



**Universidad de San Carlos de Guatemala**

**Facultad de Ingeniería**

**Escuela de Ingeniería Civil**

**ESTABILIZACIÓN DE TALUDES CON PANTALLAS DE CONCRETO LANZADO  
CON MALLA ELECTRO SOLDADA Y ANCLAJES DE CONCRETO REFORZADO.**

**Carolina Dianeth Véliz Arévalo**

Asesorado por el Ing. Carlos Humberto Cano Marroquín

Guatemala, mayo de 2009

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESTABILIZACIÓN DE TALUDES CON PANTALLAS DE CONCRETO  
LANZADO CON MALLA ELECTRO SOLDADA Y ANCLAJES DE  
CONCRETO REFORZADO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR:

**CAROLINA DIANETH VÉLIZ ARÉVALO**  
ASESORADO POR EL ING. CARLOS HUMBERTO CANO MARROQUÍN

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE  
**INGENIERA CIVIL**

GUATEMALA, MAYO DE 2009

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA**



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Inga. Alba Maritza Guerrero de López
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Jose Milton De León Bran
VOCAL V	Br. Isaac Sultan Mejia
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Guillermo Melini Salguero
EXAMINADOR	Ing. Jefry Rosales Juárez
EXAMINADORA	Inga. María del Mar Girón
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

**HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**ESTABILIZACIÓN DE TALUDES CON PANTALLAS DE CONCRETO  
LANZADO CON MALLA ELECTRO SOLDADA Y ANCLAJES DE CONCRETO  
REFORZADO,**

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, el 8 de octubre de 2008.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Carolina', with several large, overlapping loops and flourishes.

**Carolina Dianeth Véliz Arévalo**

Guatemala, 30 de enero de 2009

Ingeniero Sidney Samuels  
Director de Escuela de Ingeniería Civil  
Facultad de Ingeniería  
USAC

Estimado ingeniero Sidney Samuel:

Por este medio hago constar que he revisado el trabajo de graduación que tiene como tema ESTABILIZACION DE TALUDES CON PANTALLAS DE CONCRETO LANZADO CON MALLA ELECTRO SOLDADA Y ANCLAJES DE CONCRETO REFORZADO elaborado por la estudiante Carolina Dianeth Véliz Arévalo con numero de carné:2004-13662. Habiendo cumplido con los requisitos que solicité, apruebo la elaboración del trabajo de graduación.

Atentamente,

**CARLOS HUMBERTO CANO MARROQUIN**  
INGENIERO CIVIL  
COLEGIADO No. 2955



Asesor  
Carlos Humberto Cano Marroquín  
Ingeniero Civil



Guatemala, 11 de marzo de 2 009

Ingeniero  
Sydney Alexander Samuels Milson  
Director de la Escuela de Ingeniería Civil  
Facultad de Ingeniería

Señor Director:

Tengo el agrado de dirigirme a usted para informarle que he revisado el trabajo de graduación **“Estabilización de taludes con pantallas de concreto lanzado con malla electrosoldada y anclajes de concreto reforzado”**, realizado por la estudiante universitaria **Carolina Dianeth Vèliz Arévalo**, quien contó con la asesoría del Ingeniero Carlos Humberto Cano Marroquín.

Considero que el trabajo realizado por la estudiante **Vèliz Arévalo**, cumple con los objetivos para los cuales fue planteado, por lo que recomiendo su aprobación.

Agradezco a usted la atención que se sirva prestar a la presente.

Atentamente,

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

  
Ing. Francisco Javier Quirón de la Cruz  
Coordinador Área de Materiales y Construcciones Civiles




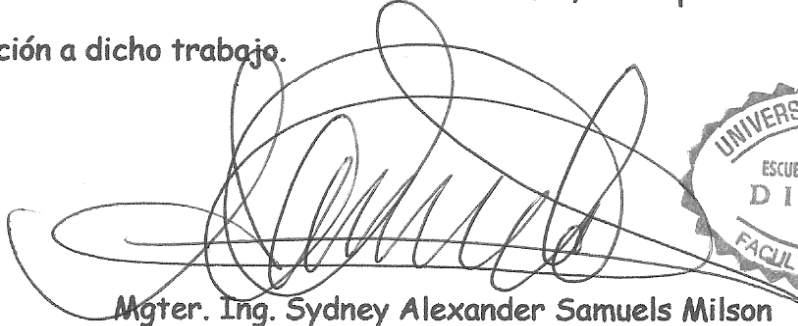
FACULTAD DE INGENIERIA  
AREA DE MATERIALES Y  
CONSTRUCCIONES CIVILES  
USAC

Cc archivo



FACULTAD DE INGENIERIA

El Director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Carlos Humberto Cano Marroquín y del Coordinador del Área de Materiales y Construcciones Civiles, Ing. Francisco Javier Quiñónez de la Cruz, al trabajo de graduación de la estudiante Carolina Dianeth Veliz Arévalo, titulado ESTABILIZACIÓN DE TALUDES CON PANTALLAS DE CONCRETO LANZADO CON MALLA ELECTRO SOLDADA Y ANCLAJES DE CONCRETO REFORZADO, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.



Mgter. Ing. Sydney Alexander Samuels Milson

Guatemala, mayo 2009

/bbdeb.

Universidad de San Carlos  
De Guatemala



Facultad de Ingeniería  
Decanato

Ref. DTG.118.09

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al trabajo de graduación titulado: **ESTABILIZACIÓN DE TALUDES CON PANTALLAS DE CONCRETO LANZADO CON MALLA ELECTRO SOLDADA Y ANCLAJES DE CONCRETO REFORZADO**, presentado por la estudiante universitaria **Carolina Dianeth Veliz Arévalo**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olympo Paiz Recio  
Decano



Guatemala, mayo de 2009

/cc



## ÍNDICE GENERAL

<b>ÍNDICE DE ILUSTRACIONES</b>	<b>V</b>
<b>GLOSARIO</b>	<b>IX</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>XV</b>
<b>JUSTIFICACIÓN</b>	<b>XVII</b>
<b>OBJETIVOS</b>	<b>XIX</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>XXI</b>
<b>1. GENERALIDADES</b>	
1.1. Empuje de tierras	1
1.1.1. Cálculo de la altura crítica ( $H_c$ ) de la altura de un talud vertical	3
1.1.2. Efecto de los sismos sobre el valor de los empujes de tierra	4
1.1.3. Condiciones comunes de empujes activos	5
1.2. Estabilidad de taludes	7
1.3. Cómo se produce la falla en un talud	8
1.4. Tipo de falla y procedimientos para su estabilización	10
1.5. Cómo el concreto lanzado y el suelo enclavado evitan las fallas en los taludes	12
1.6. Qué requisitos debe de cumplir el suelo enclavado y el concreto lanzado para cumplir con la función de protección de taludes	14

<b>2. MÉTODO DE ESTABILIZACIÓN DE TALUDES CON PANTALLAS DE CONCRETO LANZADO CON MALLA ELECTRO SOLDADA Y ANCLAJES DE CONCRETO REFORZADO</b>	
2.1. Definición	15
2.2 Ventajas	18
2.3. Desventajas	19
2.4. Utilizacion del método	19
2.5. Corte del talud	20
2.5.1. Especificaciones	22
2.5.2. Maquinaria	22
2.5.3. Ensayos	23
2.6. Anclajes de concreto reforzado	23
2.6.1. Definición	23
2.6.2. Especificaciones para su uso en estabilización de un talud	25
2.6.3. Normas que se tienen que usar para que se cumpla con condiciones de diseño	25
2.6.4. Colocación	25
2.6.4.1. Perforación	25
2.6.4.2. Fundición	26
2.6.5. Equipos para su colocación	27
2.6.6. Ensayos	27
2.7. Concreto lanzado	28
2.7.1. Definición	28
2.7.2. Usos generales del concreto lanzado, propiedades y materiales	28
2.7.3. Diseño de mezcla	34
2.7.4. Equipo que se utiliza	35
2.7.5. Técnicas	36

2.7.6.	Pruebas	48
2.7.7.	Especificaciones	51
2.7.8.	Normas	51
2.7.9.	Personal sus funciones y precauciones de seguridad	52
2.7.10.	Consideraciones arquitectónicas y de ingeniería	61
2.8.	Malla electro soldada	63
2.8.1.	Definición	63
2.8.2.	Utilización	64
2.8.3.	Especificaciones	66
2.8.4.	Colocación	67
2.8.5.	Normas	68
2.9.	Platinas y tuercas	68
2.9.1.	Definición	68
2.9.2.	Función	69
2.9.3.	Especificaciones	69
2.9.4.	Colocación	69
2.9.5.	Normas	69
2.9.6.	Equipo	69
2.10.	Drenajes	70
2.10.1.	Tipos para este método	71
2.10.2.	Especificaciones	71
2.10.3.	Normas	72
2.10.4.	Colocación	72
2.11.	Acabado final	73
2.11.1	Especificaciones	73
2.11.2.	Aplicación	74
2.11.3.	Equipo	75
2.11.4.	Normas	75

<b>3. DESARROLLO DE CASO PRÁCTICO</b>	
3.0 Descripción	77
3.1. Planos de construcción	80
3.2. Etapas de construcción	90
3.2.1. Situación original	90
3.2.2. Corte y tallado del talud	91
3.2.3. Tallado de talud a mano	92
3.2.4. Perforación para anclajes	92
3.2.5. Colocación y fundición de anclajes	94
3.2.6. Colocación de electro malla	96
3.2.7. Lanzado de concreto	97
3.2.8. Colocación de platinas y tuercas	98
3.2.9. Colocación de drenajes	100
3.2.10. Acabado final	102
3.2.11. Estabilización en etapa terminada y etapa en proceso	103
3.3. Resultados de ensayos	103
3.3.1. Informe de ensayo a compresión del concreto lanzado	104
3.3.2. Informe No. S.C.-163. Resultados obtenidos de ensayo a compresión y tensión de mortero	105
3.3.3. Informe 34-M O.T. No. 24395. Resultado a tensión del hierro	106
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>107</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>109</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>111</b>

# ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

## FIGURAS

1	Empuje de tierra	2
2	Empuje activo	3
3	Condiciones de empujes en superficie horizontal del terreno	5
4	Condiciones de empujes en superficie inclinada del terreno	5
5	Condiciones de empujes en terreno con sobrecarga uniforme	6
6	Condiciones de empujes en terreno con carga concentrada	6
7	Fuerzas que producen la falla en un talud	8
8	Formación de la falla en un talud	9
9	Falla de un talud	9
10	Falla por deslizamiento	11
11	Vista frontal de la pantalla de concreto lanzado	15
12	Sección de talud estabilizado con el método planteado	16
13	Detalle de anclaje	17
14	Corte de talud por etapas	21
15	Caja para dosificar	37
16	Tipos de juntas	47
17	Juntas de expansión y contracción	48
18	Prueba de adherencia	50
19	Señales de comunicación	57
20	Equipo de protección	59
21	Formas de fijar la electro malla	66

22	Planta de situación original del terreno	80
23	Planta de conformación de talud y berma	81
24	Detalles de armado de muro en vista frontal	82
25	Detalle de inclusión y sección transversal típica del muro	83
26	Plano de corte del talud, contiene secciones A, B, C	84
27	Plano de corte del talud, contiene secciones D, E, F	85
28	Plano de corte del talud, contiene secciones G, H, I	86
29	Plano de corte del talud, contiene secciones J, K, L	87
30	Plano de corte del talud, contiene secciones M, N, O	88
31	Vista frontal del talud estabilizado	89
32	Situación original	90
33	Situación original	90
34	Elaboración de rampa	91
35	Corte de talud por etapas	91
36	Tallado de talud a mano	92
37	Máquina perforando	93
38	Perforando el talud para anclajes	93
39	Aplicación de pintura anticorrosiva	94
40	Colocación de la varilla del anclaje	95
41	Fundición de anclajes	95
42	Anclajes fundidos	96
43	Colocación de electro malla	96
44	Electro malla fijada en el talud	97
45	Lanzado de concreto	97
46	Primera capa de concreto lanzado en el talud	98
47	Preparación de superficie para colocar platina	98
48	Colocación de platina	99
49	Colocación de platina	99
50	Platinas colocadas	100
51	Tubo perforado	100

52	Colocación de geodren	101
53	Perforación para drenajes	101
54	Colocación de drenajes	102
55	Acabado final	102
56	Elevación de estabilización con el método planteado	103

## **TABLAS**

I	Parámetros para diseño de mezcla	34
II	Diseño de mezcla para mortero lanzado vía húmeda	34
III	Diseño de mezcla para concreto lanzado vía húmeda	35
IV	Tipos de electro malla	62
V	Resultado de ensayo a compresión del concreto lanzado	104
VI	Resultado de ensayo a compresión del mortero	105
VII	Resultado de ensayo a tensión del acero	106





## GLOSARIO

<b>Bachada:</b>	Es la volumen de material que se hace de muestra cuando se va hacer un volumen grande.
<b>Bermas:</b>	Espacios horizontales en un talud que forma gradas y mejora su estabilidad.
<b>Capilaridad:</b>	Es el ascenso que tiene un líquido al estar en contacto con algún material (suelo, paredes, etc.).
<b>Cimbra:</b>	Es una estructura auxiliar que sirve para sostener el peso de un arco, o de otras obras de cantería, durante la fase de construcción.
<b>Cribar:</b>	Cernir, colar.
<b>Cohesión:</b>	Es la atracción entre moléculas que mantiene unidas las partículas de una sustancia.
<b>Concreto lanzado:</b>	Es un mortero o concreto transportado a través de una manguera y proyectado neumáticamente a gran velocidad sobre una superficie.
<b>Corona del talud:</b>	Se refiere al sitio de cambio brusco de pendiente en la parte superior.

**Deformación unitaria:** Es el cambio en el tamaño o forma de un cuerpo debido a la aplicación de una o más fuerzas sobre el mismo o la ocurrencia de dilatación térmica.

**Deslizamiento:** Movimiento en masa, de flujo rápido, de grandes volúmenes de materiales (suelos, formaciones superficiales, rocas, cobertura vegetal) que se desprenden y se desplazan pendiente abajo como un solo bloque, sobre un plano resbaloso, inclinado o cóncavo.

**Disgregación:** Desunión de las partes de un todo que era compacto.

**Drenaje:** Es cualquier medio por el que el agua contenida en una zona fluye, a través de la superficie o de infiltraciones en el terreno.

**Empotramiento:** Apoyo o unión de un extremo de un elemento estructural, para fijarlo, impidiendo el giro, traslación y deslizamiento.

**Empuje activo:** Es la fuerza del suelo que se efectúa sobre un soporte que resiste, cediendo cierta magnitud que depende de sus características estructurales.

**Empuje pasivo:** Es la fuerza que actúa sobre una pared que avanza contra el talud.

<b>Erosión:</b>	Es el proceso de sustracción de roca al suelo intacto, generalmente por acción de corrientes superficiales de agua o viento, por cambios de temperatura o por gravedad.
<b>Esfuerzo de corte:</b>	Es el que viene dado por la resultante de tensiones cortantes, es decir, tangenciales, al área para la cual pretendemos determinar el esfuerzo cortante.
<b>Estabilización:</b>	Dar equilibrio, o compensar.
<b>Estrato:</b>	Se llama estrato a cada una de las capas en que se presentan divididos los sedimentos, las rocas sedimentarias y las rocas metamórficas que derivan de ellas, cuando esas capas se deben al proceso de sedimentación.
<b>Formaleta:</b>	Armazón de madera o diferente material que sirve de molde al hormigón hasta que endurezca.
<b>Hincar:</b>	Clavar una cosa en otra. Apoyar una cosa en otra.
<b>Inclusión:</b>	Es una varilla de acero de diámetro y longitud variable introducida en un agujero hecho dentro del suelo, recubierta en toda su longitud y en todo el diámetro del agujero con lechada o mortero de cemento.

- Intemperismo:** Es la alteración de los materiales rocosos expuestos al aire, la humedad y al efecto de la materia orgánica; puede ser intemperismo mecánico o de desintegración, y químico o de descomposición, pero ambos procesos, por regla general interactúan.
- Licuación:** Es cuando la resistencia al esfuerzo cortante entre sus partículas disminuye a tal grado que la mezcla agua-suelo se comporta como un semilíquido o líquido.
- Malla electro soldada** Refuerzo de acero, es también llamada electro malla.
- Penetración estándar:** Es una introducción dinámica, empleada para ensayar terrenos en los que queremos realizar un reconocimiento geotécnico.
- Pie del talud:** Corresponde al sitio de cambio brusco en pendiente en la parte inferior.
- Relleno:** Es el material de suelo apropiado para su función, que se utiliza para cubrir vacíos.
- Rigidez:** Es la capacidad de un objeto sólido o elemento estructural para soportar esfuerzos sin adquirir grandes deformaciones o desplazamientos.
- Saturación:** Alcanzar el grado máximo en la verificación de ciertos fenómenos, en las condiciones en que se opera, y que se revela por la constancia del valor del efecto, al incrementar el del agente que lo produce.

- Sedimento:** Materia que tras haber estado suspensa en un líquido se posa en el fondo del recipiente que la contiene.
- Sondeo:** Es un tipo de prospección manual o mecánica, perteneciente a las técnicas de reconocimiento geotécnico del terreno, llevadas a cabo para conocer las características del terreno.
- Talud:** Es una superficie cuya extensión en altura separa dos planos.
- Terraplén:** Es la tierra con que se rellena un terreno para levantar su nivel y formar un plano de apoyo adecuado para hacer una obra.
- Versátil:** Adaptable a muchas cosas o que tiene varias aplicaciones.
- Zampeado:** Obras de cimentación con recubrimiento de las superficies mediante mampostería de piedra, o de ladrillo, de concreto hidráulico o suelo-cemento para afirmar terrenos falsos y protegerlos contra la erosión.



## RESUMEN

Este método consiste en la construcción de un muro de suelo enclavado, resultante de reforzar en el sitio el talud o pared, con inclusiones introducidas en el suelo, y con un recubrimiento de concreto lanzado reforzado con electro mallas. La inclusión consiste en una varilla de acero de diámetro y longitud variable introducida en un agujero hecho dentro del suelo, recubierta en toda su longitud y en todo el diámetro del agujero con lechada o mortero de cemento.

El concepto fundamental es de colocar en el suelo natural inclusiones pasivas, a espaciamientos cortos, para incrementar la resistencia al corte del mismo, para restringir el desplazamiento de las paredes de la excavación y limitar la descompresión del suelo durante y después de efectuada la excavación. El muro de suelo enclavado se debe construir de acuerdo con lo indicado en el informe de la investigación del suelo, especificaciones y detalles de construcción específicos.

Para este método se utiliza el concreto lanzado por vía húmeda, con un tamaño máximo del agregado de 8 y 13 mm. El concreto lanzado por vía húmeda es simplemente un sistema de colocación del concreto a gran velocidad por medio de aire. Es el método ideal para colocar un tipo de concreto que mantiene algunas diferencias en compresión con el concreto tradicional.





## **JUSTIFICACIÓN**

Guatemala es un país de zona sísmica, el cual es muy común el deslizamiento de tierras. Se ve la necesidad de investigar cómo se pueden evitar estos deslizamientos de manera que las personas que circulen a su alrededor estén protegidas y no existan daños.

Se ejecutan proyectos de construcción, donde se tienen que estabilizar taludes y no hay suficiente información del proceso constructivo de este método. Se puede utilizar porque es un sistema útil, económico, rápido y se aplica en obras donde no es posible utilizar otros sistemas constructivos.

Provee seguridad desde el inicio de la ejecución. Otros métodos proveen seguridad hasta que son terminados. Es de utilidad en cualquier obra que tenga relación con taludes. Da facilidad en su proceso constructivo confiabilidad respecto a su resistencia y uso. No requiere formaleta y utiliza secciones de concreto armado mucho menores que otros métodos.



# OBJETIVOS

## General

Aportar conocimientos para la estabilización de taludes, desarrollando el método constructivo de estabilización de un talud con pantallas de concreto lanzado con malla electro soldada y anclajes de concreto reforzado indicando cada uno de los procesos de construcción con normas establecidas y ensayos para cada uno de los materiales que se utilizan.

## Específicos

1. Proporcionar los parámetros de la aplicación de este método en un proyecto específico donde se evalúa.
2. Dar a conocer los detalles específicos para poder construir de forma correcta cada uno de los procedimientos.
3. Proponer en qué lugares es conveniente utilizar este método de estabilización de taludes de acuerdo a las condiciones que se presenten.
4. Conocer las ventajas y desventajas que se tienen para poder utilizar este método de construcción de estabilización de taludes.
5. Dar a conocer los ensayos que se tienen que utilizar según los materiales que se necesiten, y proporcionar cada una de las normas establecidas para este método de construcción.
6. Proveer conocimiento en teoría aplicada en la ejecución de un proyecto específico donde la comparación y visualización en su aplicación sea de forma sencilla.



## INTRODUCCIÓN

Cuando se construyen obras en donde hay taludes ya sea vertical o inclinado, es necesario que estos sean estables como obra final o provisional de manera que no signifiquen peligro para los trabajadores o usuarios de la edificación. La estabilidad puede proveerse por medio de cortes inclinados, con bermas u otras obras basadas en la cohesión del suelo.

En este caso, se plantea el sistema constructivo del método de pantallas de concreto lanzado con malla electro soldada y anclajes de concreto reforzado para la estabilización de taludes donde por razones de espacio no es posible utilizar otros métodos o donde utilizar muros de contención sería técnica o económicamente no viable.

Se documenta un caso específico. Se da a conocer cada parte del proceso para estabilizar un talud con este método y especificaciones técnicas. Se indican cada una de las normas a utilizarse y los ensayos necesarios en el proceso constructivo.

Se da a conocer que es un método muy útil, donde no se necesita formaleta para sostenimiento del concreto ni la colocación de andamios para grandes alturas debido a que se va construyendo por etapas.



# 1. GENERALIDADES

## 1.1 Empuje de tierras

El uso de la teoría para calcular la presión ejercida sobre un muro de sostenimiento es justificable únicamente en el caso en el cual sean satisfechas las siguientes hipótesis:

- a) El muro puede desplazarse por giro o por deslizamiento en una distancia suficiente como para que se pueda desarrollar toda la resistencia al corte del relleno o terraplén.
- b) La presión de poro, dada por el agua, en un suelo no sumergido es despreciable.
- c) Las constantes del suelo que aparecen en las formulas del empuje tienen valores definidos y pueden determinarse con exactitud.

Generalmente, todo aquel muro de sostenimiento que no este rígidamente empotrado en su parte superior puede ceder lo suficiente como para satisfacer la primera condición impuesta. Sin embargo, para que quede satisfecha la segunda condición es necesario que el sistema de drenaje del terraplén o relleno sea eficientemente proyectado y construido.

De igual manera, para que pueda quedar satisfecha la tercera condición, el material del relleno debe ser estudiado antes de proyectar el muro de sostenimiento.

Si el material que se va a servir de relleno se coloca en estado suelto o no es drenado de forma adecuada, sus propiedades cambian en cada estación, y durante el curso de cada año pasa por estados de saturación parcial o total alternados con estados de drenaje o desecación parcial, haciendo que cambie

cíclicamente el valor del empuje, cambios que no reciben ninguna atención en las teorías clásicas del empuje de tierras.

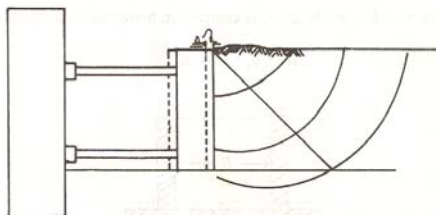
Por el contrario, si un muro de sostenimiento constituye una parte muy importante en una obra grande, o si la altura del muro es mayor de 6 m, es más económico determinar las propiedades del material del relleno, utilizar buenos y adecuados procedimientos de construcción y calcular el muro para que resista solo el valor teórico del empuje de las tierras.

El empuje de tierras que se efectúa sobre un soporte que resiste, cediendo una cierta magnitud que depende de sus características estructurales, se llama empuje activo. El empuje que actúa sobre una pared que avanza contra el talud se llama empuje pasivo, y puede variar desde el empuje en reposo hasta infinito.

Sin embargo, como un terreno en sus condiciones reales tiene una resistencia limitada a los esfuerzos de corte, el empuje en muchos casos no puede anularse y nunca puede llegar a ser infinito.

Así pues, el problema práctico consiste generalmente en encontrar el empuje activo mínimo del terreno sobre el muro para construir este con la capacidad precisa para resistirlo, o bien encontrar el empuje pasivo máximo para proyectar un anclaje o apoyo con las dimensiones necesarias para transmitir el esfuerzo (ver figura 1, figura 2).

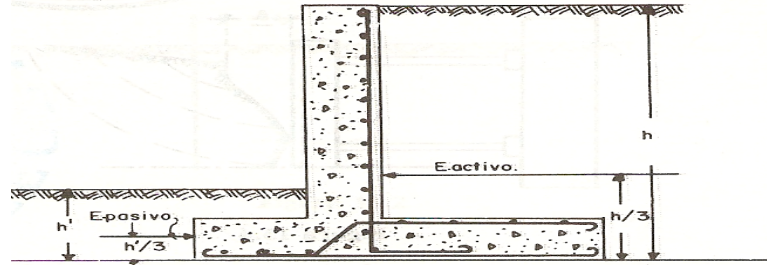
**Figura 1 Empuje de tierra**



Fuente: Carlos, Crespo Villalaz. Mecánica de suelos y Cimentaciones 5ª. edición México: Limusa, 2005.



**Figura 2 Empuje activo**



Fuente: Carlos, Crespo Villalaz. Mecánica de suelos y Cimentaciones 5ª. edición México: Limusa, 2005.

### **1.1.1 Cálculo de la altura crítica ( $H_c$ ) de un talud vertical**

Altura crítica de un talud es la profundidad del mismo hasta la cual es capaz de sostenerse por si solo sin necesidad de sostén lateral.

Se deduce que el empuje activo transmitido por un relleno de arcilla sobre un muro es menor que el provocado por un relleno de arena, lo que redundaría en un muro mas delgado. Sin embargo, la experiencia ha demostrado que no es así; lo anterior se debe a que en muchos aspectos la resistencia de las arcillas, producto de la cohesión, se asemeja a una fricción viscosa, y el efecto del movimiento del muro, que es una de las hipótesis en que se basa la presión activa, como ya se ha visto antes, se modifica considerablemente cuando el relleno contiene arcilla.

Con un fluido ideal, aun despreciando la fricción viscosa, la presión lateral no seria afectada por el movimiento del muro. Ya se ha visto que para un muro

de sostenimiento para un relleno de arena un pequeño movimiento del mismo es suficiente para desarrollar en la arena una resistencia al corte, que reduce la presión desde el valor en reposo hasta el valor activo. Consecuentemente, con un movimiento estable, la resistencia debido a la cohesión decrece y la presión lateral crece, o sea que la presión lateral sobre un muro que sostenga a un suelo arcilloso será menor únicamente si el valor de la cohesión del mismo no cambia.

Fuente: Carlos, Crespo Villalaz. Mecánica de suelos y Cimentaciones 5ª. edición México: Limusa, 2005

### **1.1.2 Efecto de los sismos sobre el valor de los empujes de tierra**

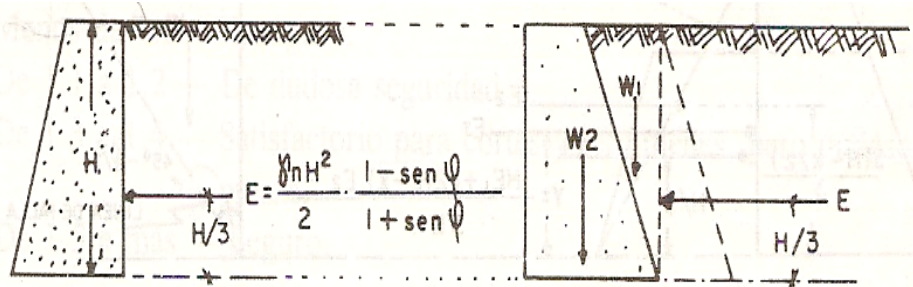
Cuando se proyectan muros de retención de tierras en zonas sísmicas es conveniente considerar el efecto temporal que la vibración del suelo produce sobre el valor de los empujes clásicos de tierras debido al sismo. Aunque durante un sismo el muro de retención de tierras normalmente se mueve en conjunto con el suelo que detiene, la aceleración de los dos elementos muro y tierra puede no ser simultánea y entonces se incrementa el valor del empuje de tierras debido a la inercia. Para alturas moderadas se acostumbra considerar, por efecto del sismo, un aumento de 10% en el valor del empuje convencional, con lo cual se supone que el muro funcionará bien, o considerar un empuje equivalente al peso de la cuña de empuje activo multiplicado por un tercio del coeficiente sísmico básico.

Fuente: Carlos, Crespo Villalaz. Mecánica de suelos y Cimentaciones 5ª. edición México: Limusa, 2005.

### 1.1.3 Condiciones comunes de empujes activos

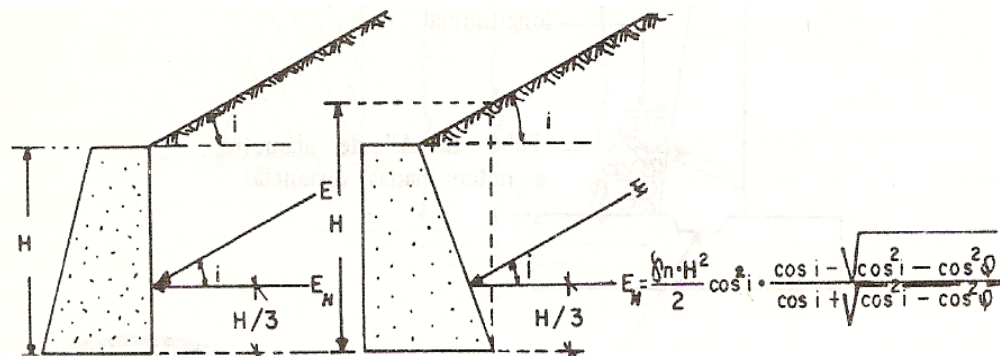
Algunas condiciones comunes del empuje de tierras se ven en las figuras 3, 4, 5, y 6.

