

ALGUNAS EXPERIENCIAS EN PANTALLAS ANCLADAS

Aunque el sistema de muros anclados o sistemas de contención utilizando anclajes, bien sea, pasivos o activos, no es nuevo en nuestro medio, no son muchos los casos o construcciones que hayan utilizado estos sistemas de contención y hayan mostrado los procesos constructivos. Por lo tanto quiero hacer un resumen de algunas obras, en las cuales se ha considerado la solución de los anclajes como la mejor alternativa técnica y económica en la construcción de los muros de contención y una obra, donde al ejecutar la excavación, cambiaron las condiciones de estabilidad y fue necesario recurrir a los muros anclados como la mejor solución al problema.

Con el fin de dar una mayor claridad e ilustrar la forma de trabajo de los anclajes, se hace una pequeña introducción donde se muestran los diferentes componentes de un anclaje, sistemas de inyección, detalles de construcción de muros, tanto fundidos "in situ" o con concreto proyectado y luego algunos detalles de construcción de obras donde se han utilizado los anclajes.

INTRODUCCION:

Los Anclajes ya sean activos o pasivos son elementos que trabajan

a tracción. con los que se mejoran las condiciones de equilibrio de una estructura o talud. Normalmente están constituidos por unas estructuras metálicas (cables o, varillas) que se alojan en una perforación y que se sujetan o se anclan al suelo por medio de inyecciones o dispositivos expansivos, fijándose en el exterior a la estructura que se pretende mejorar, bien sea en un muro continuo o placas aisladas que se apoyan directamente a la superficie del terreno, con un cabezote o dado.

Un anclaje esta compuesto básicamente por tres partes fundamentales (ver figura No. 1).

1. Zona de Anclaje
2. Zona Libre
3. Cabeza y placa de Apoyo.

La zona de anclaje es la parte inyectada (o anclada por medios mecánicos) que se encarga de transmitir los esfuerzos de tensión al suelo y logra desarrollar las capacidades de trabajo solicitadas a los anclajes. La zona libre, es la parte que permite deformar la estructura del anclaje con total libertad, para que se puedan desarrollar los esfuerzos de tensión en la zona anclada, y la cabeza es la que permite la reacción por medio de la placa o muro de apoyo.

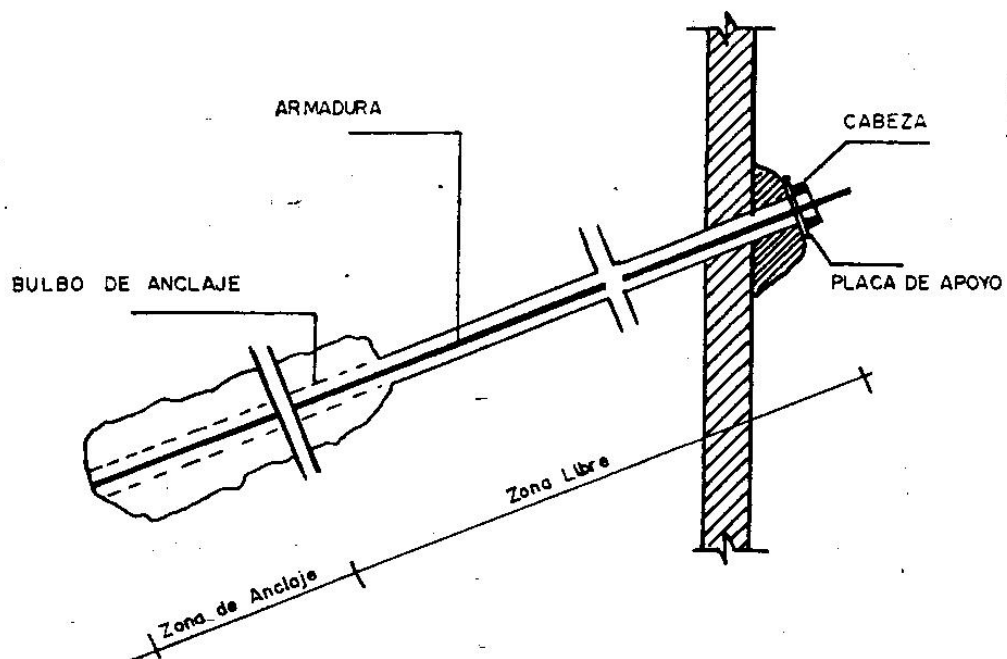


FIGURA No. 1

ANCLAJES PASIVOS:

Son aquellos que entran en tensión al aparecer un movimiento y tratar de oponerse a este. En este tipo de anclajes se debe procurar que su estructura sea bastante rígida para minimizar los movimientos y evitar desplazamientos mayores a los permisibles y que puedan generar esfuerzos diferentes a los considerados en el calculo inicial de los anclajes.

ANCLAJES ACTIVOS:

Son los que una vez colocados, se pretensan hasta llegar a la carga de diseño, con un porcentaje adicional de ensayo para verificar su

capacidad de trabajo. Estos anclajes comprimen el terreno entre la zona anclada y la estructura de contención, mejorando sus condiciones de estabilidad.

Algunos autores tienen una categoría de anclajes mixta en la cual se pretensa el anclaje hasta una carga menor que la admisible, quedando un remanente de sus capacidades, para resistir posibles movimientos del terreno.

COMPONENTES DE UN ANCLAJE:

Después de hacer esta pequeña introducción sobre los sistemas y tipos de anclajes y con el fin de dar una idea completa sobre la construcción de anclajes, voy a dar una descripción muy general de los elementos mas comunes utilizados en la construcción de anclajes en nuestro medio.

ARMADURA:

Aunque existen diversos tipos de armaduras para la construcción de anclajes los que usualmente se utilizan son los siguientes:

- Cables constituidos por alambres de alta resistencia.
- Barras de Acero.

Los anclajes de cables están compuestos por torones de $\phi \frac{1}{2}$ " con

siete (7) hilos por torón con una capacidad ultima de 18.300 Kg por torón, producido en nuestro pais por Emcocables tipo 270 K y de los cuales se anexa al final de este articulo su certificado de calidad y sus gráficos de esfuerzo de deformación.

Las Barras de acero se pueden conseguir de alta resistencia, pero lo mas común en nuestro medio es utilizar las fabricadas por nuestras acerías del tipo $F_y = 4.200 \text{ Kg/M}^2$ y aunque se puede utilizar en diámetros desde $\phi \frac{1}{2}$ " hasta $\phi 1\frac{1}{2}$ ", lo mas usual es utilizar la de $\phi 1$ " que da resistencia ultima de 21.00 toneladas.

