

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**INSTALACIÓN Y APLICACIÓN DE ANCLAJES
MECÁNICOS Y EPÓXICO DE INYECCIÓN**

TESIS

PRESENTADA A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

OSCAR VINICIO LUCAS PENAGOS

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

Guatemala, Septiembre de 1,999



HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

**INSTALACIÓN Y APLICACIÓN DE ANCLAJES
MECÁNICOS Y EPÓXICO DE INYECCIÓN**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 17 de julio de 1,998.

OSCAR VINICIO LUCAS PENAGOS

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

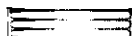
NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO:	ING. HERBERT RENÉ MIRANDA BARRIOS
VOCAL 1º.	ING. JOSÉ FRANCISCO GÓMEZ RIVERA
VOCAL 2º.	ING. CARLOS HUMBERTO PÉREZ RODRÍGUEZ
VOCAL 3º.	ING. JORGE BENJAMÍN GUTIERREZ QUINTANA
VOCAL 4º.	BR. OSCAR STUARDO CHINCHILLA GUZMÁN
VOCAL 5º.	BR. MAURICIO ALBERTO GRAJEDA MARISCAL
SECRETARIA.	INGA. GILDA MARINA CASTELLANOS DE ILLESCAS

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN

GENERAL PRIVADO

DECANO:	ING. JORGE MARIO MORALES GONZÁLEZ
EXAMINADOR:	ING. MIGUEL ANGEL GUZMÁN MÉRIDA
EXAMINADOR:	ING. HÉCTOR HUGO AGUILAR MORÁN
EXAMINADOR:	ING. MIGUEL ANGEL FUENTES ORELLANA
SECRETARIO:	ING. EDGAR JOSÉ AURELIO BRAVATI CASTRO



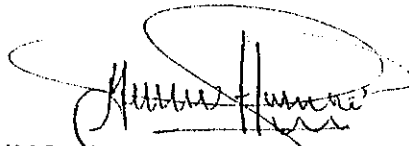
Guatemala, 23 de agosto de 1999

Ingeniero
Jorge Lam Lan
Jefe del Departamento de Estructuras
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala
Ciudad

Respetable Ingeniero:

Atentamente me dirijo a usted para informarle que después de revisar el trabajo de tesis titulado **INSTALACION Y APLICACION DE ANCLAJES MECANICOS Y EPOXICO DE INYECCION**, presentado por el estudiante universitario Oscar Vinicio Lucas Penagos, considero que el trabajo se ha desarrollado satisfactoriamente y cumple los propósitos que motivaron la selección de dicho tema, por lo que hago de su conocimiento que apruebo el trabajo realizado.

Atentamente,



ING. GUSTAVO H. CASTELLANOS R.
ASESOR



FACULTAD DE INGENIERIA

Guatemala, 1 de septiembre de 1999

Ingeniero
Sidney Alexander Samuels Milson
Director de la Escuela de
Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
USAC

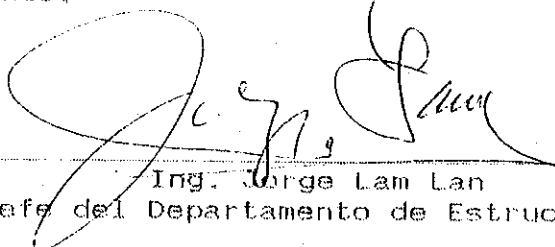
Señor Director:

Por medio de la presente informo a usted, que he revisado el trabajo de tesis titulado **INSTALACIÓN Y APLICACIÓN DE ANCLAJES MECANICOS Y EPÓXICO DE INYECCION**, elaborado por el estudiante universitario OSCAR VINICIO LUCAS PENAGOS y asesorado por el Ing. Gustavo H. Castellanos R.

Habiendo determinado que dicho trabajo cumple con lo establecido, y que será de mucha utilidad para estudiantes y profesionales de la Ingeniería Civil, el suscrito le da su aprobación.

Sin otro particular, me suscribo de usted.

Atentamente,



Ing. Jorge Lam Lan
Jefe del Departamento de Estructuras

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

El Director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Gustavo H. Castellanos R. y del Jefe del Departamento de Estructuras Ing. Jorge Lam Lan, del trabajo de tesis del estudiante Oscar Vinicio Lucas Penagos, titulado INSTALACION Y APLICACION DE ANCLAJES MECANICOS Y EPOXICO DE INYECCION, da por este medio su aprobación a dicha tesis.