**Figura 3 Superficie horizontal del terreno**



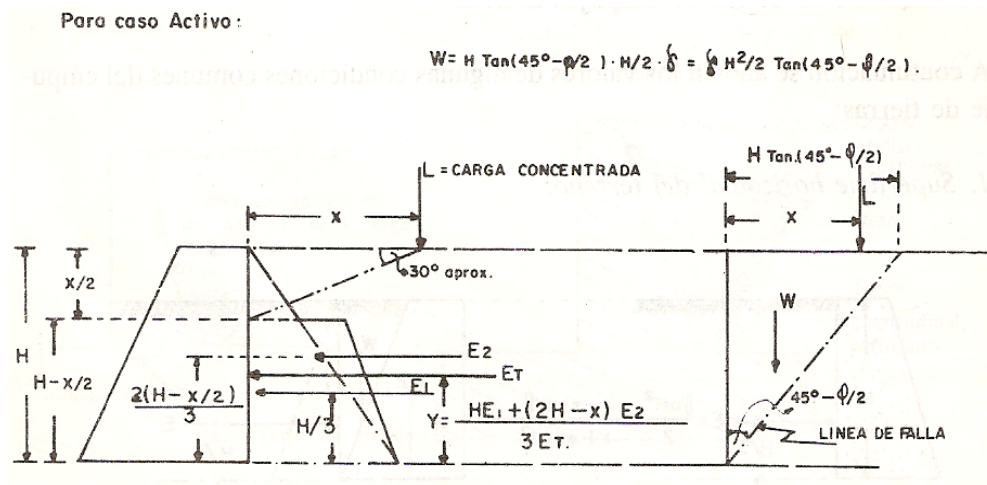
Fuente: Carlos, Crespo Villalaz. Mecánica de suelos y Cimentaciones 5ª. edición México: Limusa, 2005.

**Figura 4 Superficie inclinada del terreno**



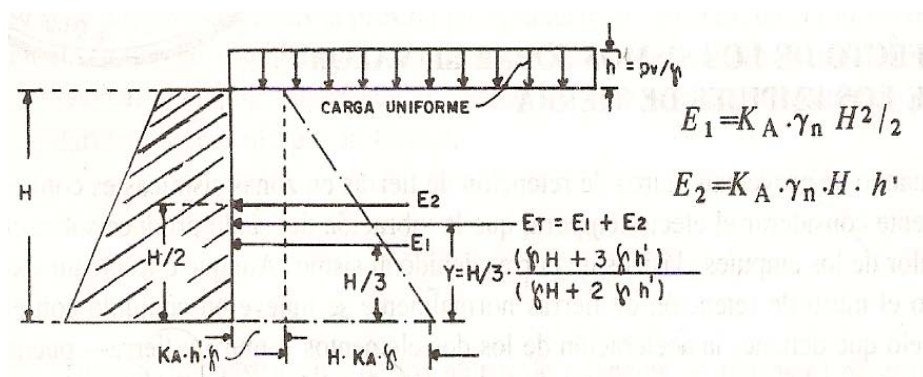
Fuente: Carlos, Crespo Villalaz. Mecánica de suelos y Cimentaciones 5ª. edición México: Limusa, 2005.

**Figura 5 Terreno con sobrecarga uniforme**



Fuente: Carlos, Crespo Villalaz. Mecánica de suelos y Cimentaciones 5ª. edición México: Limusa, 2005.

**Figura 6 Terreno con carga concentrada**



Fuente: Carlos, Crespo Villalaz. Mecánica de suelos y Cimentaciones 5ª. edición México: Limusa, 2005.

## **1.2 Estabilidad de taludes**

### **Estabilidad de cortes y terraplenes**

Un talud de tierra no puede considerarse estable indefinidamente, porque tarde o temprano la estabilidad que pueda presentar se pierde, debido a los agentes naturales tales como las presiones hidrostáticas, el intemperismo y la erosión.

Un aumento temporal de cargas, la reducción de la resistencia del suelo una redistribución desfavorable de esfuerzos son causas que contribuyen de una u otra manera a que el talud busque su posición más estable.

La estabilidad de los paramentos de un corte se confía a la resistencia propia del material que los forma y al valor soportante del suelo subyacente al pie del talud.

Cuando el material que forma los paramentos de un corte tiene un límite elástico bien definido, la falla de talud consiste en el deslizamiento de una parte de dicho parámetro a lo largo de una superficie conchoidal bien definida que puede aflorar al pie del talud o puede extenderse por abajo del corte y aflorar a una cierta distancia enfrente del talud.

Cuando el material que forma los taludes se encuentra muy fracturado, o esta formado por bloques mal cementados con suelos limosos erosionales, entonces se producen desprendimientos de los estratos superficiales.

Cuando la falla ocurre durante la construcción del corte, ella se deberá, casi exclusivamente, a que la altura del talud es mayor que la necesaria para que el peso propio del suelo pueda ser equilibrado por la resistencia interna del mismo.

Cuando la falla del corte se produce algún tiempo después de efectuado aquél, es muy probable que en la inestabilidad del mismo hayan intervenido causas variadas, tales como presiones hidrostáticas, intemperismo y erosión.

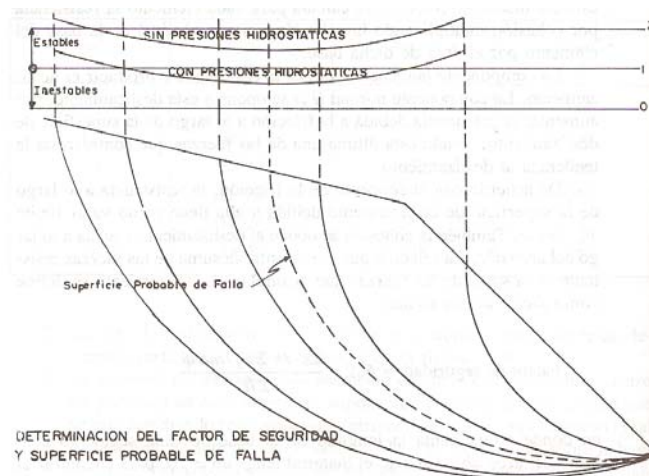
Es necesario hacer notar que no siempre aumenta la estabilidad de un talud a medida que se reduce su pendiente. Las presiones hidrostáticas alcanzan sus valores mas altos en taludes con  $55^\circ$  a  $60^\circ$  de inclinación y, como consecuencia, es común encontrar que un talud de  $1/2:1$  es más inestable que uno de  $1/4:1$ , o aun que el perfectamente vertical. En cambio, el talud de  $1/4:1$  puede tener la misma estabilidad que el de  $1:1$ , y a la vez puede ser más económico que este último.

Fuente: Carlos, Crespo Villalaz. Mecánica de suelos y Cimentaciones 5ª. edición México: Limusa, 2005.

### 1.3 Cómo se produce la falla en un talud

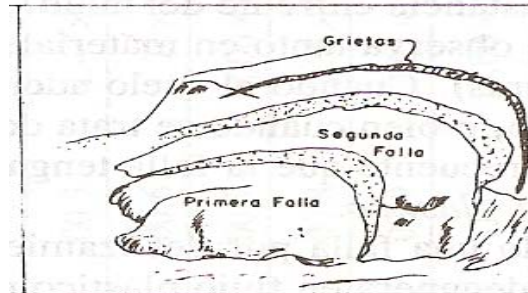
A través de un movimiento real de la masa susceptible de deslizamiento. Físicamente, esto indica que la resistencia al corte de la masa que se moviliza es igual a la resistencia al corte del suelo. (ver figura 7, figura 8)

**Figura 7 Fuerzas que producen la falla en un talud**



Fuente: Carlos, Crespo Villalaz. Mecánica de suelos y Cimentaciones 5ª. edición México: Limusa, 2005.

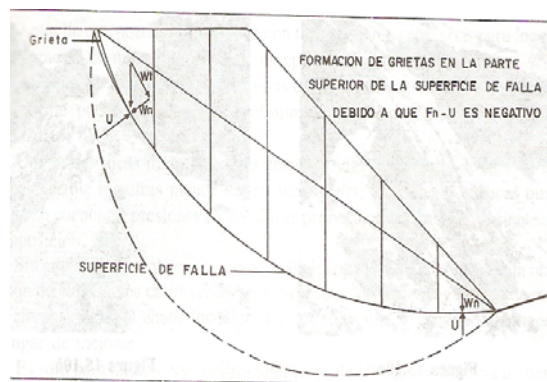
**Figura 8 Formación de la falla en un talud**



Fuente: Carlos, Crespo Villalaz. Mecánica de suelos y Cimentaciones 5ª. edición  
México: Limusa, 2005.

En rigor la rotura se alcanza por falla progresiva, dado que los máximos esfuerzos de corte aparecen en el pie de un talud y se propagan hacia arriba. Si se puede identificar el tipo de falla de un talud, su análisis y remediación resultan aceptables. (ver figura 9)

**Figura 9 Falla de un talud**



Fuente: Carlos, Crespo Villalaz. Mecánica de suelos y Cimentaciones 5ª. edición  
México: Limusa, 2005.

## **1.4 Tipo de falla y algunos procedimientos para su estabilización**

En realidad existen muchas formas en que un talud pueda fallar, pero la falla por deslizamiento es la única susceptible de un análisis matemático aproximado. Aparte de las fallas por deslizamiento (ver figura 10) ocurren en los taludes otras fallas debidas a una o varias de las siguientes causas.

- Por deslizamiento a lo largo de los planos de estratificación, como resultado del efecto lubricante del agua que escurre por dichos planos.
- Por disgregación ocasionada por el agrietamiento que se produce al secarse las arcillas suaves, especialmente las arcillas bentoníticas.
- Por disgregación debida a la intemperización, especialmente en calizas y lutitas margosas.
- Por la acción del empuje que se produce al sufrir expansión los estratos margosos y arcillas que se saturan en agua.
- Por desplazamiento de los suelos que se encuentran debajo del pie de los taludes.
- Por la presencia de corrientes ascendentes de agua, que originan la condición conocida como suelo movedizo.
- Por derrumbe de masas fragmentadas, ya sea a través del efecto solamente de la gravedad, o bien estimulado por la fuerza expansiva de las arcillas y margas, o por presiones por erosión y por flujo plástico o lodoso.



## Figura 10 Falla por deslizamiento

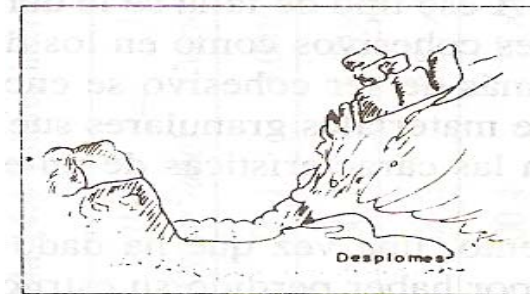


Figura: Carlos, Crespo Villalaz. Mecánica de suelos y Cimentaciones 5ª. edición México: Limusa, 2005.

Antes de que puedan proyectarse las obras necesarias para lograr la estabilización de un corte fallado o susceptible a la falla es conveniente aclarar con todo detalle a cual de todos los tipos de falla está expuesto y cuáles son las causas que pueden controlarse o eliminarse para conseguir una estabilidad adecuada.

Se puede disminuir el peso de la cuña de deslizamiento, ya sea que se le tienda hasta alcanzar un talud más estable o que se construya una banqueteta o berma a medio talud.

- Se puede tratar de eliminar las presiones hidrostáticas, ya sea evitando la entrada del agua al interior de los taludes, interceptándola o cambiando la dirección del escurrimiento.
- Se puede proporcionar una resistencia pasiva al pie del talud por medio de un muro de sostenimiento, por la acumulación de material granular o con un revestimiento pesado de roca.

En los estudios que se han hecho para aplicar la primera solución, o sea reducir el peso de la cuña, se ha encontrado que la construcción de una banqueteta o berma produce mejores resultados con mayor volumen de

excavación. Sin embargo, las condiciones de drenaje se complican un poco y no deben descuidarse en forma alguna.

La segunda solución, que se relaciona con la eliminación de las presiones hidrostáticas, admite muchas variantes, de acuerdo con el perfil del suelo, la topografía y el origen de las filtraciones.

La presencia de vegetación también sumamente importante en la estabilidad de un talud. Cualquier tipo de vegetación, sobre todo los arbustos y el césped, tienden a retener el agua de las lluvias y alimentan al suelo, disminuyendo la velocidad del drenaje superficial.

En todos los casos en que sea posible se eliminará esta vegetación y se procurará estabilizar el suelo e impermeabilizarlo, dándole al mismo tiempo una cohesión suficiente para evitar que sea erosionado por las corrientes.

Cuando existe una condición de alta presión hidrostática que pueda originar fallas de pie de talud en los pies de los taludes, se puede remediar la situación por medio de un zampeado de piedra acomodado en tal forma que permita dejar drenajes abundantes.

Fuente: Carlos, Crespo Villalaz. Mecánica de suelos y Cimentaciones 5ª. edición México: Limusa, 2005.

## **1.5      Cómo el concreto lanzado y el suelo enclavado evitan las fallas en los taludes**

El concreto lanzado formando losas delgadas se convierte en un muro de retención y a su vez como recubrimiento del talud, el cual facilita el escurrimiento superficial sin arrastre de partículas, en taludes rocosos altamente fracturados, protegiéndolo de la erosión, el cual ocasiona desprendimientos.

El suelo enclavado es una técnica para reforzar el suelo *in-situ*. Se compone de tres elementos, el suelo *in-situ*, el refuerzo y la cubierta o revestimiento.

El diseño de los anclajes de acero se relaciona directamente con las propiedades del suelo y la interacción con él. El conocimiento de esta interacción es de gran importancia para la elaboración de un diseño que brinde seguridad y a su vez economía.

Los anclajes de acero son elementos cortos o largos que se incrustan o colocan en el suelo formando retículas, estabilizando y reforzando el suelo.

Los anclajes de acero en el suelo enclavado trabajan como refuerzo y la carga es transmitida a todo lo largo de la varilla.

Influyen varios procesos para la estabilización de un talud con este método por ejemplo:

- **Cambios en la topografía del talud**
- **Cambios en las condiciones de humedad**
- **Vibraciones**
- **Cambios en la cobertura vegetal**

Fuente: Carlos, Crespo Villalaz. Mecánica de suelos y Cimentaciones 5<sup>a</sup>. edición México: Limusa, 2005.

## **1.6 Qué requisitos debe de cumplir el suelo enclavado y el concreto lanzado para cumplir con la función de protección de taludes**

Los requisitos varían de acuerdo a las características del suelo, se hace un diseño de anclajes y resistencia del concreto lanzado el cual lo determinara el estudio de suelos de donde estos estarán diseñados para soportar:

- El valor de las fuerzas sísmicas aplicadas sobre las masas de suelo potencialmente deslizables.
- La disminución de la resistencia debida a las cargas vibratorias, las cuales inducen deformaciones cíclicas, esta resistencia puede disminuirse en más del 50% en suelos sensitivos y en la mayoría de los casos.
- El aumento de presión de poros especialmente, en suelos limosos y arenas finas, en los cuales se puede producir una disminución de resistencia tal que produzca el fenómeno de licuación.
- El aumento de fuerza sísmica generado por la amplificación en los mantos de suelos blandos.
- La posibilidad de ocurrencia de fenómenos de resonancia relacionados con la similitud entre la frecuencia natural de vibración del talud y la del evento sísmico.
- La magnitud de las deformaciones en la masa de suelo.

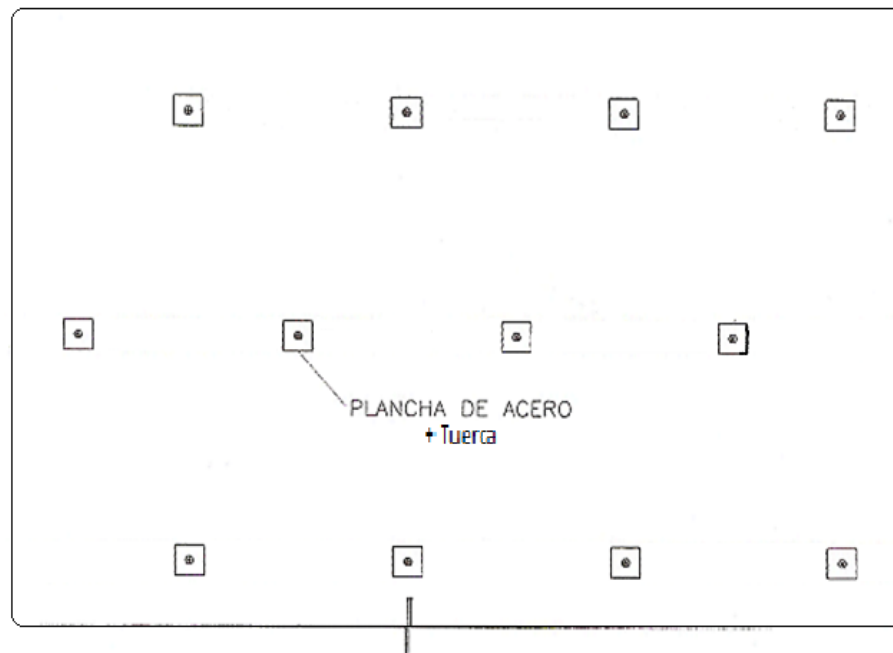
## 2. MÉTODO DE ESTABILIZACIÓN DE TALUDES CON PANTALLAS DE CONCRETO LANZADO CON MALLA ELECTRO SOLDADA Y ANCLAJES DE CONCRETO REFORZADO

### 2.1 Definición

Es un método que da una solución de refuerzo que contiene y asegura con firmeza los taludes.

Las pantallas de concreto lanzado con malla electro soldada y anclajes de concreto reforzado, actúan como una armadura de empuje. (ver figura 11)

**Figura 11 Vista frontal de la pantalla de concreto lanzado**

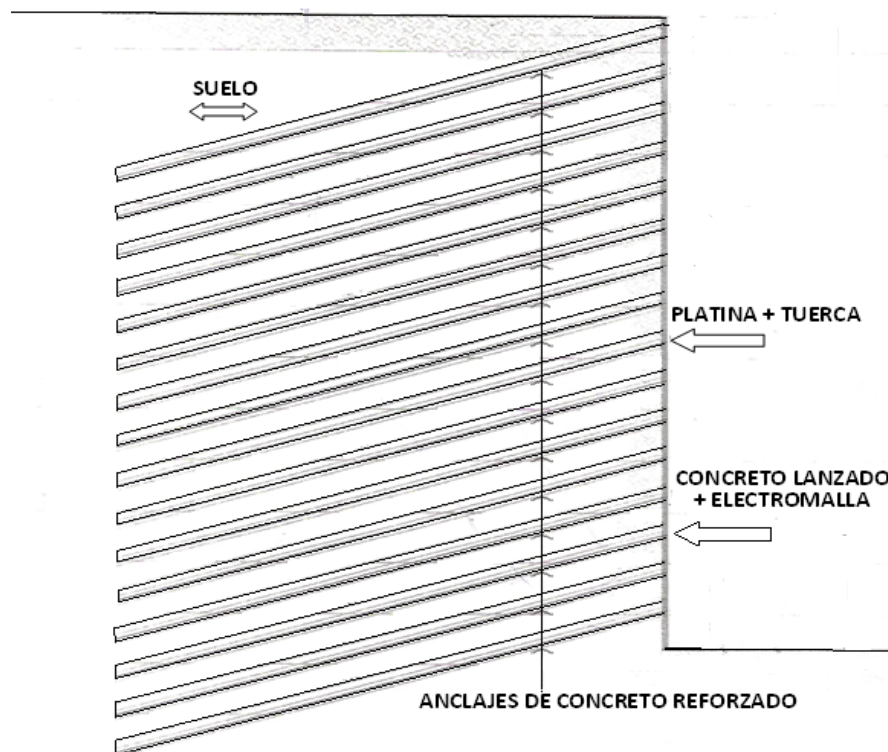


Fuente: [http://www.lancuyen.cl/pdf/soil\\_nailing.pdf](http://www.lancuyen.cl/pdf/soil_nailing.pdf)

Consiste en la construcción de un muro de suelo enclavado como se ilustra en la figura 12, resultante de reforzar, en el sitio, el talud o pared del suelo natural de excavaciones, con inclusiones introducidas horizontalmente dentro del mismo; y en la colocación de un recubrimiento de concreto lanzado reforzado con electro mallas.

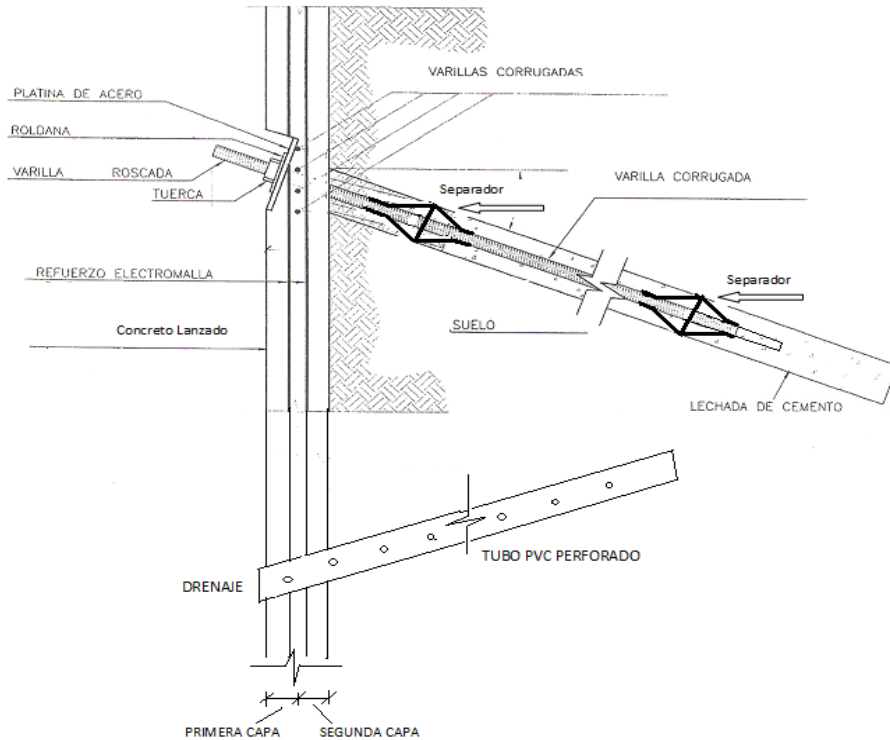
La inclusión consiste de una varilla de acero de diámetro y longitud variable introducida en un agujero hecho dentro del suelo, recubierta en toda su longitud y en todo el diámetro del agujero con lechada o mortero de cemento.(ver figura 13)

**Figura 12 Sección de talud estabilizado con el método planteado**



Fuente: [http://www.lancuyen.cl/pdf/soil\\_nailing.pdf](http://www.lancuyen.cl/pdf/soil_nailing.pdf)

**Figura 13 Detalle de anclaje**



Fuente: Manual de Concreto lanzado T.F Ryan, Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto.

El concepto fundamental es el de colocar en el suelo natural inclusiones pasivas, a espaciamientos cortos, para incrementar la resistencia al corte del mismo, para restringir el desplazamiento de las paredes de la excavación y limitar la descompresión del suelo durante y después de efectuada dicha excavación. El muro se debe construir de acuerdo con lo indicado en el informe de la investigación de suelos, estas especificaciones y con los detalles de construcción adjuntos.

Son paredes retenedoras con una característica estructural común colocada de forma adyacente en carreteras y edificios en muchas áreas del país.

Las paredes retenedoras son populares porque las áreas planas son preferidas en carreteras y edificios.

Estas áreas deben ser excavadas en el terreno a menudo dejando cambios de nivel significativos en el límite de la excavación.

Las medidas de la economía relacionadas con lineamientos particulares de diferentes tipos de proyectos pueden determinar por medio de la habilidad de crear suficiente planicie o nivel del terreno para satisfacer espacio, seguridad o accesos requeridos.

Fuente: Manual de Concreto lanzado T.F Ryan, Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto.

## **2.2 Ventajas**

- Mayor seguridad en edificaciones contiguas pues elimina los movimientos habituales en muros de contención.
- Se logra racionalizar y acortar los tiempos de construcción, ya que la excavación queda totalmente limpia.
- Menores plazos para ejecución de excavaciones
- No requiere formaleta para fundiciones.
- Velocidad en la ejecución sobre todo en terrenos blandos, donde se alcanza hasta diez anclajes al día, con mayores rendimientos y menos jornadas de trabajo.



- Provee cambios de nivel vertical que significativamente cuestan menos que los convencionales.
- Permite adaptarse a cualquier geometría del terreno.
- En profundidad elevada se puede avanzar por partes de forma cuadrada o aproximada, de manera que se construye el muro y se ancla al terreno para seguir excavando por debajo del mismo sin que se produzcan desprendimientos.

### **2.3 Desventajas**

- Los drenajes algunas veces pueden ser difíciles de construir y es difícil de asegurar su efectividad a largo plazo.
- El espaciado corto de las inclusiones puede interferir con construcciones cercanas. Los desplazamientos horizontales pueden ser mayores que con los anclajes activos, la cual puede causar distorsiones inmediatas a construcciones adyacentes.
- La capacidad de la inclusión puede no desarrollarse económicamente en suelos cohesivos sujetos a desplazamiento lento, incluso con niveles de carga relativamente bajas.

### **2.4 Utilización del método**

- En taludes de gran altura para lograr su estabilización sin que se produzcan desprendimientos, garantizando seguridad.
- Sostenimiento de paredes de túneles
- Sostenimiento de paredes de excavaciones profundas
- En sótanos de edificios para lograr su estabilización y lograrlo con el espacio requerido.

Fuente: Manual de Concreto lanzado T.F Ryan, Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto.

## 2.5 Corte del talud

Es una de las operaciones más usuales al comienzo de una obra de construcción, se hace de acuerdo a las características requeridas por el tipo de proyecto que se va a ejecutar.

Se hace el corte o excavación necesaria para la conformación de la plataforma o superficie de apoyo para la máquina en el perímetro en que se harán las mismas, que incluye la conformación el acabado y lisura de las paredes verticales o inclinadas del talud; la localización topográfica horizontal y vertical de las inclusiones; el movimiento, transporte y disposición de los materiales resultantes de excavación suministro y colocación.

En los trabajos de excavación deben tenerse en cuenta los parámetros siguientes:

- Densidad
- Granulometría
- Cohesión
- Ubicación del nivel freático (si lo hubiera)
- Ángulo de rozamiento interno (a corto y largo plazo)

Existen otros condicionantes adicionales antes de que sea posible una excavación, considerando la seguridad y el aspecto económico; éstos son los condicionantes a tener en cuenta:

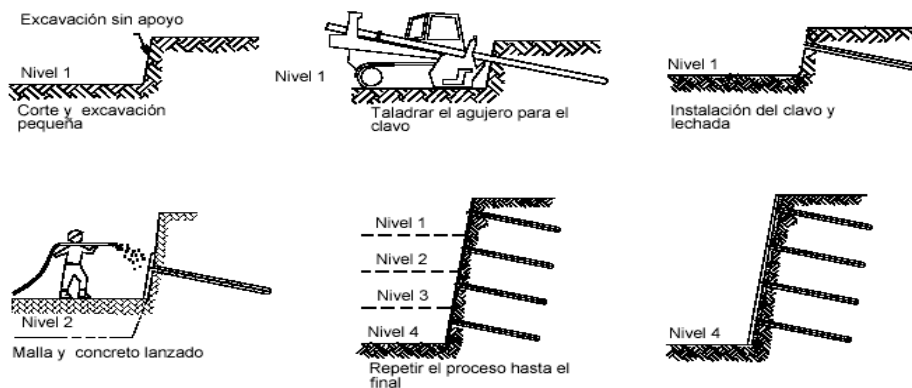
- Edificaciones próximas o colindantes, a fin de poder evaluar los movimientos en su cimentación y la influencia en la estructura de aquellos. Por ello es necesario estar en conocimiento del tipo de cimentación que poseen.
- Cota máxima de la profundidad que alcanzará la excavación.

- Detectar en el subsuelo todos los obstáculos y/o infraestructuras existentes que pudieran quedar afectadas por la excavación.

Las excavaciones directas mediante talud son la solución más favorable porque no resultan muy caras y se ejecutan con rapidez.

De acuerdo a cálculo y proyecto a veces es necesario realizar profundas excavaciones. Cuando se presentan estos inconvenientes, se puede optar por no excavar la totalidad del frente sino en franjas alternas entre 3 y 6 metros de anchura y alto como se muestra en la figura 14, de manera de controlar la inestabilidad que así queda acortada, avanzando por etapas.

**Figura 14 Corte de talud por etapas**



Fuente: [http://www.lancuyen.cl/pdf/soil\\_nailing.pdf](http://www.lancuyen.cl/pdf/soil_nailing.pdf).

Hoy en día se hace creciente la escasez de espacio en las zonas urbanas por lo cual la construcción bajo rasante ha cobrado importancia. Los requerimientos de aparcamientos y nuevos espacios aprovechables en edificios, obliga muchas veces a emplear varios subsuelos en algunas parcelas.

Fuente: Estudios y diseño realizados para la estabilización de talud en Edificio Koica Intecap.

## **2.5.1 Especificaciones**

Se realiza el corte de terreno con una altura de 2.0mts y no superior a 3.00mts (dependiendo de la cohesión del terreno).

A lo largo de una parte de los límites de excavación propuesta, se excavará el suelo con una retroexcavadora o equipo similar. La profundidad de cada tramo de excavación estará en función de la habilidad del suelo de mantenerse estable sin soporte en el corte vertical y del espaciamiento e inclinación de las inclusiones. El ancho de la plataforma dependerá del tipo de maquinaria y equipo que se utilice, pero será el mínimo que asegure que no ocurrirá ningún tipo de accidente. La longitud del tramo a cortar se recomienda no sea mayor de 30.0 metros o de lo que se estima revestir con la primera capa de concreto lanzado en una jornada de trabajo, la que sea menor.

Se efectúa la excavación vertical del talud y se asegura según su conformación y lisura.

Fuente: Estudios y diseño realizados para la estabilización de talud en Edificio Koica Intecap.

## **2.5.2 Maquinaria**

- Excavadora
- Cargador frontal
- Mini cargador
- Camion de volteo

Fuente: Estudios y diseño realizados para la estabilización de talud en Edificio Koica Intecap.

### **2.5.3 Ensayos**

Se hace el ensayo de penetración estándar o SPT (del inglés *standard penetration test*), de acuerdo a la norma ASTM D 1586.

Es un tipo de prueba de penetración dinámica, empleada para ensayar terrenos en los que queremos realizar un reconocimiento geotécnico. Es el ensayo mas utilizado en la realización de sondeos.

Consiste en medir el número de golpes necesario para que se introduzca una determinada profundidad una cuchara (cilíndrica y hueca) muy robusta (diámetro exterior de 51 milímetros e interior de 35 milímetros, lo que supone una relación de áreas superior a 100), que permite tomar una muestra, naturalmente alterada, en su interior. El peso de la maza está normalizado, así como la altura de caída libre.

Fuente: Manual de Concreto Lanzado. Ing. Raúl Bracamontes Jiménez.

## **2.6 Anclajes de concreto reforzado**

### **2.6.1 Definición**

Son elementos capaces de transmitir una carga de tracción al terreno. Los anclajes pueden ser barras de acero macizas o huecas (*autoperforantes*) y de cables de acero.

Estos elementos se introducen al terreno a través de una perforación que es rellenada parcialmente con una lechada de cemento.

Es la creación de un bulbo fijo donde se efectúan inyecciones de lechada dentro del terreno y fuera de las probables áreas de rotura (longitud libre). Estas

son perforaciones de diámetros pequeños que tienen características similares a las inyecciones o los micro pilotes

Los anclajes determinan un sistema constructivo que ofrece soporte y firme sujeción a cimentaciones profundas que superan los 30 metros.