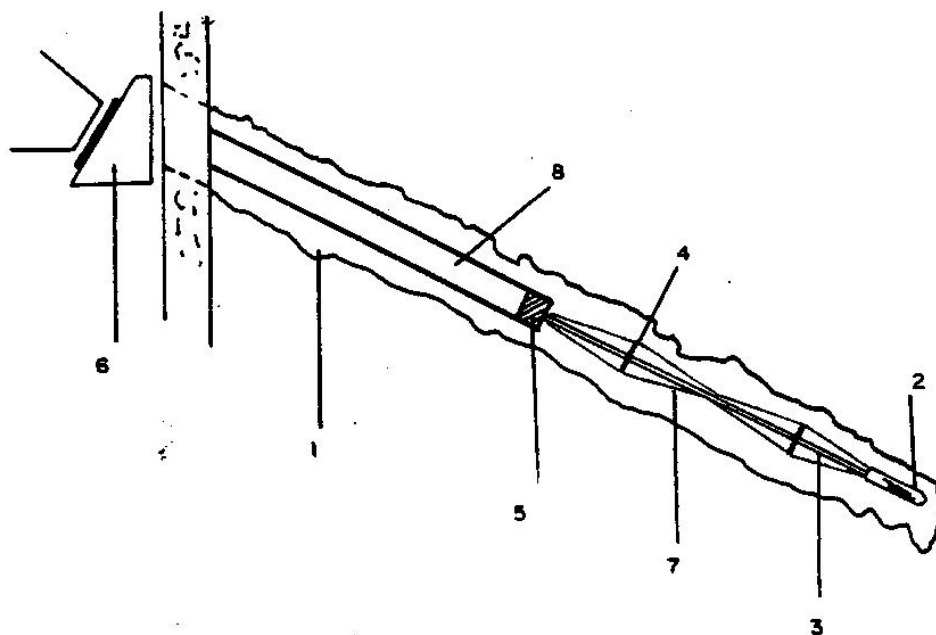


FIGURA No. 2

INYECCION:

Con el fin de darle un recubrimiento de protección a la estructura del anclaje y darle un "sello" que permita realizar la inyección a presión se debe hacer primero un llenado del espacio dejado entre el tensor y las paredes de la perforación, usando generalmente una lechada de agua-cemento en proporción 1:1 (en peso) adicionando en algunas condiciones especiales arena o bentonita. Una vez ha fraguado la lechada de relleno se procede a realizar la inyección a presión de la misma lechada de agua - cemento con proporción variable de 1:1 o 1:2 (en peso) y presiones controladas, (usualmente de 80 a 200 psi) que permita conformar el bulbo y mejorar la condición del subsuelo y lograr que al efectuar la tensión del anclaje se puedan desarrollar los esfuerzos de tensión resistentes que soporten las cargas de diseños solicitadas a la estructura.

En algunos casos esta inyección a presión se debe realizar en varias etapas para ir mejorando progresivamente el suelo o ir sellando las grietas o fisuras presentes a lo largo del bulbo de la zona anclada.

Los principales elementos que se deben considerar en el proceso de inyección son los siguientes:

1. **Mezclador:** Es el equipo necesario para realizar la mezcla agua-cemento y que la mantiene en suspensión durante todo el proceso.
2. **Bomba de Inyección:** Con este equipo se envía la mezcla con presiones controladas por medio de una tubería hasta la zona donde se creara el bulbo.
3. **Tubería de Inyección:** Es la que se introduce a través de la tubería plástica del tensor y que va equipada con una "flauta" de inyección y doble obturador con el fin de conocer la profundidad donde se efectúa la inyección.

De acuerdo con algunos experimentos realizados por Gábrriel Jorge (4) y Michael Bustamante (1) la forma de inyección ejecutada con el sistema de manguitos, doble obturador y lógicamente con controles de presiones y calidad de lechada inyectada son determinantes en los resultados de las tensiones desarrolladas por un anclaje, por lo tanto quiero resaltar la utilización del bulbo de inyección con manguitos y el sistema IRP (Inyecciones repetitivas) que permiten colocar en el suelo la lechada en varios tiempos logrando mejorar el suelo sustancialmente y por consiguiente pudiendo desarrollar tensiones mayores con una longitud de bulbo menor que los calculados cuando se hace una sola inyección.

Sin embargo vale la pena anotar que la disminución de la longitud del bulbo con inyecciones controladas con manguitos, contra la inyección en un solo paso es muy difícil de predecir, pues depende del tipo de material, de sus mismas características físicas de compactación, consolidación etc. y siempre que se quiera tener un dato cierto, lo mejor es recurrir a una prueba "in situ" de los diferentes métodos constructivos que uno desea o pretende utilizar.

CURVA ESFUERZO DEFORMACION:

Para cada anclaje, el bulbo deberá estar diseñado para actuar detrás del plano teórico de falla y algunos autores recomiendan aumentar también una longitud libre por detrás de este mismo plano del orden de 0.15 veces la altura del muro considerado. Estas longitudes, tanto la libre como la del bulbo, son básicas para la ejecución del ciclo básico de carga y el conocimiento que se debe tener de la forma como se está comportando el suelo al realizar el ensayo de tensión en el anclaje.

Como regla general se deben trazar dos rectas que indican el comportamiento del anclaje, teniendo en cuenta lo siguiente:

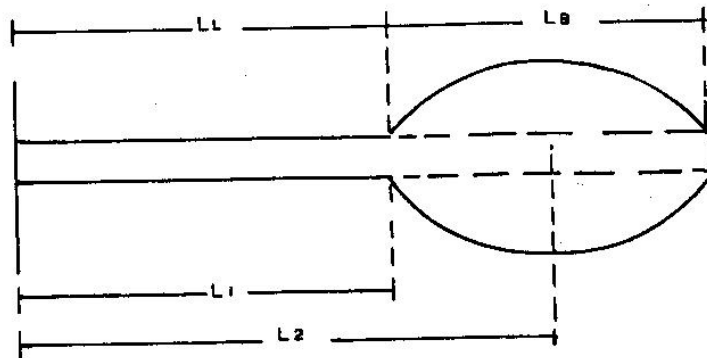


FIGURA No. 3

L.L. = Longitud Libre

L.B. = Longitud del Bulbo.

L.1 = Longitud de calculo cuando se supone que el punto actuante del anclaje se encuentra al inicio del bulbo o sea que $L_1 = L.L.$

L.2 = Longitud de calculo cuando se supone que el punto actuante del anclaje coincide con el centro de gravedad del bulbo, o sea que $L_1 = L.L. + L.B./2$

Estas son las dos condiciones limites que se controlan al tensionar los anclajes (ver figura No. 4).