Ing. Sydney Alexander Samuels Milson



Guatemala, septiembre de 1, 999

/bbdeb.

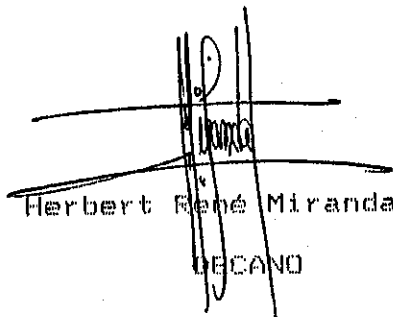
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA

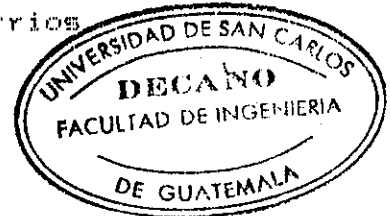


FACULTAD DE INGENIERIA

El Decano de la Facultad de Ingeniería, luego de conocer la autorización por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, Ing. Sydney Alexander Samuels Milson, al trabajo de tesis **INSTALACION Y APLICACION DE ANCLAJES MECANICOS Y EPOXICO DE INYECCION**, del estudiante Oscar Vinicio Lucas Penagos, procede a la autorización para la impresión de la misma.

IMPRIMASE:


Ing. Herbert René Miranda Barrios
DECANO



Guatemala, septiembre de 1,999

AGRADECIMIENTOS A:

DIOS: Por permitirme culminar exitosamente mi carrera y darme tantas bendiciones y esperanza en mi vida.

MI ASESOR: Ing. GUSTAVO H. CASTELLANOS R.
Por ser compañero en las aulas universitarias, por ser amigo y asesor de este trabajo.

LA: FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela de Ingeniería Civil
Universidad de San Carlos de Guatemala.

ACTO QUE DEDICO A:

MIS PADRES:

OSCAR LUCAS ZAMORA
MARÍA ISABEL PENAGOS ARRECIS
Por su sacrificio, colaboración y
paciencia en mi formación.

MIS HIJAS:

ANDREA MARÍA LUCAS HERRERA
NIDIA MARÍA LUCAS ARANGO
Este ejemplo y triunfo para ellas.

MIS HERMANOS:

ERICK FERNANDO LUCAS PENAGOS
Dr. ALEJANDRO LUCAS PENAGOS
Esperando mantenernos unidos.

MIS TÍOS:

Dr. en Derecho CARLOS R. PENAGOS A.
Dr. MIGUEL ANGEL PENAGOS A.
Por su apoyo y ejemplo a seguir en
mi vida.

MI ABUELA:

MARÍA LIDIA ARRECIS DE PENAGOS
Una oración de amor y en recuerdo a
su memoria.

Toda la familia y amigos.

ÍNDICE

	Página
GLOSARIO	i
INTRODUCCIÓN	vi
OBJETIVOS	viii

CAPITULO I

ANCLAJES MECÁNICOS

1.1 TIPOS DE ANCLAJES MECÁNICOS	1
1.1.1 Rosca Externa o Anclaje Macho	1
1.1.2 Anclaje de Manga	1
1.1.3 Rosca Interna o Anclaje Hembra	2
1.2 FACTORES QUE INFLUYEN EN EL DESEMPEÑO DE ANCLAJES	2
1.2.1 Resistencia del Concreto a la Compresión	3
1.2.2 Diámetros de Anclajes	4
1.2.3 Empotramiento de Anclajes	5
1.2.4 Distancia entre Anclajes al Borde	10
1.3 MATERIALES EN LOS CUALES PUEDE FUNCIONAR UN ANCLAJE MECÁNICO	11
1.3.1 Concreto	12
1.4 PROCEDIMIENTO DE INSTALACIÓN DE UN ANCLAJE MECÁNICO	20
1.4.1 Pasos a seguir en la Instalación de un Anclaje Tipo Cuña y Manga	20