Los anclajes se dividen en:

**Anclajes temporales:**

Son los que se utilizan en forma temporal, por ejemplo para el sostenimiento de un muro pantalla; cuando han finalizado los trabajos del mismo, el anclaje queda fuera de servicio, y aunque la corrosión afecte sus paredes metálicas, esto carece de importancia porque su función ha sido cumplida.

**Anclajes permanentes:**

Los anclajes permanentes cumplen la función de sujetar un muro de manera definitiva; tal es el caso de los muros de contención en carreteras, donde los anclajes son barras de acero con tratamiento anticorrosivo para evitar su deterioro.

Fuente: Artur H, Nilson-Georg Winter. Diseño de Estructuras de Concreto, 11<sup>a</sup>. Edición McGraw-Hill. 2000.

[http://www.lancuyen.cl/pdf/soil\\_nailing.pdf](http://www.lancuyen.cl/pdf/soil_nailing.pdf).

Estudios y diseño realizados para la estabilización de talud en Edificio Koica Intecap.

## **2.6.2 Especificaciones para su uso en estabilización de un talud**

Los anclajes son de acero corrugado No. y longitud como indique el diseño.

La varilla de acero tiene que ser grado 60 como mínimo de acuerdo con las especificaciones AASHTO M-31, M-42, M-53.

Espaciamiento en ambos sentidos, según lo indique el informe.

## **2.6.3 Normas que se tienen que usar para que se cumpla con condiciones de diseño**

- Norma COGUANOR 36011:2005 (para ensayar el acero a tensión)
- Norma ASTM C144-04 (resistencia a compresión del mortero para fundición de anclas)

Fuente: Manual de Concreto lanzado T.F Ryan, Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto.

Estudios y diseño realizados para la estabilización de talud en Edificio Koica Intecap.

## **2.6.4 Colocación**

### **2.6.4.1 Perforación**

Se hacen agujeros en el talud de 10cms de diámetro.

Se deberán hacer con longitudes adecuadas para las inclusiones de acero el cual indicara el estudio de suelos.

El ángulo de inclinación de las perforaciones lo indicará el estudio de suelos, usualmente es de 15° para facilitar el llenado con mortero.

Fuente: Manual de Concreto lanzado T.F Ryan, Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto.

Estudios y diseño realizados para la estabilización de talud en Edificio Koica Intecap

[http://www.lancuyen.cl/pdf/soil\\_nailing.pdf](http://www.lancuyen.cl/pdf/soil_nailing.pdf).

#### **2.6.4.2 Fundición**

El agujero se llena con lechada de cemento, o de mortero, introduciendo una manguera en el agujero y retirándola lentamente hacia la superficie conforme se llena el mismo con la lechada o mortero, tratando en lo posible que no quede aire atrapado.

La lechada o mortero de cemento hidráulico para la fundición de anclajes consistirá en la mezcla de cemento y agua y de cemento-arena fina cernida y agua, respectivamente. La lechada se hará en una proporción que será indicada en el diseño.

Esta lechada deberá tener, a la ruptura, una resistencia a la compresión no confinada de 3500 lbs/pulg<sup>2</sup> como mínimo a los 28 días de curado.

Fuente: Manual de Concreto Lanzado. Ing. Raúl Bracamontes Jiménez

Estudios y diseño realizados para la estabilización de talud en Edificio Koica Intecap.



## **2.6.5 Equipos para su colocación**

- Trackdrille o perforadora
- Montacargas en los casos que sea necesario
- Separadores de PVC (mantienen en posición adecuada la varilla de acero durante el proceso para lograr el recubrimiento especificado)
- Mano de obra

Fuente: Estudios y diseño realizados para la estabilización de talud en Edificio Koica Intecap.

## **2.6.6 Ensayos**

Todos los anclajes son ensayados con pruebas de carga que sobrepasan la carga de servicio a la que fueron diseñados para asegurar su correcto funcionamiento.

- Ensayo a tensión en las barras de acero para el anclaje.(De acuerdo a las normas indicadas anteriormente)
- Ensayo a compresión para determinar la resistencia en el mortero.(De acuerdo a las normas indicadas anteriormente.

Fuente: Manual de Concreto Lanzado. Ing. Raúl Bracamontes Jiménez

Manual de Concreto lanzado T.F Ryan, Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto.

[http://en.wikipedia.org/wiki/Soil\\_nailing](http://en.wikipedia.org/wiki/Soil_nailing).

## **2.7 Concreto lanzado**

### **2.7.1 Definición**

Se define como mortero o concreto transportado a través de una manguera y proyectado neumáticamente a gran velocidad sobre una superficie.

La fuerza del chorro, que produce un impacto sobre la superficie, compacta el material. Normalmente el material fresco colocado tiene un revenimiento cero y puede sostenerse por si mismo sin escurrirse. El concreto lanzado también puede colocarse hacia arriba, en una sola operación en plafones, en espesores hasta de 50 mm.

Es la creación de una película proyectando hormigón contra el frente; esta película tendrá el espesor que se desee, de manera que evita la alteración de la superficie del terreno.

Fuente: Manual de Concreto Lanzado. Ing. Raúl Bracamontes Jimenez

Manual de Concreto lanzado T.F Ryan, Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto.

### **2.7.2 Usos generales del concreto lanzado, propiedades y materiales**

#### **Usos**

El concreto lanzado ofrece ventajas sobre el concreto convencional en muchos tipos de trabajos de construcción y reparación. Un ingeniero calificado, con conocimientos y experiencia, debe decidir dónde y cómo puede usarse el material.

El concreto lanzado es frecuentemente más económico que el concreto convencional, debido a que necesita menos trabajo de cimbra y requiere

solamente una pequeña planta portátil para mezclado y colocación en las áreas más inaccesibles.

Una propiedad importante del concreto lanzado es su facilidad para formar una excelente adherencia con varios materiales. Tiene características impermeables aun en secciones delgadas, y se pueden usar aditivos para asegurar su impermeabilidad. El concreto lanzado puede ser usado en:

Estructuras nuevas (especialmente secciones plegadas o curvas), Por ejemplo: techos, paredes, tanques presforzados, recipientes, albercas, túneles, alcantarillas de aguas negras y revestimientos de lumbreras o tiros.

Recubrimientos de mamposterías de ladrillo, concreto, piedra o acero para protección o presentación.

Recubrimiento de acero estructural para proporcionar resistencia al fuego y proteger su capacidad de resistencia.

Recubrimiento de estructura de concreto, losas, muros de concreto y mampostería, bóvedas de ladrillo y mampostería.

Reparación de estructuras de concreto dañadas, tales como puentes, revestimientos de tanques, presas, túneles, torres de enfriamiento, chimeneas y estructuras marítimas. Reparaciones generales de concreto descascarado en edificios antiguos de concreto reforzado. Reparaciones de estructuras de concreto y mampostería dañadas por sismos o incendios.

Revestimientos refractarios de chimeneas, hornos, calentadores, cúpulas, etc.

## **Propiedades del concreto lanzado**

El concreto lanzado aplicado correctamente es un material estructural versátil, que posee gran durabilidad y una excelente adherencia con el concreto, mampostería, acero, madera y otros materiales. Estas propiedades favorables dependen de una correcta planeación y supervisión y de la habilidad y atención continua del equipo de concreto lanzado.

Son necesarias técnicas de prueba especializadas y se recomienda que éstas se efectúen en la obra.

La relación agua/cemento para el concreto lanzado en el lugar, está compuesta entre 0.35 a 0.50 por peso, que es más baja que la mayoría de los valores para las mezclas convencionales de concreto. En general, las propiedades físicas del concreto lanzado, son comparables con aquellas del concreto convencional de la misma composición. Los valores más reportados para las resistencias a los 28 días están dentro de los límites de 20 a 50 N/mm<sup>2</sup>, pero frecuentemente se han obtenido valores superiores a 70 N/mm<sup>2</sup>.

Se han especificado resistencias mínimas de 28 N/mm<sup>2</sup> para obras de ingeniería controladas. Resistencias más elevadas solamente han sido obtenidas con el uso de equipo de concreto lanzado a alta velocidad.

Una mezcla diseñada para colocarse por métodos tradicionales puede mostrar hasta un incremento de aproximadamente 30 por ciento en resistencia si se aplica como concreto lanzado, esto es debido a que se logra una mejor compactación y al empleo de una relación agua/cemento más baja.

La contracción por secado depende de las proporciones de mezcla empleadas, pero generalmente se encuentra dentro del rango de 0.06 hasta 0.10 por ciento.

En columnas, vigas, pisos y muros de cargas, el concreto lanzado puede reemplazar por completo la capacidad estructural de áreas defectuosas o dañadas, siempre que las áreas dañadas se eliminen hasta encontrar el material sano, antes de aplicar el concreto lanzado.

## **Materiales**

### **Cemento**

El Cemento Pórtland debe cumplir los requisitos de calidad respectivos. Si el concreto lanzado está expuesto a suelo o agua freática que contengan elevadas concentraciones de sulfatos disueltos, deberán usarse cementos resistentes a los sulfatos. Cuando las exigencias estructurales requieran alta resistencia rápida, se preferirá el empleo de un cemento portland de endurecimiento rápido.

Se pueden utilizar para elaborar los concretos lanzados todos los cementos Portland existentes en el país que cumplan con la norma ASTM c 150 ó 595M.

### **Agregados**

La arena para el concreto lanzado deberá satisfacer los requisitos de la norma ASTM C-33 para los agregados finos.

Generalmente, deberá especificarse un graduado Zona 2 de 5mm a fino, pero puede usarse también arena más gruesa.

Puede usarse arena que no cumpla con la granulometría anterior, si las pruebas preliminares establecen que proporciona buenos resultados. Así mismo, la arena empleada para acabados, recubrimientos rápidos y ciertos usos especiales, puede ser más fina que la de esa granulometría. Sin embargo, debe tenerse en cuenta, que las arenas más finas generalmente originan una contracción mayor por secado, las arenas más gruesas dan más rebote.

Para secciones de varios centímetros de espesor, puede ser ventajosa la incorporación de agregados más gruesos en la mezcla, siempre que se disponga de un equipo adecuado para lanzarlo. Cuando se usen los agregados más gruesos, deberán satisfacer los requisitos especificados en la norma ASTM C-33. Deberán rechazarse el sobre-tamaño o los de forma alargada cribándolos, ya que es posible que ocasionen taponamientos de la manguera.

### **Agua**

El agua para el mezclado y curado deberá ser limpia y libre de sustancias que puedan ser dañinas al concreto o al acero. Cuando la apariencia sea un factor importante, el agua para curar también deberá estar libre de elementos que puedan ocasionar manchas.

### **Aditivos**

Puede ser deseable incluir aditivos en el concreto lanzado para usos y condiciones de colocación especiales.

Empleando con cuidado los aditivos que pueden producir resultados muy satisfactorios, pero algunos aditivos que han sido satisfactorios en el concreto normal, pueden no ser útiles en el concreto lanzado.

La Ceniza de combustible pulverizada (cenizas volantes). Puede usarse para reemplazar parte del cemento, para absorber agua, como plastificante, impermeabilizante y también para incrementar la resistencia de ruptura, pero no puede usarse como sustituto del cemento, en más del 15 por ciento en peso de éste. Debe tomarse en cuenta que con este aditivo se obtiene una mezcla más oscura.

## **Mezclado**

Los aditivos solubles deberán disolverse en agua antes de agregarse a la mezcla. Los aditivos generalmente se mezclan en un tambor o tanque con agua y la solución se bombea a la boquilla. Los polvos insolubles se mezclan con el cemento antes que éste se mezcle con el agregado.

## **Refuerzo de fibra**

Se han llevado a cabo experimentos satisfactorios con fibra de vidrio, filamentos cortos de polipropileno y fibras de acero usadas como refuerzo integral, dispersados aleatoriamente, mezclados integralmente con el concreto lanzado, investigando una cantidad de usos para evaluar la utilidad de los diferentes tipos de fibra y las diferentes características que pueden impartir al material en conjunto. Estos usos incluyen el recubrimiento de frentes de muelles para absorber los daños de impacto.

Las fibras de vidrio son compatibles con el cemento portland ordinario, a pesar de su inclusión satisfactoria en concretos y morteros, usando las técnicas tradicionales de moldeo, se han experimentado dificultades al incluir suficiente fibra de vidrio en el concreto lanzado para impartir alguna mejoría en sus propiedades físicas. Sin embargo, puede decirse que se continúa experimentando y que se han efectuado logros alentadores. La fibra de acero tiene la desventaja de que su inclusión en la mezcla puede ocasionar un desgaste fuerte de ciertas partes de la maquinaria y de las mangueras, y un bloqueo ocasional de nido de pájaro, que puede ser bastante difícil de eliminar.

Sin duda el concreto lanzado reforzado con fibra puede encontrar muchas aplicaciones especiales y, ya que ofrece cuando menos un material moldeable con excelente resistencia a la compresión y resistencia a la tensión por flexión, puede afectar profundamente ciertos aspectos de la ingeniería civil y los sistemas actuales de construcción.

### 2.7.3 Diseño de mezcla

El diseño de mezcla no son materiales combinados al azar. Es la adecuada dosificación de cada material para cumplir con una finalidad específica.

**Tabla I Parámetros para diseño de mezcla**

Consideraciones generales de parámetros para diseño de mezcla de concreto lanzado.	
Materiales	Proporciones por masa
Cemento Pórtland ( tipo I, II y III)	16 – 20 %
Microsilíce	1.3 – 2.5 %
Agregados (Grava y arena)	75 – 80 %
Acelerante (opcional)	Según se requiera
Reductor de agua de alto rango	Para obtener adecuada trabajabilidad (V.H.)
Inclisor de aire (opcional)	Según se requiera
Fibras sintéticas HPP (opcional)	7 a 12 kg/m <sup>3</sup>
Fibras metálicas (opcional)	35 a 60 kg/m <sup>3</sup>

Fuente: Manual de Concreto lanzado T.F Ryan, Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto.

**Tabla II Diseño de mezcla para mortero lanzado vía húmeda**

Diseño de mezcla típico para mortero lanzado vía húmeda.	
Materiales	Proporciones por masa
Cemento Pórtland ( tipo I, II y III)	415 kg/m <sup>3</sup>
Microsilíce	40 kg/m <sup>3</sup>
Arena	1,500 kg/m <sup>3</sup>
Acelerante (opcional)	Según se requiera
agua	190 l/m <sup>3</sup>
Reductor de agua de alto rango	Dosificación estándar según fabricante
Inclisor de aire (opcional)	Para un contenido de aire > 6%
Total	2,145 kg/m <sup>3</sup>

Fuente: Manual de Concreto lanzado T.F Ryan, Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto.



**Tabla III Diseño de mezcla para concreto lanzado vía húmeda**

<b>Diseño de mezcla típico para concreto lanzado vía húmeda.</b>	
<b>Materiales</b>	<b>Proporciones por masa</b>
Cemento Pórtland ( tipo I, II y III)	415 kg/m <sup>3</sup>
Microsílice	40 kg/m <sup>3</sup>
Grava	450 kg/m <sup>3</sup>
Arena	1,200 kg/m <sup>3</sup>
Acelerante (opcional)	Según se requiera
Agua	190 l/m <sup>3</sup>
Reductor de agua de alto rango	Dosificación estándar según fabricante
Inclisor de aire (opcional)	Para un contenido de aire >6%
<b>Total</b>	<b>2,295 kg/m<sup>3</sup></b>

Fuente: Manual de Concreto lanzado T.F Ryan, Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto.

#### **2.7.4 Equipo que se utiliza**

- Bomba para concreto
- Compresor
- Manguera lanzadora de concreto
- Manguera transportadora de aire

Fuente: Estudios y diseño realizados para la estabilización de talud en Edificio Koica Intecap.

## **2.7.5 Técnicas**

### **Almacenamiento de los agregados**

No es necesario que los agregados estén perfectamente secos; de hecho, ciertos agregados refractarios y ligeros necesitan humedecerse previamente, pero los montones deberán estar situados en un lugar en donde puedan drenar libremente y no ser inundados por agua freática. Esto se aplica especialmente a la arena, que deberá mantenerse en su condición óptima, cubriéndola con lonas, permitiendo en esta forma, que el viento circule sobre el montón, pero impidiendo que la lluvia la humedezca.

El lanzador es responsable de revisar que la arena sea de buena calidad para el concreto lanzado, debiendo tener un módulo de finura de 2.4 a 3.2 con no más del 2 por ciento de material que pase por la malla No. 200 (75 micras).

Con experiencia, un buen lanzador puede decir simplemente al oprimir algo de arena en su puño, si es apropiada y contiene el porcentaje necesario de humedad; la arena deberá ser abrasiva al tacto, no tener polvo, no tener partículas suaves o tener exceso de limo. Cuando se abra la mano, la arena no deberá fluir libremente ni formar un solo terrón sino que deberá desmoronarse en tres o cuatro módulos separados.

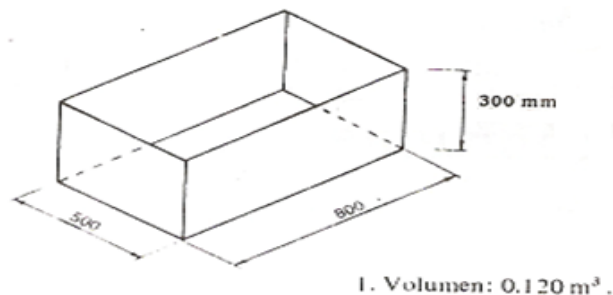
El contenido máximo de humedad en la arena debe estar comprendido entre el 5% y el 8%. Si la arena está demasiado húmeda, bloqueará la manguera y formará capas de mortero dentro de la lanzadora; pero si la arena está demasiado seca, el cemento no se adherirá a los granos de arena al mezclarse, lo cual producirá separación excesiva en la manguera.

Cuando la arena que se va a emplear está demasiado húmeda, generalmente no es práctico tratar de sacarla, siendo mejor mezclar la arena húmeda con arena seca suministrada especialmente para ese fin, o adicionarle cenizas volantes (máximo 15 por ciento del peso del cemento)

### Dosificación

Se refiere y se recomienda la dosificación por peso, pero la dosificación por volumen es adecuada si ocasionalmente se calibra el equipo por peso. Frecuentemente los agregados ligeros se dosifican mejor por volumen, ya que su densidad depende mucho del grado de humedad que tengan.

**Figura 15 Caja para dosificar**



Fuente: Manual de Concreto lanzado T.F Ryan, Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto.

La figura 15 muestra una caja típica de dosificación para producir una mezcla de 1:3.5 por volumen pueden hacerse una serie de estas cajas, cada una que corresponda a una diferente mezcla y marcarse claramente como tal. La caja ilustrada de 120 litros se llena con arena que después se mezcla con un bulto de cemento. Las dimensiones de la caja están basadas en la presunción de que un bulto de 50 kg de Cemento Pórtland ordinario contiene apenas algo menos de 35 litros.

Se considera que lo anterior sucede empleando arena húmeda. La arena con un contenido de humedad del 5 al 8 por ciento puede abundar del 20 al 30 por ciento arriba de su volumen suelto seco por peso unitario y una mezcla de 1:3.5 dosificada en esta forma, usando arena húmeda, puede muy bien ser equivalente a una mezcla de 1:3 usando arena seca.

Esta mezcla se coloca después en el lanzador y se lanza a su lugar, pero debido a la presencia de rebote, que puede ser desde 5 hasta el 50 por ciento, la mezcla que llega podrá tener proporciones de 1:2.5. Entonces con una mezcla por volumen de 1:3.5 se espera obtener una mezcla colocada en el lugar de 1:2.5. Es esencial que lo anterior se tome en cuenta al redactar las especificaciones; incluyendo que debe dejarse una tolerancia apropiada de acuerdo con la naturaleza del trabajo y el porcentaje que se espere de rebote.

### **Mezclado**

El equipo de mezclado deberá ser capaz de mezclar completamente la arena y el cemento de manera que los granos de arena se recubran por completo en una cantidad suficiente para mantener un suministro constante al lanzador. La mezcla deberá cribarse para impedir la inclusión de piedras, costras de la revoladora, pedazos de costales de cemento, etc. El mezclado a mano es bastante aceptable siempre que sea económico y se recomienda para mezclas de materiales ligeros y refractarios.

Las cribas de malla de alambre tejido varían desde 6 mm, y mallas de metal desplegado de 6 x 22mm, hasta cribas cuadradas vibratorias de 20 mm, dependiendo del tipo de trabajo y de las especificaciones del agregado.

## **El lanzador y sus responsabilidades**

Las técnicas del centro de concreto lanzado giran alrededor del lanzador, que es el director del equipo. La experiencia es la calibración del director y solamente por experiencia sabrá cómo efectuar el trabajo, por lo que es indispensable un tiempo regular de aprendizaje para el candidato a lanzador.

Al iniciar un trabajo, el lanzador tiene que definir ciertas necesidades para la realización del mismo, tales como el tamaño de la boquilla que se requerirá, la colocación de las reglas maestras que mejor se adapten al programa de colocación del concreto, lugar donde se inicie el trabajo y otros. Por lo que se refiere al refuerzo que se necesite, espesor del concreto especificado y el terminado deseado, no son decisiones que le corresponda tomar, pero si afectan en la elección de lanzador y boquilla, su secuencia de colocación y la posición de reglas maestras o alambres para la colocación.

Generalmente, la colocación se empezará de la parte inferior hacia arriba, recubriendo el refuerzo en tal forma que lo envuelva completamente en el concreto lanzado, no permitiendo que se formen concentraciones de material de rebote. Colocará sus reglas maestras de manera que el rebote pueda escapar a través de ellas.

El lanzador deberá dirigir al operador de la lanzadora por señales manuales. En todo lo relacionado con el volumen y la velocidad del chorro de concreto lanzado requerido. Si el chorro es demasiado fuerte, deberán bajarse la presión y la velocidad del motor regulada para producir el chorro más apropiado; si el material sale simplemente de la boquilla, deberá incrementarse la presión. Si se presenta algún problema para obtener un chorro satisfactorio, es muy probable que la causa sea una combinación del tamaño de la punta de la boquilla.

Todos estos factores contribuyen al delicado problema de la alimentación correcta de la boquilla y es de la incumbencia del lanzador la selección de la mejor combinación. Los fabricantes de lanzadoras pueden suministrar una información sobre rendimiento y dar recomendaciones para cubrir todas estas combinaciones. Es posible que para un solo trabajo se requieran dos combinaciones diferentes de salida-manguera-boquilla, por ejemplo, el trabajo de recubrimiento de una pared estructural de bastante espesor con una capa de buen acabado de 20 mm, aplanada, colocada para lucir como cara exterior.

### **Lanzamiento vertical**

Cuando el punto de colocación esté a cierta altura arriba del lanzador, las mangueras deberán sopletearse antes de parar el trabajo pues de otra manera la revoltura en las mangueras caerá hacia abajo hasta el extremo inferior al faltar la presión y ninguna presión que se aplique posteriormente será capaz de moverla. Esta situación se presentará también en cualquier caso en que exista una obstrucción se presentará también en cualquier lugar de la parte superior de la manguera. Es una buena práctica duplicar la manguera con objeto de mantener una continuidad en el trabajo mientras que la manguera obturada se vacía.

En forma semejante, para el trabajo hacia abajo, en que la obturación no es tan factible, es mejor efectuar una vuelta en la manguera para impedir pulsaciones. Esta vuelta permite que la revoltura quede suspendida correctamente en la corriente de aire.

### **Rebote**

Es una dificultad que se encuentra al usar concreto lanzado. Es muy raro encontrar un lanzador que haya aprendido a controlar el rebote del material en cualquier condición.

El material de rebote son agregados que no se adhieren al respaldo donde se lanza el mortero, al refuerzo a la capa de concreto lanzado en sí y que retachan fuera del área de colocación en forma suelta. La proporción inicial de material de rebote es alta si el chorro se dirige contra la cimbra o el refuerzo; sin embargo la formación de una capa de colchón sobre la forma (ayudada por un ligero exceso inicial de material de rebote. Por lo tanto, las secciones gruesas tienen los porcentajes más bajos de material de rebote y las secciones delgadas, los más altos de todos.

El porcentaje de rebotes en cualquier situación depende de:

La eficiencia de hidratación (presión de agua lanzador, diseño de la boquilla)

La relación de agua/cemento (diseño de la mezcla lanzador)

Granulometría de la arena (arenas más gruesas = mas rebote)

La velocidad de la boquilla (capacidad del compresor, tamaño de la boquilla lanzador)

El ángulo y distancia del impacto (límites de acceso lanzador)

El espesor de la aplicación (especificaciones del trabajo lanzador)  
y en primer termino, la habilidad del lanzador)

En seguida damos los porcentajes típicos de material de rebote.

<b>Superficie</b>	<b>Por ciento de material de rebote</b>
Pisos o losas	5 a 15
Muros verticales o con pendiente	15 a 30
Trabajo en cielos	25 a 50

La reducción del por ciento de material de rebote es una consideración primordial en la eficiencia y la economía. El análisis de la composición, del material de rebote muestra que, en general, no estaban insuficientemente mojados en la boquilla; pero el hecho de que se presentan rebotes aún con máquinas revolventoras húmedas, muestra que el mezclado apropiado y la humectación no forman una solución completa.

Recientemente se ha descubierto que para reducir el rebote de partículas, debe elevarse la presión del agua (más de 700 kN/m<sup>2</sup>) con el objeto de asegurar una hidratación adecuada del material, boquillas intensificadoras para alinear y compactar el chorro, aditivos para reducir la tensión superficial e incrementar las propiedades humectantes y el adiestramiento del lanzador acerca del efecto que pueda tener sobre el por ciento de rebote, la variación de la distancia de disparo o la velocidad en la boquilla. En teoría, ninguna boquilla, cualquiera que sea de su tamaño deberá estar a más de 1.20 m. ni a menor de 0.60 m. del punto de impacto. Sin embargo, ciertos trabajos se han ejecutado desde distancias de más de 1.80 m. pero no existen riesgos de sus porcentajes de rebote.

En beneficio de una buena calidad del trabajo, el material de rebote no deberá usarse nuevamente en la lanzadora; por otra parte, no vale la pena gastar energías en recolectar el material de rebote, pues resulta más costoso



que el valor del material rescatado. Sin embargo, con mezclas más pobres (relación cemento-arena 1:4 a 1:5), puede usarse el material de rebote fresco sin contaminar en la mezcla, como un agente secador si la arena está húmeda, pero solamente cuando la resistencia que se espera del concreto lanzado no sea muy alta.

### **Bolsas de material de rebote**

A veces sucede que el material de rebote no cae muy lejos del punto de impacto, sino que se junta en una bolsa y es factible de ser cubierto con concreto lanzado fresco. La bolsa de material de rebote resultante, contiene mortero sin compactación e insuficientemente hidratado, débil que puede ser perjudicial para la calidad del trabajo y debe evitarse en casos como: estructuras para almacenar agua, estructuras con solicitudes de refuerzos, estructuras presforzadas y todo trabajo de protección externa.

### **Obstrucciones.**

Si todo el conjunto está limpio, seco y libre de material sin cernir, no puede presentarse ninguna obstrucción.

Cuando éstas se presentan en el material de la manguera la causa es generalmente una de las siguientes:

- a) Partículas demasiado grandes en la mezcla (agregados de mayor tamaño, cemento defectuoso) capas endurecidas de cemento, pedazos de costales de cemento que penetran en la manguera:
- b) Arena muy húmeda
- c) Arena muy seca
- d) Agua que entra por las uniones de la manguera;
- e) Agua o aceite en el aire comprimido.

La causa (a) se elimina por un cribado cuidadoso.

La causa (b) se elimina por una protección cuidadosa de la arena en el lugar y revisando las entregas de arena.

La causa (c) se elimina revisando el contenido de agua en la arena y humedeciendo la arena antes del mezclado.

La causa (d) se elimina haciendo las conexiones apropiadas de la manguera y envolviendo o protegiendo de cualquier manera las uniones.

La causa (e) solamente puede eliminarse con el uso de separadores centrífugos en el suministro de aire o por el uso de un tanque separador.

El agua en las mangueras de alimentación es sorprendentemente común, especialmente en túneles en que el aire tiene frecuentemente una humedad del 100 por ciento.

Destapar una obstrucción puede ser muy peligroso sin las precauciones apropiadas. El método normal es quitar la presión en la lanzadora, desconectar el material de la manguera, revisar que la obstrucción no esté en el cuello de ganso y sopletear el cuello de ganso. La manguera se coloca después en la conexión para sopleteo y se conecta la presión máxima del aire para expulsar el material de obstrucción, que será conducido manguera abajo y puede salir como un proyectil con una denotación considerable en la boquilla. Con mangueras de gran diámetro, una obstrucción que sale de la boquilla puede levantar a un hombre del piso.

Un lanzador experimentado puede predecir cuándo va a presentarse una obstrucción pues ésta va precedida de un súbito ruido del motor conforme se eleva la presión misma que es registrada por el manómetro. La reacción inmediata del operador de lanzadora, en caso que la obstrucción no tienda a eliminarse por sí misma, debe ser cortar el suministro de aire y sacar todo el aire de la lanzadora.

Si este tratamiento con alta presión no destapa la manguera obstruida, se recomienda mantener la presión y recorrer la manguera alejándose del lanzador palpándola con las manos. (Es aconsejable que un ayudante esté listo para cortar el suministro de aire).

La manguera deberá estar rígida precisamente en el punto de la obstrucción y de ahí en adelante estará blanda, lo que se detecta, como ya se dijo, palpándola con la mano; una vez localizada la obstrucción, flexiónese y golpee con un martillo la manguera en el área de la obstrucción para liberar el bloqueo.

No es muy frecuente el bloqueo en las uniones de las mangueras, cuando se presente una obstrucción en la unión, debe eliminarse toda la presión en la manguera antes de tratar de aflojar la unión, y limpiarse picando con un desarmador, flexionando la manguera precisamente atrás de la unión y aplicando aire a presión.

Cuando las obstrucciones se presentan cerca de la boquilla, el lanzador puede frecuentemente eliminarlas flexionando temporalmente la manguera para elevar la presión de suministro y enderezando la misma. Si este procedimiento tiene éxito, el sonido de trompeteo resultante indicará al lanzador que todo está en orden.

## **Juntas**

Para el uso satisfactorio del concreto lanzado en la construcción y protección, es necesario efectuar juntas de construcción (ver figura 16).

El concreto lanzado se dispara para formar una orilla en forma de cuña en un ancho de 230 ó 300 mm. para espesores hasta de 75 mm y con un ancho proporcionalmente mayor para espesores más grandes. La superficie inclinada del concreto lanzado se cepilla para quitar la nata y el material de rebote, dejando que fragüe.

El concreto no se corta o se aplana en ningún momento. Antes de iniciar nuevamente la colocación del concreto con un chiflón de aire-agua, se humedece nuevamente. Toda la superficie inclinada se cubre con concreto lanzado fresco, en cuanto sea posible, y el espesor de la capa se empieza a formar de ahí en adelante.