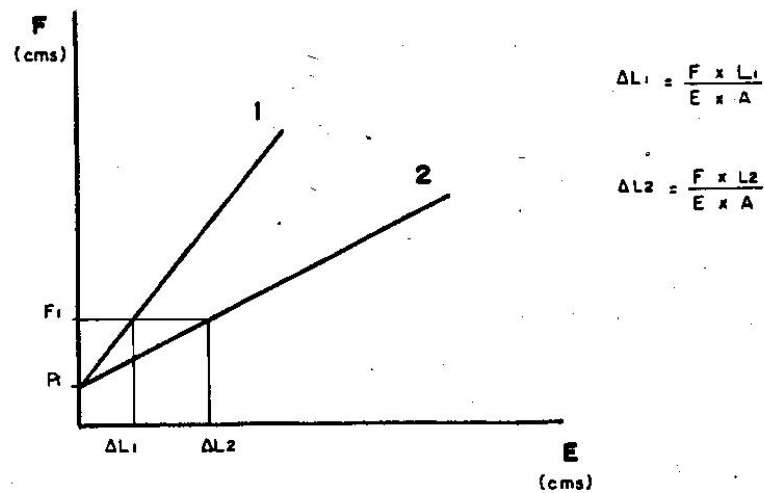


FIGURA No. 4

Donde: ΔL_1 = Deformación con el punto actuante del anclaje en L_1 .

ΔL_2 = Deformación con el punto actuante del anclaje en L_2 .

F = Cualquier fuerza predeterminada menor que la máxima capacidad del anclaje.

E = Modulo de elasticidad del material que compone la estructura del anclaje (cable o varilla).

A = Area de la estructura del anclaje.

Una vez trazadas las dos rectas, se debe tener en cuenta que si al hacer el gráfico " Esfuerzo Vs. Deformación" en cada punto del inicial ciclo de carga del anclaje, si la curva real se empieza a insinuar con tendencia a irse por debajo de la recta No. 2 se debe suspender la prueba, pues indica que el suelo esta fallando y la

tensión solicitada es mayor a la resistencia desarrollada por el bulbo. De otro lado si la curva tiene tendencia a irse por los límites de la recta No. 1 se debe tener cuidado pues es posible que la longitud libre sea muy pequeña (por el calculo mismo o por haber penetrado la lechada en la longitud libre) y se puede correr el riesgo de tener una rotura de la estructura del anclaje y perderlo o tener que hacer reparaciones complicadas.

En la figura No. 5 se muestra el ciclo básico de carga donde se deben tener en cuenta los siguientes pasos.

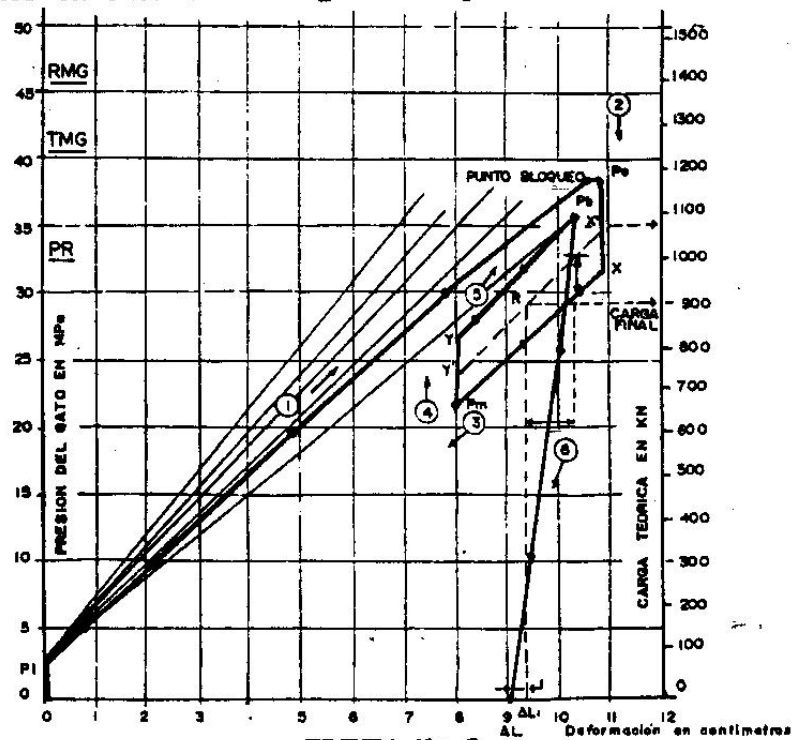


FIGURA No.5

1. Incremento de carga (en 3 o 4 tiempos)
2. Disminución de la carga (Es posible con deformación nula)
3. Segunda disminución de carga (En 2 o 3 tiempos) con recuperación de la deformación.
4. Nuevo Incremento de carga (sin deformación)
5. Incremento de carga (2 o 3 tiempos) con aumento de la deformación y bloqueo del anclaje por encima de la carga de trabajo.
6. Medida de la deformación residual.

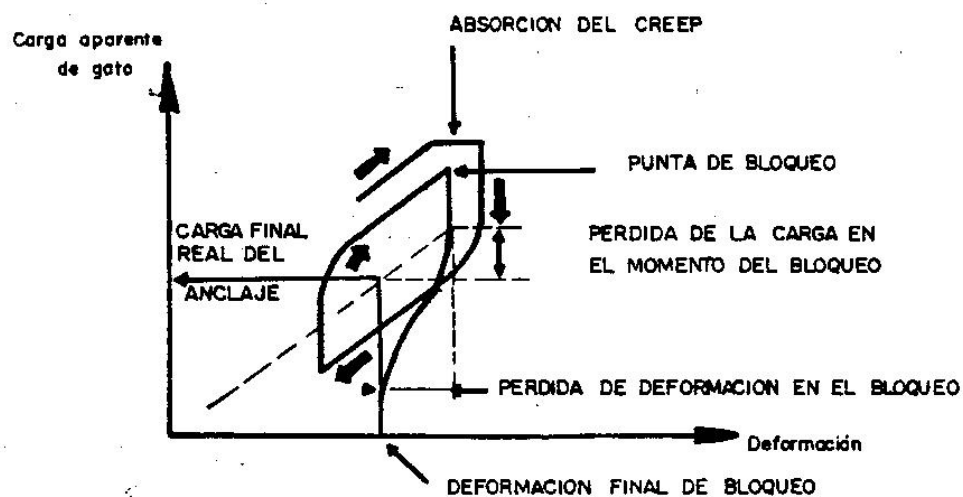


FIGURA No. 6

La figura No. 5 puede tener la siguiente interpretación:
 P_i = Presión Inicial. Representa la tensión inicial para acomodamiento de cabeza en el dado del anclaje.

Pe= Presión máxima de ensayo.

X = Punto auxiliar constructivo.

PeX= Representa el efecto de fricción del cable en el dado, gato
etc.

X'= Es el medio del segmento PeX. Indica la máxima tensión real
aplicada.

Pm= Mínima disminución de presión.

Y = Punto auxiliar construcción.

Y'= Punto medio del segmento PmY

Pb= Presión de Bloqueo.

La línea X_{Pm} - Y_{Pb} deben ser cercanamente paralelas.

La línea X' Y' representa el verdadero valor de tensión excluyendo
todas las fricciones.