	Página
1.4.2 Anclaje de Rosca Interna o Anclaje Hembra	21
1.5 TABLAS DE INFORMACIÓN SOBRE FACTORES DE CARGAS DE TRACCIÓN Y DE CORTE	22
1.6 MATERIAL DE FABRICACIÓN DE LOS ANCLAJES DE CUÑA	29
1.6.1 Acero al Carbón y Galvanizado	29
1.6.2 Acero Inoxidable	30
1.7 MATERIAL DE FABRICACIÓN DE LOS ANCLAJES TIPO MANGA	30
1.7.1 Acero al Carbón y Galvanizado	30
1.7.2 Acero Inoxidable	31
1.8 MATERIAL DE FABRICACIÓN DE LOS ANCLAJES TIPO TARUGO, ANCLAJE HEMBRA	32
1.8.1 Acero al Carbón y Galvanizado	32
1.8.2 Acero Inoxidable	32
1.9 APLICACIONES COMUNES DE LOS ANCLAJES MECÁNICOS	33
1.10 FACTOR DE SEGURIDAD	46
1.11 EJEMPLOS DE DISEÑO	47

CAPÍTULO II

EPÓXICO POR INYECCIÓN

2.1 QUÉ ES EL EPÓXICO POR INYECCIÓN	51
2.2 FUNCIONAMIENTO DEL EPÓXICO POR INYECCIÓN	52

	Página
2.2.1 Datos Técnicos del Epóxico por Inyección Ceramic 6.	54
2.3 PROCEDIMIENTO DE INSTALACIÓN DE EPÓXICO POR INYECCIÓN	56
2.4 INSTALACIÓN EN LOSAS O PAREDES DE CONCRETO SÓLIDO	58
2.5 TIEMPO DE CURADO	59
2.6 TORQUE RECOMENDADO PARA VARTILLAS ROSCADAS YA INSTALADAS	60
2.7 CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL EPÓXICO POR INYECCIÓN CERAMIC 6	61
2.8 TABLAS DE INFORMACIÓN SOBRE FACTORES DE CARGA DE TRACCIÓN Y CORTE	62
2.9 LUGARES DONDE SE PUEDEN UTILIZAR LOS EPÓXICOS POR INYECCIÓN CERAMIC 6	64
2.10 EJEMPLOS DE APLICACIONES	65
2.11 EJEMPLO DE DISEÑO	71

CAPÍTULO III

ENSAYOS DE RESISTENCIA DE ANCLAJES MECÁNICOS Y EPÓXICO POR INYECCIÓN CERAMIC 6

3.1 FUERZA DE TRACCIÓN	77
3.2 ESFUERZO DE CORTE	86
3.2.1 Forma de Aplicación de la Carga de Corte	86

	Página
CONCLUSIONES	ix
RECOMENDACIONES	xi
BIBLIOGRAFÍA	xiii
REFERENCIAS	xiv
ANEXOS	

1. Resultados obtenidos en: el Centro de Investigaciones de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala ensayos de tracción y de corte en anclajes mecánicos y epóxico por inyección.
2. Fotografías del procedimiento de instalación y ensayos de tracción y de corte en anclajes mecánicos y epóxico por inyección.

ÍNDICE DE TABLAS

No.	DESCRIPCION	Página
1	Datos de Resistencia, Anclaje Mecánico Tipo Cuña, Fabricación Acero al Carbón y Galvanizado.	23
2	Datos de Resistencia, Anclaje Mecánico Tipo Cuña, Fabricación Acero Inoxidable.	24
3	Distancia Centro a Centro y Distancia al Borde, Anclajes Mecánicos Tipo Cuña.	25
4	Especificaciones y Tolerancias de las Brocas de Punta de Tungsteno para Instalar Anclajes.	26
5	Datos de Resistencia Anclaje Tipo Manga, Fabricación Acero al Carbón y Galvanizado.	26
6	Datos de Resistencia Anclaje Tipo Manga, Fabricación Acero Inoxidable.	26
7	Distancia Centro a Centro y Distancia al Borde, Anclajes Tipo Manga.	27
8	Datos de Resistencia, Anclaje Mecánico Tipo Hembra, Fabricación Acero al Carbón y Galvanizado.	28
9	Datos de Resistencia, Anclaje Mecánico Tipo Hembra, Fabricación Acero Inoxidable.	28
10	Distancia de Centro a Centro, Anclajes Mecánicos Tipo Hembra.	29
11	Tiempo de Fraguado del Epóxico Cerámico 6.	60
12	Torque Recomendado dependiendo del Diámetro del Anclaje Varilla Roscada Utilizada, así es el Torque a Aplicar.	61
13	Carga de Tensión (LBS.) permitidas para Varillas Roscadas en Concreto de Peso Normal.	62