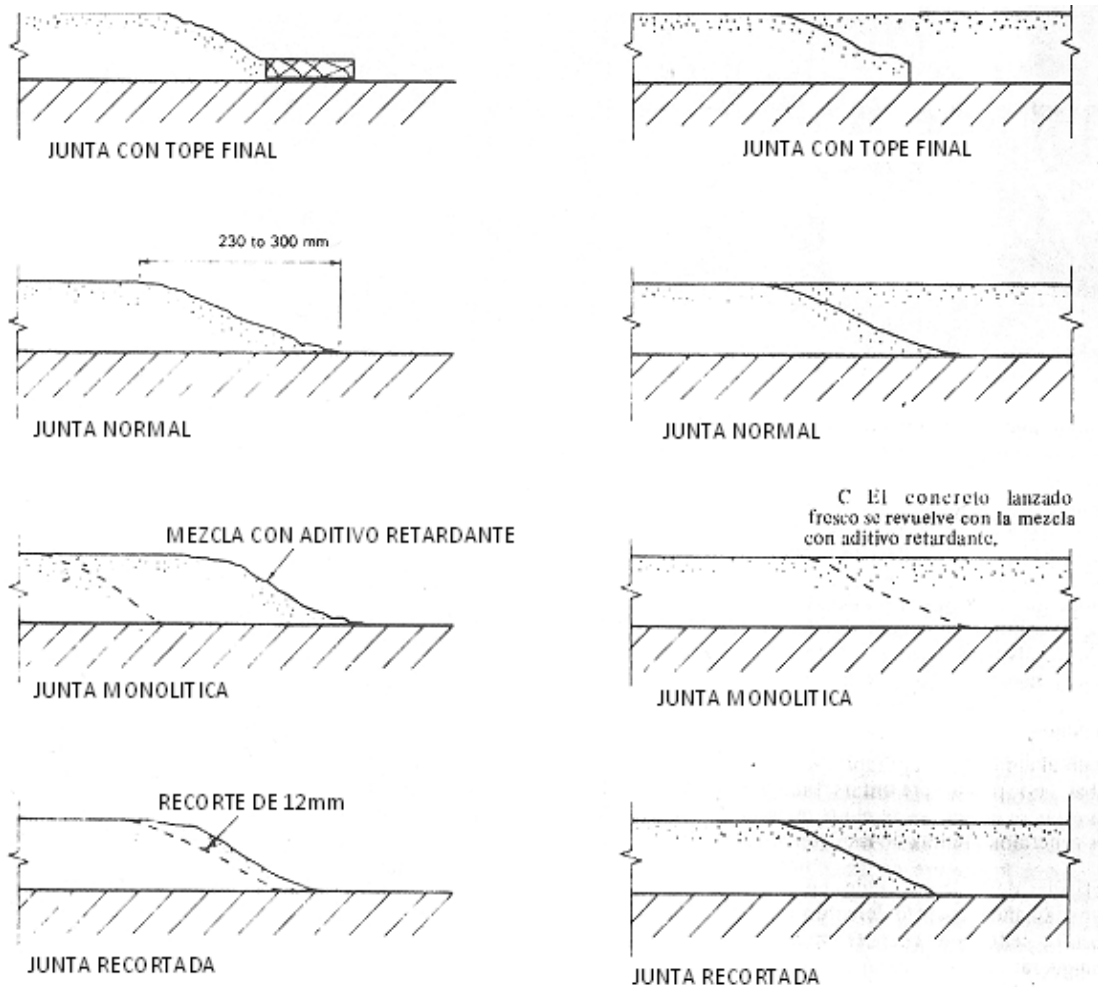
La junta con tope final (indicada en la figura 16) permite hacer un trabajo de juntas más regular.

Las juntas con tope final y la junta normal (indicadas en la figura 16) pueden mejorarse aún más cubriendo la superficie inclinada con un agente de unión antes de continuar con el lanzamiento del concreto. Puede usarse resina epóxica o un polivinil acetato o adhesivo de látex.

La junta monolítica (indicada en la figura 16) es una solución sofisticada, y consiste en colocar la última mezcla del día de fraguado retardado. Al día siguiente se coloca concreto normal lanzado sobre la junta de concreto con retardante que aún está en estado plástico, permitiendo que se forme una junta casi homogénea. Es necesario tener experiencia para obtener éxito.

La junta recortada se usa para trabajos marítimos y es la misma que la junta normal indicada en la figura 16, a excepción de que la superficie inclinada se ha quitado picándola suavemente para impedir una posible falla de la junta, debido a contaminación por sal de dicha superficie.

**Figura 16 Tipos de juntas**

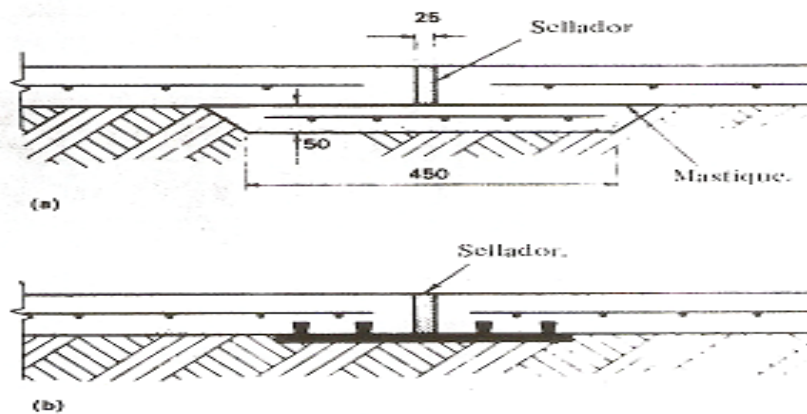


Fuente: Manual de Concreto lanzado T.F Ryan, Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto.

### **Juntas de expansión y contracción.**

Para estructuras normales es apropiado rellenar las juntas con compuestos especiales para ello. Así, para estructuras que almacenen líquidos, se usan las juntas que se muestran en la figura 17. El sellador debe ser un elastómero aprobado o un compuesto similar.

**Figura 17 Juntas de expansión y contracción**



Fuente: Manual de Concreto lanzado T.F Ryan, Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto.

### **2.7.6 Pruebas**

#### **Análisis del concreto lanzado fresco**

Los diversos métodos empleados para analizar el concreto lanzado fresco no son muy diferentes de aquellos que se usan para analizar el concreto normal fresco; por ejemplo, el contenido aproximado de cemento, de una muestra, deberá encontrarse lavándola completamente a través de un juego de cribas y tomando la parte que pase la criba 75 mm (número 200) como el contenido total de cemento.

- Se debe de hacer la prueba de asentamiento (slump) el cual indicará si el concreto tiene el revenimiento adecuado para sostenerse en la aplicación deberá de ser:

Normal  $4.0 \pm 1.0$  pulg. ( $10 \pm 2.5$  cm) tolerancia     ASTM C 143-08

Con fibra  $3.0 \pm 1.0$  pulg. ( $7.6 \pm 2.5$  cm) tolerancia     ASTM C 143-08

### **Análisis del concreto lanzado endurecido**

Nuevamente se usan las técnicas que se aplican para el concreto normal; se determina la resistencia a compresión con testigos logrando su resistencia máxima a los 28 días.

### **Resistencia**

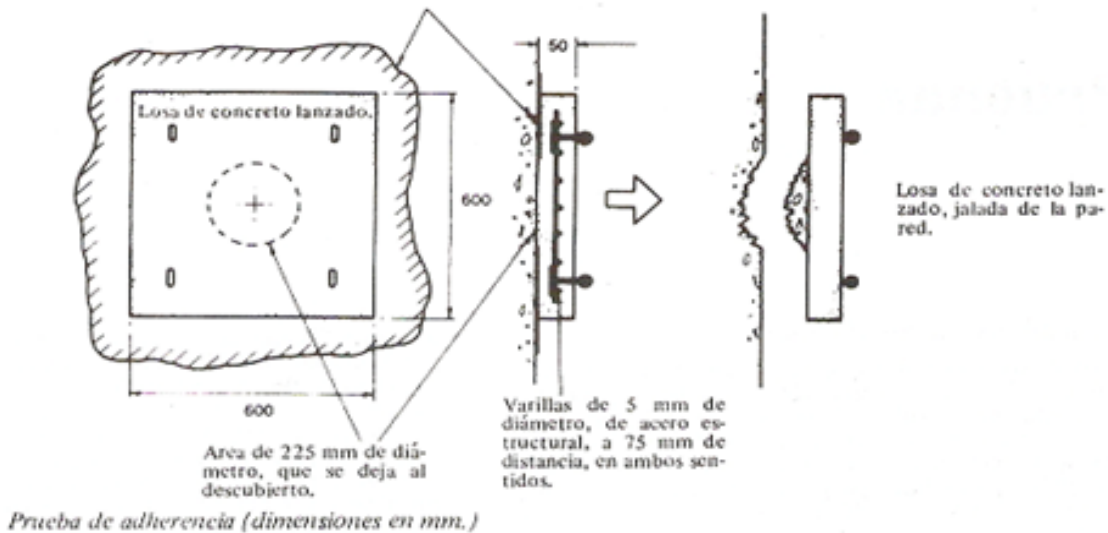
La resistencia a la ruptura, a la compresión (resistencia equivalente de un cilindro normal) de concreto lanzado, deberá de ser 3000, 3500 y 4000 psi a los 28 días de edad de acuerdo a la norma ASTM C39.

### **Adherencia**

La prueba de adherencia es peculiar para el concreto lanzado y no se incluye en ninguna norma. Puede especificarse cuando la adherencia del concreto lanzado a la base es de primordial importancia, como en revestimientos de túneles, capas resistentes a la abrasión, reparaciones de muros marítimos, etc.

En la figura 18 se ilustra la prueba de adherencia. Realmente es más bien una demostración que una prueba, ya que el objeto que se persigue en esta práctica es jalar la losa de concreto lanzado, de 10 días de edad, de la pared y arrancar con ella un pedazo de pared, entonces esto demuestra que la adherencia del concreto lanzado es mayor que la resistencia de la base, lo que se logra con frecuencia.

**Figura 18 Prueba de adherencia**



Fuente: Manual de Concreto lanzado T.F Ryan, Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto.

### **Absorción**

El agua absorbida, por una muestra de concreto lanzado por inmersión simple, no debe exceder del 10 por ciento siendo normal del 6 al 7 por ciento.

Fuente: Manual de Concreto lanzado T.F Ryan, Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto.

Manual de Concreto Lanzado. Ing. Raúl Bracamontes Jiménez



## **2.7.7 Especificaciones.**

### **2.7.8 Normas**

#### **Cláusulas**

1. El término “concreto lanzado” se refiere al concreto producido por la proyección de mezcla humedecida de arena-cemento sobre un área, por medio de presión de aire aplicada a través de un recipiente de presión de alimentación continua, llamado “lanzador”.
2. El equipo de lanzado y de colocación deben ser de un tipo aprobado, bastante experimentado y apropiado para el trabajo a que se refiere el contrato.
3. El cemento deberá ser cemento ordinario Pórtland común de acuerdo con la Norma ASTM C150 ó C595
4. La arena deberá estar lavada, limpia, angulosa y seca; y deberá satisfacer todo lo especificado en la Norma ASTM C33.
5. El acero de refuerzo, empleado en el concreto lanzado, debe estar de acuerdo con la en diseño y condición. Debe estar sin ruptura, libre de costras, lodo, grasa o rebotes endurecidos. Se ensayarán de acuerdo a la norma COGUANOR 36011:2005.
6. El agua para el mezclado y curado será limpia y libre de sustancias que puedan ser perjudiciales al concreto o al acero. El contratista deberá emplear operadores aptos y experimentados. El lanzador deberá tener una experiencia de trabajo adecuada y de una naturaleza similar a la que se requiere en el contrato.
7. La boquilla deberá mantenerse en la posición, optima en todo momento: 0.6 a 1.2m de la superficie donde se aplicará y en ángulo recto con relación a la misma.
8. Las superficies verticales deberán trabajarse de abajo hacia arriba.

9. Todo el material de rebote o bolsas de arena deberán eliminarse durante el curso del trabajo.
10. No deberá mezclarse material de rebote con ninguna mezcla.
11. No deberá usarse ninguna mezcla si el trabajo se ha detenido por más de una hora después de terminado el mezclado.
12. El concreto lanzado terminado debe curarse adecuadamente por aspersión continua y uniforme de agua después de un período de ocho horas de su colocación y por un periodo de siete días. El agua para el curado debe ser de la misma fuente que el agua para la mezcla.

Fuente: Manual de Concreto lanzado T.F Ryan, Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto.

## **2.7.9 Personal sus funciones y precauciones de seguridad**

### **La cuadrilla de lanzador**

Debido a que la calidad del concreto lanzado depende básicamente de los operadores, es necesario que estos se sujeten a un aprendizaje y reciban instrucciones precisas para operar las máquinas. El sobrestante de una cuadrilla debe tener experiencia de cuando menos dos años como lanzador, y su lanzador deberá haber trabajado como aprendiz cuando menos por espacio de seis meses, con experiencia en trabajos de naturaleza semejante al trabajo que vaya a desarrollar.

La experiencia del lanzador deberá demostrarse probando su habilidad recubriendo tableros de prueba como parte del programa de prueba antes de darle el visto bueno para hacerse cargo de algún trabajo.

La cuadrilla consiste en:

1 lanzador

1 operador del chiflón (aprendiz de lanzador)

1 operador de lanzador

1 operador de mezcladora

1 sobrestante

Y varios ayudante para el movimiento de la manguera, colocar andamios, mezclado etc.

## **FUNCIONES**

### **Lanzador**

- Asegúrese que la boquilla esté en perfectas condiciones de funcionamiento, el forro fijo y sin desgaste, que los chorros de agua estén libres y no tengan obstrucciones, que las mangueras no tengan incrustaciones y estén colocadas correctamente y que sus conexiones estén hechas en forma adecuada.
- Asegúrese que se recibe el chorro de mezcla en un flujo regular a la presión correcta y uniforme requerida.
- Regular el control del agua para asegurar una compactación adecuada del concreto lanzado, bajo porcentaje de rebote y ausencia de revenimiento.
- Deberá mantener la boquilla en tal forma que el concreto lanzado se proyecte lo más directamente que sea posible sobre las superficies, según lo permitan las condiciones. Esto asegurará una compactación adecuada y un bajo porcentaje de rebote.
- Dirigir el chorro del concreto lanzado hacia las esquinas en una secuencia sensible, para tener la seguridad de que se llenen los rincones con concreto sano y que todo el refuerzo esté embebido en él sin formación de bolsas de arena.

- Dirigir el operador de la lanzadora de acuerdo con sus necesidades y detener el trabajo cuando se presente alguna deficiencia en el abastecimiento.
- Eliminar cualquier bolsa de arena que se forme y cualquier área que tenga corrimientos de concreto o depresiones.
- Disparar el concreto con el espesor, alineamiento y superficie requeridos.

### **Operador del “Chiflón”**

- Ayudar al lanzador con el tubo de “Chiflón” de aproximadamente 1.2 m de longitud y cuando menos de 20 mm de diámetro, equipado con una válvula para eliminar por medio de soplado los rebotes de la superficie del trabajo, que están atrás del refuerzo y en los rincones.
- Ayudar al lanzador en cualquier otra forma, por ejemplo, en el caso de que deban cambiarse las mangueras de lugar, eliminar las bolsas de arena, aplanar la superficie del concreto lanzado, eliminar el material del rebote, cuidar de que no se presenten problemas tales como fugas, bloqueos, movimiento de las reglas maestras, etc., y actuar como mensajero y emisor de señales.

### **Operador de lanzadora**

- Asegúrese que la lanzadora está en excelentes condiciones de trabajo.
- Regular el suministro de la mezcla de la lanzadora de acuerdo con las necesidades del boquillero en cuanto a presión y volumen.
- Asegúrese que el suministro de la mezcla no tenga pulsaciones o que en alguna forma deje de ser regular.
- Asegúrese, revisando cuidadosamente todas las conexiones, que no se pierda aire en las mangueras o en la lanzadora.

- Dirigir al operador de la mezcladora de acuerdo con sus necesidades y rechazar cualquier material que se haya dejado por más de dos horas sin utilizar (una hora si la arena estaba húmeda) o cualquier otra mezcla que considere no satisfactoria.
- Sopletear todas las mangueras de material al detenerse el trabajo y vaciar el lanzador si la interrupción dura más de una hora.

### **Operador de la mezcladora**

- Asegúrese que la mezcladora esté limpia y en condición mecánica de primer orden, ésta deberá limpiarse diariamente.
- Mezclar el cemento y la arena en las proporciones previamente calculadas.
- Mezclar por lo menos durante un minuto, ya sea que se use una mezcladora de tambor o de olla.
- Rechazar cualquier cemento insano, que esté mal graduado, de mala calidad o arena con un contenido de humedad mayor del 10 por ciento.
- Por medio de un cribado cuidadoso, tener la seguridad de que no existen agregados grandes, pedazos de costales de cemento, escamas de cemento o cualquier otro material que pudiera bloquear la manguera si se deja entrar a la lanzadora ya sea de la revolvedora o de los montones de material mezclado.
- Asegúrese que el cemento esté almacenado cerca y a la mano de la máquina, sobre una tarima que tenga cuando menos 150 mm arriba del nivel del piso y bajo techo.
- Asegúrese que la arena se almacene bajo techo y bajo lonas, de tal manera que pueda drenarse libremente.

### **Sobrestante**

El sobrestante tiene la responsabilidad de la terminación satisfactoria del trabajo y actuar como coordinador y director.

### **Organización del trabajo**

Para la obtención de una buena organización en el concreto lanzado, se requiere una organización correcta del trabajo, siendo esto responsabilidad del sobrestante, quien debe programar el trabajo de acuerdo con las necesidades y asegurarse que todo el equipo trabaje sin dificultades, tomando las precauciones necesarias y previendo las eventualidades.

Es un caso frecuente que, debido al ruido del compresor, al retumbar de la boquilla, o simplemente a la distancia, es imposible comunicarse por medio de la voz; por lo que se hace necesario comunicarse mediante señales. En la figura 19 se muestra un sistema de señales manuales: éstas son señales del lanzador; el operador de lanzadora solamente necesita hacer señales al lanzador para prevenirlo.

## Figura 19 Señales de comunicación



Fuente: Manual de Concreto lanzado T.F Ryan, Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto.

## **PRECAUCIONES DE SEGURIDAD**

### **Equipo protector.**

El lanzador necesita protegerse como se ilustra en la figura 20 de los rebotes y de las nubes de polvo de cemento. Las piezas individuales de rebote pueden pegar al boquillero a velocidades de 150 km/h o más por lo que es muy importante que el lanzador use anteojos de seguridad para proteger sus ojos.

El tipo de anteojos más popular son los de plástico que se amarran alrededor, desechables, debido a que se recubren eventualmente con concreto lanzado o con lechada de cemento y es antieconómico limpiarlos. Resulta más conveniente considerar que se usarán cuando menos un par de anteojos por día, por lanzador. Los anteojos de vidrio tienen una mayor duración si se limpian con frecuencia pero proporcionan una visión borrosa debido a que se opacan por medio de las partículas que se adhieren. Los anteojos de vidrio no son recomendables a menos que se compruebe que sus cristales son anti choque y que no se empañan en el interior.

En ambientes interiores y cerrados se requiere ventilación para la salud y comodidad del lanzador. Ocasionalmente es suficiente un pañuelo húmedo sobre la nariz y boca, pero tan pronto el polvo se convierte en un problema, deberán suministrarse respiradores.

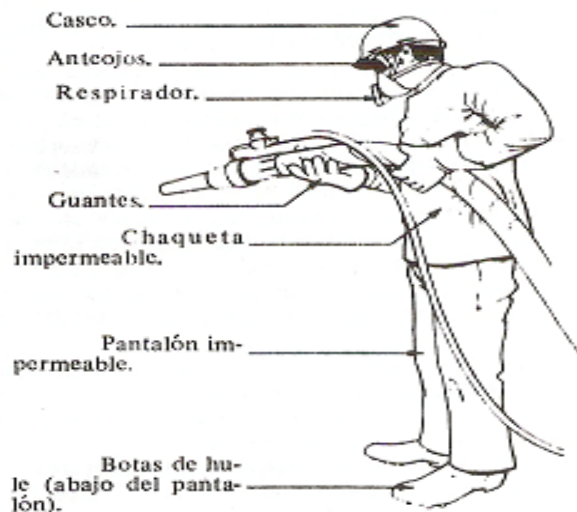
Los protectores de respiración contra atomizadores de pintura son adecuados, pero es necesario, pero es necesario cambiar frecuentemente los filtros. Una solución mejor que se emplea con ventajas en cualquier trabajo desarrollado en un ambiente cerrado (túneles, chimeneas, hornos) es llevar una línea ligera de aire a través de un equipo especial de cabeza.



Se recomiendan guantes impermeables de ajuste flojo; también un casco protector bien ajustado, tanto para proteger la cabeza como para evitar que el cemento caiga al cabello. El mejor uniforme es un traje de calderero, que se ajuste firmemente al cuello y con pantalones de ajuste flojo que caigan sobre las botas de hule.

Solamente el lanzador y el operador del chiflón necesitan equipo protector. Pero vale la pena recordar que los granos de arena y las partículas que se encuentran en cualquier corriente de aire son tan dañinos como aquellas que salen de la boquilla; por lo tanto, se recomienda que también el operador de lanzadora use un par de anteojos. En todos los andamios volantes, el lanzador deberá usar un arnés de seguridad.

**Figura 20 Equipo de protección**



Un lanzador con ropa y equipos adecuados.

Fuente: Manual de Concreto lanzado T.F Ryan, Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto.

## **Viento**

Es imposible producir un buen concreto lanzado en lugares expuestos al viento o a corrientes fuertes de aire.

Si existe alguna posibilidad de que se presenten vientos, aunque sean moderados, deberán tomarse precauciones para proteger la boquilla, el chorro y la superficie que vaya a tratarse, para impedir que el cemento y los finos sean sacados por el aire fuerte del chorro. A la intemperie, a veces puede ser suficiente un cono de metal ligero colocado sobre la punta de la boquilla en su extremo.

Los vientos y las corrientes también originan fisuras por contracción debido al rápido enfriamiento del concreto fresco lanzado; a este respecto, los vientos son tan perjudiciales como los rayos solares directos.

## **Lluvia**

El concreto fresco lanzado en lugares expuestos debe protegerse contra la lluvia. Como el concreto lanzado tiene una relación agua/cemento baja, es muy absorbente del agua cuando está fresco; por ello, cuando se precipite una fuerte lluvia sobre el concreto fresco lanzado, puede ocasionar deslizamientos o escurrimientos o, cuando menos, reducirá su esfuerzo final.

Frecuentemente es necesario colocar pantallas y una protección eficiente para eliminar el viento y la lluvia en lugares expuestos.

## **Polvo**

Puede crearse una gran cantidad de polvo con el proceso del concreto lanzado; por esta razón, no deberá dejarse descubierta ninguna maquinaria delicada en las cercanías, o bien deberá sacarse a fuera del área de trabajo

cualquier maquinaria que se localice cercana a la obra. Deben tomarse precauciones para eliminar el polvo y los pedazos volátiles de rebote.

No deberá usarse el concreto lanzado sin la debida protección en lugares que tengan tránsito intenso.

Fuente: Manual de Concreto Lanzado. Ing. Raúl Bracamontes Jiménez

Manual de Concreto lanzado T.F Ryan, Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto.

### **2.7.10 Consideraciones arquitectónicas y de ingeniería**

#### **La adherencia del concreto lanzado**

##### **Concreto**

La adherencia inicial entre el concreto lanzado y el concreto es completamente mecánica, pero el endurecimiento tiene aspectos tanto mecánicos como químicos.

Si la superficie que recibe el concreto lanzado está limpia pero áspera, el concreto lanzado que se coloca sobre ella se pegará en la forma de un lodo húmedo que se lanza sobre una pared y que se convierte, por el impacto, en una masa densa, cohesiva, que penetra muy irregularmente en la interface con la superficie sobre la que se lanzó. El concreto lanzado permanece en su lugar como resultado de los efectos combinados de cohesión, succión e intrusión.

Una vez en su lugar, siempre que la superficie haya sido humedecida antes de la aplicación de concreto lanzado, se lleva a cabo una reacción química que da por resultado el endurecimiento del cemento para unir entre sí

las masas; la adherencia de algunas pastas de cemento del concreto lanzado relativamente ricas en cemento, se verificará por acción capilar o intrusión forzada en poros y fisuras existentes en la superficie, dando por resultado un incremento efectivo final en la adherencia.

### **Otros materiales**

Cuando se coloca el concreto lanzado sobre ciertos materiales es importante tomar en cuenta los siguientes aspectos:

#### **Concreto lanzado sobre madera**

La madera deberá cubrirse con el papel empleado en la construcción, para evitar que se adhiera a la madera.

#### **Concreto lanzado sobre acero galvanizado**

El concreto lanzado no se adhiere al acero recubierto de zinc.

#### **Concreto lanzado sobre aluminio**

Inconveniente debido a la posible corrosión electrolítica.

#### **Concreto lanzado sobre tabique o bloques porosos para la construcción.**

La adherencia se asegura humedeciendo la base porosa, de madera que siga estando reluciente por la humedad cuando se aplica el concreto lanzado.

El concreto lanzado no se adhiere a materiales pulidos y densos.

Fuente: Manual de Concreto lanzado T.F Ryan, Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto.

## 2.8 Malla electro soldada

### 2.8.1 Definición

Además de las barras sencillas de refuerzo, por lo general, se utilizan las *mallas electro soldadas de alambón* para reforzar losas y otras superficies. El refuerzo con alambones soldados consta de un conjunto de alambones de acero extruidos en frío, colocados longitudinal y transversalmente de sus respectivos ángulos rectos, y soldados entre sí en todos los puntos de intersección.

El tamaño y espaciamiento de los alambones puede ser el mismo en las dos direcciones o ser diferente dependiendo de los requisitos del diseño.

La nomenclatura convencional utilizada para describir el tipo y el tamaño de las mallas electro soldadas de alambón se encuentra en un periodo de transición y actualmente se utilizan dos sistemas.

Antes, las mallas se relacionaban usando el espaciamiento de los alambones longitudinales y transversales y el calibre del alambón; por ejemplo, 6 x 6 – 4 x 4, que significa espaciamientos de 6 pulgadas en cada dirección usando alambones de calibre 4 también para cada dirección. La nueva nomenclatura indica el espaciamiento de los alambones de la misma manera, pero el calibre ahora se reemplaza por una identificación W o D (para indicar si es liso o corrugado) y el área de la sección transversal de 0.050 pulg<sup>2</sup> en cada dirección.

Las especificaciones ASTM A 185 y A 497 se refieren a mallas electro soldadas de alambón liso y corrugado, respectivamente. Puesto que los esfuerzos de fluencia indicados se especifican a una deformación unitaria de 0.005, el Código ACI exige que  $f_y$  se tome igual a 60 klb/pulg<sup>2</sup> a menos que se utilice el esfuerzo correspondiente a una deformación unitaria de 0.0035.

**Tabla IV Tipos de electro malla**

Nomenclatura		Diámetros		Área Varilla (cm <sup>2</sup> )	Peso		Área de Refuerzo (cm <sup>2</sup> /m)	Tipo de Varilla	Fy = 4,218 kg / cm <sup>2</sup> Grado 60		Fy = 2,812 kg / cm <sup>2</sup> Grado 40	
Cuadro	Calibre	Milímetro	Pulgada		Kg/m <sup>2</sup>	Kg/malla			Refuerzo	As (cm <sup>2</sup> /m)	Refuerzo	As (cm <sup>2</sup> /m)
6" X 6"	10 / 10	3.43	0.14	0.09	0.98	13.78	0.62	Lisa	No. 2 @ 43	0.73	No. 2 @ 29	1.10
6" X 6"	9 / 9	3.80	0.15	0.11	1.20	16.92	0.76	Corrugada	No. 2 @ 35	0.90	No. 2 @ 23	1.35
6" X 6"	8 / 8	4.11	0.16	0.13	1.40	19.79	0.88	Lisa	No. 2 @ 30	1.05	No. 2 @ 20 o No. 3 @ 45	1.58
6" X 6"	7 / 7	4.50	0.18	0.16	1.68	23.72	1.06	Corrugada	No. 2 @ 25	1.26	No. 2 @ 17 o No. 3 @ 36	1.89
6" X 6"	6 / 6	4.88	0.19	0.19	1.98	27.90	1.25	Lisa	No. 2 @ 21 o No. 3 @ 48	1.49	No. 2 @ 14 o No. 3 @ 32	2.23
6" X 6"	4.5 / 4.5	5.50	0.22	0.24	2.52	35.44	1.58	Corrugada	No. 2 @ 17 o No. 3 @ 36	1.89	No. 2 @ 25 o No. 3 @ 45	2.83
6" X 6"	4 / 4	5.72	0.23	0.26	2.72	38.33	1.71	Lisa	No. 2 @ 16 o No. 3 @ 35	2.04	No. 2 @ 23 o No. 3 @ 41	3.06
6" X 6"	3 / 3	6.20	0.24	0.30	3.19	45.03	2.01	Corrugada	No. 2 @ 13 o No. 3 @ 30	2.40	No. 2 @ 20 o No. 3 @ 35	3.60
6" X 6"	2 / 2	6.67	0.26	0.35	3.68	51.80	2.32	Lisa	No. 2 @ 12 o No. 3 @ 26	2.76	No. 2 @ 17 o No. 3 @ 31	4.13

Fuentes: Artur H, Nilson-Georg Winter. Diseño de Estructuras de Concreto, 11<sup>a</sup>. Edición McGraw-Hill. 2000.

## 2.8.2 Utilización

Como en un concreto reforzado normal, se emplea el acero de refuerzo en el concreto lanzado para resistir esfuerzos estructurales o de temperatura. Por lo general, se usa una tela de malla de acero, soldada eléctricamente, cuyo peso y tipo dependen de las circunstancias peculiares en cada caso.

Es una práctica general tomar una forma de tejido de malla de cualquier espesor de concreto lanzado mayor de 25mm.

No se recomiendan los siguientes tipos de refuerzo, ya que tienden a producir problemas de rebote:

- a) Varillas torcidas
- b) Mallas de metal desplegado
- c) Malla cerrada de alambre de gallinero

Las mallas electro soldadas de alambrón corrugado o liso se utilizan comúnmente como refuerzo a tensión para losas en una o dos direcciones y para otros tipos de elementos.

Para mallas de alambrón corrugado, una parte del desarrollo se asigna a los alambres soldados que se cruzan y otra parte a la longitud de desarrollo del alambrón corrugado, medida desde la sección crítica hasta el extremo del alambrón, por lo menos con un alambrón transversal dentro de la longitud de desarrollo no menor que 2 pulg de la sección crítica es:

$$l_{db} = \frac{0.03d_b(f_y - 20,000)}{\sqrt{f'_c}}$$

$$l_{db} = 0.20 \frac{A_w f_y}{s_w \sqrt{f'_c}}$$

Donde  $d_b$  y  $A_w$  son el diámetro y el área de la sección transversal de un alambrón individual, con unidades en pulgadas cuadradas, respectivamente, y  $s_w$  es el espaciamiento lateral en pulgadas de los alambres por desarrollar. La longitud de desarrollo  $l_d$  de diseño, debe calcularse como el producto de la longitud básica de desarrollo  $l_{db}$  y los factores de modificación aplicables pero en ningún caso debe ser menor que 8 pulg.

