementación debe dar al conglomerado una cohesión del orden de:

$$[c = (KH \tan(45 + \phi/2)) / 2]$$

$$c = 4.5 \text{ ton/m}^2$$

Sin embargo debido a la erosión interna los cementuntes retiran y esa cohesión baja hasta que se produce la fall

Los datos de penetración normal en el conglomerado, tan las mínimas como las debidas a fricción, sugieren que:

$$\phi = 34^\circ$$

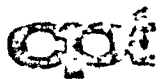
Para los suelos finos que subyacen al conglomerado, los da de penetración, aunque no muy confiables, sugieren valores resistencia al corte no drenada de 5.5 a 10 ton/m²

$$C_u = 8 \text{ ton/m}^2$$

ANÁLISIS RETROSPECTIVO:

Resistencia de la arilla:

Si $H_{min} = 12$ m y $\phi = 0$ se tiene $C_u = 8$ ton/m² \cong 8.5 ton/m²



$$B = 12 \text{ m}$$

$$C_u = 6 \text{ ton/m}^2$$

Se considera un valor adecuado para trabajar

Resistencia del conglomerado:

Como se dijo $\phi = 34^\circ$

$H_{\min} = 12 \text{ m}$ para

$$B = \frac{12}{\tan\left(45 + \frac{34}{2}\right)} = 6.38 \text{ m}$$

$$C = \frac{\gamma \cdot 6.38}{4} = 3.19 \text{ ton/m}^2$$

Si falla por arcilla (Ver gráfico):

$$B = 1 \text{ m}$$

$$\phi = 0$$

$$H = 12 \text{ m}$$

$$C = 6 \text{ ton/m}^2$$

$$\Rightarrow \sigma_t = 1 \text{ ton/m}^2$$

$$B = 3 \text{ m}$$

$$\phi = 0$$

$$H = 12 \text{ m}$$

$$C = 6 \text{ ton/m}^2$$

$$\Rightarrow \sigma_t = 3 \text{ ton/m}^2$$

Si falla por conglomerado (Ver gráfico):

$$B = 1 \text{ m}$$

$$\phi = 34^\circ$$

$$C = 3.19 \text{ ton/m}^2$$

$$H = 12 \text{ m}$$

$$\Rightarrow \sigma_t = 0.5 \text{ ton/m}^2$$

$$B = 3 \text{ m}$$

$$\phi = 34^\circ$$

$$C = 3.19 \text{ ton/m}^2$$

$$H = 12 \text{ m}$$

$$\Rightarrow \sigma_t = 1.5 \text{ ton/m}^2$$

Conclusion parcial:

La falla por la arcilla solicita más intensamente requerir por tracción del conglomerado.

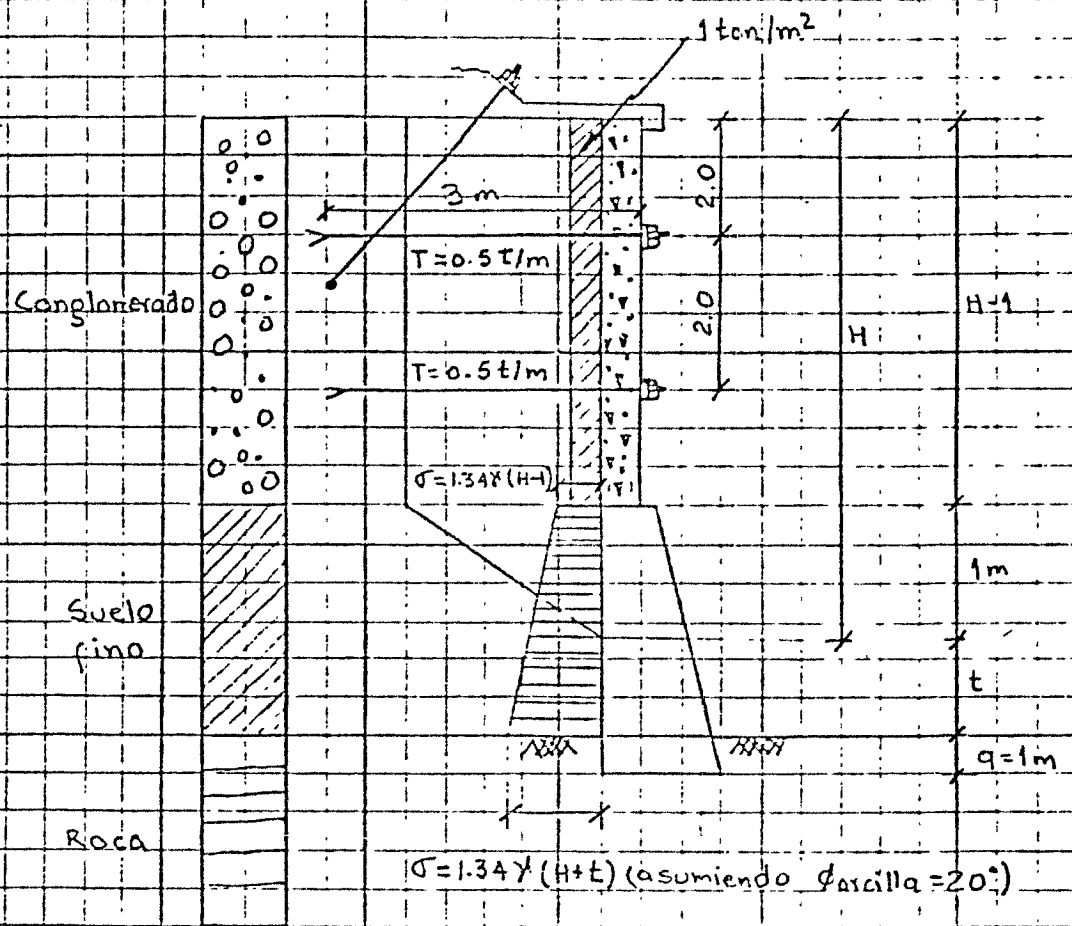
Si no se permite construir contra el resaca, el σ_t es superior es de 1.0 ton/m^2

$$C = 1.0 \text{ ton/m}^2$$



Proyecto _____ Hoja 9 de _____
 Origen _____
 Cálculo _____ Fecha _____

Para estas condiciones hay que mantener la arcilla y de
 suelos finos con un muro de contención, y proteger el congl
 merado con una losa de concreto lanzado anclada



Baja presión de inyección aproximadamente $5 \text{ ton/m}^2 = 0.5 \text{ kg}$

Anclaje fijo con mortero de inyección "duro" = 2 m

Anclaje libre con mortero de inyección "blando" = 4 m

Longitud tendones = 3 m

Longitud anclaje = 2 m

tendones varilla lisa (A-37) N° 4 con anclaje y resaca en los extremos anterior y posterior respectivamente.



DISEÑO DEL MURO DE CONTENCIÓN

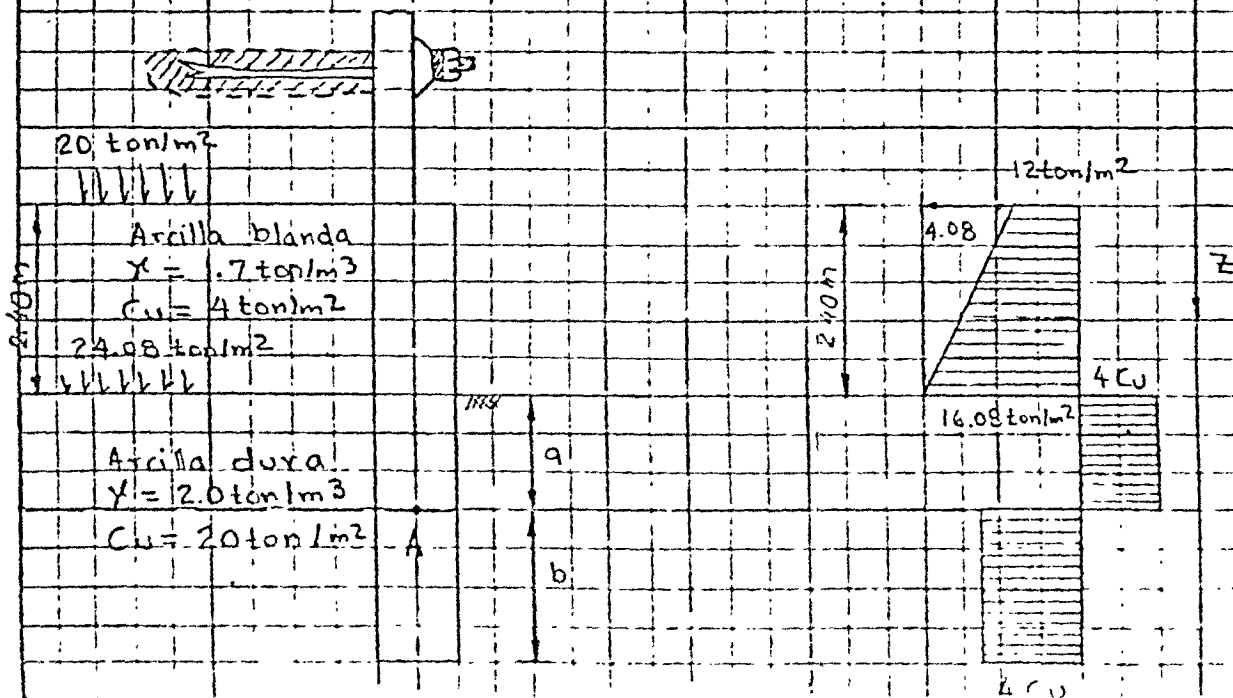
Se presenta aquí el análisis de fuerzas que actúan contra el muro de contención que pretende proteger a la arcilla blanda.