No.	DESCRIPCIÓN	Página
14	Cargas de Corte (LBS.) permitidas para Varillas Roscadas en Concreto de Peso Normal.	63
15	Número de Anclajes por Cartucho.	63
16	Valor de (Tu) Fuerza de Tracción Encontrada.	79
17	Valores de Fuerza de Tracción Aplicando el Factor de Seguridad, Colocando Fuerza de Tracción de Diseño.	80
18	Encontrando en Valor de (Tu) Fuerza de Tracción Encontrada.	81
19	Valores de Fuerza de Tracción Aplicando el Factor de Seguridad, Esfuerzo de Tracción.	83
20	Encontrando el Valor de (Tu) Fuerza de Tracción.	84
21	Valores de Fuerza de Tracción Aplicando el Factor de Seguridad, Esfuerzo de Tracción.	85
22	Valores de (Cu) Fuerza de Corte Encontrados.	88
23	Valores de Fuerza de Corte Aplicando el Factor de Seguridad, Esfuerzo de Corte.	89
24	Valores de (Cu) Fuerza de Corte Encontrados.	90
25	Valores de Fuerza de Corte Aplicando el Factor de Seguridad, Esfuerzo de Corte.	92
26	Valores de (Cu) Fuerza de Corte Encontrados.	93
27	Valores de Fuerza de Corte Aplicando el Factor de Seguridad Esfuerzo de Corte.	94
28	Valores de (Cu) Fuerza de Corte Encontrados.	95

No.	DESCRIPCIÓN	Página
29	Valores de Fuerza de Corte Aplicando el Factor de Seguridad Colocando Fuerza de Corte de Diseño.	96

ÍNDICE DE FIGURAS

No.	DESCRIPCIÓN	Página
1,1	Rosca Externa o Anclaje Macho.	1
1,2	Anclaje de Manga.	2
1,3	Rosca Interna o Anclaje Hembra.	2
1,4	Relación Tracción-Empotramiento.	7
1,5	Profundidad de Empotramiento.	9
1,6	Aplicación de la Fuerza de Corte de un Perno.	10
1,7	Distancias entre Anclajes y al Borde.	11
1,8	Proceso de Fabricación del Cemento Portland.	14
2,1	Forma como son impulsados los productos hacia la Boquilla Mezcladora.	53
2,2	Herramienta Manual Aplicadora del Epóxico.	54
2,3	Colocación del Cartucho con la Boquilla en los Pistones y la Herramienta Aplicadora	54
2,4	Instalación de Pines para Estructuras de Concreto.	66
2,5	Brazos Sujetadores de una Pared Prefabricada.	67
2,6	Instalación de los Rieles y Baranda de un Puente.	68
2,7	Forma como se Aplica el Ceramic 6 hacia Arriba.	69
2,8	Instalación de un Motor hacia una Bomba Centrífuga.	70

No.	DESCRIPCIÓN	Página
2,9	Instalación de Pines con Varilla de Construcción en Mampostería en Areas de Rehabilitación.	71
3,1	Bloques de Concreto.	87
3,2	Forma de Colocación del Anclaje Mecánico y Anclajes de Epóxico por Inyección.	87
3,3	Forma que es Realizado el Ensayo de Corte en las Piezas de Concreto.	87



GLOSARIO

AGREGADO:

Grupo de partículas que interaccionan.

ANCLAJE:

Conjunto de elementos destinados a fijar algo firmemente al suelo, al concreto o a otro lugar.

BORDE:

Extremo u orilla de alguna cosa.

COMPRESIÓN:

Acción y efecto de comprimir.

CORTE:

Filo del instrumento con que se corta y taja. Acción y efecto de cortar.

CUÑA:

Pieza de madera o metal terminada en ángulo. Sirve para hundir cuerpos sólidos, para ajustar, o apretar uno con otro.

ELECTRONEUMÁTICO:

Palabra compuesta de Electro = electricidad; Neumático = varios aparatos destinados a operar con aire.