Para mallas de alambrón liso, las especificaciones ASTM exigen que las soldaduras sean más fuertes que para las mallas de alambrón corrugado, y se considera que el desarrollo está determinado por el empotramiento de dos alambres cruzados, con el alambrón más cercano no menor que 2 pulgadas

de la sección crítica. Sin embargo, la longitud básica de desarrollo, medida desde la sección crítica hasta el alambón más extremo, no debe ser menor que

$$l_{db} = 0.27 \frac{A_w f_y}{s_w \sqrt{f'_c}}$$

Conforme al Código ACI 12.8. Para mallas de alambón liso pueden aplicarse los factores de modificación relacionados con refuerzo en exceso y con concretos livianos, pero  $l_d$  no debe ser menor que 6 pulgadas.

Fuente: Diseño de Estructuras de Concreto, Artur H. Nilson-Georg Winter, 11<sup>a</sup>. Edición McGraw-Hill.

### 2.8.3 Especificaciones

Deberá asegurarse la electro malla con pines de acero No. 3, con una longitud no menor de 75 cm. para mantenerla en posición mientras se coloca el concreto lanzado.

La electro malla será de acero corrugado de calibre según el diseño, Grado 70 como mínimo y de acuerdo con la especificación AASHTO M-55-81.

Fuente: Artur H, Nilson-Georg Winter. Diseño de Estructuras de Concreto, 11<sup>a</sup>. Edición McGraw-Hill. 2000

Manual de Concreto Lanzado. Ing. Raúl Bracamontes Jimenez

Manual de Concreto lanzado T.F Ryan, Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto.

Estudios y diseño realizados para la estabilización de talud en Edificio Koica Intecap.



#### **2.8.4 Colocación**

Se deberá sostener con pequeños pedazos de aceros incrustados en el talud de forma correcta manteniendo el recubrimiento requerido y su posición al momento de recibir el concreto lanzado.

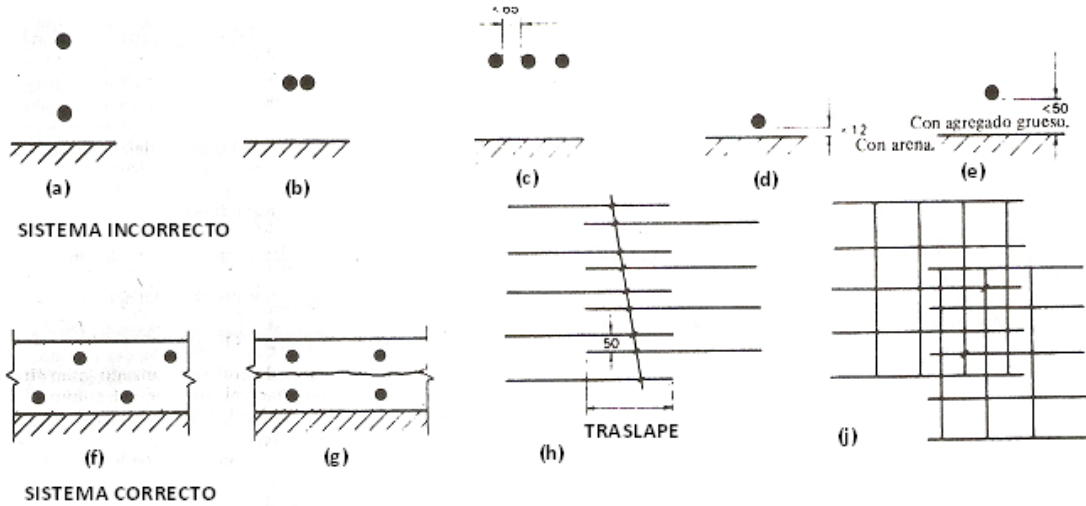
La figura 21 muestra los sistemas correctos e incorrectos para fijar los refuerzos. Cuando se recubren dos o más emparrillados de refuerzo, el emparrillado exterior no deberá fijarse directamente frente al emparrillado posterior, debiendo escalonarse para permitir que el emparrillado posterior pueda recubrirse sin ninguna interferencia. No deberá aceptarse la situación que se muestra en la figura 21<sup>a</sup>; sin embargo, es aceptable el espaciamiento de las varillas que se muestra en la figura 21f. Es mejor aún usar el sistema de doble recubrimiento que se muestra en la figura 21g; el emparrillado posterior del refuerzo está embebido dentro de la primera capa, la cual es cepillada y humedecida, después de lo cual se fija el segundo emparrillado de refuerzo y se aplica la segunda capa de concreto lanzado.

Siempre que sea posible, las varillas no deberán empalmarse o colocarse una junto a la otra, como se indica en la figura 21b, sino que deberán espaciarse como se indica en la figura 21h, en la cual se mantienen las longitudes de traslape reglamentarias, separándose las varillas cuando menor 50mm. En general, las varillas paralelas no deberán colocarse a menos de 65 mm de distancia entre sí.

Cuando se usen arenas en el concreto lanzado, las varillas deberán mantenerse, cuando menos, a 12 mm de la pared de la cimbra, y esta distancia deberá incrementarse a 50 mm cuando se usen agregados de 20 mm. (figura 21d y e).

El emparrillado deberá traslaparse en 1 ½ cuadros en ambas direcciones para proporcionar un efecto de trama (figura 21j).

**Figura 21 Formas de fijar la electro malla**



Fuente: Manual de Concreto lanzado T.F Ryan, Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto.

## 2.8.5 Normas

Se deberán de utilizar mallas electro soldadas fabricadas, según la norma ASTM A497-A01 y las de COGUANOR 36019 y 36021.

Fuente: Artur H, Nilson-Georg Winter. Diseño de Estructuras de Concreto, 11ª. Edición McGraw-Hill. 2000.

## 2.9 Platinas y tuercas

### 2.9.1 Definición

Son perfiles de acero de sección rectangular con superficie lisa, de grosor y dimensiones adecuadas y la resistencia requerida para soportar las cargas transmitidas según su uso.

### **2.9.2 Función**

Mantener en posición adecuada los anclajes y poder transmitir de forma distribuida la carga a la pantalla de concreto lanzado.

### **2.9.3 Especificaciones**

La platina deberá de cumplir con los tamaños y especificaciones de diseño de cada proyecto. Podrá ser de 20 x 20cm. por 1/2" de espesor, pero es ideal que lo indique el diseño en cada proyecto.

### **2.9.4 Colocación**

Se perfora un agujero en la parte central de la platina según el diámetro de la inclusión o anclaje de acero que se tiene.

Se coloca la platina de manera que el anclaje de acero ya fundido quede centrado en ella, y deberá de haber 90 grados entre el anclaje y la platina, se hará un boquete para formar el ángulo o se puede colocar la platina y luego fundir la parte de atrás de manera que se forme el ángulo entre la platina y el anclaje.

Enseguida se coloca la roldana sobre la platina ya puesta y luego la tuerca, por último se procede a apretar la tuerca de manera que quede bien, asegurado el anclaje a la pantalla.

### **2.9.5 Normas**

Están fabricadas según la norma ASTM-A-36

### **2.9.6 Equipo**

Llave gradual para tuercas

## 2.10 Drenajes

Las fallas o daños que ocurren ocasionalmente en muros de contención se deben, en la mayor parte de los casos, a una de estas dos causas: sobrecarga del suelo bajo el muro con la consecuente inclinación hacia adelante o drenaje insuficiente del relleno posterior.

En este último caso, la presión hidrostática que genera el agua intersticial acumulada durante o después de lluvias torrenciales aumenta sustancialmente el empuje sobre el muro; asimismo, en climas con posibilidades de congelamiento pueden desarrollarse presiones de hielo de magnitud considerable en esos suelos pobremente drenados. Las dos causas están a menudo interconectadas puesto que los grandes empujes incrementen en forma correspondiente las presiones de contacto bajo la zapata.

Las presiones admisibles de contacto deben seleccionarse con bastante cuidado. Para esto es necesario investigar no sólo el tipo de suelo inmediatamente debajo de la zapata, sino también el suelo de los estratos profundos. A menos que se tenga información confiable sobre el sitio, deben realizarse sondeos hasta una profundidad al menos igual a la altura del muro.

Fuente: <http://www.ldh-geotecnia.com/serv04.htm>

Manual Geosynthetic Reinforced Retaining Walls, TN-GRRW-196 junio 1996.

Crespo Villalaz, Carlos, Mecánica de suelos y cimentaciones / Carlos Crespo Villalaz, 5a ed., Limusa, México , c2004.

### **2.10.1 Tipos para este método**

*Drenajes horizontales:* son tubos de PVC de diámetros de 1 ½ a 2 pulgadas embebidos en el muro.

*Drenajes longitudinales* embebidos en piedra triturada o gravas a lo largo de la cara posterior o trasdós del muro en uno o más niveles.

*Dren continuo posterior* que consta de una capa de grava o piedra triturada que cubre todo el trasdós del muro con descarga en los extremos.

Fuente: Manual Geosynthetic Reinforced Retaining Walls, TN-GRRW-196 junio 1996.

Estudios y diseño realizados para la estabilización de talud en Edificio Koica Intecap.

### **2.10.2 Especificaciones**

Deberán de ser de tubo PVC perforado, de diámetro adecuado a la cantidad de agua estimada para drenar según el tipo de suelo y las condiciones a las que este sometido.

Se le harán perforaciones para que el agua entre al tubo, se le coloca geotextil como colador para evitar que las partículas finas se introduzcan al tubo y se vayan con el agua y se produzcan cavernas.

- Será colocado de forma ligeramente inclinada, con una longitud determinada por el estudio de suelos.
- Se colocarán a una distancia entre 5 y 10 pies en ambos sentidos.
- Se colocarán intercaladamente a las distancias con las inclusiones.

### **2.10.3 Normas**

La tubería usada para el sistema de drenajes deberá de cumplir con las normas de fabricación ASTM D2241, ASTM D2122.

Fuente: Manual Geosynthetic Reinforced Retaining Walls, TN-GRRW-196 junio 1996  
Artur H, Nilson-Georg Winter. Diseño de Estructuras de Concreto, 11<sup>a</sup>. Edición McGraw-Hill. 2000.

### **2.10.4 Colocación**

Los drenajes, que constan de tubos de 1 ½ a 2 pulgadas embebidos en el muro, se colocan por lo general con espaciamientos horizontales entre 5 y 10 pies. Además de la fila inferior, deben proporcionarse filas adicionales en muros con alturas sustanciales. Para facilitar el drenaje y evitar el taponamiento, se coloca un pie cúbico o más de piedra triturada en el extremo posterior de cada drenaje.

Deben tomarse las precauciones necesarias para que el flujo que generan los drenajes se evacúe en forma segura, de manera que no se filtre y se ablande el suelo por debajo del muro. Para evitar esto, en vez de drenajes horizontales pueden proveerse drenajes longitudinales embebidos en piedra triturada o gravas a lo largo de la cara posterior del muro en uno o mas niveles; los drenajes descargan en los extremos del muro o en algunos puntos intermedios. El drenaje más eficaz se proporciona mediante un dren continuo posterior que consta de una capa de grava o piedra triturada que cubre toda la parte trasera del muro con descarga en los extremos.

Sin embargo, este drenaje es costoso, a menos que el material apropiado esté disponible a suelo de baja permeabilidad y, en caso de una superficie horizontal, ésta debe colocarse con una ligera pendiente alejándose del muro hacia una cuneta u otro drenaje.

Fuente: Manual Geosynthetic Reinforced Retaining Walls, TN-GRRW-196 junio 1996

## **2.11 Acabado final**

Es la cubierta final o rostro de la zona reforzada que provee la apariencia deseada.

En muros largos, deben tomarse precauciones contra los daños producidos por expansión o por contracción que generan cambios de temperatura y retracción de fraguado. La especificación AASHTO exige que, para muros de gravedad al igual que para muros de concreto reforzado, se incluyan juntas de expansión a intervalos de 90 pies o menos y juntas de contracción a no más de 30 pies. Las mismas especificaciones establecen que, para muros de concreto reforzado, debe suministrarse un refuerzo horizontal por temperatura no menor que 1/8 de pulg<sup>2</sup> por pie de profundidad, adyacente a la superficie expuesta a intradós.

Fuente: Manual de Concreto lanzado T.F Ryan, Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto.

### **2.11.1 Especificaciones**

No se debe aplanar con demasiada presión el concreto lanzado, ya que esto lo altera y destruye su estructura; la superficie no alterada es la más durable.

El aplanado correcto para obtener una superficie lisa de acuerdo con las maestras, requiere cierta cantidad de experiencia para determinar el momento adecuado para efectuar el aplanado: esto es, cuando el concreto presenta un endurecimiento inicial conocido como “falso fraguado”, que generalmente ocurre entre una y dos horas después de su colocación.

En este momento la capa superior puede cortarse como queso, y el exceso se elimina con bastante facilidad, sin que la cuchilla cortante altere áreas inferiores de importancia. La superficie quedará áspera pero dentro de una tolerancia de rugosidad con relación a las maestras de  $\pm 5$  mm (2mm en trabajos finos).

Si el concreto se deja en reposo se recomienda cepillar la superficie, aproximadamente una hora después de su colocación, con una brocha suave de pintar; esto eliminará los desperdicios del rebote adherido e impedirá el agrietamiento; la superficie que se logra es conocida como “acabado correcto de boquilla”

Fuente: Manual de Concreto Lanzado. Ing. Raúl Bracamontes Jiménez

Manual de Concreto lanzado T.F Ryan, Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto.

Estudios y diseño realizados para la estabilización de talud en Edificio Koica Intecap.

### **2.11.2 Aplicación**

Cepillado con un cepillo o brocha dura que produzca un “efecto de cepillado” suave.

Aplanar con un pisón de acero de plástico para producir una superficie lisa, uniforme; o con un pisón de madera para producir una superficie más suave, más “granulada”.

Efectuando un recubrimiento “relámpago” del área con una capa de concreto lanzado uniforme, delgada (3 mm) (se hace normalmente con una arena más delgada y más húmeda que la normal), colocándola cuando menos cuatro horas después de haber terminado la base de concreto.



Este recubrimiento “relámpago” puede dejarse tal como se coloca si su acabado es satisfactorio, o bien puede cepillarse ligeramente como con el “acabado correcto de boquilla”.

El recubrimiento relámpago se puede considerar como una ayuda muy útil para el curado y cuando se deja sin alterar se le llama “acabado de boquilla” y puede ser decorativo.

Para ciertas clases de acabados, en que las líneas y las formas son principalmente de efecto decorativo “visual”, para dar el acabado deseado de la superficie, se emplean las llanas de mango largo, de hoja ancha y cortante.

Fuente: Manual de Concreto lanzado T.F Ryan, Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto.

### **2.11.3 Equipo**

Llanas o planchas de madera o metal.

Fuente: Manual de Concreto lanzado T.F Ryan, Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto.

[http://www.rembco.com/soil\\_nailing.html](http://www.rembco.com/soil_nailing.html)

### **2.11.4 Normas**

Es muy importante tanto para el concreto tradicional como para el concreto lanzado hacer un curado adecuado para desarrollar todas sus propiedades, situación que se vuelve más crítica si se emplean aditivos acelerantes.

Es de mucha importancia el proporcionar un ambiente húmedo con temperaturas apropiadas previniendo la pérdida de agua, durante un periodo definido, para lograr la hidratación adecuada del cemento y obtener las características deseadas. Así mismo limitar el agrietamiento por contracción plástica, la contracción por secado y adecuada adherencia entre capas sucesivas de concreto lanzado previniendo la prematura deshidratación de la primera capa.

Una excelente opción es el uso de aditivos de curado interno para el concreto ya que no requiere ningún trabajo adicional para la aplicación de las siguientes capas y no afectan ni la resistencia de adherencia.

El curado debe de comenzar dentro de los próximos 20 minutos de terminada la aplicación del concreto lanzado si se utilizan aditivos acelerantes; de dentro de la primera hora cuando no se utilizan. Un curado con agua debe de ser por un periodo mínimo de 7 días.

Fuente: Manual de Concreto lanzado T.F Ryan, Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto.

### 3. DESARROLLO DE CASO PRÁCTICO

Para visualizar cómo se lleva a cabo el proceso de construcción de estabilización de un talud ejecutado con el método planteado en el marco teórico de este trabajo, se documentó el proyecto de estabilización del talud del edificio Koica-Intecap situado en 10ma. avenida zona 5 frente al estadio Mateo Flores.

En este caso, fue necesaria la estabilización del talud para que no ocurran deslaves o derrumbes sobre el edificio de capacitaciones Koica-Intecap y se protejan vidas humanas.

El edificio consta de 6 niveles y tiene un área construida de 3000 m<sup>2</sup>. Este talud está ubicado en la parte posterior del edificio como indica en el plano 2/10 adjunto; tiene 10 m de alto y 93 m de longitud.

Para la construcción de proyectos de este tipo es necesario hacer un estudio de suelos, de donde se conoce el tipo de suelo que existe en el área y de ahí se determina el diseño de cada una de las partes que corresponden al método que se va a utilizar para que el talud quede estable.

Las especificaciones de diseño determinadas por el estudio de suelos con las que se construyó el proyecto en este caso, son las siguientes:

- Corte del talud en alturas no mayor a 3 metros con 22° de inclinación.
- Pantalla de concreto lanzado con resistencia de 3000 psi, de 12.70 cm de espesor, con 5cm de recubrimiento, reforzada con electro malla 6x6 3/3.

- Anclajes de acero de 7/8" de diámetro, grado 60 de 4.50m de longitud, a 1.5 m de separación en ambos sentidos, adecuados para soportar 8 toneladas de fuerza de corte.
- Mortero para inyección de anclajes con resistencia a la compresión de 3000 psi.
- Platinas de 20 cm de largo, 20 cm de ancho, y 1.27 cm de grosor, acero A-36 y tuercas grado 8.
- Drenajes de tubo pvc perforado de 6 metros de longitud de 2" de diámetro.

A continuación se presenta todo el proceso constructivo de la estabilización del talud del edificio Koica-Intecap. La documentación del proceso se encuentra en el siguiente orden:

### **3.1 Planos de construcción hechos según diseño y especificaciones determinadas por el estudio de suelos.**

3.1.1	Planta de situación original del terreno	Hoja No. 1/10
3.1.2	Planta de conformación de talud y berma	Hoja No. 2/10
3.1.3	Detalles de armado de muro en vista frontal	Hoja No. 3/10
3.1.4	Detalle de inclusión y sección transversal típica del muro	Hoja No. 4/10
3.1.5	Plano de corte del talud, contiene secciones A, B, C	Hoja No. 5/10
3.1.6	Plano de corte del talud, contiene secciones D, E, F	Hoja No. 6/10
3.1.7	Plano de corte del talud, contiene secciones G, H, I	Hoja No. 7/10
3.1.8	Plano de corte del talud, contiene secciones	

J, K, L	Hoja No. 8/10
3.1.9 Plano de corte del talud, contiene secciones	
M, N, O	Hoja No. 9/10
3.1.10 Vista frontal del talud estabilizado	Hoja No. 10/10

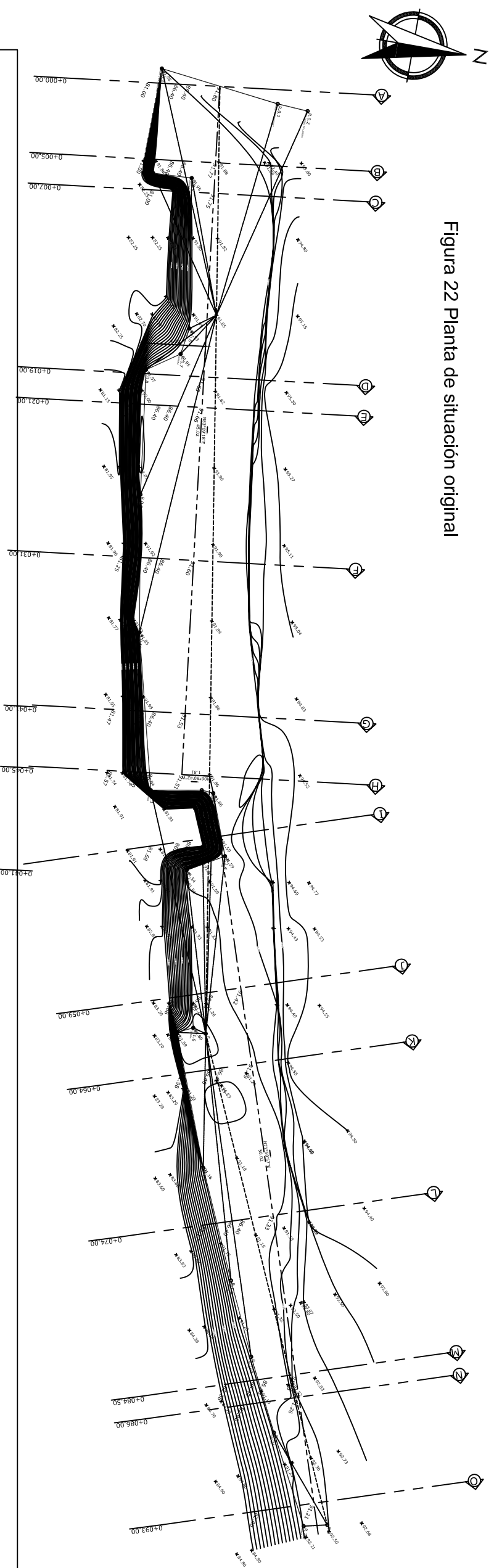
### **3.2 Figuras con descripción de cada una de las etapas del proceso constructivo.**

- 3.2.1 Situación original (figura 32, 33)
- 3.2.2 Corte y tallado del talud (figura 34, 35)
- 3.2.3 Tallado de talud a mano (figura 36)
- 3.2.4 Perforación para anclajes (figura 37, 38)
- 3.2.5 Colocación y fundición de anclajes (figura 39, 40, 41, 42)
- 3.2.6 Colocación de electro malla (figura 43, 44)
- 3.2.7 Lanzado de concreto (figura 45, 46)
- 3.2.8 Colocación de platinas y tuercas (figura 47, 48, 49, 50)
- 3.2.9 Colocación de drenajes (figura 51, 52, 53, 54)
- 3.2.10 Acabado final (figura 55)
- 3.2.11 Estabilización en etapa terminada y etapa en proceso (figura 56)

### **3.3 Resultados de ensayos.**

- 3.3.1 Informe de ensayo a compresión del concreto lanzado, elaborado en el laboratorio MECSYPASA.
- 3.3.2 Informe No. S.C.-163. Resultados obtenidos de ensayo a compresión y tensión del mortero que se inyectó en los anclajes.
- 3.3.3 Informe 34-M O.T. No. 24395. Resultado a tensión de la varilla de acero que se utilizó para anclajes.

Figura 22 Planta de situación original



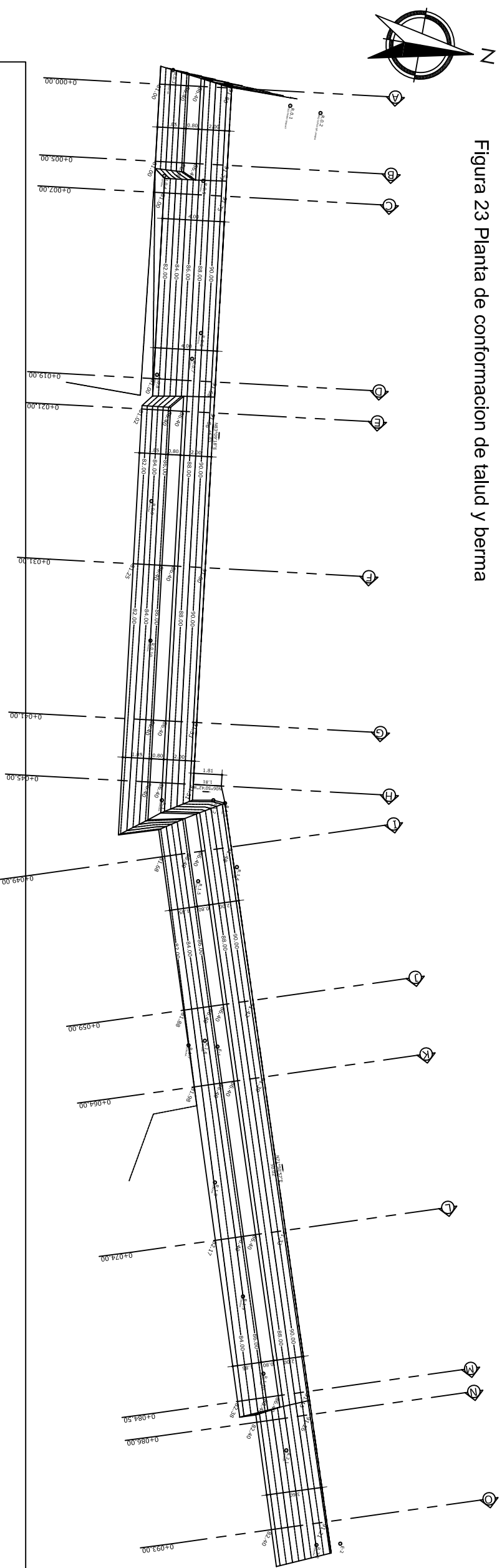
**EDIFICIO  
KOICA - INTECAP**

PLANTA DE SITUACION ORIGINAL  
CURVAS DE NIVEL Y SECCIONES

ESCALA VERTICAL : 1:300  
ESCALA HORIZONTAL : 1:300

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA	
PROYECTO <b>ESTABILIZACION DE TALUD KOICA-INTECAP</b>	
CONTIENE: PLANO DE PLANTA DE CURVAS DE NIVEL Y SECCIONES DE SITUACION ORIGINAL DEL TERRENO	FECHA: SEP-2008
CONSTRUCTORA PILOTECMAR	HOJA No.: <b>1 / 10</b>

Figura 23 Planta de conformacion de talud y berma



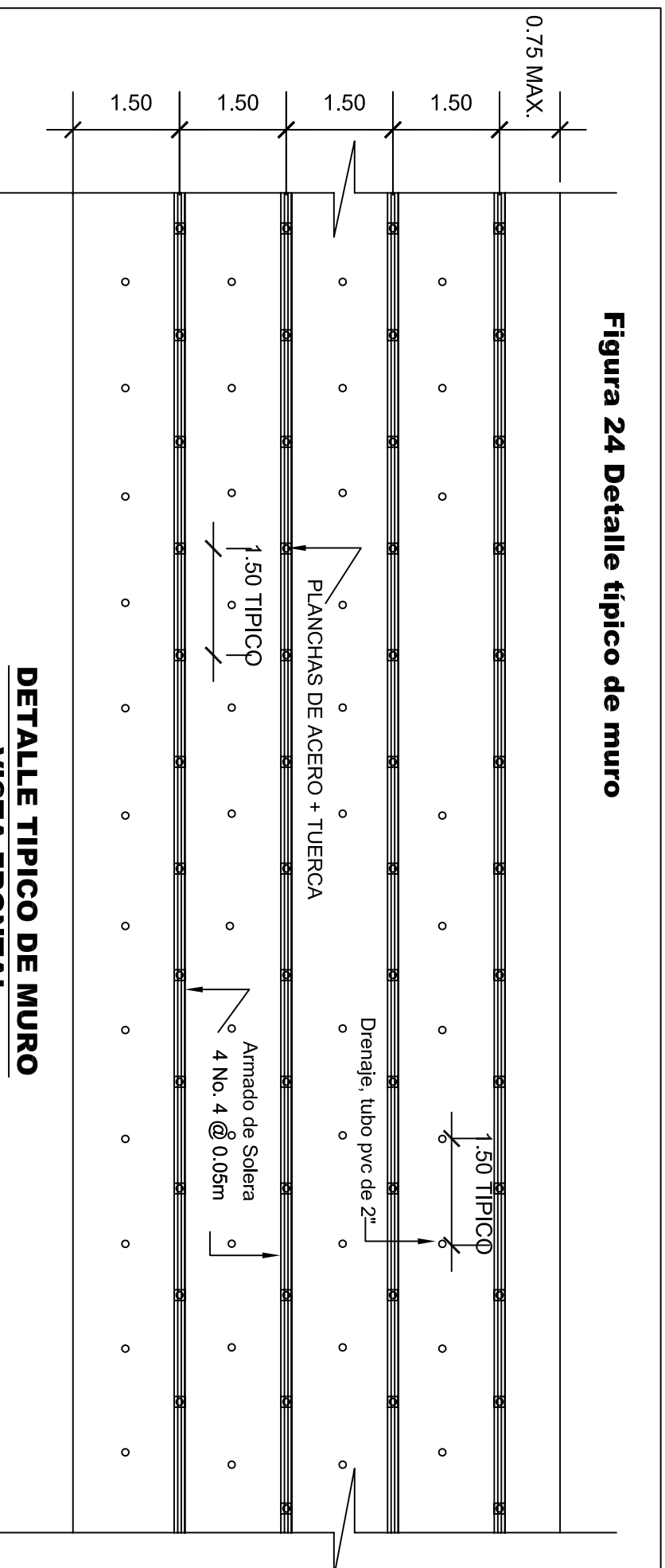
**EDIFICIO**  
**KOICA - INTECAP**

**PLANTA DE CONFORMACION DE TALUD Y BERMA**  
PUNTOS DE NIVELACION Y SECCIONES

ESCALA VERTICAL : 1:300  
ESCALA HORIZONTAL : 1:300

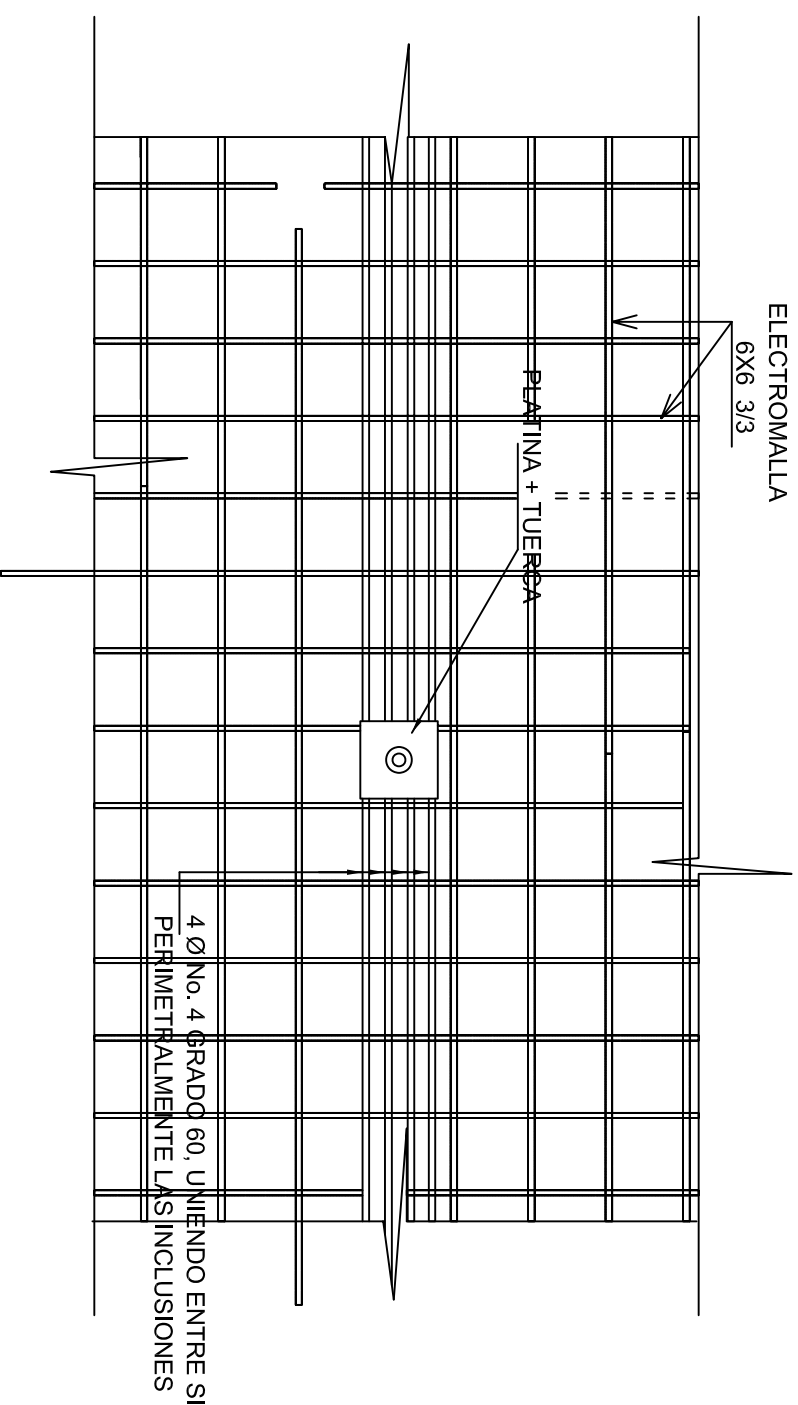
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA	
PROYECTO	ESCALA:
<b>ESTABILIZACION DE TALUD KOICA-INTECAP</b>	INDICADA
CONTIENE: PLANTA DE CONFORMACION DE TALUD Y BERMA	FECHA: SEP-2008
CONSTRUCTORA PILOTECMAR	HOJA No.: <b>2 / 10</b>