Se pensó en un muro pantalla para no tener que recurrir a estructuras de gravedad, de volúmenes muy apreciables.

Se evalúan pues aquí los esfuerzos activos y pasivos que actuarían contra el muro y se deduce de su magnitud la profundidad de cimentación en la arcilla dura y los esfuerzos y momentos flectores a que se vería sometida la estructura.

Se hace igualmente un análisis estructural simplificado para tener una idea del dimensionamiento del muro de contención.

El análisis debe de todas formas ser ejecutado por un ingeniero estructural que decida finalmente la solución estructural óptima.





Proyecto

Hoja // de

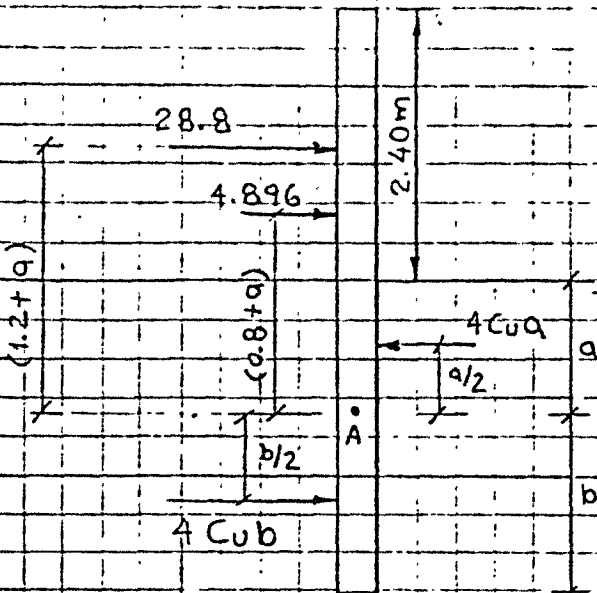
Código

Descripción

Material

Fecha

EL MURO DE CONTENCIÓN:



$$\sum F_H = 0$$

$$33.696 + 4C_u(b-a) = 0$$

$$\Rightarrow b = C_u a - 8.424$$

$$9.424 + C_u b - C_u a = 0$$

$$\sum M_A = 0$$

$$28.8(1.20+a) + 4.896(0.8+a) - 2C_u a^2 - 2C_u b^2 = 0$$

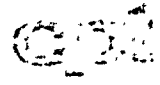
$$\Rightarrow 38.4768 + 33.696a - 2C_u a^2 - 2C_u \left(\frac{C_u a - 8.424}{C_u} \right)^2 = 0$$

$$\Rightarrow 38.4768 + 33.696a - 2C_u a^2 - \frac{2}{C_u} (C_u^2 a^2 - 16.848C_u a + 70.9438) = 0$$

$$\Rightarrow 38.4768 + 33.696a - 2C_u a^2 - 2C_u a^2 + 33.696a - \frac{141.9276}{C_u} = 0$$

$$\Rightarrow 4C_u a^2 - 67.392a + \frac{141.9276}{C_u} - 38.4768 = 0$$

$$\Rightarrow a = \frac{67.392}{4C_u} \pm \sqrt{\left(\frac{67.392}{4C_u}\right)^2 - 16C_u \left(\frac{141.9276}{C_u} - 38.4768\right)}$$



Problema

Resolución

Riesgo

Fecha

$$\Rightarrow a = \frac{8.424}{C_u} + \sqrt{\frac{70.4632}{C_u^2} - \frac{35.4819}{C_u^2} + \frac{0.6012}{C_u}}$$

$$\Rightarrow a = \frac{1}{C_u} \left(8.424 + \sqrt{35.4819 + 9.6192 * C_u} \right)$$

C_u	10	15	20	25	30
a	1.9899	1.4555	1.1760	1.0014	0.8809
b	1.1475	0.8939	0.7548	0.6645	0.6001
a+b	3.1474	2.3493	1.9307	1.6659	1.4809

Fuerza cortante:

Entre $z=0$ y $z=2.40$ m $V = 12z + 0.85z^2$ ton/m

Para $z = 2.40$ m $V = 33.696$ ton/m

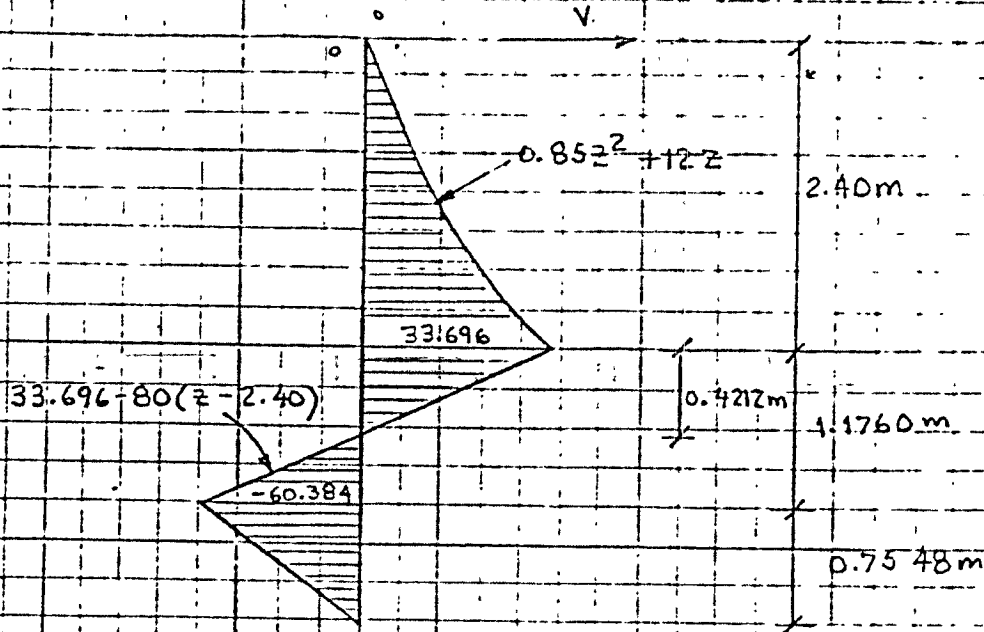
Entre $z=2.40$ y $z=3.576$ $V = 33.696 - 80(z - 2.40)$

Para $z = 3.576$ $V = -60.384$ ton/m

Entre $z=3.576$ y $z=4.331$ $V = -60.384 + 80(z - 3.576)$

Para $z = 4.331$ $V = 0$

FUERZAS CORTANTES:



MOMENTOS FLECTORES:

Entre $z=0$ y $z=2.40$ m

$$M = 0.2833z^3 + 6z^2$$

$z = 2.40$ m

$$M = 38.4763 \text{ (ton}\cdot\text{m) / m}$$

Entre $z=2.40$ y $z=3.576$ m

$$M = 38.4763 + 33.696(z-2.40) - 40(z-2.40)^2$$

$z = 2.8212$ m

$$M_{\max} = 45.5727 \text{ (ton}\cdot\text{m) / m}$$

$z = 3.576$ m

$$M = 22.7838 \text{ (ton}\cdot\text{m) / m}$$

Entre $z = 3.576$ y $z = 4.331$ m

$$M = 22.7838 - 60.384(z-3.576) + 40(z-3.576)^2$$

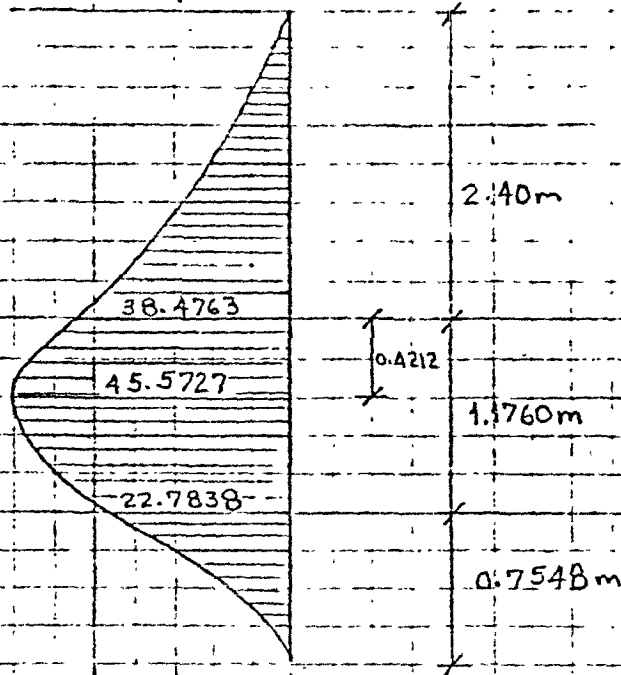
$z = 4.331$ m

$$M = 0$$

20

14

MOMENTOS FLECTORES



$$Si f'_c = 3000 \text{ PSI}$$

$$f_y = 60,000 \text{ PSI}$$

$$P_b = \frac{0.85 * 3000}{60,000} * 0.85 * \left(\frac{27,000}{27,000 + 60,000} \right) = 0.02132$$

$$P_{max} = 0.060$$

$$P_{min} = 0.00333$$

$$Si \rho = 0.01, m = \frac{60,000}{0.85 * 3000} = 23.5294$$

$$R_n = 0.01 * (1 - 0.5 * 0.01 * 23.5294) * 60,000 = 529.4112 \text{ PSI}$$

$$R_n = 372.9954 \text{ ton/m}^2$$

$$d^2 \text{ req. uside} = \frac{45,5727}{372.9954} = 0.1222 \text{ m}$$

$$b = 1.0 \text{ m} \quad d = 0.35 \text{ m}$$



Muro de 0.45 m de ancho para 10 cm de recubrimiento de concreto.

$$A_s \text{ requerido} = P \times b \times d$$

$$A_s \text{ requerido} = 0.61 \times 1 \times 0.45 = 0.0045 \text{ m}^2 = 45 \text{ cm}^2$$

$$A_s \text{ requerido} = 6.9750 \text{ in}^2 \approx 9 \text{ varillas de } \phi = 1" \text{ en } 1 \text{ de longitud}$$

Requerzo horizontal: 4 varillas de $\phi = 1/2$ cada metro.

TABLAS DE RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE LABORATORIO

TABLA DE RESULTADOS DE PRUEBAS DE LABORATORIO

PROYECTO: DESLIZAMIENTO ORILLA IZQUIERDA, RIO MAGDALENA, FLANDES.

TABLA Nº 1

SONDEO	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2
MUESTRA	2	9	20	32	36	36	36	36	36	2	8	11	-	-
PROFUNDIDAD (m)	0.85	4.35	10.75	17.75	19.75	19.75	19.75	19.75	19.75	0.75	3.75	5.15	5.8	6.25
HUMEDAD NATURAL w (%)	7	10	13	12	27	27	27	27	27	5	20	17		
PESO UNITARIO γ (ton/m ³)														
RELACION DE VACIOS (e _o)														
LIMITE LIQUIDO	26	NL	19	NL	42	42	42	42	42	NL	49	32		
LIMITE PLASTICO	20	NP	16	NP	24	24	24	24	24	NP	20	22		
INDICE DE PLASTICIDAD (IP)	6	NL-NP	3	NL-NP	18	18	18	18	18	NL-NP	29	10		
INDICE DE CONSISTENCIA														
CLASIFICACION (USC)	ML	SM	SM	SM	CL	CL	CL	CL	CL	SM	CL	SC		
RESISTENCIA A LA COMPRESION INCONFINADA q_u (K/cm ²)													16.6	45.1
RESISTENCIA ANTE CARGA PUNTUAL, K / cm ²													0.7	2.0
% PASA TAMIZ Nº 4		74	71	83						89		99		
% PASA TAMIZ Nº 10		60	62	71						78		98		
% PASA TAMIZ Nº 40		37	43	45						52		97		
% PASA TAMIZ Nº 200		16	20	23						23		39		

TABLA DE RESULTADOS DE PRUEBAS DE LABORATORIO

PROYECTO: DESLIZAMIENTO ORILLA IZQUIERDA, RIO MAGDALENA, FLANDES.

TABLA Nº 2

SONDIO	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3
MUESTRA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	7	14	-
PROFUNDIDAD (m)	6.50	7.00	7.25	7.75	8.50	8.90	0.75	3.25	6.30	6.60	6.60	6.60	6.60
HUMEDAD NATURAL W (%)				10		11	35	38	24	23			
PESO UNITARIO γ (ton/m ³)				2.20		2.27							
RELACION DE VACIOS (e _o)													
LIMITE LIQUIDO							58	71	31	43			
LIMITE PLASTICO							29	27	22	29			
INDICE DE PLASTICIDAD (IP)							29	44	9	14			
INDICE DE CONSISTENCIA													
CLASIFICACION (USC)							CH	CH	CL				
RESISTENCIA A LA COMPRESION INCONFINADA q_u (K/cm ²)	100.8	133.0	76.1	36.5	71.3	65.4							
RESISTENCIA ANTE CARGA PUNTUAL, K/cm ²	4.3	5.7	3.0	3.7	3.0	2.8							
% PASA TAMIZ Nº 4							98	97	100				
% PASA TAMIZ Nº 10							97	95	99				
% PASA TAMIZ Nº 40							96	91					
% PASA TAMIZ Nº 200							82	90					

TABLA DE RESULTADOS DE PRUEBAS DE LABORATORIO

PROYECTO DESLIZAMIENTO ORILLA IZQUIERDA, RIO MAGDALENA, FLANDES.

TABLA Nº 3

SOLUCIO	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	5
MUESTRA	-	-	-	-	-	-	-	2	5	9	14	18	3
PROFUNDIDAD (m)	7.60	8.10	8.70	9.30	0.75	2.75	4.25	6.75	8.75	23	23	23	1.25
PROBIDAD NATURAL W (%)	11	8	8		30	24	24						23
PESO VOLUMETARIO γ (ton/m ³)	2.20	2.29	2.30										
CONTENIDO DE VACIOS (eo)													
CONTENIDO LIQUIDO					31	47	46	43	49	52			
CONTENIDO PLASTICO					28	25	28	30	30	15			
INDICE DE PLASTICIDAD (IP)					3	22	18	13	19	17			
INDICE DE CONSISTENCIA													
CLASIFICACION (USC)					ML	CL	ML	ML	ML	CL	ML	ML	CL
RESISTENCIA A LA COMPRESION LIMITE FINADA c_u (K/cm ²)	79.2	76.9	72.3	67.3									
RESISTENCIA ANTE CARGA PUNTUAL, K / cm ²	5.4	7.6	4.7	2.9									
% PASA TAMIZ Nº 4					99			97	95				
% PASA TAMIZ Nº 10					97			93	9				
% PASA TAMIZ Nº 40					88			90	88				

TABLA DE RESULTADOS DE PRUEBAS DE LABORATORIO

4

TABLA Nº

DESPLAZAMIENTO ORILLA IZQUIERDA, RIO MAGDALENA, FLANDES.

PROYECTO

SONDEO	5	5	5	5	5	5	5	5	6	6	6	6
MUESTRA	11	-	-	-	-	-	-	-	3	6	6	9
PROFUNDIDAD (m)	5.25	7.40	8.10	8.50	9.20	9.20	1.25	1.25	2.75	2.75	4.00	4.00
HUMEDAD NATURAL W (%)	24	8	11	10	10	12	12	12	13	13	24	24
PESO UNITARIO γ (ton/m ³)		2.19	2.22	2.21	2.21							
RELACION DE VACIOS (e _o)												
LIMITE LIQUIDO	48	41					20	20	NL	NL	42	42
LIMITE PLASTICO	32	26					NP	NP	NP	NP	28	28
INDICE DE PLASTICIDAD (IP)	16	15					NL-NP	NL-NP	NL-NP	NL-NP	14	14
INDICE DE CONSISTENCIA												
CLASIFICACION (USC)	ML						SM	SM	SM	SM	ML	ML
RESISTENCIA A LA COMPRESION EQUIVALENTE (K/cm ²)		95.4	55.5	96.5	46.0							
RESISTENCIA ANTE CARGA FURTIVA, K/cm ²		5.4	2.6	3.2	2.0							
% PASA TAMIZ Nº 4		91					85	85	87	87		
% PASA TAMIZ Nº 10		85					74	74				
% PASA TAMIZ Nº 60		77					52	52				

Bogotá, D.E., 1º de Agosto de 1990

0800
VIII-6-90

Señor Doctor
JOSE LUIS MARULANDA O.
Jefe División Ingeniería
CORTOLIMA
Ibagué.-

REF.: Estudio Control de Erosión Flandes.