EMPOTRAMIENTO:

Acción y efecto de empotrar. Meter una cosa en la pared o en el suelo, asegurándola.

EPÓXICO:

Nombre de la función química correspondiente a la unión de dos o más elementos.

ESFUERZO:

Empleo enérgico de la fuerza contra algún impulso o resistencia.

EXPANSIÓN:

Acción y efecto de extender o dilatarse.

FRAGUADO:

Acción y efecto fraguar el concreto, la cal, el yeso, etc. Endurecerse consistentemente en la obra con ellos fabricada.

GALVANIZADO (GALVANIZACIÓN):

Aplicar una capa de metal sobre otro, empleando el efecto del galvanismo.

GALVANISMO:

Electricidad desarrollada por el contacto de dos metales diferentes, generalmente el cobre y el cinc, con un líquido interpuesto.

GRANULADO:

Sustancias que forman granos o porciones pequeñas.

HEMBRA:

Pieza que tiene un hueco o agujero en donde se introduce o encaja otra.

HUECO:

Abertura en un bloque de concreto o ladrillo.

INYECCIÓN:

Acción y efecto de inyectar. Introducir a presión un líquido, o una masa fluida, en el interior de un cuerpo o una cavidad.

JUNTAS:

Espacio que queda entre las superficies de piedra o ladrillos contiguos de una pared y que suele rellenarse con mezcla o yeso.

LOSA:

Piedra llana y poco grosor, casi siempre labrada, que sirve para solar y otros usos.

MACHO:

Pieza que entra dentro de otra.

MANGA:

Red de forma cónica que se mantiene abierta con un aro que le sirve de boca.

MEZCLADORA (MEZCLADOR):

Máquina que sirve para mezclar.

MORTERO:

Conglomerado o masa constituida por arena, conglomerante y agua; puede contener además un aditivo.

PERNO:

Pieza de hierro o de otro metal, larga, cilíndrica con cabeza redonda por un extremo y asegurada con una tuerca.

que se usa para afirmar piezas de gran volumen.

ROSCA:

Pieza que se compone de tornillo y tuerca.

ROSCAR:

Labrar las espiras de un tornillo.

ROTOMARTILLO (ROTOR):

Parte giratoria de una máquina electromagnética o de una turbina.

TARUGO:

Zoquete, clavija.

TENSIÓN:

Acción de las fuerzas que, actuando sobre un cuerpo y manteniéndolo tirante, impiden que sus partes se separen unas a otra. Estado de un cuerpo sometido a la acción de estas fuerzas.



INTRODUCCIÓN

Este informe de tesis está destinado a presentar una exposición general sobre instalación y aplicación de anclajes mecánicos y epóxico por inyección, el cual se basa en la recolección de información relacionada con el tema, que se expone con sencillez y en forma eminentemente práctica.

Si bien es cierto que los anclajes mecánicos y el epóxico por inyección pasan casi siempre inadvertidos para la mayoría de los ingenieros jóvenes, quienes difícilmente recordarán en los momentos oportunos las variadas aplicaciones, tipos de anclajes mecánicos que existen, así como también de epóxico por inyección; éstos representan para el ingeniero otra herramienta más en el área de las fijaciones, para obtener mejores resultados en cargas aplicadas, reducir la mano de obra, asimismo el tiempo de instalación.

Es importante tomar en cuenta y hacer notar que con estos sistemas se logra reforzar grandes estructuras, tanto en sus columnas, como en sus vigas. Es muy frecuente que el ingeniero que desarrolle un proyecto, en el cual se incluyan fijaciones, tropiece con una serie de dificultades, como:

- Determinar el tipo de anclaje a utilizar, ya sean anclajes mecánicos o bien epóxico por inyección.

- Determinar el diámetro, profundidad, modo de instalación, etc.

Éstas son unas de las tantas dificultades que se pueden presentar.

Ante esta circunstancia, así como con cualquier otra que se presente, el ingeniero deberá tener un amplio criterio que le permita analizar los detalles y toda la información referente a los problemas con que se enfrente, para determinar los procedimientos que debe seguir y las variantes posibles que pueda utilizar para que la estructura soporte.

Por lo que en el desarrollo del tema se puede observar que se han detallado, en su mayoría, los procedimientos a seguir y productos con que se cuenta enumerados en orden de prioridades.