**Figura 24 Detalle típico de muro**



**DETALLE TÍPICO DE MURO  
VISTA FRONTAL**

ESCALA: 1/100



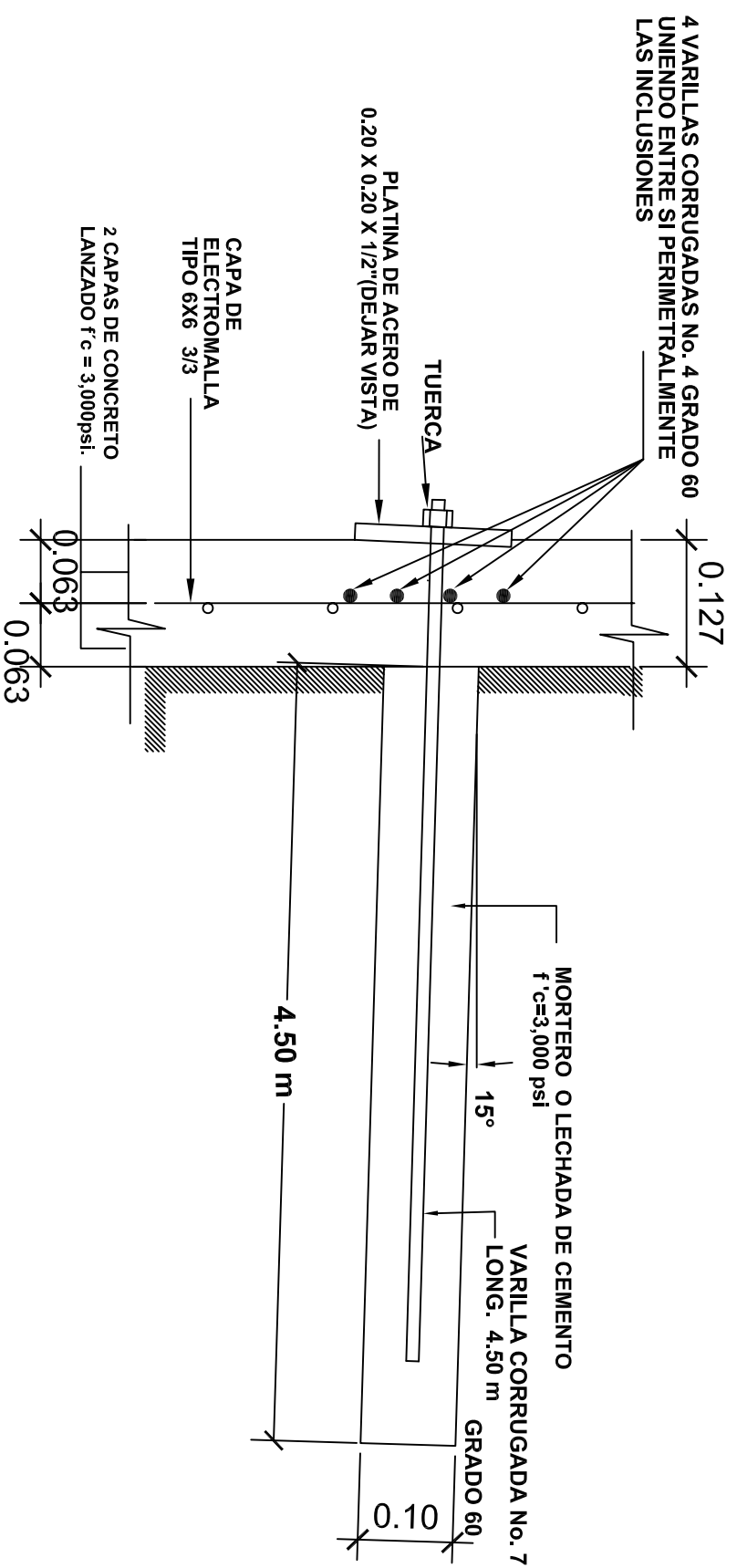
**DETALLE DE ARMADO DE MURO  
VISTA FRONTAL**

SIN ESCALA

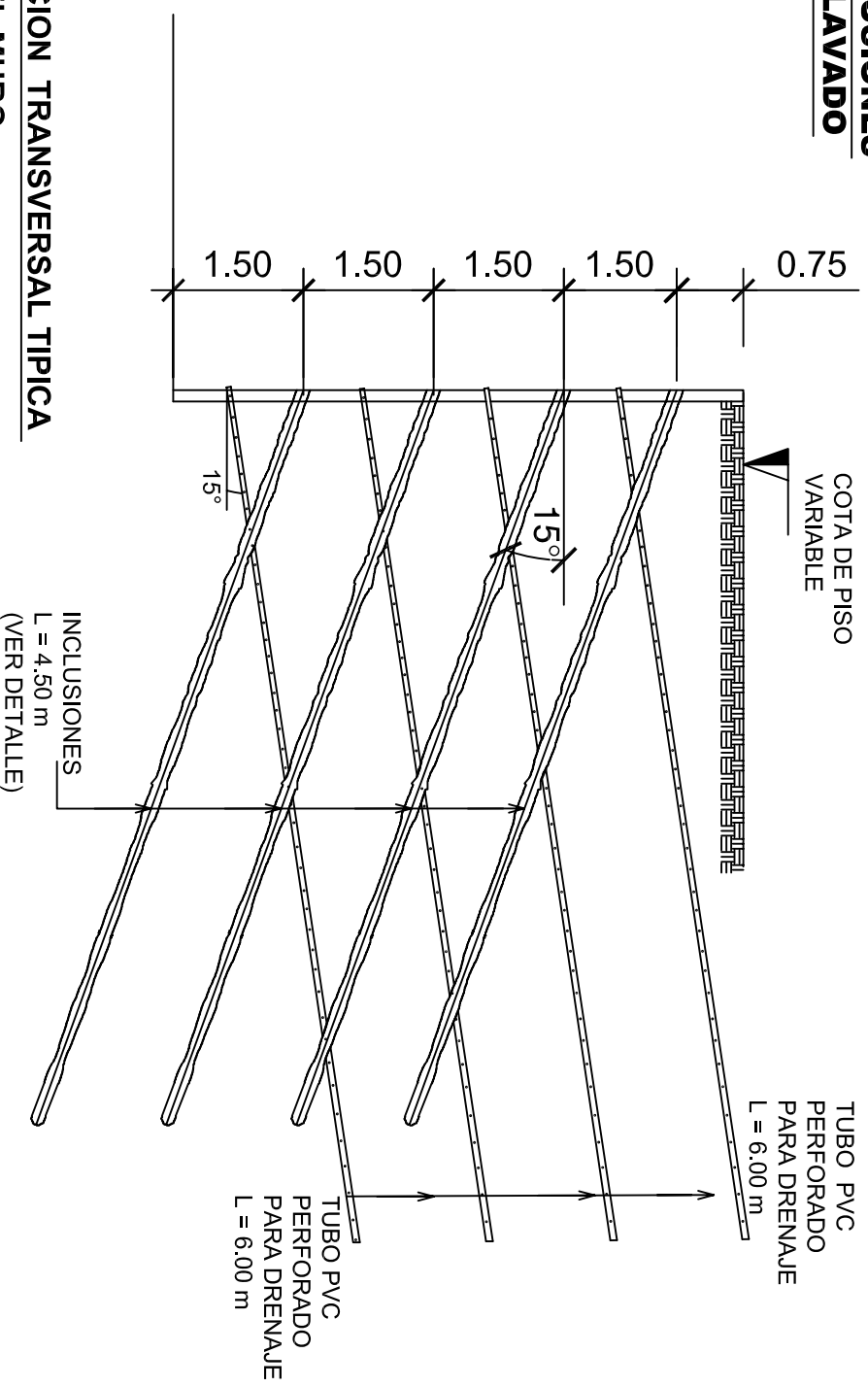
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA	
PROYECTO	ESCALA:
<b>ESTABILIZACION DE TALUD KOICA-INTECAP</b>	INDICADA
CONTIENE: DETALLES DE ARMADO DE MURO EN VISTA FRONTAL	FECHA: SEP-2008
CONSTRUCTORA PILOTECMAR	HOJA No.: <b>3 / 10</b>



**Figura 25 Detalle típico de muro**



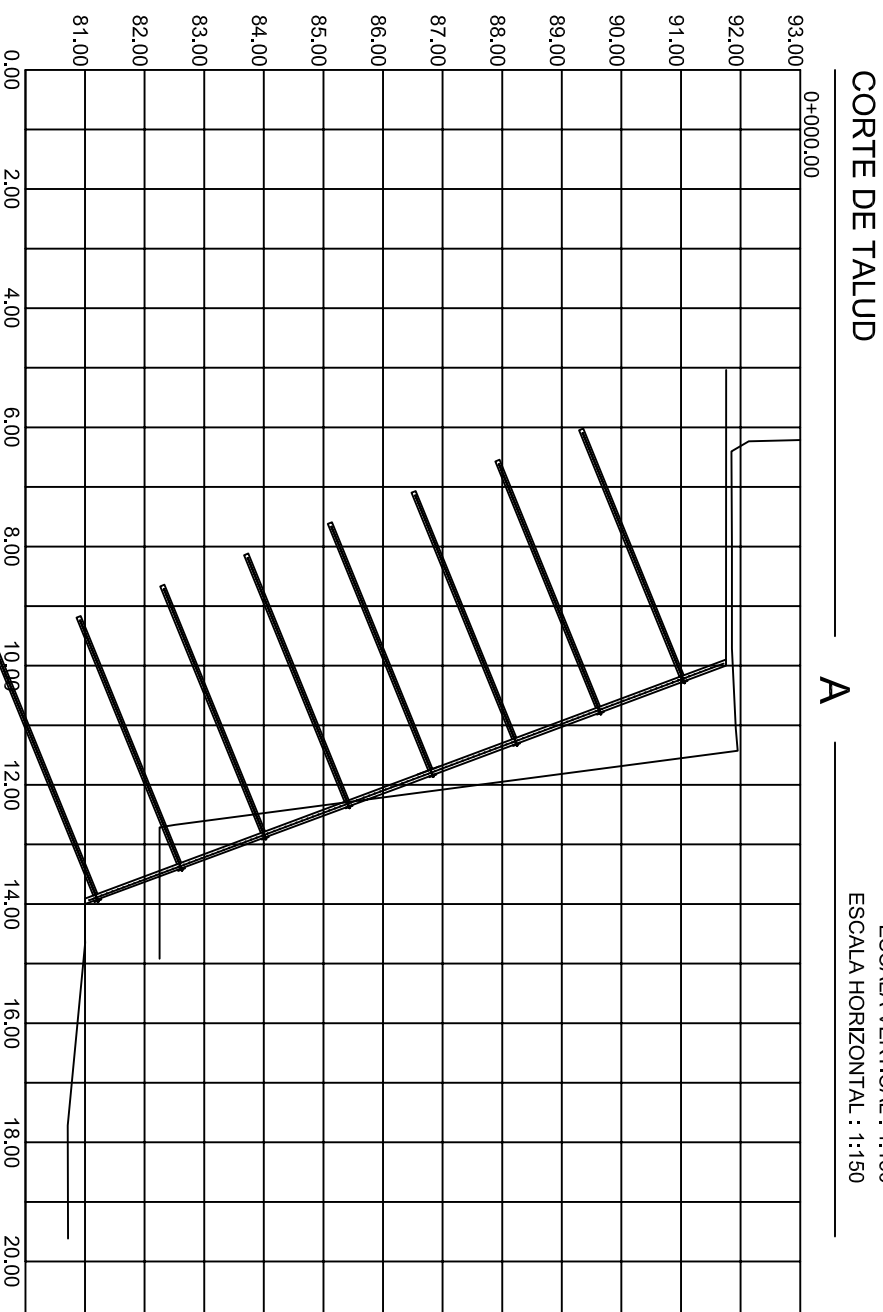
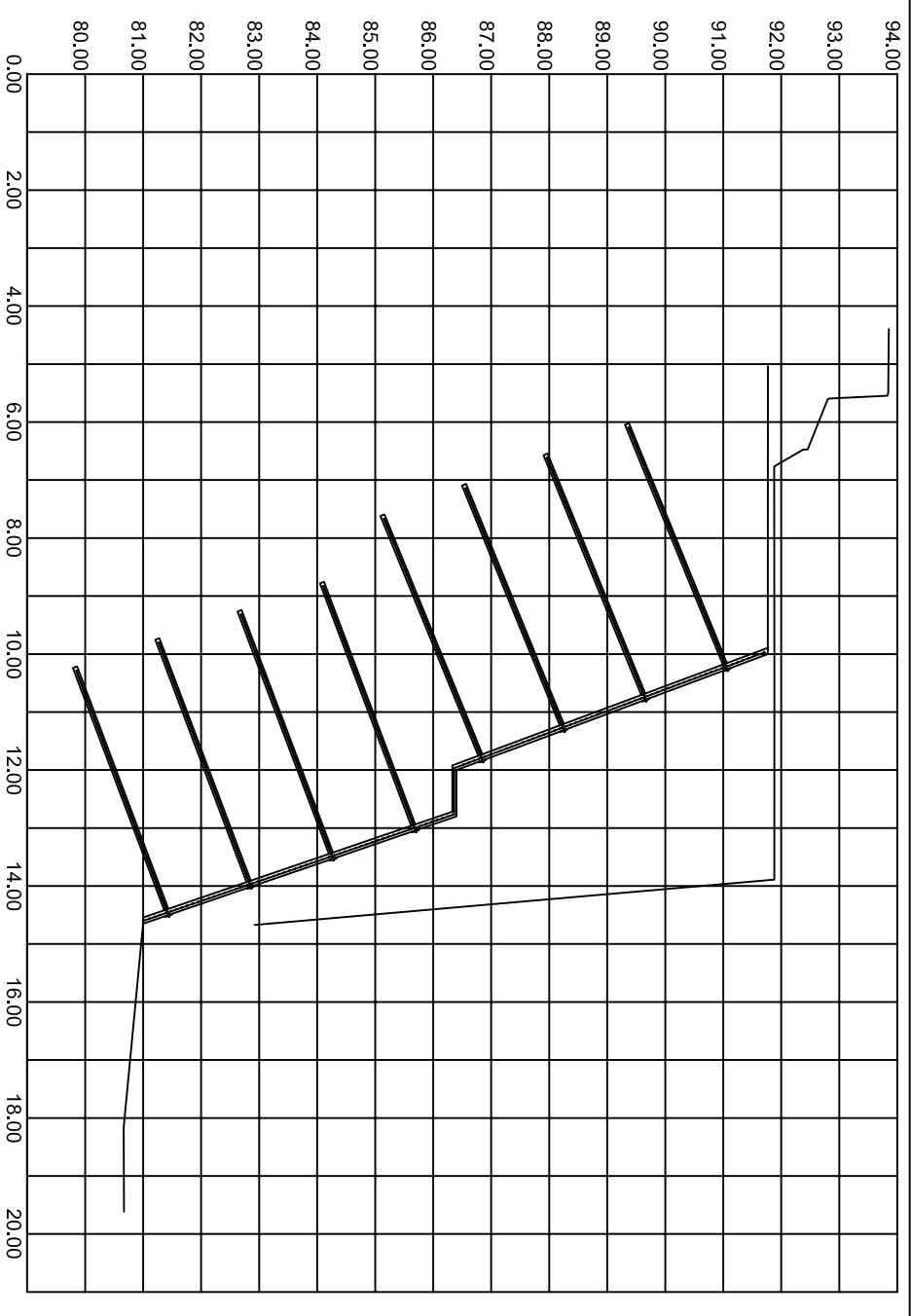
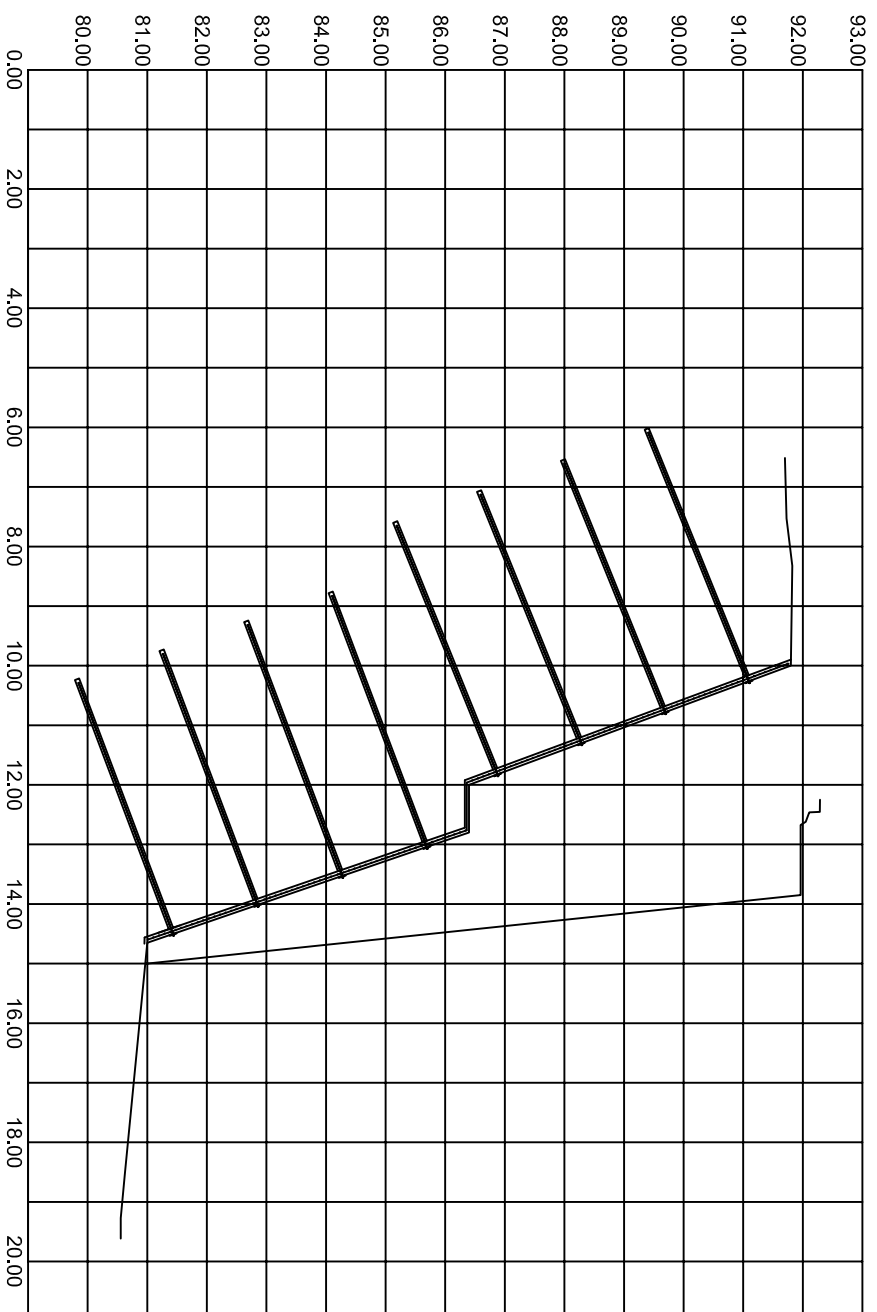
**DETALLE DE INCLUSIONES  
DEL SUELO ENCLAVADO**  
ESCALA 1/150



**SECCION TRANSVERSAL TIPICA  
DEL MURO**  
ESCALA: 1/100

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA	
PROYECTO <b>ESTABILIZACION DE TALUD KOICA-INTECAP</b>	ESCALA: INDICADA
CONTIENE: DETALLE DE INCLUSION O ANCLAJE Y SECCION TRANSVERSAL TIPICA DEL MURO	FECHA: SEP-2008
CONSTRUCTORA PILOTECMAR	HOJA No.: <b>4 / 10</b>

Figura 26 Cortes del talud, sección A, sección B, sección C



CORTE DE TALUD

B

ESCALA VERTICAL : 1:150  
 ESCALA HORIZONTAL : 1:150

0+005.00

A

ESCALA VERTICAL : 1:150  
 ESCALA HORIZONTAL : 1:150

CORTE DE TALUD

0+000.00

CORTE DE TALUD

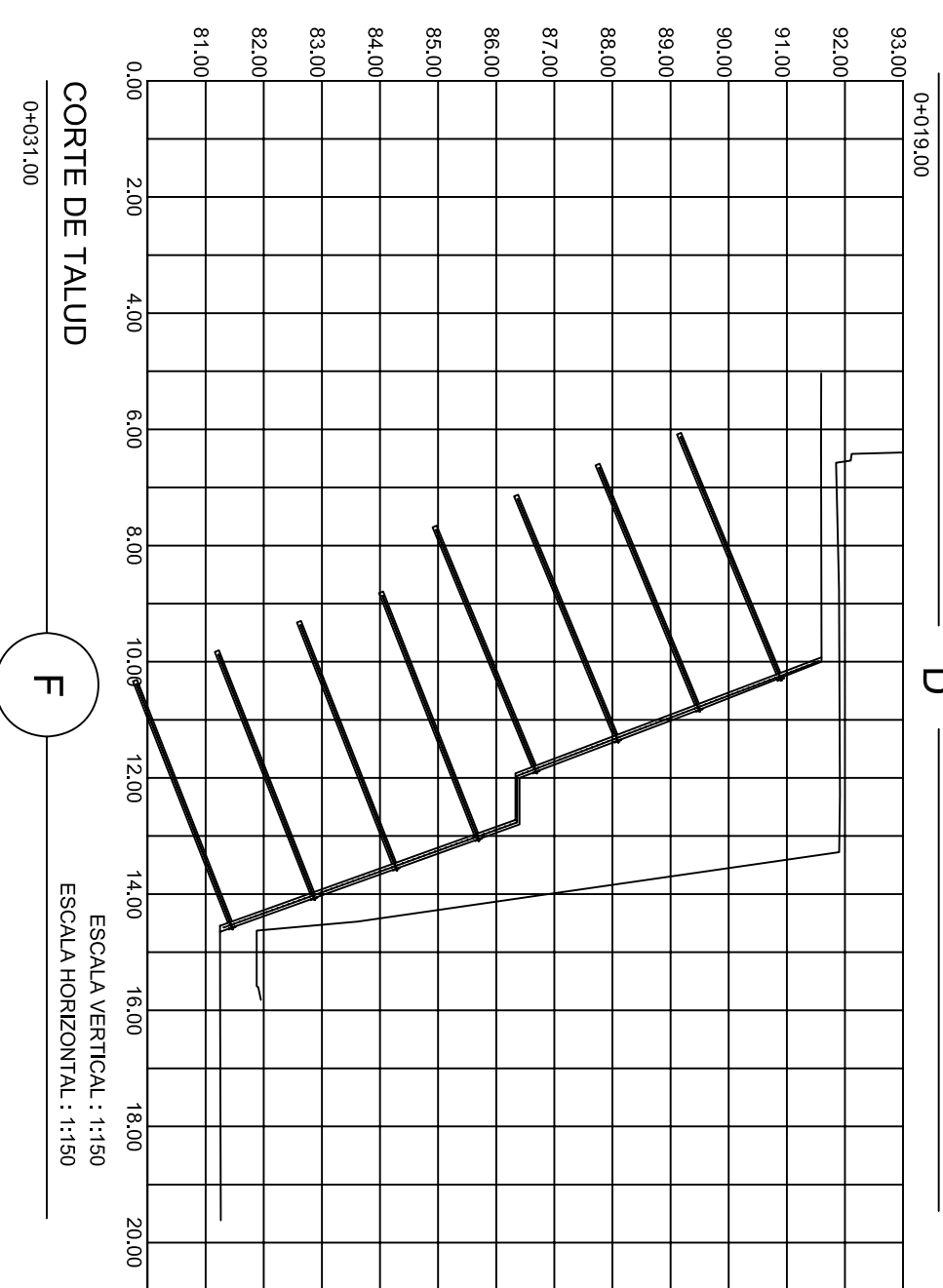
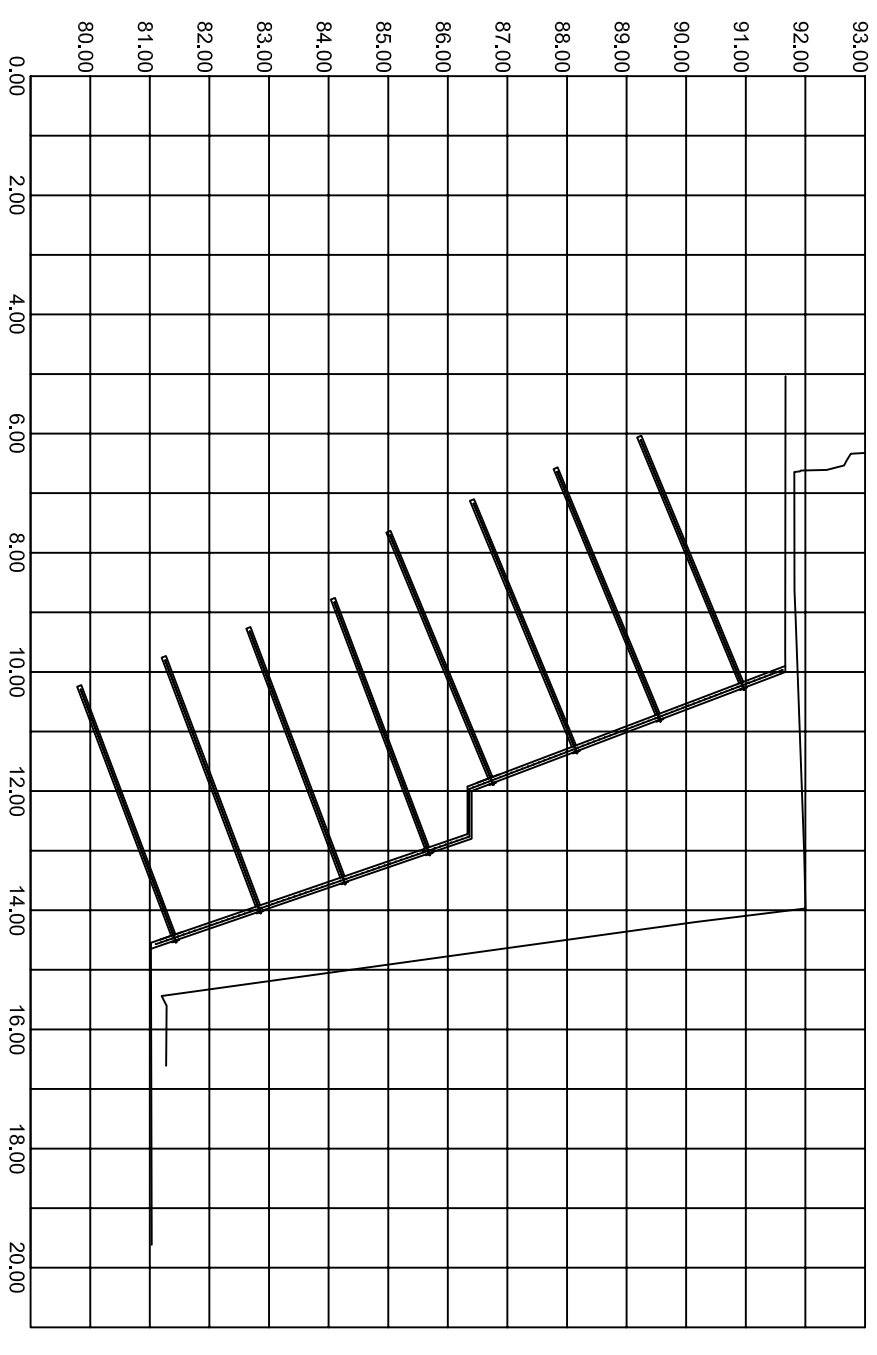
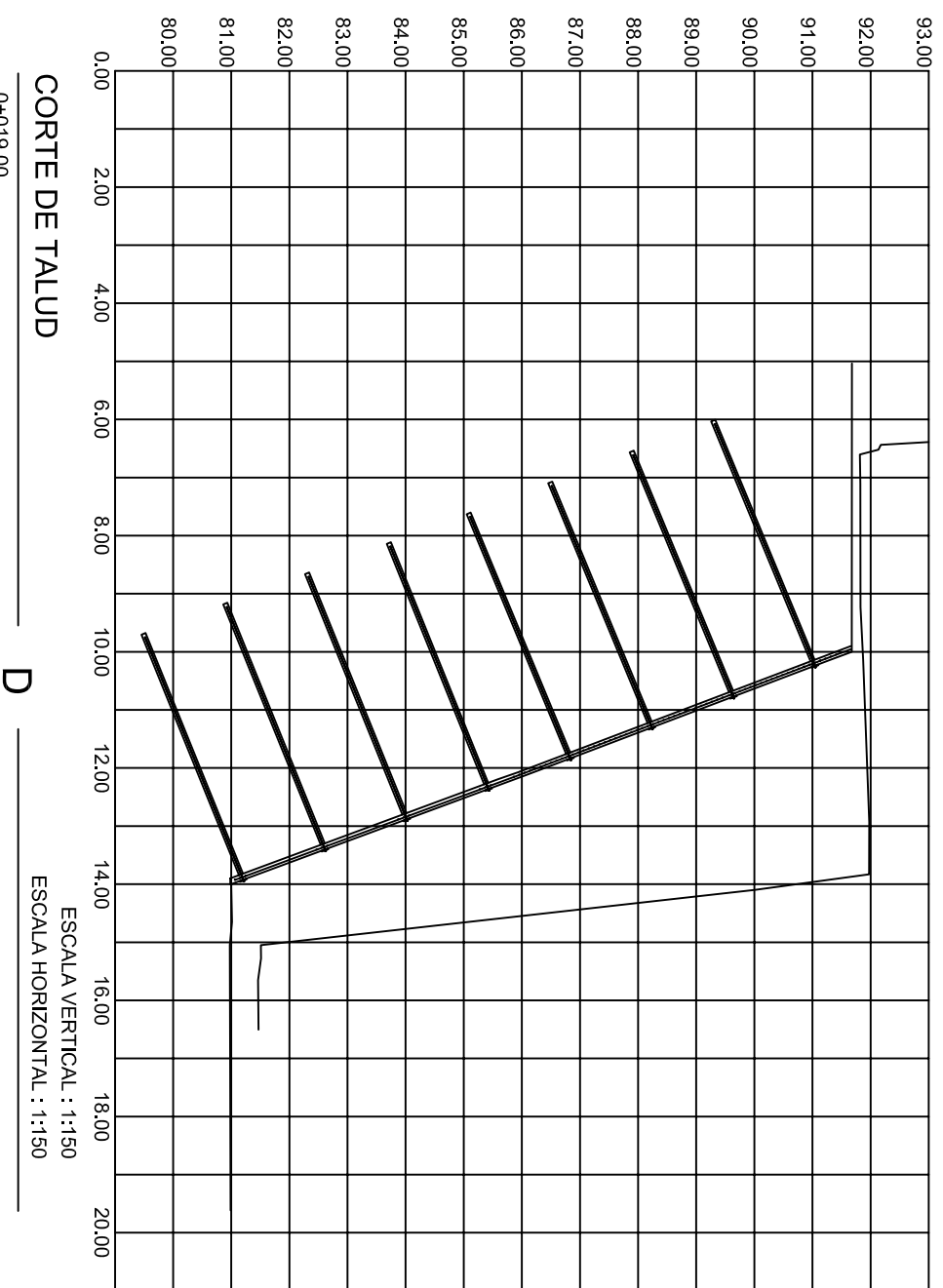
0+007.00