L₁ = Es fijada algunos milímetros por encima de L (± 3 mm)

L = Medida de la deformación de la porción del cable entre el
punto de bloqueo en el dado y el punto de agarre del gato
de tensión.

R= Punto encontrado sobre la línea X' Y' correspondiente a L₁
dando la tensión final del anclaje y su deformación residual.

ALGUNOS EJEMPLOS DE ANCLAJES EN PANTALLAS

Los anclajes se pueden construir a través de las pantallas, cuando se han construido muros fundidos "in situ" y en este caso se van construyendo a medida que avanza la excavación, o se pueden construir en forma simultanea con la construcción de los muros ya sea que estas sean en concreto proyectado o con formaleta.

Quiero ilustrar la construcción de muros anclados en las dos (2) obras que se describen a continuación:

EDIFICIO ALTOS DEL VIENTO:

Es una obra ubicada en la transv. 1 con Calle 69 de la ciudad de Bogotá; donde se esta construyendo un Edificio de apartamentos de 14 pisos de altura. En la zona la formación predominante es arcillolita multicolor con algunas intercalaciones de arenisca de consistencia dura.

Debido a la necesidad de realizar cortes de gran altura (18.00 Mts.) y la presencia de casas en la parte superior del talud se diseña un muro inclinado de 30 Cm. de espesor soportado por anclajes permanentes de 40 toneladas de capacidad y con longitud variable de 24.00 Mts en la parte superior y 12.00 Mts en la parte

Inferior.

Se resolvió construir el muro utilizando concreto proyectado via húmeda el cual dio magníficos resultados desde el punto de vista operativo para permitir modelar el muro de acuerdo con el avance de la excavación y tener un magnífico rendimiento pues se logra tener el muro y anclaje un mes antes de lo programado.

Este tipo de obra permite tener un zona de trabajo bastante amplia y libre de todo obstáculo, y por consiguiente un mayor rendimiento de la construcción de la estructura.

Como una condición adicional de estabilidad algunas de las vigas principales se ligaron al muro principal en tres sitios.

EDIFICIO MONTE ROSA:

Este Edificio esta ubicado en la Ave. 9 N entre Calles 5 y 6 de la ciudad de cali y contempla la construcción de dos sótanos para parqueadero y 13 pisos de altura. El estudio de suelos inicial indicaba la presión en la capa superior de suelos residuales procedentes de la meteorización de areniscas y arcillolita depositados durante el periodo terciario y en la parte inferior sedimentarias, sin presencia de nivel freático. Se resolvió hacer la excavación dejando un talud en la parte de la excavación contra

el cerro.

Una vez ejecutada la excavación y coincidiendo con una época especialmente húmeda en la zona se desarrolló la inestabilidad del talud, generándose un movimiento que impedía la construcción de los muros de contención por el sistema tradicional y fue necesario diseñar unos muros anclados, entrando por trincheras en la zona inestable.

La construcción de los muros fue muy dispendiosa por la dificultad de armar y formaletear el muro sin que la mesa del suelo se moviera y que una vez fundido y alcanzando una resistencia del 70% de la del diseño se procedió a tensionar el anclaje al 50% de su capacidad y una vez terminado cada uno de los tramos se hacía el tensionamiento final.

Debido a la presencia de unos mantos de carbón y un proceso acelerado de meteorización que sufría el suelo al entrar en contacto con el medio ambiente fue necesario pañetar los taludes utilizando una mezcla de cal - arena - cemento y construir una pantalla adicional que permitiera acometer la construcción de la cimentación en forma confiable.

CONCLUSIONES:

Con una consideración final quiero resaltar el buen funcionamiento de los muros anclados y mas en los actuales momentos cuando los espacios tanto finales, como durante la construcción de la obra son tan importantes. Pero se debe tener en cuenta al desarrollar este tipo de obras, construcciones vecinas, redes de servicio, varia etc. y que aunque se aumenta el factor de seguridad de la estabilidad de un muro con anclajes, no se deben correr riesgos innecesarios que lleven a perdidas materiales y humanas.

ING. GUSTAVO A. GOMEZ A.

BIBLIOGRAFIA

Referencias:

BUSTAMANTE MICHAEL: " Une Méthode four le calcul des tirals et des micropieux enjctés. Laboratorie Central des ponts et chaussées. Paris 29 P.

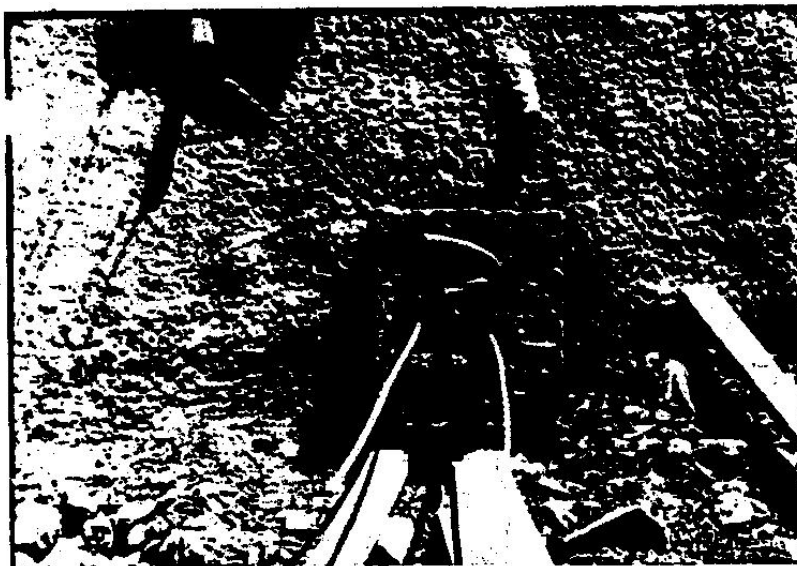
JIMENEZ SALAS ANTIRIO JOE: Getecnia y Cimientos III segunda parte
Editora Rueda Madrid pp 1141 - 1151.

JORGE GABRIEL: " La mise en précontrainte des tirants" Paris 1986.