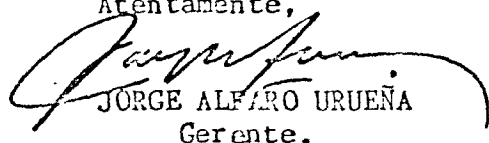
Estimado Doctor Marulanda:

En atención a su comunicación Nº 3321 del 9 de Julio pasado con la presente nos permitimos remitir la documentación solicitada por Usted. Esta documentación es la siguiente:

- Especificaciones técnicas de construcción de los items: Concreto lanzado, tensores de anclaje y drenajes en PVC. Las especificaciones de los otros items CORTOLIMA dispone ya de ellas.
- Cálculos de capacidad portante, deformaciones horizontales de la pantalla en concreto, capacidad portante ante carga vertical y asentamientos verticales.
- (50) Fotografías recibidas en préstamo de CORTOLIMA.
- Dos (2) copias heliográficas del Proyecto.
- Los detalles de las obras están incluidos en el Plano Nº 5 entregado ya a CORTOLIMA; los concernientes al "frente de estabilización": Cota efectiva a proteger, longitud, cotas, etc., se deberá precisar cuando se ejecute la obra ya que se trata de un problema evolutivo.

Adicionalmente y aún cuando no figura dentro de lo solicitado por Usted se anexa también el análisis comparativo de las posibles soluciones de estabilización.

Atentamente,


JORGE ALFARO URUEÑA
Gerente.

Anexo: lo anunciado.

c.c. Dr. Hugo Albarello B. Sub-Director Técnico - CORTOLIMA.
Dr. Hernando Pérez. Ingeniero Coordinador, Interventoría CP
Ibagué.

JAU/mcgh.

CONCRETO LANZADO

I. ALCANCE

Este Capítulo comprende los requisitos que se deben cumplir para la elaboración y aplicación del concreto lanzado que sea necesario para la obra. Establece las normas para medida y pago de la parte de la obra relacionada con la aplicación de concreto lanzado para protección de superficies de las excavaciones en corte abierto y superficies naturales del terreno.

II. DEFINICION

Para el propósito de la obra, el concreto lanzado vía húmeda se define como mortero o concreto descargado en una bomba y conducido a través de una manguera para ser proyectado neumáticamente a alta velocidad sobre una superficie. El concreto lanzado consistirá en una mezcla de cemento, agregados grueso y fino, aditivos plastificantes, superplastificantes, acelerantes y agua. Este concreto tendrá malla de refuerzo donde se muestre en los planos o cuando así lo indique la empresa.

III. MATERIALES

a) Cemento

El cemento para el concreto lanzado deberá cumplir con los requisitos correspondientes al TIPO I.

b) Agregados

Los agregados para el concreto lanzado deberán cumplir los requisitos de calidad establecidos para el hormigón de alta resistencia.

Las granulometrías de los agregados para mezclas deberán tener tamaños nominales menores de 12.7 milímetros (1/2 pulgada), los cuales deberán ser establecidos por el Contratista y aprobados por la Empresa.

c. Aditivos

A criterio de la empresa se deberá utilizar un aditivo tipo acelerante, tal como HPS Shotcrete Accelerator, Sigunit - L20 con equivalente aprobado, para obtener altas resistencias en el tiempo. Los tiempos máximos de fraguado inicial y final de mezcla cemento - aditivo deberán ser los establecidos en la tabla 20.1.

TABLA 20.1

Tiempo máximo para el Fraguado Inicial tres minutos

Tiempo máximo para el Fraguado Final 40 minutos.

Resistencia mínima a la compresión inconfiada a las 24 horas, determinadas sobre probetas cúbicas. 47 Kg/cm².

El tiempo de fraguado deberá determinarse de acuerdo con la Norma ASTM C-191 modificada como se indica a continuación: el acelerante deberá mezclarse con 50 gramos de cemento. La pasta se prepara agregando agua de tal forma que la relación agua-cemento sea igual al 0.4. En esta operación deberá utilizarse el menor tiempo posible para obtener una mezcla apropiada sin alterar el fraguado inicial de la pasta.

La resistencia a la compresión del mortero será determinada de acuerdo con la Norma ASTM - C-109, excepto que el acelerante del agregarse a un mortero, preparado con una relación agua-cemento de 0.40 en el porcentaje que se espera utilizar en la mezcla concreto neumático. Para poder lograr el molde de las muestras antes de que ocurra el fraguado inicial de la mezcla, los intervalos de tiempo fijados por la norma anterior no tendrán que cumplirse.

Los aditivos no deberán causar corrosión del acero de refuerzo ni deberán ocasionar otros efectos indeseables tales como descascaramiento o agrietamiento del concreto. Las cantidades y tipos de aditivos que se empleen deberán ser tales que la resistencia final del concreto sea siempre igual o mayor que la resistencia mínima especificada en la sección.

Los aditivos deberán ser suministrados en garrapas plásticas o tambores de 55 galones evitando que éstos deterioren o se pierdan. En caso de presentarse cristalización el producto deberá ser rechazado.

d) Agua

El agua para el concreto neumático deberá cumplir con los requisitos especificados para agua a emplearse en la elaboración del concreto.

IV. PROPORCIONES

Las proporciones de los materiales para el concreto neumático deberán ser determinadas por el Contratista y sometidas a la aprobación de la Empresa pero dicha aprobación no relevará al Contratista en forma alguna de responsabilidad de producir un concreto neumático de la calidad especificada, con resistencia mínima a compresión inconfiada de 280 kg/cm^2 a los 28 días determinado en probetas cilíndricas. La dosificación de las materias primas se hará en peso y las cantidades de cada material serán las que cumplan con el diseño para lograr la resistencia especificada para el proyecto a la edad de 28 días. Para la aceptación se aplicarán los criterios que establece el Código Colombiano de Construcciones Sismo-Resistentes Decreto 1400 de 1984. Las materias primas deben cumplir con las normas Icontec vigentes, en su defecto se aplicarán Normas ASTM.

V. DISPOSICIONES PARA VENTILACIÓN Y LIMPIEZA

Las operaciones de dosificación y mezcla de los agregados y el cemento deberán efectuarse en el interior de una planta de mezcla y de dispo-

sitivos de dosificación adecuados. La proporción de agregados y cemento se deberá establecer con base en el peso de los ingredientes.

Los agregados, el cemento, los aditivos plastificantes y el agua deben mezclarse íntimamente antes de que se depositen en la máquina o en la bomba. El aditivo acelerante se colocará en un dosificador de capacidad regulable y para garantizar la cantidad máxima de entrada a la boquilla.

El material ya mezclado deberá utilizarse dentro de un tiempo máximo de 120 minutos, o de lo contrario se desechará sin pago alguno, excepto cuando dicho tiempo sea prorrogado a 150 minutos por la Empresa, si ella considera que las condiciones de trabajo son tales que se puedan obtener resultados satisfactorios.

VI. EQUIPO

Se deberá emplear el método húmedo de aplicación de concreto neumático y por consiguiente todo el equipo deberá ser adecuado para la aplicación de concreto neumático por este procedimiento.

El equipo para aplicación de concreto lanzado deberá consistir en las carretillas que descarguen sobre la bomba de concreto, el material en la planta, además de la manguera y la pistola con boquilla con sus respectivos reguladores de aditivo y aire proveniente de un compresor.

El sistema de suministro de aire comprimido deberá tener capacidad suficiente para el suministro continuo de aire a la manguera de conducción de la mezcla de agregados, cemento y aditivos, a las presiones y volúmenes recomendados por el fabricante de la máquina impulsora. No se permitirá el uso de sistemas de suministro de aire comprimido que suministren aire contaminado con aceite.

La máquina impulsora deberá tener capacidad suficiente para suministrar los materiales a la manguera de conducción a la boquilla, a una tasa uniforme y con una velocidad tal que permita la aplicación del material sobre la superficie.

cie que se va a revestir se realice con un mínimo de rebote y un máximo de adherencia y densidad.

Se deberán proveer plataformas de trabajo o andamios que permitan aplicar concreto lanzado desde una distancia de aproximadamente un metro de la superficie que se va a recubrir.

Se deberán proveer manómetros para el control adecuado de las presiones de aire, durante la aplicación del concreto neumático. Por ningún motivo se permitirá el empleo de equipos que no dispongan de manómetros que estén funcionando correctamente. El Contratista no tendrá derecho a solicitar extensión de plazo o compensación de cualquier otra índole, por atrasos ocasionados en la aplicación de concreto lanzado por no disponer de manómetros en perfectas condiciones de funcionamiento.