C

ESCALA VERTICAL : 1:150  
 ESCALA HORIZONTAL : 1:150

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA	
PROYECTO <b>ESTABILIZACION DE TALUD KOICA-INTECAP</b>	
CONTIENE: CORTES DEL TALUD, SECCION A, SECCION B, SECCION C.	ESCALA: INDICADA
CONSTRUCTORA PILOTECMAR	FECHA: SEP-2008
	HOJA No.: <b>5 / 10</b>

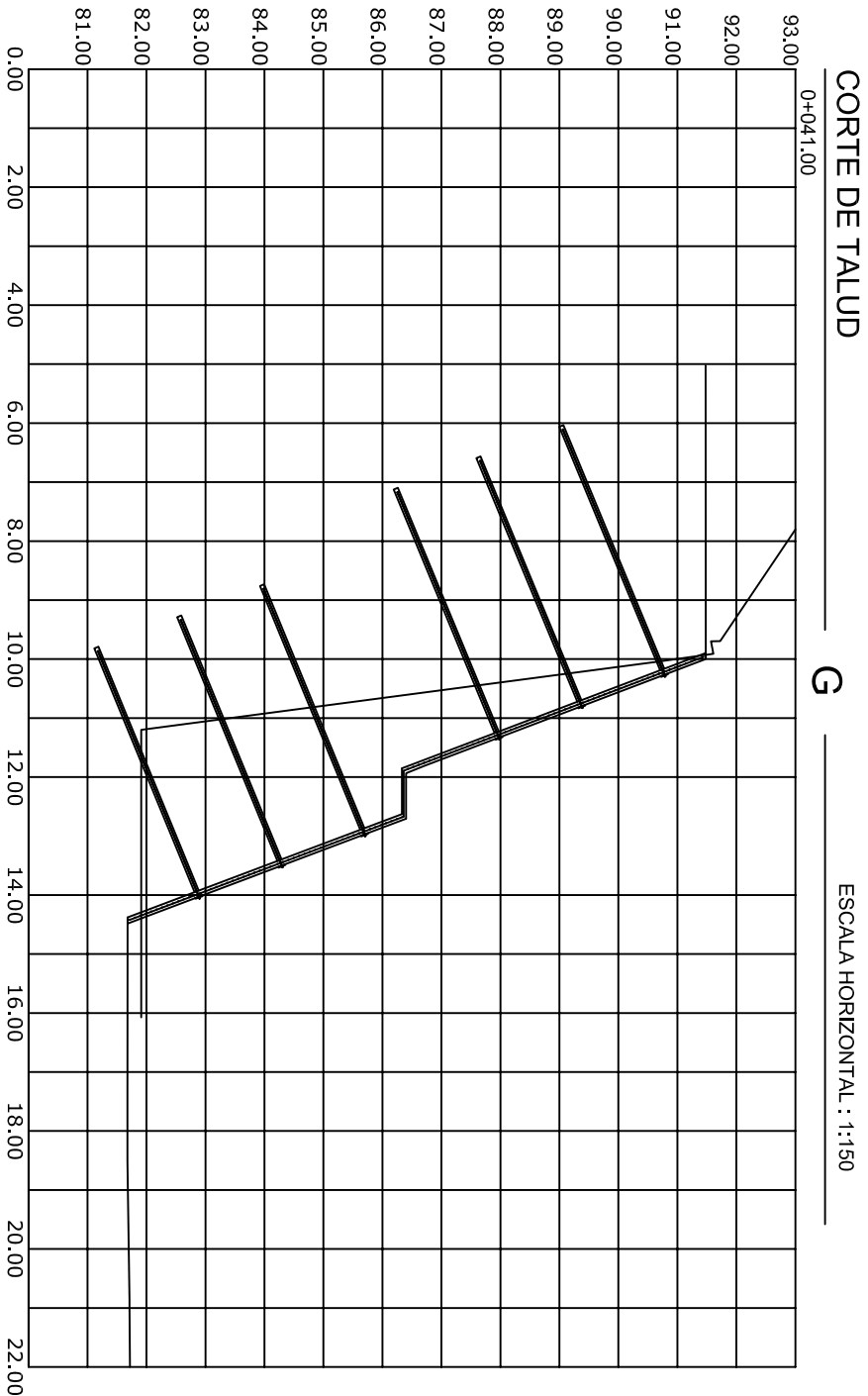
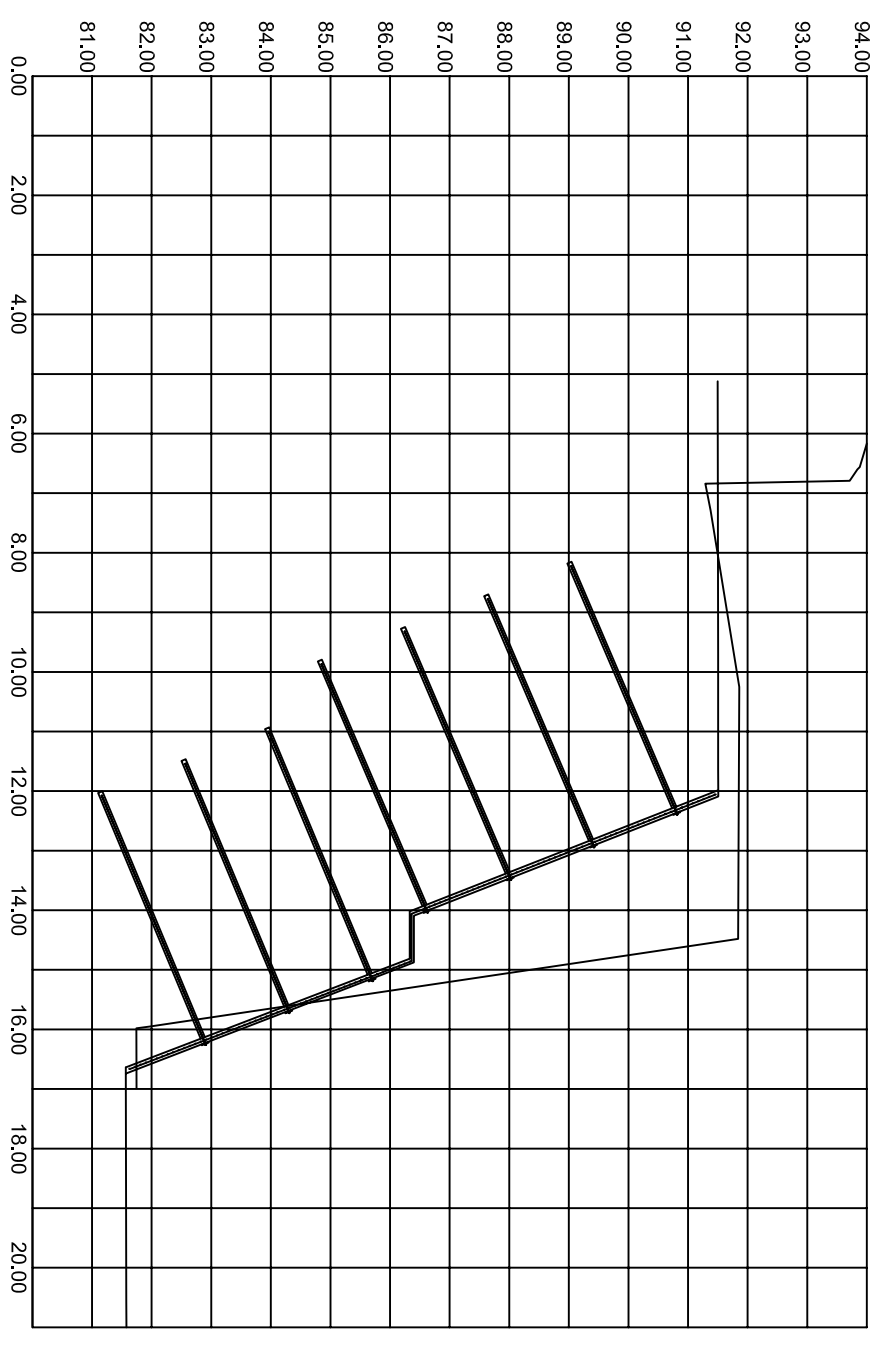
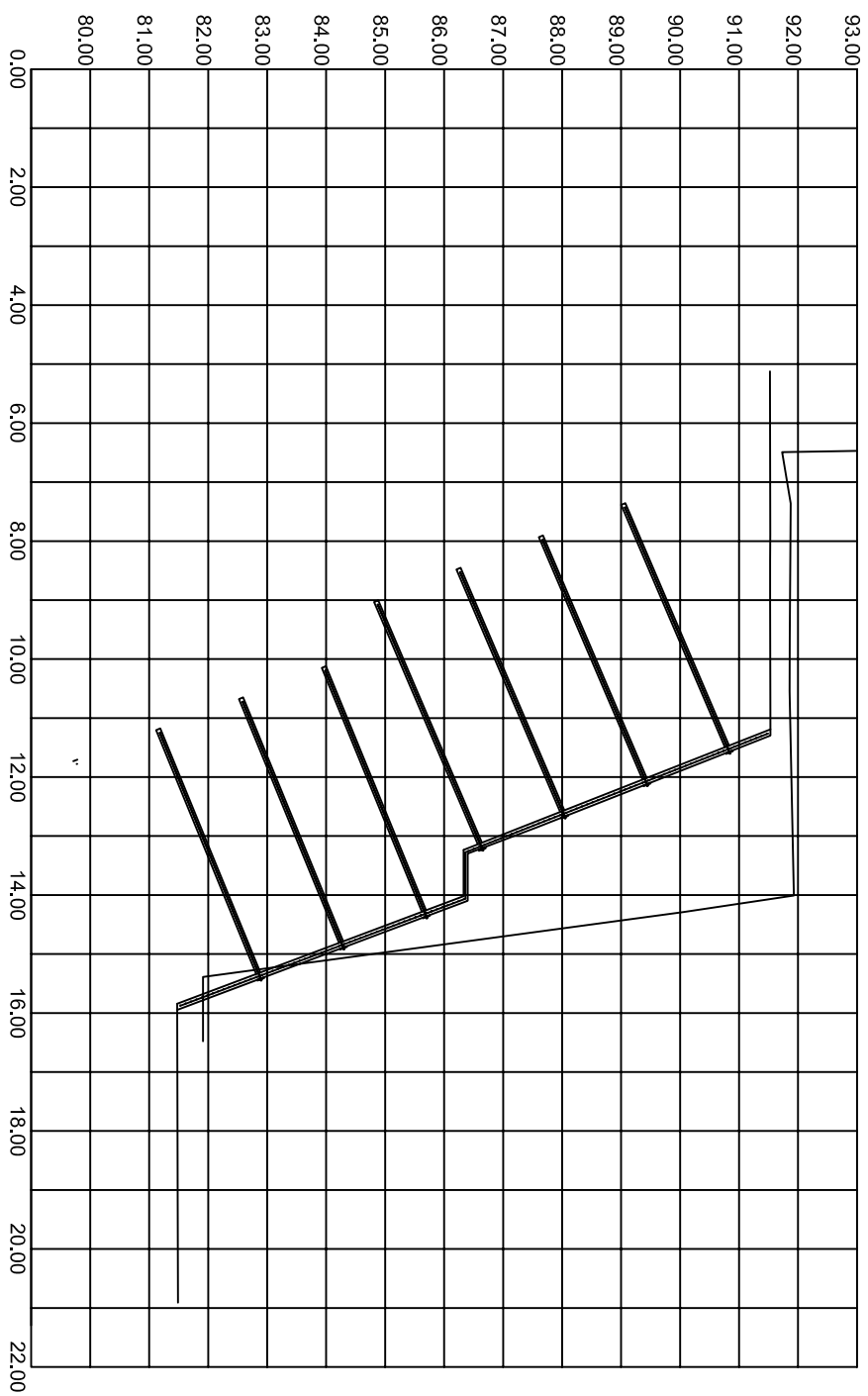
Figura 27 Cortes del talud, sección D, sección E, sección F



**E**  
 ESCALA VERTICAL : 1:150  
 ESCALA HORIZONTAL : 1:150

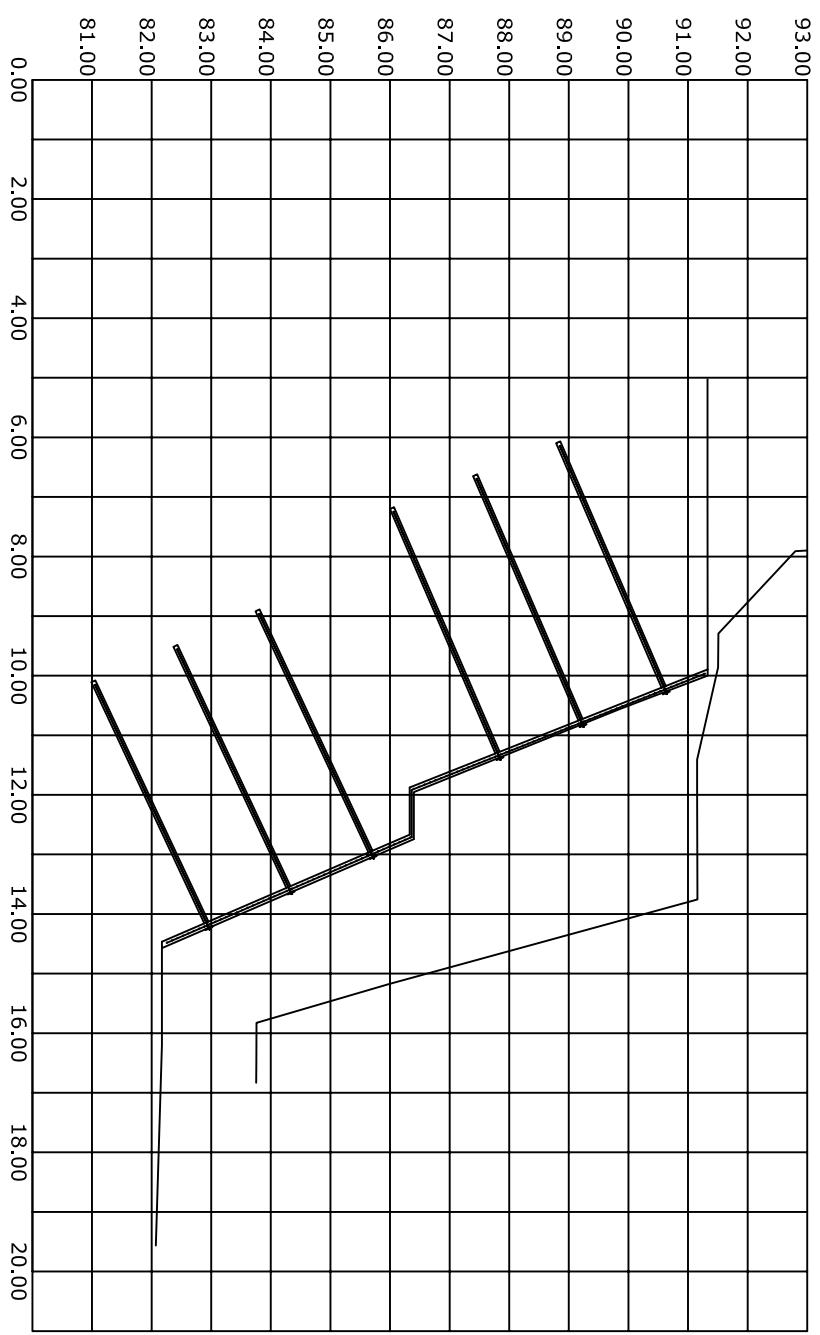
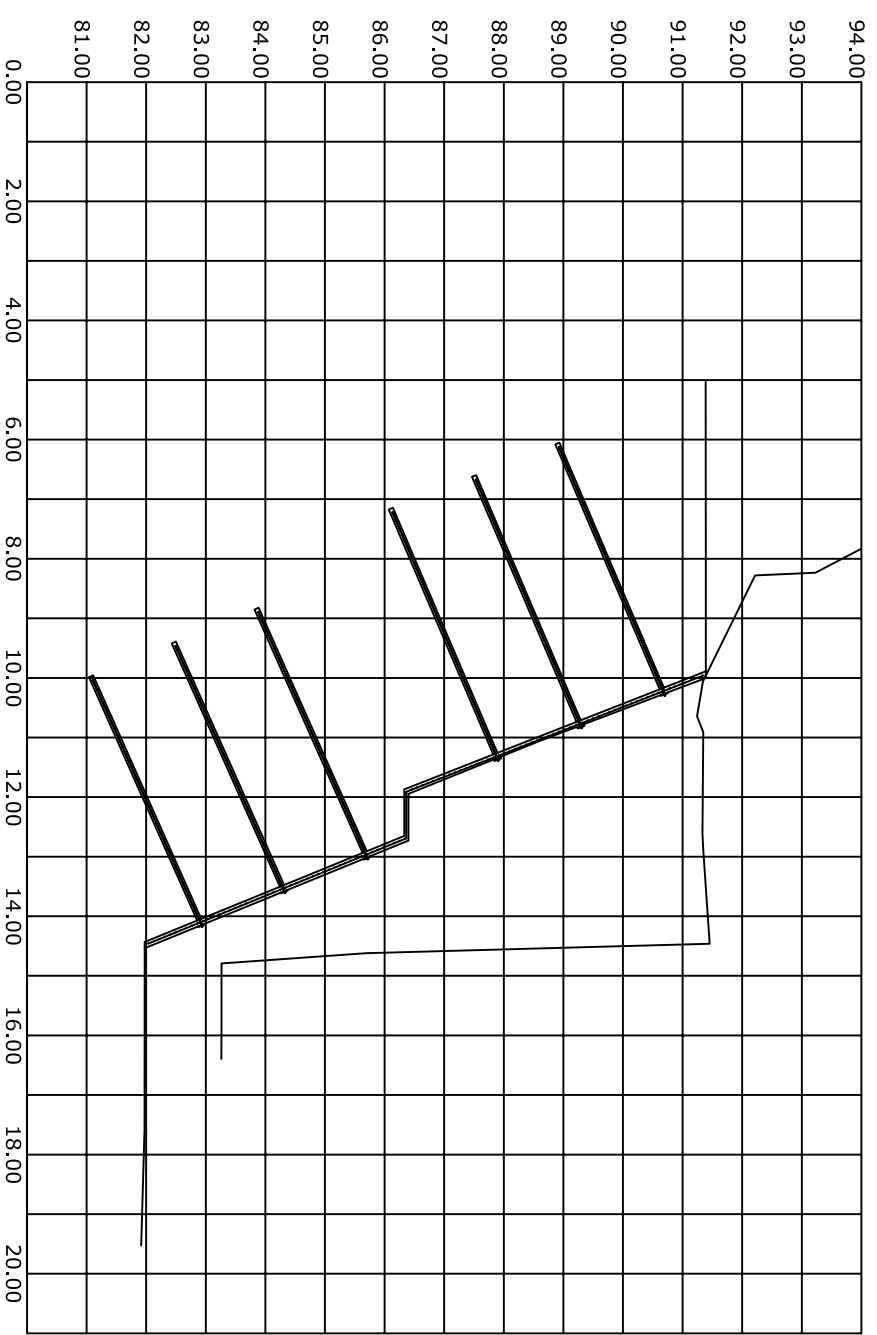
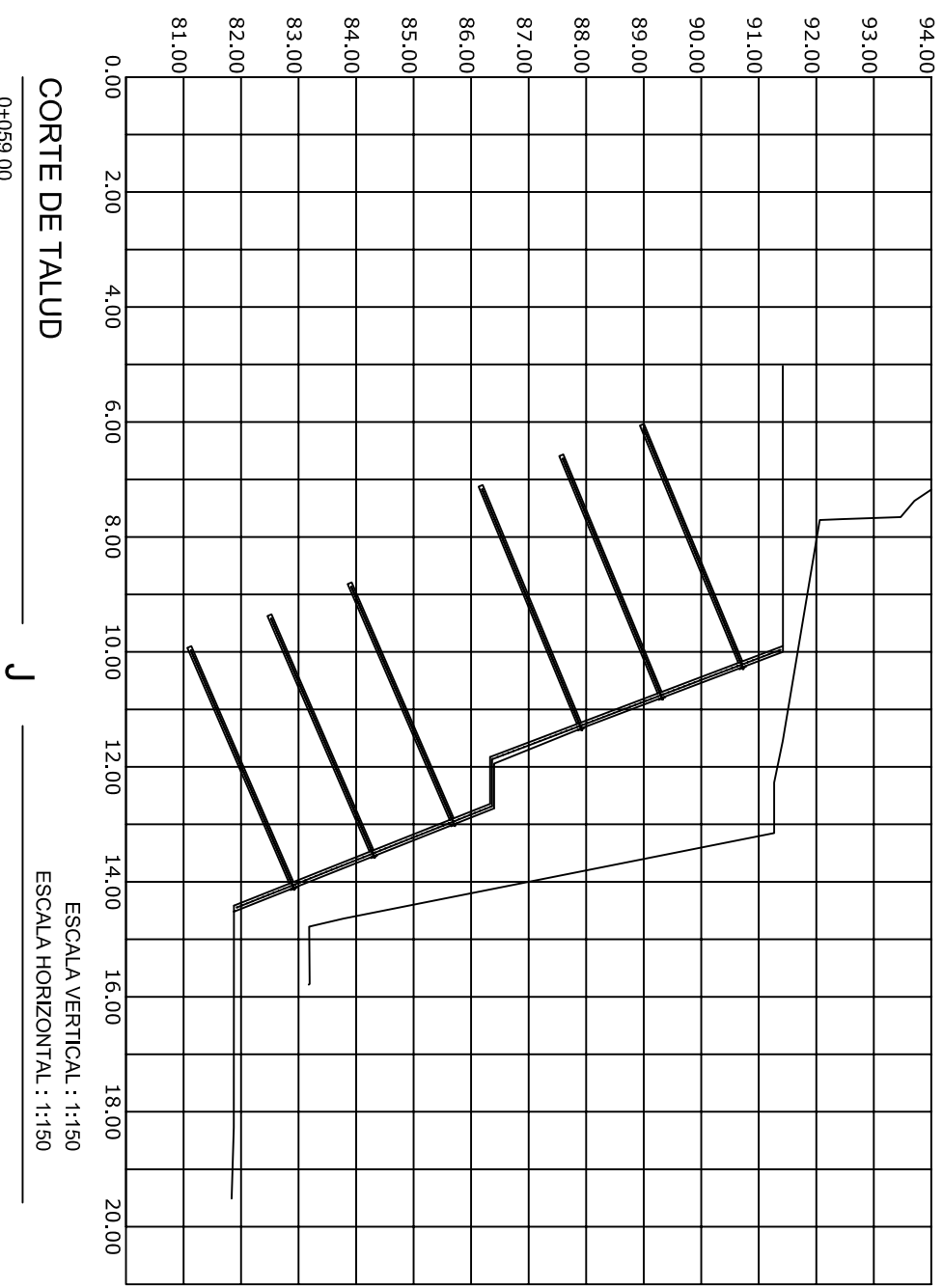
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA	
PROYECTO <b>ESTABILIZACION DE TALUD KOICA-INTECAP</b>	
CONTIENE: CORTES DEL TALUD, SECCION D, SECCION E, SECCION F.	ESCALA: INDICADA
CONSTRUCTORA PILOTECMAR	FECHA: SEP-2008
	HOJA No.: <b>6 / 10</b>

Figura 28 Cortes del talud, sección G, sección H, sección I



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA	
PROYECTO <b>ESTABILIZACION DE TALUD KOICA-INTECAP</b>	
CONTIENE:	ESCALA: INDICADA
CORTES DEL TALUD, SECCION G, SECCION H, SECCION I.	FECHA: SEP-2008
CONSTRUCTORA PILOTECMAR	HOJA No.: <b>7 / 10</b>