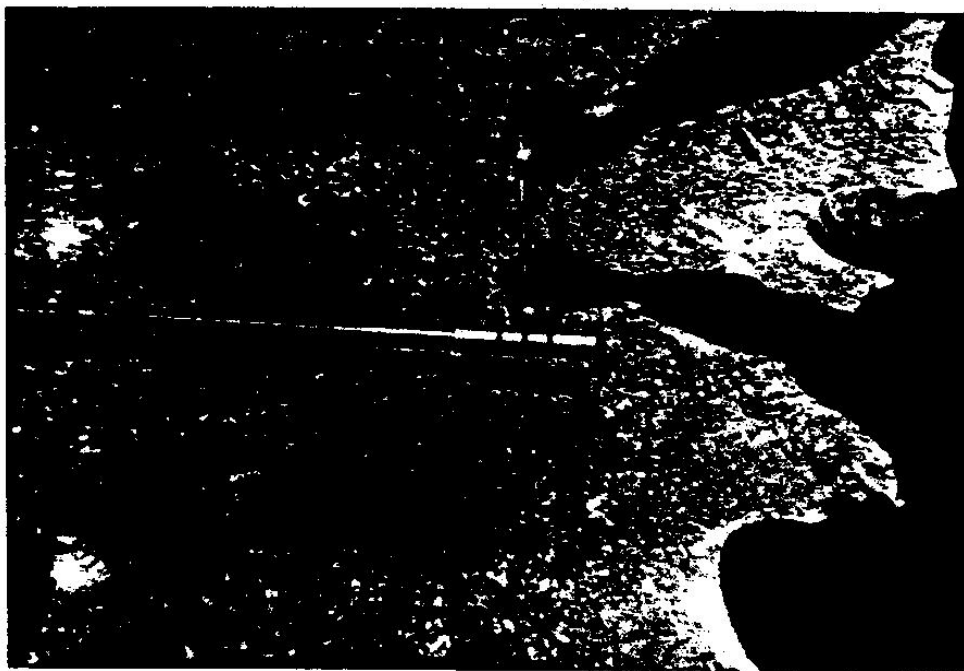
SLIHLE JOHN: Stuart Ground Anchorage Practice, Unversity of
Bradford, England June 1990.