El informe consta de tres capítulos, el capítulo I trata lo referente a los anclajes mecánicos; en el capítulo II se desarrolla lo relacionado con el epóxico por inyección y en el capítulo III se muestran ensayos de resistencia de los anclajes mecánicos y del epóxico por inyección. Finalmente se presentan las conclusiones y recomendaciones pertinentes, la bibliografía consultada y un apartado de anexos.

OBJETIVOS

- Servir como una guía de estudio a aquellas personas, que de una u otra forma, se desenvuelven con el tema desarrollado.
- Describir los más utilizados y diferentes anclajes mecánicos, así como el epóxico por inyección que se utiliza en nuestro medio.
- Determinar los beneficios que se logran al utilizar los anclajes mecánicos y el epóxico por inyección.
- Dar a conocer la forma de instalación, los pasos a seguir para un diseño y sus diferentes aplicaciones.
- Proporcionar ensayos realizados en el centro de Investigación de Ingeniería, de la Facultad de Ingeniería, de la Universidad de San Carlos de Guatemala, sobre cargas aplicadas de tracción y corte a los anclajes mecánicos y epóxico por inyección, para poder tener una adecuada información de diseño.
- Comparar los resultados obtenidos en los ensayos con los proporcionados por el fabricante, y así realizar un diseño más adecuado.
- Proporcionar un estudio sobre anclajes que pueda servir de apoyo para aplicaciones, ejemplos y diseño de anclajes.



CAPÍTULO I

ANCLAJES MECÁNICOS

1.1 TIPOS DE ANCLAJES MECÁNICOS

Existen tres tipos de anclajes mecánicos:

1.1.1 Rosca Externa o Anclaje Macho

Estos anclajes son conocidos como anclajes de cuña. El anclaje tipo cuña es el que está formado por un perno con rosca y un cono de expansión, es donde se encuentra una cuña que realiza la compresión al material a fijarse.

Ancla de Cuña

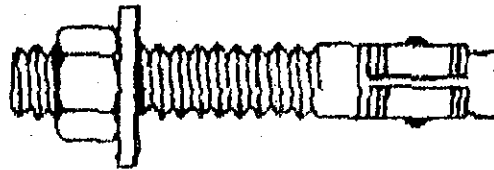


Figura 1,1 Rosca Externa o Anclaje Macho.

1.1.2 Anclaje de Manga

El anclaje de manga está formado con un perno con rosca, pero tiene un elemento más largo de expansión, el cual comprime el material a fijar.

Ancla de Manga

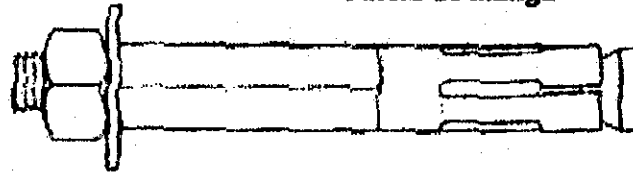


Figura 1,2 Anclaje de Manga.

1.1.3 Rosca Interna o Anclaje Hembra

En este tipo se encuentran los tarugos metálicos que son los que realmente tienen rosca interna.

Ancla Multiuso

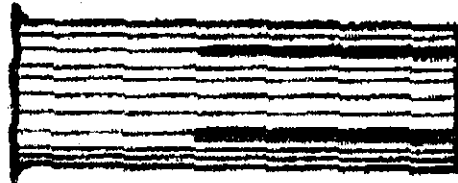


Figura 1,3 Rosca Interna o Anclaje Hembra.

1.2 FACTORES QUE INFLUYEN EN EL DESEMPEÑO DE ANCLAJES

Aunque hay un número de factores que pueden afectar el esfuerzo a corte y el desempeño en la tensión de un anclaje, hay cuatro factores que influyen en todos los anclajes, éstos son:

1. Resistencia a la compresión.
2. Diámetro del anclaje.
3. Empotramiento del anclaje.

4. Distancia entre anclajes y al borde del material.

1.2.1 Resistencia del Concreto a la Compresión

La fuerza del concreto a la compresión, medida en libras por pulgada cuadrada (psi), es una medida para expresar la resistencia del concreto.

En el caso de anclajes de expansión sirve para definir la capacidad de resistencia, se entiende que el rendimiento de los anclajes puede variar con la dureza del concreto, si las otras variables permanecen constantes.