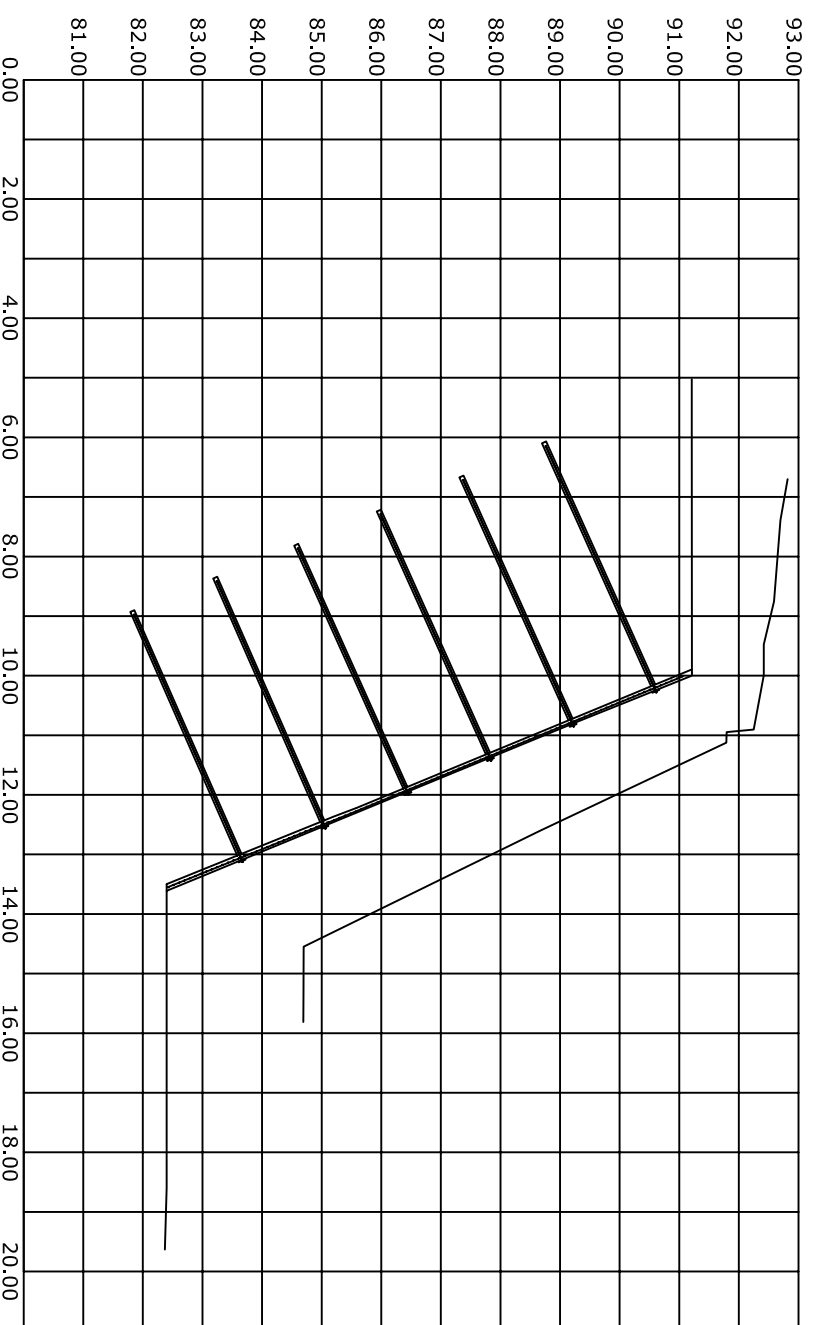
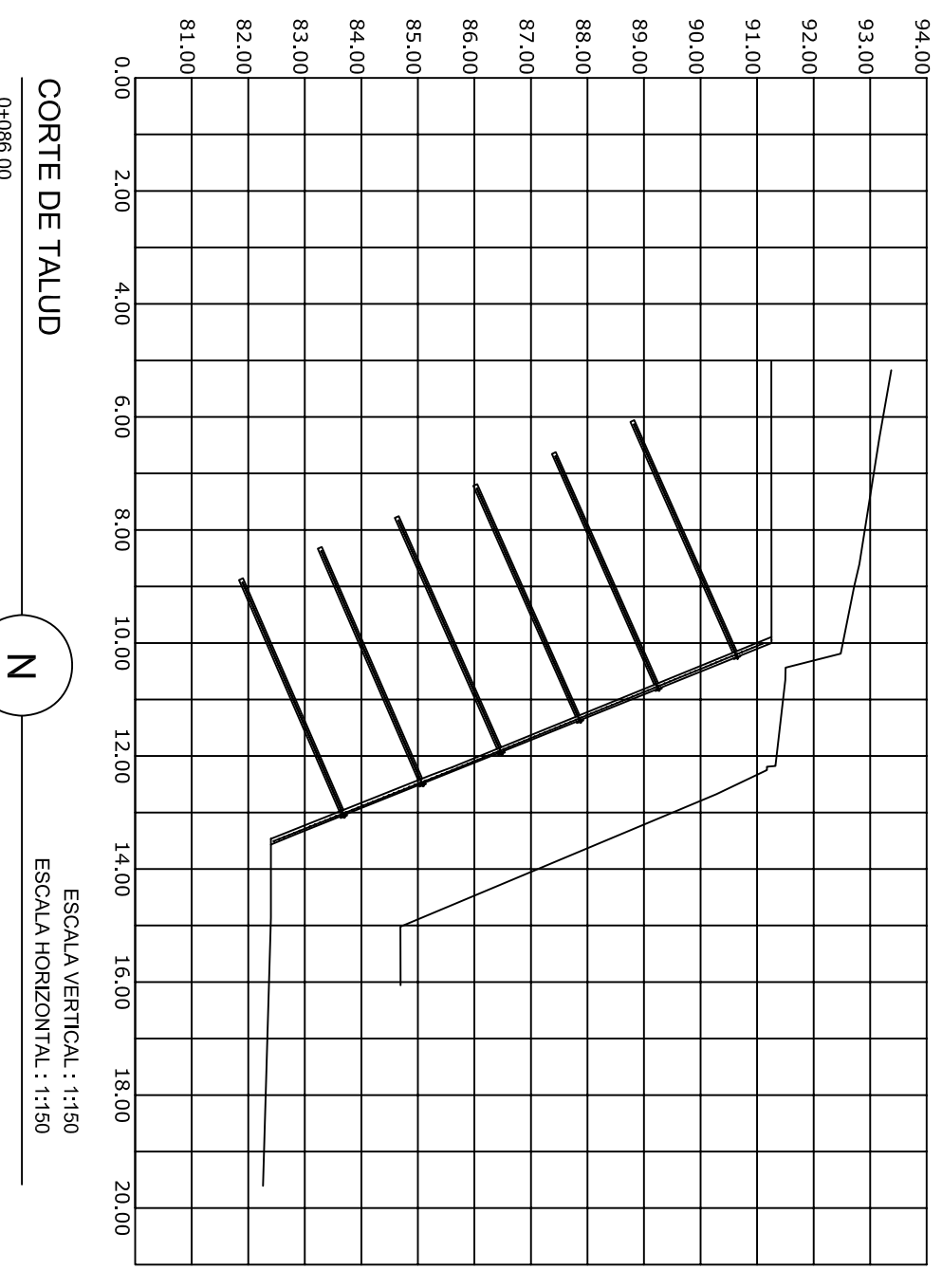
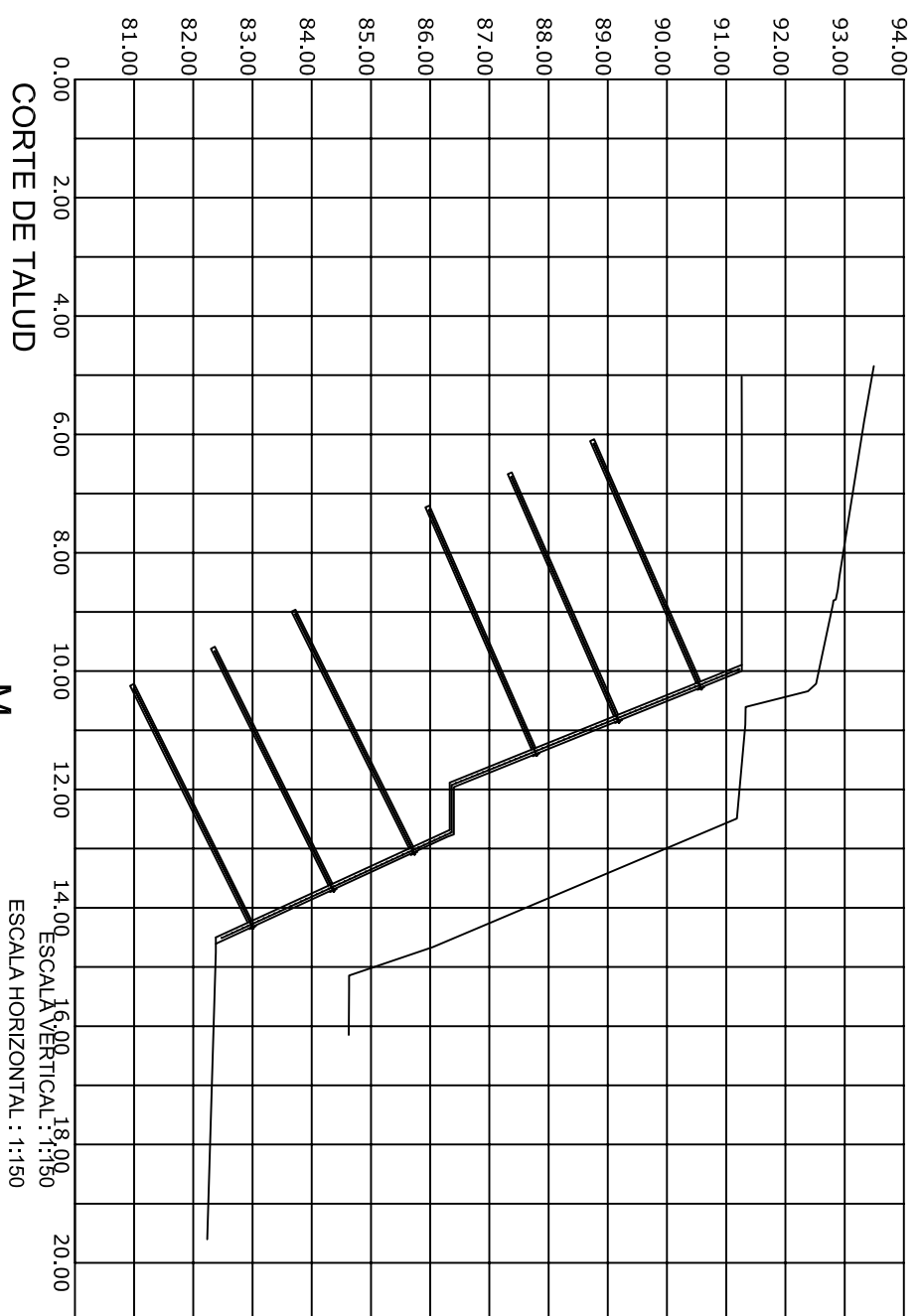
Figura 29 Cortes del talud, sección J, sección K, sección L



**K**  
ESCALA VERTICAL : 1:150  
ESCALA HORIZONTAL : 1:150

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA	
PROYECTO <b>ESTABILIZACION DE TALUD KOICA-INTECAP</b>	
CONTIENE: CORTES DEL TALUD, SECCION J, SECCION K, SECCION L.	ESCALA: INDICADA
CONSTRUCTORA PILOTECMAR	FECHA: SEP-2008
	HOJA No.:
	<b>8 / 10</b>

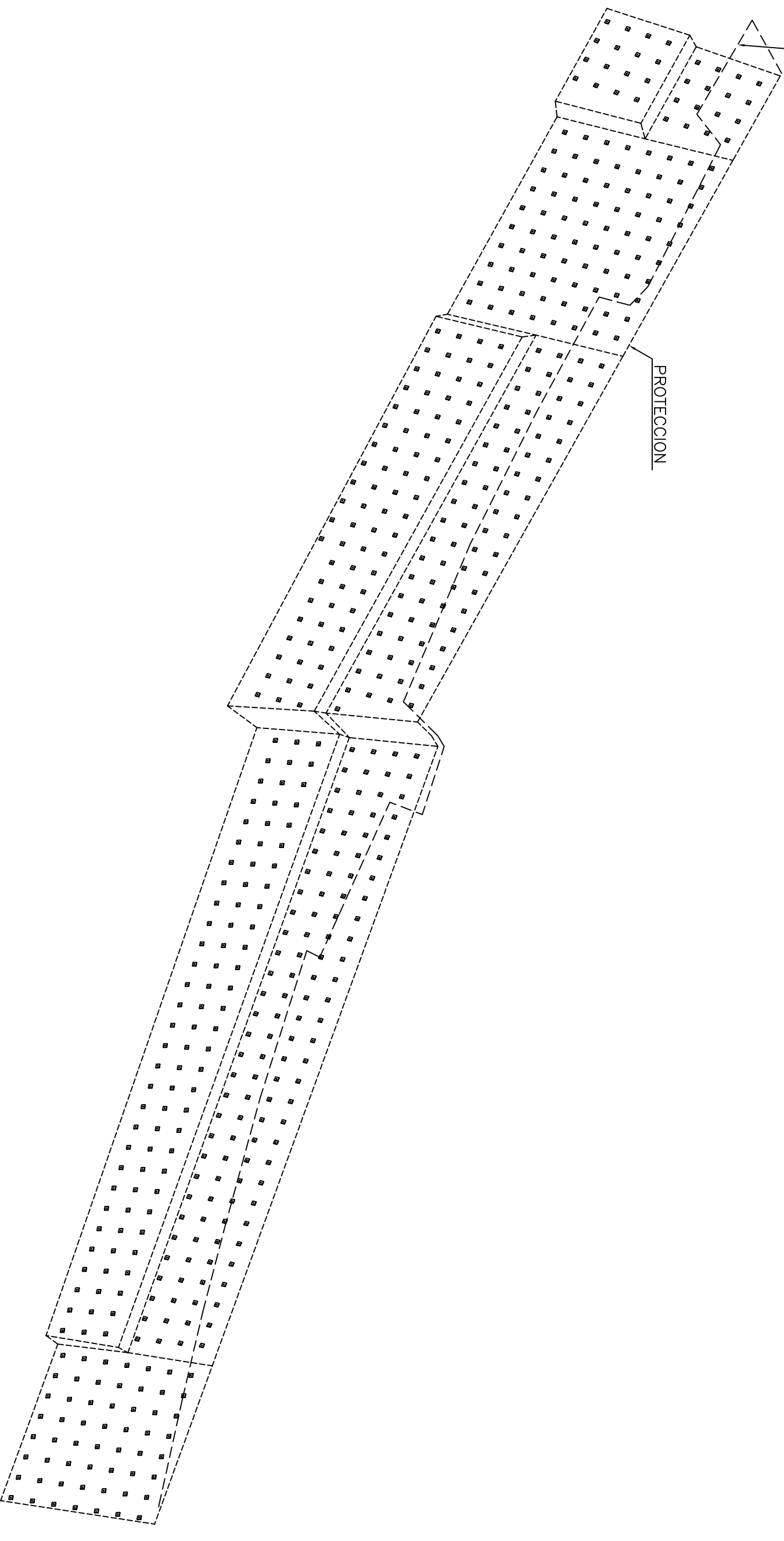
Figura 30 Cortes del talud, sección M, sección N, sección O



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA	
PROYECTO <b>ESTABILIZACION DE TALUD KOICA-INTECAP</b>	
CONTIENE: CORTES DEL TALUD, SECCION M, SECCION N, SECCION O.	ESCALA: INDICADA
CONSTRUCTORA PILOTECMAR	FECHA: SEP-2008
	HOJA No.: <b>9 / 10</b>

SITUACION ORIGINAL

Figura 31 Vista frontal de talud estabilizado



VISTA FRONTAL DE TALUD ESTABILIZADO  
BOSQUEJOS

ESCALA VERTICAL : 1:250  
ESCALA HORIZONTAL : 1:250

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA

PROYECTO  
**ESTABILIZACION DE TALUD  
KOICA-INTECAP**

ESCALA:  
INDICADA

CONTIENE:  
VISTA FRONTAL DE TALUD ESTABILIZADO CON EL  
METODO DE PANTALLAS DE CONCRETO LANZADO CON  
MALLA ELECTRO SOLDADA Y ANCLAJES DE CONCRETO  
REFORZADO

FECHA:  
SEP-2008

CONSTRUCTORA  
PILOTECMAR

HOJA No.:  
**19/10**

## 3.2 Etapas de construcción

### 3.2.1 Situación original

En esta imagen se observa como es de estrecha la parte superior o corona del talud, el edificio fue construido antes de estabilizar el talud, se preparo una rampa de acceso por la corona del talud para hacer el corte desde la corona hasta llegar al pie del talud. Esta es una de las razones el cual usar este método fue la mejor opción de estabilizar este talud.

**Figura 32 Situación original**



**Figura 33 Situación original**





### 3.2.2 Corte y tallado del talud

Para iniciar con el corte del talud, se estudió el lugar y se determinó la ubicación adecuada para hacer la rampa de acceso al área de trabajo, el proceso de corte se hizo desde la corona hasta llegar al pie del talud, este se hizo por partes con alturas máximas de 3.00 metros. Se usó retroexcavadora, excavadora, cargador frontal, mini cargador, y camión de volteo.

**Figura 34 Elaboración de rampa**



En la figura 34 se muestra como la maquina elaboró su propia rampa de acceso a la corona del talud. El proceso de construcción de las pantallas de concreto lanzado y colocación de anclajes avanzó como lo permitió el corte, en longitudes no definidas.

**Figura 35 Corte de talud por etapas**



### 3.2.3 Tallado de talud a mano

Después de hacer el corte con maquinaria pesada se hizo el tallado del talud con personal, fue necesario hacerlo ya que se debía tener una superficie uniforme, y la maquinaria por su tamaño no pudo dejarla como se necesitaba. Es mínimo lo que se tallo a mano. Para hacerlo el albañil colocó hilos con referencia que le indicaron donde tenía que hacer el corte.

**Figura 36 Tallado de talud a mano**



### 3.2.4 Perforación para anclajes

Para la perforación de anclajes en este caso debido a que el área era bien reducida, se utilizó una perforadora pequeña, el agujero se hizo con 15 grados de inclinación para que al momento de ser fundido el anclaje por efectos de gravedad se logre el llenado hasta el fondo del agujero que es lo requerido para obtener la protección total de la varilla de acero. El ángulo de inclinación se gradúo en la perforadora.

**Figura 37 Máquina perforando**



**Figura 38 Perforando el talud para anclajes**



### **3.2.5 Colocación y fundición de anclajes**

Los anclajes consisten en varillas de acero fundidos con mortero, en este caso se utilizaron varillas corrugadas No. 7 de diámetro y 4.50 metros de longitud con 15cm de rosca en un extremo, se trataron con pintura anticorrosiva para evitar ser dañadas por humedad u otros factores.

La aplicación de pintura anticorrosiva se hizo a mano después de la hechura de la rosca a la varilla, se aplico con todo el cuidado necesario para que no se corriera en la parte roscada de la varilla.

**Figura 39 Aplicación de pintura anticorrosiva**



Después de ser tratada la varilla se colocaron separadores a cada 1.50 metros para mantener el recubrimiento de la varilla en el agujero, después se introdujo en el agujero y quedo lista para ser fundida con mortero.

**Figura 40 Colocación de la varilla del anclaje**



La fundición de anclajes se hizo introduciendo un tubo de longitud del agujero el cual con su rebalse iba indicando que ya se había inyectado el mortero correctamente y hasta el fondo del agujero. Se utilizo mortero con resistencia de 3000 psi con fluidificante Sika-ment 100.

**Figura 41 Fundición de anclajes**



Los anclajes quedaron fundidos con una pequeña longitud fuera del suelo que tiene que ser adecuada al grosor de la pantalla de concreto lanzado y para ser sujetado con platinas y tuercas.

**Figura 42 Anclajes fundidos**



### **3.2.6 Colocación de electro malla**

La electro malla se colocó después de tener un tramo de aproximadamente 25mts. de longitud y 3mts. de alto. Se introdujeron en el talud unos pines de acero en los que se sujetó la electro malla de manera que se guardara el recubrimiento y se colocaron unos hilos para mantener la alineación y poder conservar el grosor requerido de la pantalla. Se colocó por partes, según el avance del corte del talud, en la figura 43 se observa la colocación en la primera etapa de corte del talud, este siguió avanzando hasta llegar al pie y el proceso se repitió en cada tramo y etapa.

**Figura 43 Colocación de electro malla**



**Figura 44 Electro malla fijada en el talud**



### **3.2.7 Lanzado de concreto**

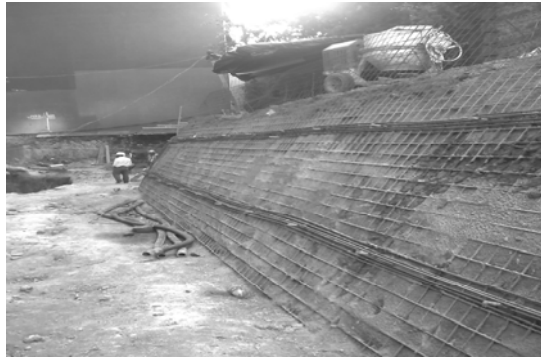
Cuando estaba colocada la electro malla, se lanzo el concreto, fue transportado por medio de una manguera, bombeado y lanzado con aire, se uso un compresor para lanzar, en la parte superior del talud fue necesario armar andamio para poder manipular la manguera debido al peso y presión que esta ejercía.

**Figura 45 Lanzado de concreto**



El concreto se lanzo por capas, en la figura 46 se observa que se aplicó la primera capa a un tramo del muro, cuando tenia unos días de fraguado, se aplicó la segunda capa y quedó terminada la pantalla.

**Figura 46 Primera capa de concreto lanzado en el talud**



### **3.2.8 Colocación de platinas y tuercas**

La platina se colocó sobre la pantalla de concreto lanzado, en cada uno de los anclajes de acero, debido a que la pantalla quedó terminada con un acabado casi liso, se preparó con una punta el área que ocupa la platina.

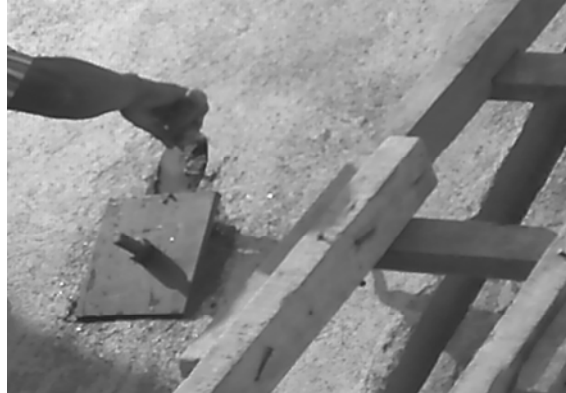
**Figura 47 Preparación de superficie para colocar platina**





Después de tener preparada la superficie se colocó la platina y la tuerca perpendicularmente al anclaje de acero como lo indicaban las especificaciones.

**Figura 48 Colocación de platina**



Para poder lograr el ángulo de  $90^\circ$  entre la platina y el anclaje se fundió con sabieta la parte posterior de la platina.

**Figura 49 Colocación de platina**



La figura 50 muestra como quedó terminada la colocación de platinas en la primera etapa de estabilización del talud.

**Figura 50 Platinas colocadas**



### **3.2.9 Colocación de drenajes**

Se colocaron drenajes de tubo PVC de 6 metros de longitud y 2" de diámetro. Se perforaron de manera que el agua que este en el suelo pueda ser introducida al tubo y ser drenada.

**Figura 51 Tubo perforado**



Se colocó geodren a todos los tubos de drenajes para evitar que se cuelen los finos a la tubería y se produzcan cavernas, tapones o exista saturación del suelo.

**Figura 52 Colocación de Geodren**



La perforación del agujero para el drenaje se hizo ya fundida la pantalla de concreto lanzado con la misma perforadora que se utilizó para hacer los agujeros de los anclajes.

**Figura 53 Perforación para drenajes**



Si introdujo el tubo perforado y forrado con geodren al agujero y se sellaron las orillas con mortero para asegurarlo.

**Figura 54 Colocación de drenajes**



### **3.2.10 Acabado final**

Cuando se fundió la última capa de concreto lanzado se hizo en el momento adecuado el acabado final el cual se logró al mismo tiempo que se quitaron los sobrantes de concreto, el acabado se hizo con planchas de madera, y por ultimo se aplicó Antisol, con lo que se obtuvo el proceso de fraguado y resistencia requerida del concreto.

**Figura 55 Acabado de la pantalla**

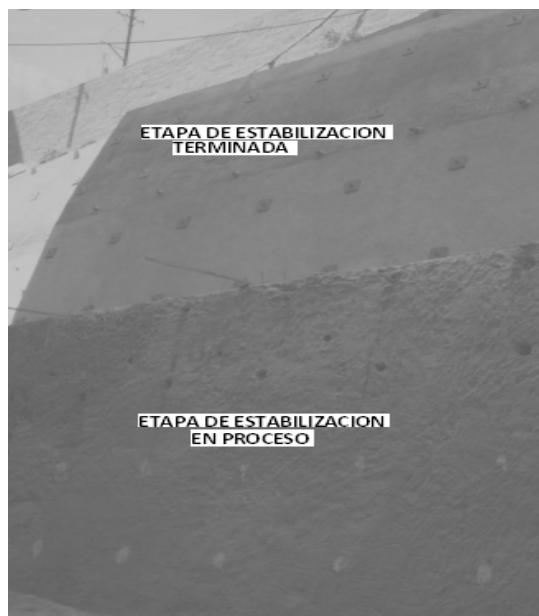


### 3.2.11 Vista frontal de estabilización del talud

En la figura 56 se muestra como quedaron terminadas las pantallas uniendo todas las etapas de construcción que se describieron anteriormente para la estabilización de un talud donde se utilizó el método de pantallas de concreto lanzado con malla electro soldada y anclajes de concreto reforzado.

Se puede observar que en la parte superior se terminó la estabilización y se visualiza como se hizo por partes la construcción de forma conveniente.

**Figura 56 Elevación de estabilización con el método planteado**



### 3.3 Resultado de ensayos

Los ensayos del concreto lanzado, concreto para inyectar pines y ensayos del acero son necesarios para visualizar el comportamiento del material y garantizar su función.

A continuación se encuentran las tablas de los resultados del material que se utilizó en este proyecto.

**3.3.1 Informe de ensayo a compresión del concreto lanzado, elaborado en el laboratorio MECSPASA**

**Tabla V Resultado de ensayo a compresión del concreto lanzado**

**MECSPASA**

MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS, S.A.  
 12 Av. "A" 00 - 47, zona 07, Quinta Semayoa, Guatemala.  
 TEL.: 2440 5930 / 2471 4603 FAX: 2471 1018  
 mecsypasa@hotmail.com

Guatemala, diciembre 30, 2008

Señores:  
 PILOTECMAR,  
 Presente.

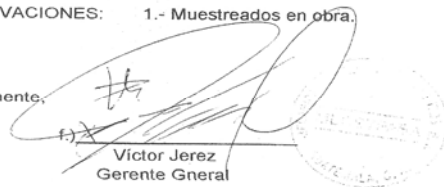
Attn. Ing. Juan Pablo Muñoz.

Estamos informando del resultado obtenido, del ensayo de rotura a compresión simple, efectuado a 2 cilindros de concreto, del proyecto: ESTABILIZACIÓN DE TALUD KOICA INTECAP.

No.	Fecha hechura	Fecha rotura	Edad en días	Slump, Pulg.	Diam., Pulg.	Área, Pulg.2.	Carga, libras	Esfuerzo, libras/Pulg2.	f' c	%	Observaciones
1	2/12/08	16/12/08	14	1"	6.06	28.84	92,500	3,207	3,000	--	Estabilización de talud.
2		30/12/08	28		5.9	27.37	115,000	4,206			

OBSERVACIONES: 1.- Muestreados en obra.

Atentamente,



Victor Jerez  
 Gerente General

Cc. Archivo.  
 vj.

### 3.3.2 Informe de ensayo a compresión y tensión del mortero que se inyecta en anclajes de acero

**Tabla VI Resultado de ensayo a compresión del mortero**



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



Nº 006544

INFORME No. S.C. – 163

O.T. No. 24346

**Interesado:** Pilotecmar, S.A.  
**Proyecto:** Estabilización de Talud Koica Intecap  
**Asunto:** Diseño de mezclas de mortero y resistencia a la compresión y tensión a 3, 7 28 días  
**Fecha:** 02 de marzo de 2009

- Generalidades:** el interesado proporcionó cada uno de los materiales siendo estos, arena, cemento y aditivo Sikament-100.
- Procedimiento:** se trabajó de acuerdo a lo indicado por el interesado en lo que refiere a proporción y tiempo de mezclado.
- Resultados:**

**3.1 Resistencia a la Compresión:**

No.	FECHA DE RUPTURA	EDAD EN DIAS	CARGA (kg)			CARGA PROMEDIO (kg)	AREA (cm <sup>2</sup> )	RESISTENCIA (kg/cm <sup>2</sup> )	RESISTENCIA (PSI)
			CUBO 1	CUBO 2	CUBO 3				
1	02/02/2009	3	3000	2800	2980	2926.67	25.8064	113.41	1613.03
2	06/02/2009	7	4900	4640	4630	4723.33	25.8064	183.03	2603.27
3	27/02/2009	28	6320	6640	7240	6733.33	25.8064	260.92	3711.08

**3.2 Resistencia a la Tensión:**

No.	FECHA DE RUPTURA	EDAD EN DIAS	CARGA (lbs)			CARGA PROMEDIO (lb)	AREA (pg <sup>2</sup> )	RESISTENCIA (kg/cm <sup>2</sup> )	RESISTENCIA (PSI)
			BRIQUETA 1	BRIQUETA 2	BRIQUETA 3				
1	02/02/2009	3	199	206	185	196.67	1.00	13.83	196.67
2	06/02/2009	7	225	240	270	245.00	1.00	17.23	245.00
3	27/02/2009	28	335	355	315	335.00	1.00	23.55	335.00

Atentamente:

Inga Dilma Yahet Mejicanos Jol  
Jefa Sección Aglomerantes y Morteros




Inga Telma Maricela Cano Morales  
Directora CII/USAC




### 3.3.3 Informe de ensayo a tensión de la varilla de acero que se utilizo para anclajes

Tabla VII Resultado de ensayo a tensión del acero



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



---

**BARRAS DE ACERO PARA REFUERZO DE CONCRETO** No 002658

---

**1. DATOS GENERALES**

INFORME 34-M O. T. No. 24395  
 INTERESADO PILOTECMAR, S.A.

PROYECTO ESTABILIDAD DE TALUD KOICA INTECAP  
 PROVEEDOR ACEROS DE GUATEMALA  
 FECHA 23/Ene/2009 08:58  
 No. CORRELATIVO 46 APARIENCIA BUENA  
 IDENTIFICACION \*\*\*\*\*

---

**2. CALCULOS COMPLEMENTARIOS**

PESO kg/m	DIAMETRO* mm	PERIMETRO* mm	AREA* cm <sup>2</sup>	ESPAC. LONG. mm	ANCHO RIBETE mm	ALTURA mm
3.004	22.09	69.40	3.83	19.20	3.33	1.75
2.235	19.1	59.8	2.84	13.3	7.3	0.97
NOMINAL	MÍNIMO	MÍNIMO	MÍNIMO	MÁXIMO	MÁXIMO	MÍNIMO

\* Datos calculados sobre el peso por unidad de longitud.  
 Observación: se acepta una tolerancia de 6% por debajo de la masa unitaria nominal de la barra

---

**3. RESULTADOS DEL ENSAYO**

ESFUERZOS A TENSION mpa		ALARGAMIENTO %
FLUENCIA	MÁXIMO	
442	723	20 cms
414**	620**	12
		8**

\*\* Especificación A-630

---


**4. DATOS FINALES**

No. de Varilla	7
Grado	60

**NOTAS:** Las especificaciones utilizadas en el presente ensayo son de la **Norma COGUANOR 36011 Segunda Revisión**. Las muestras fueron tomadas por el Interesado.  
 Corruca en X. El Espaciamiento Long. corresponde a dos (2) corrugaciones.

Ing. Pablo Christian De León Rodríguez  
Jefe Sección de Metales y Productos Manufacturados

Ing. Bo. Inga. Telma Maricela Cano Morales  
**DIRECTORA C.I.I.**



---

FACULTAD DE INGENIERIA -USAC  
 Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12  
 Teléfono directo 2476-3992. Planta 2443-9500 Ext. 1502. FAX: 2476-3993  
 Página web: http://cii.usac.edu.gt

34-M.xls



## CONCLUSIONES

1. De acuerdo a lo observado en el proyecto de estabilización de talud en edificio Koica–Intecap, utilizando el método de pantallas de concreto lanzado con malla electro soldada y anclajes de concreto reforzado es eficaz para la estabilización de taludes.
2. Se observó que este método es económico y rápido comparado con otros métodos que existen para estabilizar taludes.
3. La elaboración de los estudios y ensayos relacionados con el proyecto de protección de taludes, asegura la buena calidad y la economía de la estructura que se diseña, tal como se puede ver en este proyecto.
4. Este método resulta muy útil en situaciones cuando no se dispone de espacio como en el caso en estudio.



## RECOMENDACIONES

1. Es necesario hacer los estudios adecuados al suelo, para determinar las características del mismo y de ahí hacer un diseño para garantizar su funcionamiento y eliminar los riesgos que se puedan dar para vidas humanas.
2. Utilizar normas y ensayos específicos para cada uno de los procesos de construcción donde se deban de aplicar, para garantizar un funcionamiento adecuado en los procesos o etapas que hacen un proyecto.
3. Cada uno de los materiales debe de cumplir con los requisitos de calidad respectivos.
4. El corte del talud deberá de ser lo mas preciso, para que la superficie sea pareja, que no quede hundimientos muy grandes y ocasionen mayor consumo de material para lograr el recubrimiento adecuado.
5. Capacitar al personal respecto las funciones y cumplimientos individuales que cada uno va a tener en el proceso de construcción, para llevar a cabo el proyecto de manera que no ocurran accidentes.
6. Tratar de no utilizar el material de rebote para una nueva aplicación, debido a que estará contaminado y es perjudicial como parte del elemento estructural.



## BIBLIOGRAFÍA

1. Carlos, Crespo Villalaz. Mecánica de suelos y cimentaciones 5a ed., Limusa, México , c2005. Páginas 25-75.
2. Artur H. Nilson-Georg Winter, Diseño de Estructuras de Concreto, 11ª. Edicion McGraw-Hill 2000. Páginas 28-34, 45-55, 169, 579-581.
3. Ing. Raúl Bracamontes Jimenez. Manual de Concreto Lanzado. 2004.
4. Manual Geosynthetic Reinforced Retaining Walls, TN-GRRW-196 junio 1996.
5. T.F Ryan, Manual de Concreto lanzado, Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto McGraw-Hill 1995.
6. Estudios y diseño realizados para la estabilización de talud en Edificio Koica Intecap 2008.
7. <http://www.lancuyen.cl> (octubre 2008)
8. <http://www.rembco.com> (octubre 2008)
9. <http://en.wikipedia.org> (octubre 2008)
10. <http://www.revistabit.cl> (octubre 2008)
11. <http://www.ldh-geotecnia.com> (octubre 2008)