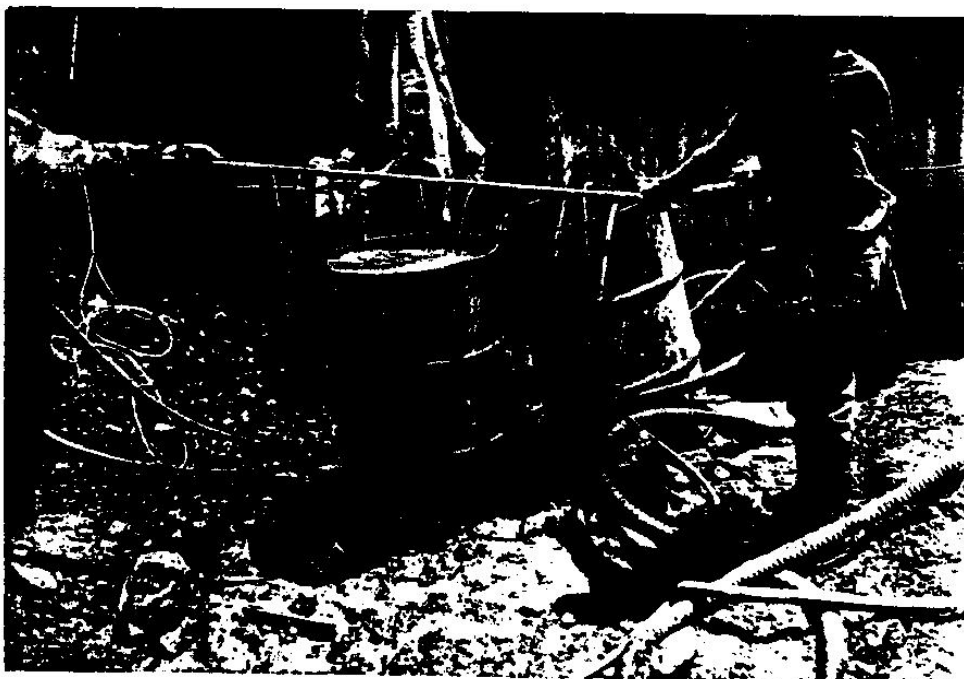
ANCLAJE ARMADO CON BALA,SEPARADOR Y TUBO DE INYECCION



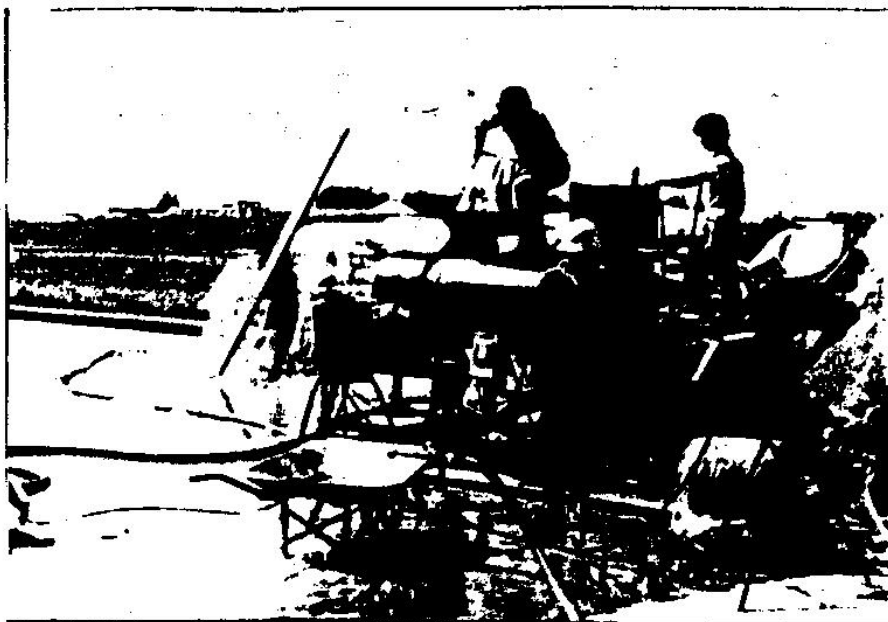
CABEZOTE DEL ANCLAJE



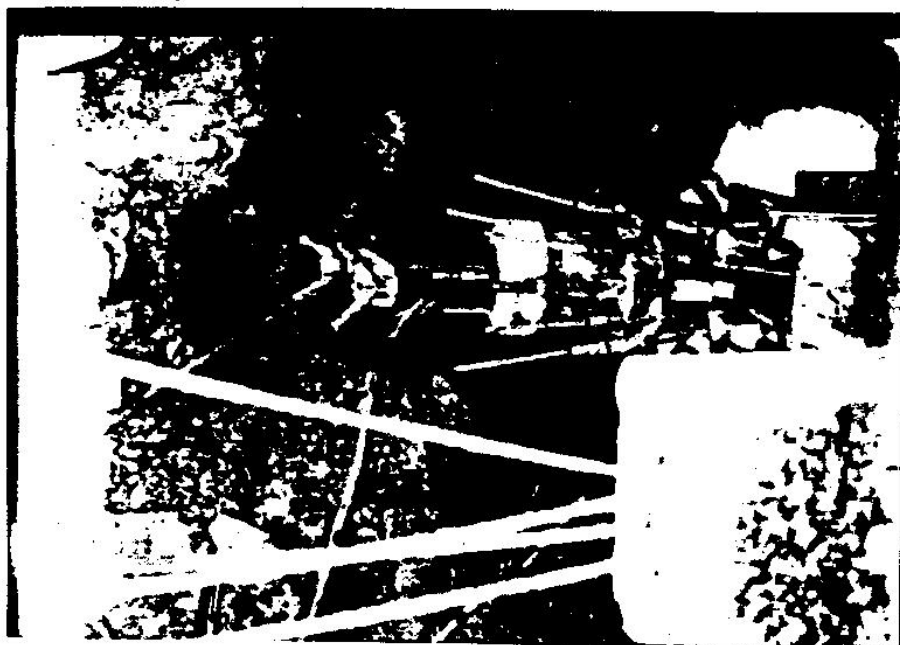
"FLAUTA" DE INYECCION Y OBTURADOR



DETALLE OPERACION DE LA FLAUTA



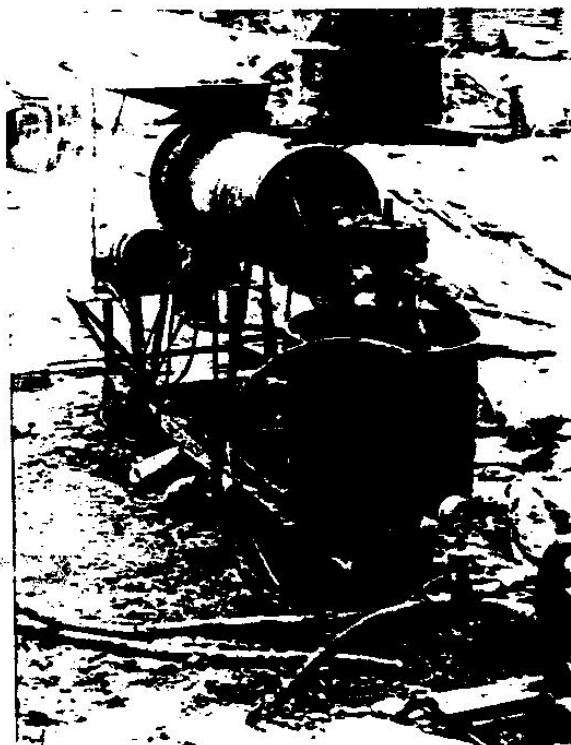
MEZCLADOR Y BOMBA DE INYECCION



GATO DE TENSIONAMIENTO



COLOCACION DEL ANCLAJE



DETALLE VERTICALES



PROCESO DE INYECCION



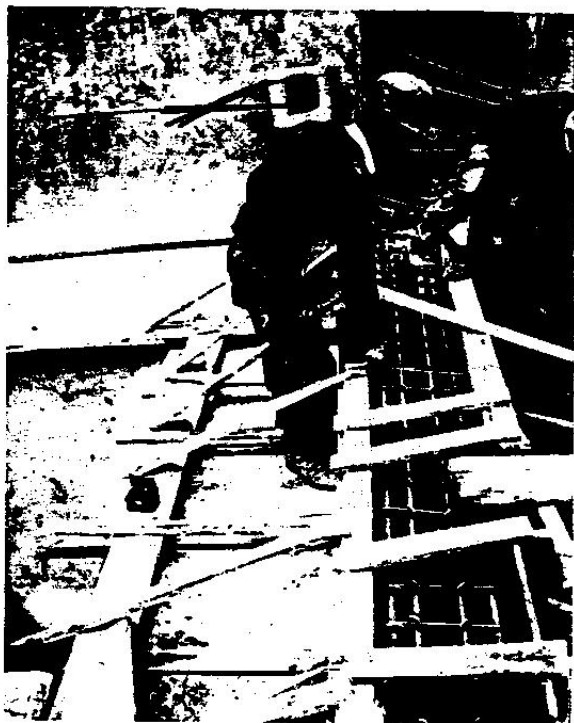
BOMBAS DE INYECCION



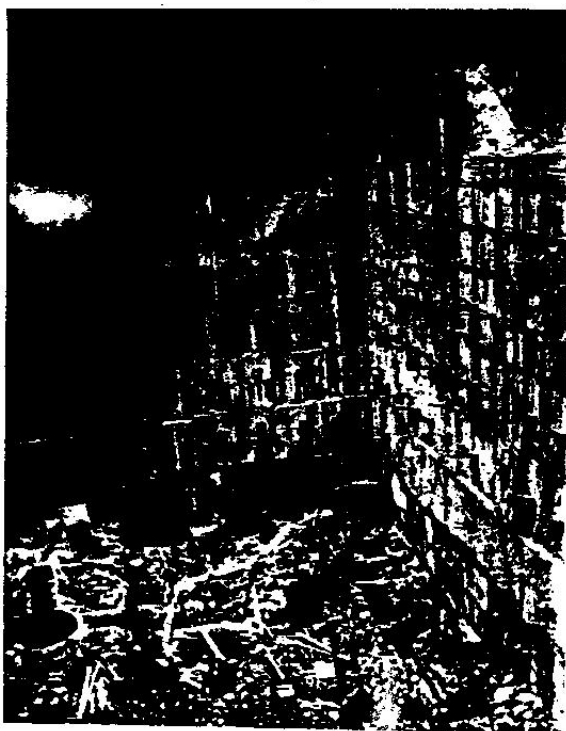
TRACK DRILL PERFORANDO



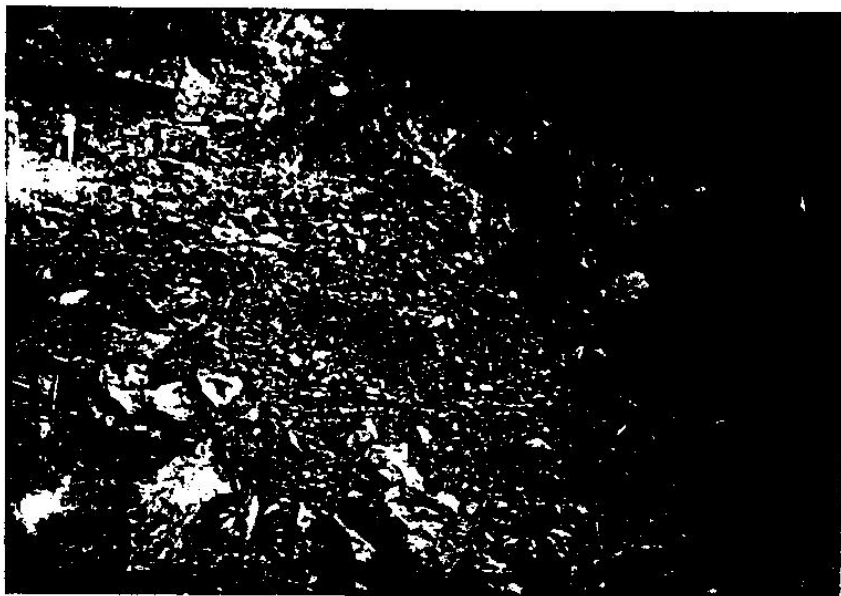
PANORAMICA MURD ANCLADO-CONCRETO PROYECTADO
-OBRA ALTOS DEL VIENTO-



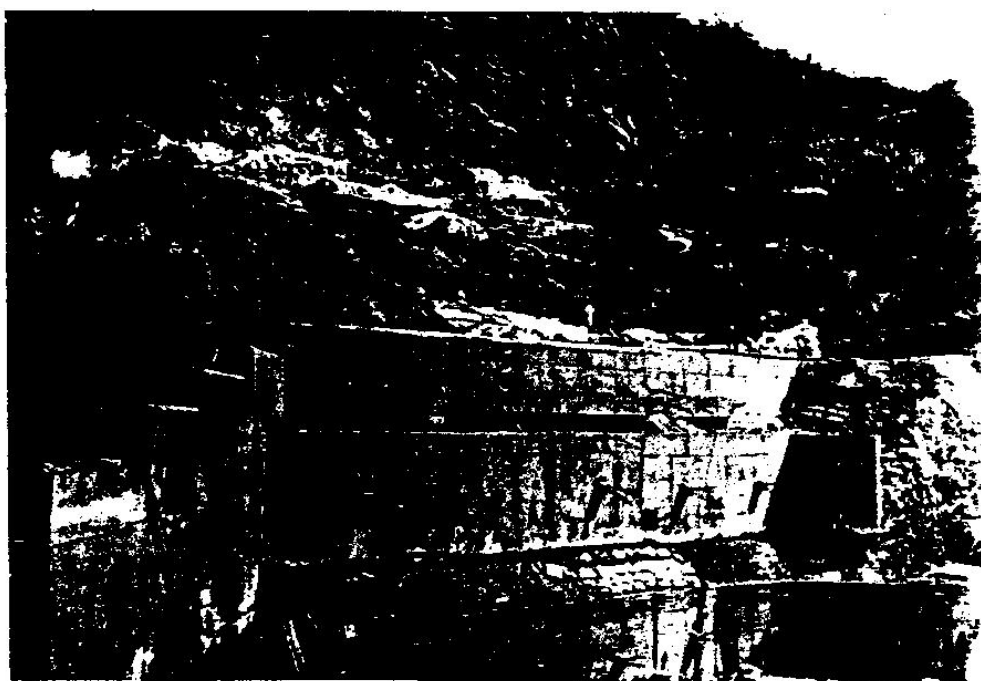
DETALLE EMPALME ESTRUCTURA CON MURO ANCLADO
-OBRA ALTOS DEL VIENTO-



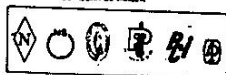
PANORAMICA MURO FORMATEADO (1.00.00)
-OBRA ALTOS DEL VIENTO-



ZONA INESTABLE ORIGINADA POR LA EXCAVACION
- OBRA MONTEROSA-



MURO ANCLADO TERMINADO
- OBRA MONTEROSA-



CERTIFICADO DE CALIDAD

FECHA: Julio 03 de 1993