VII. PREPARACION DE LAS SUPERFICIES

a) Limpieza

Todas las superficies que hayan de recibir concreto lanzado se deberán limpiar de material suelto o flojo, polvo, barro o cualquier otra materia objetable. La limpieza se deberá hacer con chorros de aire y agua a presión o cualquier otro método aprobado por la Empresa.

Cualquier material de la superficie que, en opinión de la Empresa está flojo o deteriorado se deberá remover hasta una profundidad que permita encontrar una base lo suficientemente firme como para recibir el concreto. Las superficies se deberán mantener húmedas desde el momento en que se termine la limpieza hasta cuando se aplique el concreto neumático.

b) Calibradores para medir el Espesor

Antes de aplicar el concreto lanzado, el Contratista deberá

trar e instalar en las superficies que van a recibirlo, varillas de calibración aprobadas por la Empresa, con el fin de medir el espesor de las capas de concreto lanzado. Estas varillas se instalarán de tal manera que haya por lo menos una varilla de calibración para cada (1M2) metro cuadrado de superficie preparada y aprobada para recibir el concreto lanzado, distribuidas según el patrón indicado por la Empresa. Este espaciamiento se puede reducir si, a juicio de la Empresa, se requieren más calibradores para asegurar espesores uniformes. Estas varillas de calibración deberán tener un diámetro mínimo de cuatro milímetros. Su longitud será establecida por la Empresa para las diferentes excavaciones.

VIII. APLICACION

a) Mano de Obra

El concreto lanzado con la mezcla aprobada se deberá aplicar en forma circular hasta obtener el espesor requerido en la respectiva capa.

Los operarios de la boquilla de riego deberán tener amplia experiencia en la aplicación de concreto lanzado con agregado grueso, deberán trabajar bajo la inmediata supervisión de un capataz instructor experimentado en esta clase de trabajos. Cada cuadrilla de trabajo deberá mostrar, a satisfacción de la Empresa, que tiene habilidad en la aplicación de concreto lanzado sobre paneles de pruebas verticales, de techo y horizontales y antes de empezar el trabajo de aplicación de concreto lanzado en la obra. La Empresa podrá exigir en cualquier momento el retiro y reemplazo de cualquier operario que demuestre incompetencia para este trabajo.

Tal como se especifica anteriormente, el Contratista no podrá iniciar la aplicación de concreto neumático en la obra, hasta que no haya realizado las pruebas que permitan demostrar que dispone de personal con amplia experiencia en la realización de estas actividades.

El Contratista tendrá derecho a solicitar autorización de
una prueba de resistencia a la flexión, por acción de la carga
pueda tener lugar el momento a lo especificado antes.

b) Rebote

El Contratista deberá evitar de las formas de trabajo todo el
material de rebote del concreto lanzado de tal manera que no
acumulación del mismo. El material de rebote, se deberá tra-
tar a las zonas de desecho. Bajo ninguna circunstancia se per-
dará la reutilización del material de rebote.

d) Curado

El concreto lanzado que haya endurecido lo suficiente se de-
curar según lo que se plantea en el numeral XII.

16. CONCRETO VIBRADO PAÑADO O DESPAÑADO

Cuando así lo indique la Empresa, el concreto lanzado que no se adhiera
al conglomerado o cuando el concreto lanzado previamente aplicado no cu-
con alguno de los requisitos especificados en este capítulo, o que
sido dañado en cualquier momento durante la ejecución de la obra,
ser retirado y reemplazado por y a cuenta del Contratista, con con-
creto lanzado nuevo de las mismas características, a entera satisfacción de
Empresa. No se permitirá por ninguna circunstancia efectuar reparaciones
normales en el concreto lanzado.

X. REPARACIONES

c) Superficie

Se deberá evitar de las formas de trabajo todo el material de rebote del
concreto lanzado de tal manera que no se acumule el mismo. El material de
rebote, se deberá tratar a las zonas de desecho. Bajo ninguna circunstancia
se perderá la reutilización del material de rebote.

Todos los ensayos previos a la aplicación del concreto lanzado deberán hacerse a cargo del Contratista, con el tipo y aditivo que el Contratista usará durante la ejecución de la obra, con cemento y aditivos de los tipos y marcas que el Contratista se propone emplear durante la ejecución de la obra y con los equipos de dosificación de aditivos, el método de aire contenido y aplicación de concreto pompado que el Contratista se propone emplear durante la ejecución de la obra.

Si durante el desarrollo de los trabajos al Contratista cambia las fuentes de materiales, al tipo de cemento y aditivo y las instalaciones, equipos y procedimientos de aplicación de concreto lanzado, o si se están obteniendo resultados que no cumplan con lo especificado en este Capítulo, el Contratista deberá hacer todos los cambios de suministro de materiales, de instalación, equipos y procedimientos que le solicite la Empresa y deberá realizar nuevos ensayos, previos a la aplicación del concreto lanzado, de acuerdo a las instrucciones de la Empresa, hasta que se demuestre, a satisfacción de la Empresa, que el Contratista está en capacidad de elaborar y aplicar concreto lanzado que cumpla con todos los requisitos establecidos en este Capítulo. No habrá medida ni pago por el concreto lanzado que el Contratista coloque en el frente o frentes de trabajo donde se están obteniendo resultados que no cumplan con lo especificado en este Capítulo.

b) Pruebas de las Mezclas

El Contratista deberá hacer ensayos de mezclas por lo menos con 30 días de antigüedad a la aplicación del concreto pompado en cualquier superficie que forme parte permanente de la obra. Las mezclas se deberán preparar con los tipos de cemento y aditivo que el Contratista se propone emplear durante la ejecución de la obra. Deberán incluir los ensayos de aplicación de concreto lanzado que el Contratista se propone emplear

ción de la Empresa que dispone de los equipos necesarios para la aplicación de concreto neumático, los cuales deberán estar y mantenerse en correcto estado de funcionamiento.

El Contratista deberá aplicar concreto neumático sobre paneles de madera colocados con la misma inclinación del sitio de trabajo, cada 20 metros cúbicos, cada frente de trabajo o si el volumen diario es menor a 28 m³ se tomará un panel diario.

El concreto lanzado aplicado sobre los paneles de madera se deberá someter a curado de acuerdo con las instrucciones de la Empresa a quien le serán entregados los paneles de madera. De estos paneles se deberán cortar probetas cilíndricas de aproximadamente 7.5 cms., de altura y diámetro para ensayos a las edades de tres días, 7 días y 28 días y 14 días opcional como testigo.

El Contratista deberá suministrar el concreto para que la Empresa pueda obtener un mínimo de 10 probetas cúbicas cilíndricas para cada mezcla y para cada panel.

La Empresa a sus costas llevará a cabo ensayos de resistencia a la compresión confinada sobre estas probetas cúbicas.

Las mezclas del concreto lanzado se deberán diseñar para obtener en los cilindros de prueba resistencias a la compresión a 3 días 40% a 7 días 70% a 28 días 100%. Este criterio se basa en la resistencia a la compresión de 100 kg/cm² a los 28 días de edad determinados según la ASTM para cilindros, considerando en cuenta que la resistencia a la compresión del cilindro estándar equivale al 85% de la resistencia del espécimen estándar.

No se deberá aplicar en la obra ninguna mezcla de concreto que no cumpla con estas especificaciones y tener que la resistencia

de composición de la mezcla, según lo determinado sobre las bases de las mezclas de ensayo, se ajusten a las especificaciones.

Las proporciones de los ingredientes adoptadas para los ensayos de ensayo deberán ser las mismas que se utilicen para el concreto lanzado que se vaya a utilizar en la obra y no podrá haber una mayor proporción de los componentes.

La Empresa deberá efectuar pruebas semejantes a las descritas cuando se desean cambiar las proporciones de los componentes del concreto lanzado.

XI MEDIDA Y PAGO

a) Generalidades

A menos que se especifique algo diferente, en estos precios deberá incluir el suministro de todos los materiales, a excepción de aditivos, toda la mano de obra, instalaciones y equipos necesarios para preparar las superficies que habrán de recibir el concreto lanzado, así como también la dosificación, mezcla, transporte y aplicación del concreto lanzado, según lo especificando.

No habrá medida ni pago por separado por la realización de siguientes trabajos requeridos para completar esta parte de obra:

1. Preparación de las superficies sobre las cuales se vaya a aplicar concreto lanzado.
2. Suministro e instalación de calibradores para medir espesores de concreto lanzado y ejecución de perforaciones para verificar espesores.

3. No habrá medida ni pago por separado por los aditivos que el Contratista emplee para la correcta aplicación del concreto neumático de acuerdo con estas especificaciones. El costo de los aditivos deberá estar incluido dentro del ítem de pago del concreto neumático.
4. Remoción y disposición del material de rebote.
5. Curado del concreto lanzado.
6. Retiro y reemplazo de concreto neumático dañado o defectuosos que haya sufrido deterioro por causas imputables al Contratista.
7. Suministro de muestras, aplicación de concreto lanzado en paneles de pruebas, para los ensayos.
8. Concreto neumático usado por el Contratista para su propia conveniencia, incluido el concreto lanzado que el Contratista aplique con anterioridad al cumplimiento de todos los requisitos previos establecidos en este Capítulo.
9. Todos los demás trabajos que deberá ejecutar el Contratista para cumplir lo especificado en este Capítulo y que no son objeto de ítems separados de pago.
10. La toma de muestras, el suministro de paneles, la obtención de las probetas, la ejecución de los ensayos de resistencia y otros, serán efectuados por la Empresa a sus costas y el Contratista únicamente suministrará los concretos.

b) Medida

La medida para el pago del concreto lanzado, será el volumen teórico en metros cúbicos del concreto lanzado colocado y aceptado por

la Empresa. El volumen teórico de concreto lanzado colocado se calculado multiplicando el área sobre la cual se aplica, que corresponderá siempre a la línea de excavación, por el espesor mostrada en los planos o indicado o autorizado por la Empresa.

c) Pago

La parte de la obra por llevar a cabo a los precios unitarios del Item 20 de la Lista de cantidades y precios consistirá en la elaboración y aplicación de concreto lanzado y el precio unitario debe incluir el suministro de todos los materiales, instalaciones, equipo y mano de obra para realizar los trabajos que no tendrán medido ni pago por separado según lo establecido en el Artículo XI y para realizar todos los trabajos que sean necesarios para completar esta parte de la obra, incluyendo todos los costos en que tenga que incurrir el Contratista para hacer cambios y modificación de instalaciones, equipos, materiales y mano de obra.

d) Item de Pago

Todo el costo de los trabajos especificados en este Capítulo debe estar cubierto por los precios unitarios cotizados por el Contratista en su propuesta para los siguientes Items:

Item	Descripción	Unidad de Medida
20.1	Concreto Lanzado	M3

XII. CURADO DEL CONCRETO

a) Generalidades

A menos que se especifique algo diferente, el concreto deberá curarse manteniendo las superficies permanentemente húmedas, el curado con agua se hará durante un período de por lo menos 7 días de pu

de la colocación del concreto, o hasta cuando la superficie cubra con más concreto. La Empresa podrá aprobar métodos alternativos propuestos por el Contratista.

b) Curado con Agua

Cuando se emplee agua para curar, el curado se hará cubriendo dichas superficies con un tejido de yute saturado de agua, ó un rociador de acción continua o mediante el empleo de cualquier otro sistema efectivo aprobado por la Empresa que conserve húmedas continuamente, y no periódicamente, las superficies que se vayan a cura desde el momento en que el concreto haya fraguado lo suficiente hasta el final del período de curado especificado.

c) Curado con Membrana

Cuando la Empresa autorice el curado del concreto con membrana éste se hará aplicando un compuesto sellante que al secarse forma una membrana impermeable en la superficie del concreto. El compuesto sellante deberá cumplir con los requisitos establecidos en Norma Iconte 1977 o en su defecto la Norma STM C-309 para compuestos líquidos del Tipo 2, de acuerdo con lo aprobado por la Empresa y deberá tener consistencia y calidad uniformes.

La membrana deberá protegerse permanentemente, de acuerdo con las instrucciones de la Empresa. Cuando sea inevitable el tráfico sobre la superficie de concreto, ésta deberá cubrirse con una capa de arena o de otro material aprobado como capa protectora.

TENSORES O PERNOS DE ANCLAJE Y MALLA DE ACERO ELECTROSOLDADA

I. ALCANCE

Este Capítulo cubre los requisitos para el suministro e instalación del acero de los tensores y la malla de acero electrosoldada para emplear como refuerzo en la solución de protección.

II. MATERIALES

a) Varillas lisas

Las varillas lisas para tensores deberán ser de acero de grado estructural, producidas por Acerías Paz del Río S.A., o varillas equivalentes aprobadas por la Empresa. Las varillas deberán cumplir la norma ICONTEC 161.

b) Malla electrosoldada

La malla electrosoldada, Tipo Q-4, de ϕ 5 mm y 150 x 150 mm para refuerzo de concreto deberá cumplir con los requisitos establecidos en las normas ASTM A82 y A185. El refuerzo deberá estar constituido por elementos de alta resistencia, laminados en caliente y estirados en frío, con resistencia garantizada a la rotura en ensayo de tracción de 5.250 kg/cm²; el espaciamiento entre varillas y el diámetro de éstas se indican en los planos.

III. PERNOS DE ANCLAJE

Los pernos de anclaje consistirán en varillas de acero de un diámetro de 16 milímetros y de una longitud de 2,4 metros, sin tensionar, ancladas firmemente en perforaciones hechas en el terreno y recubiertas con un material aprobado por la Empresa que garantice la protección de la varilla contra la corrosión.

El anclaje de los pernos se deberá obtener mediante el uso de mortero de cemen con acelerante, que garanticen que la barra pueda ser esforzada a tensión has el punto de fluencia del acero sin que falle el anclaje.

Las varillas para los pernos deberán cumplir la norma ICONTEC 161 para ace grado 37; toda varilla para perno deberá tener por lo menos 15 centímetros rosca en un extremo y gancho en el interior.

El acelerante para mortero no deberá utilizarse en proporciones mayores a 1 que garanticen una protección contra la corrosión y la resistencia a largo pla del mortero.

Las platinas de asiento se deberán utilizar en todos los pernos y deberá ten un espesor mínimo de 9.5 milímetros y un área neta no menor de 225 centimetr cuadrados.

Las tuercas para los pernos deberá ser de tipo hexagonal pesado y deberán cu plir con la Norma ASTM A-563 para Grado B.

Las arandelas planas y biseladas deberán ser de acero endurecido y se utilizar en todos los pernos. Deberán cumplir con los requisitos de la Norma ASTM 436.

III. a. Instalación de Pernos de Anclaje

El Contratista deberá instalar los pernos que sean necesarios para soport las superficies naturales o excavadas en los sitios mostrados en los plan o indicados por la Empresa. El Contratista será el único responsable del sopo te de las superficies excavadas hasta la finalización de la Obra, y no queda exento de esta responsabilidad sean cuales fueren las indicaciones de los pl nos, de la Empresa o la aprobación que la Empresa haya dado a los métodos , instalación de pernos propuestos por el Contratista.

Los métodos y equipos necesarios para la instalación de los pernos de ancla deberán ser los indicados por los fabricantes y estarán sujetos a la aprobación de la Empresa.

Las perforaciones para la instalación de los pernos de anclaje se deberán hacer exactamente del diámetro que se indique por la Empresa, y a las profundidades mostradas en los planos o indicadas por la Empresa. Antes de instalar un perno de anclaje dentro de un hueco, éste se deberá limpiar con aire y agua a presión a fin de remover los fragmentos de corte, lodo, polvo, roca suelta, barro, o cualquier otra materia extraña. A su vez, el perno deberá limpiarse de costras de óxido, aceite, grasa o cualquier otra materia extraña. La rosca del perno deberá estar limpia y sin rebabas, de tal forma que la tuerca cargue libremente en el mismo; estas roscas deberán cubrirse con un lubricante.

Después de instalado un perno y cualquier valla sostenida por el mismo, la rosca del perno deberá sobresalir de la tuerca en una longitud equivalente a, por lo menos, una y media veces el diámetro del perno.

Todos los huecos deberán perforarse normal a la línea de excavación mostrada en los planos o en la dirección que indiquen o apruebe la Empresa.

El mortero para inyección deberá dosificarse en pequeñas cantidades y utilizarse lo más rápidamente posible después del mezclado. El mortero que no haya sido empleado dentro de una hora después de la mezcla deberá desecharse. En los pernos que se inyectan, instalados horizontalmente, la inyección de mortero deberá hacerse cerca al extremo exterior del perno.

El mortero deberá inyectarse a una presión moderada que no exceda de 0.5 kilos por centímetro cuadrado y que garantice el relleno total del espacio entre el perno y las paredes del hueco y de las grietas en la roca que éste intercepta. El contratista deberá utilizar sellos apropiados a juicio de la Empresa, en el extremo exterior del hueco y en las vecindades de la platina de apoyo para evitar que el mortero se fugue del hueco durante la inyección.