CLIENTE: COLTENSA

CERTIFICADO No.: 2130 - 93 ORDEN DE PRODUCCION: 385 -A-

DESCRIPCION DEL PRODUCTO: TORON PARA CONCRETO PRE-ESFORZADO, # 1/2"

NORMA DE FABRICACION: ASTM -A- 416

CANTIDAD: 3 TAMAÑO DE MUESTRA: 3 REMESA No.: 32075

ESPECIFICACIONES

DIAMETRO NOMINAL		CARGA PROPORCIONAL		CARGA DE ROTURA		RESISTENCIA A LA TRACCION	ELONGACION	CAPA DE ZINC	
Pulg.	mm.	KN	Lb.¹	KN	Lb.¹	Kg/mm²	%	Oz/ft²	g/m.²
0,500	12,70	156	35100	183	41300		3,5		

RESULTADOS

RESULTADOS

MUESTRA	DIAMETRO OBTENIDO		CARGA PROPORCIONAL		CARGA DE ROTURA		RESISTENCIA A LA TRACCION	ELONGACION	CAPA DE ZINC		
	No.	Pulg.	mm.	KN	Lb.¹	KN	Lb.¹	Kg/mm²	%	Oz/ft²	g/m.²
28572	0,505	12,82	172	38750	189	42700		4,6			
28575	0,506	12,85	171	38500	188	42500		4,7			
28576	0,504	12,80	172	38800	190	42900		4,5			

OBSERVACIONES: Se anexan originales de gráficos.

1-1015

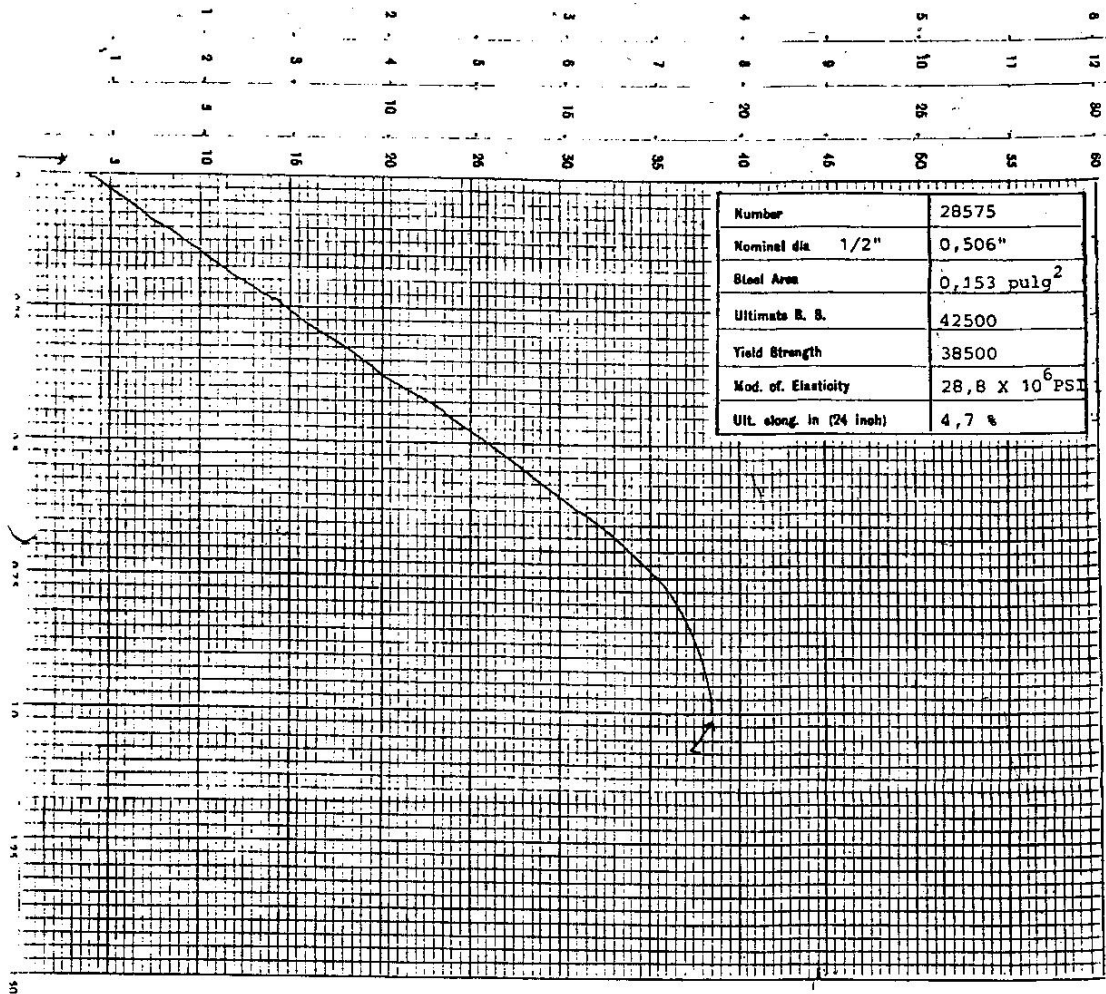
EMPRESA COLOMBIANA DE CABLES S. A.
Calle 110 No. 9B-04 Conmutador 213 49 11 Fax: 2159013 A. A. 12617
Fax Div. Comercial: 2134304 Telex: 43133 Cables: EMCO CABLES
Santafé de Bogotá, D.C. - Colombia S. A.