La valla de refuerzo, deberá instalarse totalmente apropiada y asegurada. Los extremos de los extremos de las superficies sobre las cuales se coloca. La valla se fijará a los pernos mediante los sellos y se deberá asegurar que el perno sea capaz de soportar la carga.

III. b. Pago

El precio unitario deberá incluir el costo del material, transporte, almacenamiento, perforación del hueco, limpieza del hueco, preparación del mortero, colocación, inyección del mortero, colocación de las barras, anclajes, instalación y mano de obra. Incluye además los materiales de reparación y/o reparación de superficies afectadas.

III. c. Ítem de pago

DESCRIPCION	UNIDAD DE MEDIDA
Tensoros o pernos de anclaje	Und.

IV. MALLA ELECTROSOLDADA

La malla electrosoldada deberá colocarse en forma tal que quede en contacto con el concreto neumático previamente aplicado; el método que utilice el Contratista deberá ser aprobado por la Empresa. Para asegurar la malla a las superficies antes mencionadas el Contratista podrá utilizar las platinas y tuercas de los pernos de anclajes o clavijas de varillas de 1", enbebidas con mortero en perforaciones de por lo menos 10 cm. de profundidad no habrá medida ni pago por separado por las perforaciones, clavijas, mortero, platina y tuercas usadas para instalar la malla electrosoldada.

IV. a. Pago

El precio unitario deberá incluir el costo del material, transporte, almacenamiento, colocación, anclajes, limpieza, perforación y mano de obra y todo lo necesario para garantizar de una forma eficiente, segura y rápida, la instalación de la malla electrosoldada en la estructura de protección.

IV. b. Item de pago

Descripción

Unidad de Medida

Malla electrosoldada

Kilogramos

DRENAJES SOBRE LA SUPERFICIE DEL CONGLOMERADO

I. ALCANCE

Para evitar eventuales subpresiones sobre la protección en concreto la se deben instalar drenes horizontales en los puntos centrales entre ten o sea cada dos metros en ambas direcciones. Los drenes se constit Con tubería perforada de PVC, de 2" de diámetro, con perforaciones y re miento en geotextil; tendrán una longitud de 0.30 mts. y quedarán disp de la manera que se indica en el Plano N° 5.

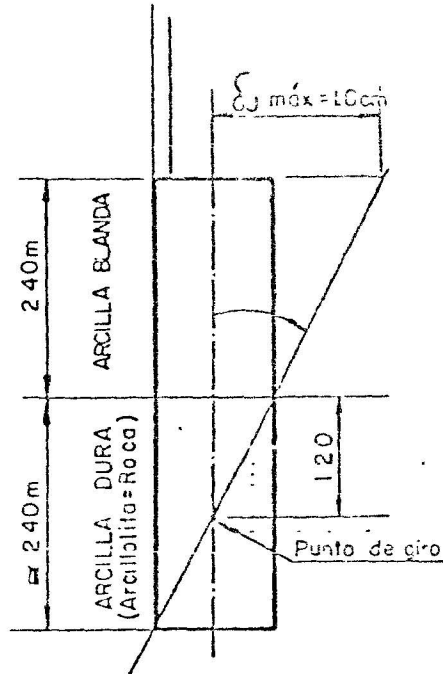
II. MEDIDA Y PAGO

Se pagará a todo costos, teniendo como medida de pago la unidad de drenaj

2. RESUMEN DE PUNTOS PRINCIPALES

I. Capacidad Portante

Esquema Simplificado (Ver página 41)



1. Análisis de capacidad portante ante carga lectural
(Ver estudio de referencia.)

2. Deformaciones horizontales
Muy aproximadamente según Lau y Whitman, (1969) = 0.5% en condición activa.

$$0.5 \times 10^{-2} \times (2.4 + 1.2) = 0.018 \text{ m.} = 1.8 \text{ cm.}$$

Para una altura de pantalla 4.8 m.

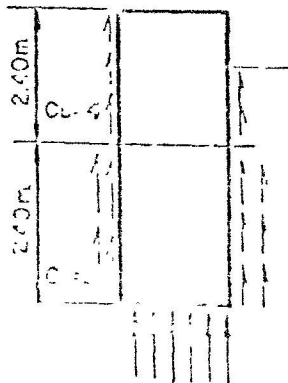
Este valor se verá reducido por:

- Reacción pasiva y deformación no lineal.
- Condiciones de frontera en el contacto con la pantalla del congelado.

3. Capacidad portante ante carga vertical

Componentes de resistencia: a) Capacidad por la base del muro

b) Capacidad por fricción



a) $5.14 \times 20 \times 0.45 \times 1.0 = 46.2 \text{ Ton/Metro Lineal.}$

b) $(4 \times 0.8) \times (2.4 + 1.20) \times 1.0 + (20 \times 0.3) \times 2.40 \times 2 = 40 \text{ Ton/Metro Lineal.}$

a + b = 86.3 Ton/ml.

Componente de la fuerza actuante.

a) Peso pantalla con $F_s = 2.0$

$(2.4 \times 4.5 \times 5 \text{ m}) \times 2 = 10.8 \text{ Ton/mi.}$

10.8 Ton. Vrs. 86.5 Ton. No hay ningún problema.

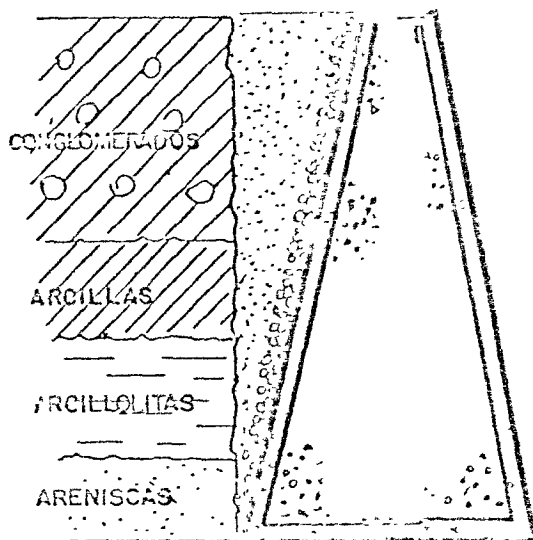
4. Asentamientos Verticales

Muro con base en la roca (arcillolita), que para efectos prácticos es incompresible, lo cual implica asentamientos mínimos, casi nulos.

Adicionalmente, como la mitad del muro está "dentro" del terreno, habrá que considerar un peso "sumergido" lo cual reduce la magnitud de los asentamientos; de igual manera actúa la fricción lateral al disminuir la carga neta por la base.

1. ANALISIS COMPARATIVO DE LAS POSIBLES SOLUCIONES DE ESTABILIZACION

1. Muro de Gravedad en Concreto



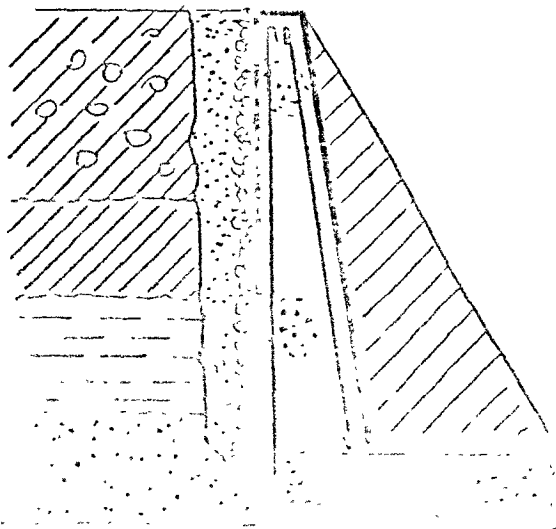
Ventajas:

- Factor de seguridad elevado
- Continuidad estructural
- Unico método constructivo
- No requiere de facilidades tecnológicas especiales.
- Gran resistencia a los ataques metéoros.

Desventajas:

- Excavación grande en roca
- Utilización de rellenos escogidos.
- Utilización intensiva de drenajes.
- Volumen monumental de concreto
- Elevado costo
- Rigidez muy elevada
- Protección excesiva del conglomerado

2. Muro en Voladizo con contrafuertes



Ventajas:

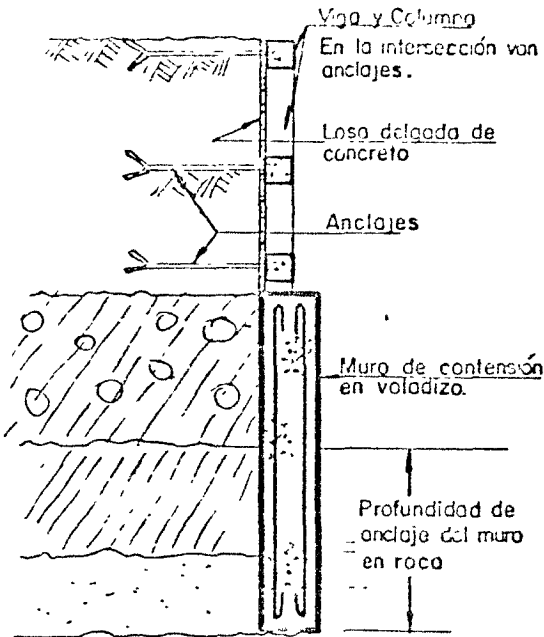
- Factor de seguridad elevado
- Continuidad estructural
- Unico método constructivo
- Gran resistencia de los ataques metéoros.
- Menos voluminoso que el de gravedad
- Incorporación del acero como elemento estructural.