DIRECTOR DE CONTROL DE CALIDAD



EMPRESA COLOMBIANA DE CABLES S.A.
GRAFICO TENSION VS. DEFORMACION
STRESS- STRAIN CURVE

Load In 1000 Lbs.



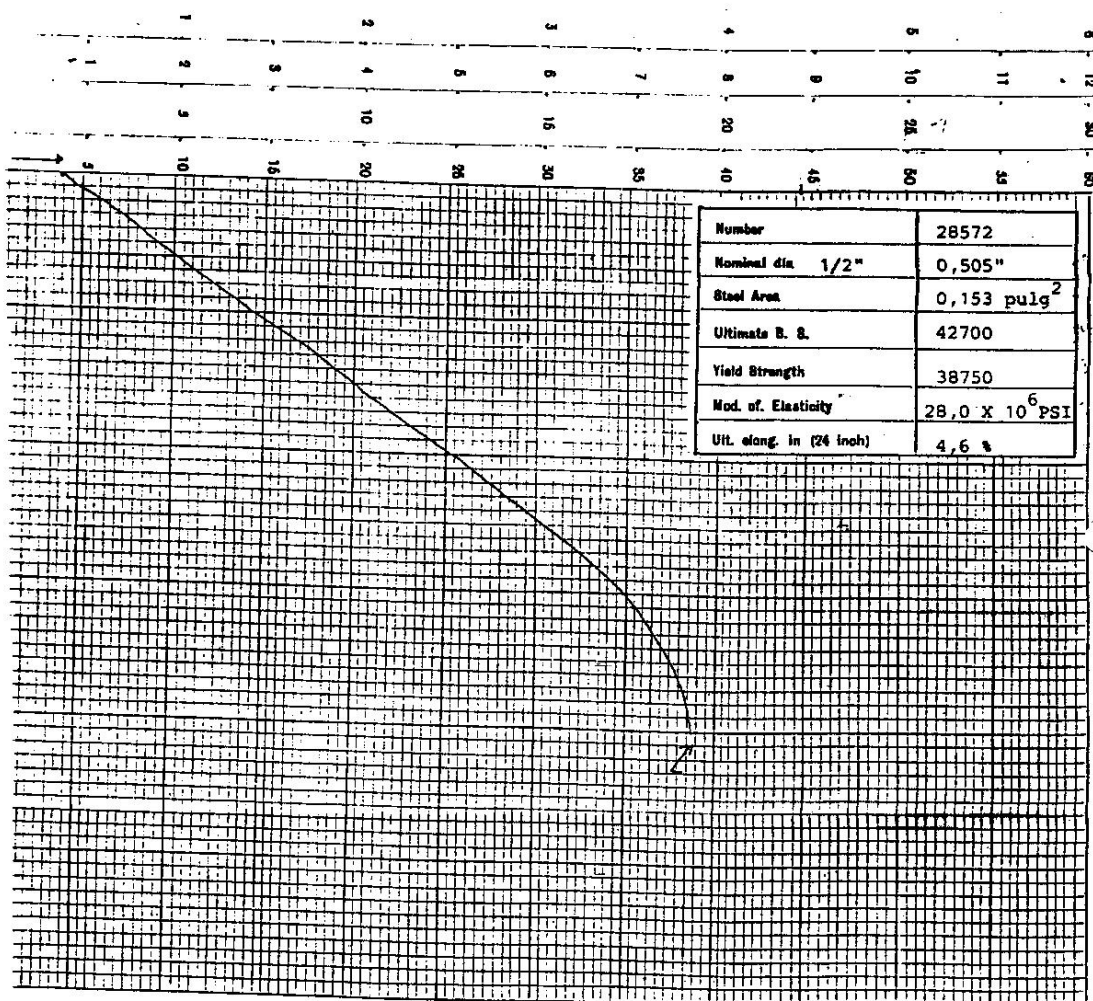
01 JUL 1993

NOTE: ORDEN : 385 -A-



EMPRESA COLOMBIANA DE CABLES S.A.
GRAFICO TENSION VS. DEFORMACION
STRESS - STRAIN CURVE

Load in 1000 Lbs.



01 JUL 1984

NOTE: ORDEN : 385 -A-

ALGUNAS EXPERIENCIAS EN PANTALLAS ANCLADAS

Aunque el sistema de muros anclados o sistemas de contención utilizando anclajes, bien sea, pasivos o activos, no es nuevo en nuestro medio, no son muchos los casos o construcciones que hayan utilizado estos sistemas de contención y hayan mostrado los procesos constructivos. Por lo tanto quiero hacer un resumen de algunas obras, en las cuales se ha considerado la solución de los anclajes como la mejor alternativa técnica y económica en la construcción de los muros de contención y una obra, donde al ejecutar la excavación, cambiaron las condiciones de estabilidad y fue necesario recurrir a los muros anclados como la mejor solución al problema.

Con el fin de dar una mayor claridad e ilustrar la forma de trabajo de los anclajes, se hace una pequeña introducción donde se muestran los diferentes componentes de un anclaje, sistemas de inyección, detalles de construcción de muros, tanto fundidos "in situ" o con concreto proyectado y luego algunos detalles de construcción de obras donde se han utilizado los anclajes.

INTRODUCCION:

Los Anclajes ya sean activos o pasivos son elementos que trabajan