Desventajas:

- Mayor costo relativo que el de gravedad en roca.
- Mayor costo de mantenimiento
- Mayor costo de instalación de drenajes

- Requiere de algunas facilidades tecnológicas.
- Costo elevado por la incorporación del acero.
- Protección excesiva del conglomerado.

3. Retícula anclada de vigas y columnas, y muro de contención inferior



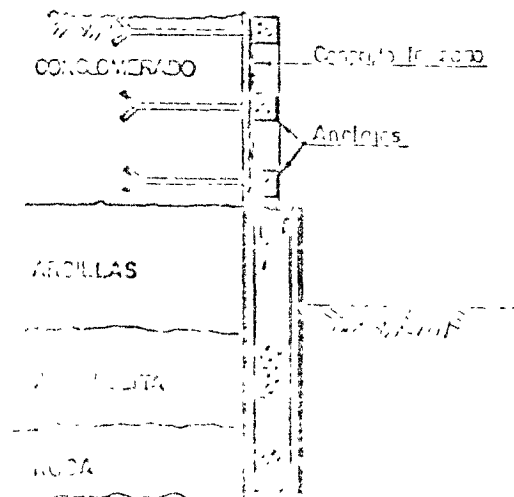
Ventajas:

- Protección diferencial de acuerdo a el mecanismo de falla
- Diseño racional para proteger el conglomerado contra la erosión y los empujes eventuales
- Protección importante de las arcillas
- Gran resistencia a los ataques meteoricos.
- Excavación menor en roca

Desventajas:

- Utilización de dos métodos constructivos
- Utilización intensiva de refuerzo concreto.
- Requiere de facilidades tecnológicas especiales que pueden incrementar mucho los costos.
- Utilización intensiva de drenajes

4. Losa de concreto lanzado, anclada y muro de contención inferior



En comparación a la anterior tiene:

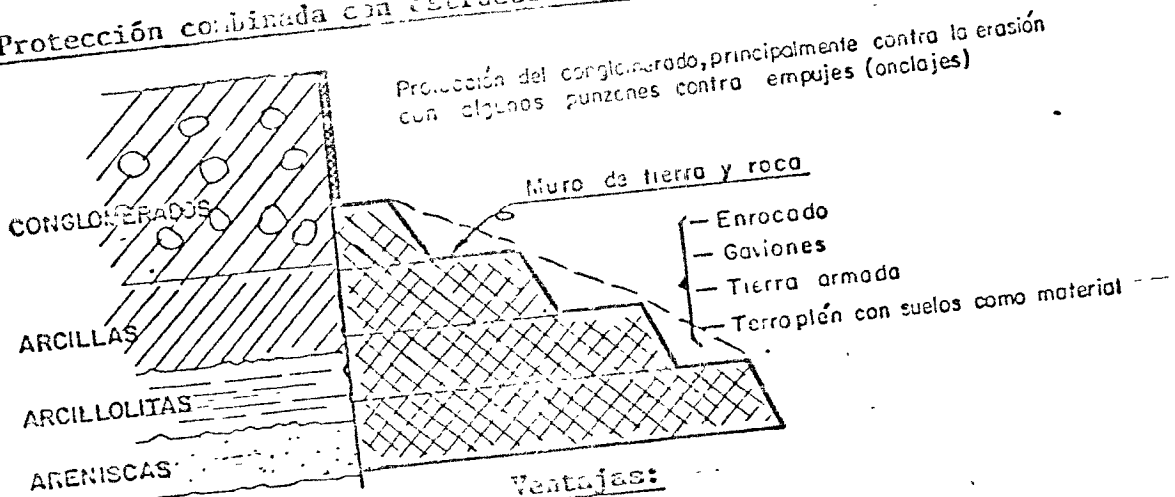
Ventajas:

- Mejor facilidad de construcción
- Menor volumen de trabajo y de material utilizado.
- Disminuye la cantidad de acero
- Se elimina la construcción dependiente del sistema de vigas y columnas
- Menor excavación en roca

Desventajas

- Factor de seguridad menor contra eventuales empujes del conglomerado
- Requiere de mayores facilidades tecnológicas
- Posibles agrietamientos de la losa
- Mantenimiento

5. Protección combinada con estructuras de tierra y roca



Ventajas:

- Flexibilidad
- Facilidad de drenaje
- Armonía Paisajística
- Prácticamente todas las dadas por los centenares sistemas

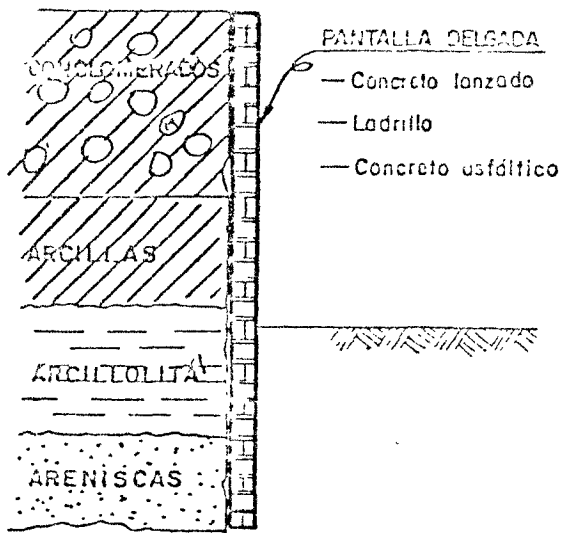
Desventajas

- Consecución y selección de materiales
- Grandes volúmenes
- Excavaciones grandes en roca
- La protección contra erosión es menor
- Transporte de materiales
- Requiere de: motoniveladora o bulidón
- Compactadora
- Estudios detallados de suelos para el sistema
- Utilización e implementación de sistemas

de drenaje intensivo, aunque de pronto más baratos

- Tiempo de construcción
- Costos
- Mantenimiento

6. Pantalla de protección contra la erosión



Ventajas:

- Costo
- Tiempo de construcción
- Único método constructivo
- Volúmenes pequeños
- Buena protección contra la erosión externa

Desventajas:

- Elementos muy esbeltos
- Incapacidad de aguantar empujes sobre todo en la parte de las arcillas
- Necesidad de drenajes
- Para proveer capacidad de resistencia contra empujes se necesitaría de anclajes más intensivos y mucho más largos en la parte inferior con el fin de llegar hasta la roca.
- Factor de seguridad bajo.

7. Resuren

Es indudable que la solución combinada de protección en concreto lanzado para el conglomerado y muro pantalla de confinamiento/protección para la arcilla, ofrece el mejor balance frente a la disponibilidad de recursos y tecnologías, y a las solicitaciones imperantes en el caso que se estudió.

PROYECTO DE OBRAS DE RECONSTRUCCIÓN DEL PUERTO DE LA BARRERA

MONTECANTO DE PLAZAS

RELACION DE CANTIDADES Y PRECIOS

T. N.	DESCRIPCION	UN.	CANT.	VL. UNIT.	VL. TOTAL
1.	PLAZA DE CONTENCION				
1.	Excavaciones en Material Común o Complementado	m ³	120	2,000	240,000
1.	Suministro y Colocación de concreto tipo B, en elevación	m ³	180	45,000	8,100,000
1.	Acero de Refuerzo fy=4200 kg/cm ²	kg	10,892	610	6,644,120
1.	PROTECCION EN CONCRETO LANZADO				
1.	Anclajes en acero D-1/2" de E-240, incluyendo equipo y mano de obra	un	240	28,000	6,720,000
1.	Suministro y colocación de malla electrosoldada D-0.5 cm, de 15 x 15 cms, tipo D-4	m ²	800	1,000	800,000
1.	Suministro y colocación de concreto lanzado de fy=4200 kg/cm ² en el tipo de 0.75 m ³ / m ² de espesor, incluyendo mano de obra y equipo	m ²	600	16,000	9,600,000
1.	PLAZAS				
1.	Suministro y colocación de concreto tipo B, en elevación, incluyendo mano de obra y equipo	m ³	400	3,500	1,400,000
					\$ 35,156,920