Los anclajes de expansión mecánicos normalmente no están sometidos a fuerzas naturales de compresión, más bien están bajo esfuerzos de corte o tensión, o una combinación de tensión y esfuerzo cortante. Típicamente, el concreto en el cual el anclaje es incrustado debe ofrecer resistencia a las fuerzas de ruptura inducidas por la tensión y el esfuerzo cortante. Usualmente, a medida que una carga a tensión es aplicada, el concreto se debilita sin que haya ninguna falla física.

NOTA: Los datos de rendimiento para anclajes de expansión se basaron en concreto fraguado suficientemente, por lo general obtenido durante período de cura de 28 días. La capacidad del rendimiento de un anclaje de expansión se reduce

cuando es instalado en concreto "fresco". Además, el anclaje no mejora su capacidad al colocarlo en este tipo de concreto, aunque se deje allí hasta que fragüe.

El rango normal de medida del rendimiento de los anclajes de expansión está entre las 2.000 psi y las 6.000 psi de fuerza de compresión del concreto. Las condiciones de estos valores son especiales y deben ser evaluadas individualmente.

Para garantizar una apropiada selección del anclaje, es necesaria una evaluación previa de la calidad del concreto, tiempo y tipos de materiales con los que fue hecho. Porque estas características del concreto son muy importantes, los fabricantes de anclajes, en unión con los productores de concreto han elegido un agregado granulado de 3/4" como base de diseño. Este concreto se encuentra disponible y ha sido evaluado de 2.000 psi a 6.000 psi de fuerza de compresión.

1.2.2 Diámetros de Anclajes

A mayor diámetro del anclaje se obtiene una mayor resistencia, si la fuerza de compresión del concreto permanece constante. El diámetro del orificio en el cual se coloca el anclaje no debe diferir del diámetro recomendado, puesto que no se lograría el rendimiento adecuado del anclaje.

1.2.3 Empotramiento de Anclajes

Éste es el factor más crítico en la evaluación del rendimiento de los anclajes. Cuando se habla sobre el empotramiento de los anclajes, se refiere a la mínima profundidad a la cual el anclaje debe ser instalado para obtener los valores de carga publicados. Un anclaje instalado a menos profundidad de empotramiento no trabajará a los valores de resistencia publicados.

Hay dos factores que tienen que ser considerados:

- A. Capacidad a la tracción.
- B. Capacidad al corte.

A. Capacidad a la Tracción

La capacidad de tracción es la habilidad del anclaje a resistirse a fallar cuando es expuesto a esfuerzos de tensión. Las fallas pueden ser de tres formas.

1. El concreto se rompe con el anclaje adherido a él.
2. El anclaje se suelta.
3. El anclaje se rompe.

La fuerza de tracción es medida por la aplicación continua de una fuerza de tensión hidráulica al anclaje, hasta que alguno de los dos, el concreto o el anclaje fallen. Esta

fuerza es medida en libras. Todos los anclajes son probados en empotramiento mínimo. No obstante, los anclajes de rosca externa pueden ser colocados a diferentes profundidades, los cuales son probados en empotramiento mínimo. Para anclajes de rosca interna, el mínimo empotramiento es la longitud del anclaje desde el borde superior del mismo, que debe ser instalado y nivelado con la superficie de concreto.

Puesto que no existe una forma matemática disponible para determinar la capacidad de tracción en relación con la profundidad de empotramiento en un sistema dado de anclajes, los datos actuales de resultados deben ser usados. La figura 1,4 (que aparece a continuación) da una idea de cómo trabaja la relación tracción-empotramiento.

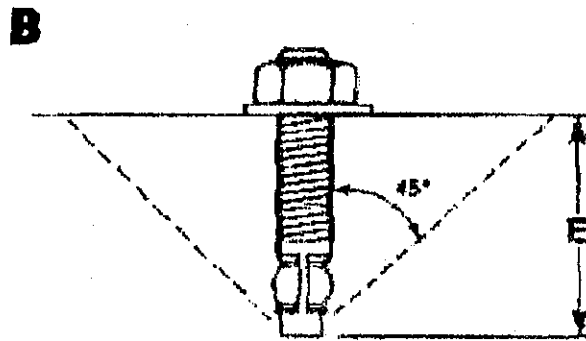
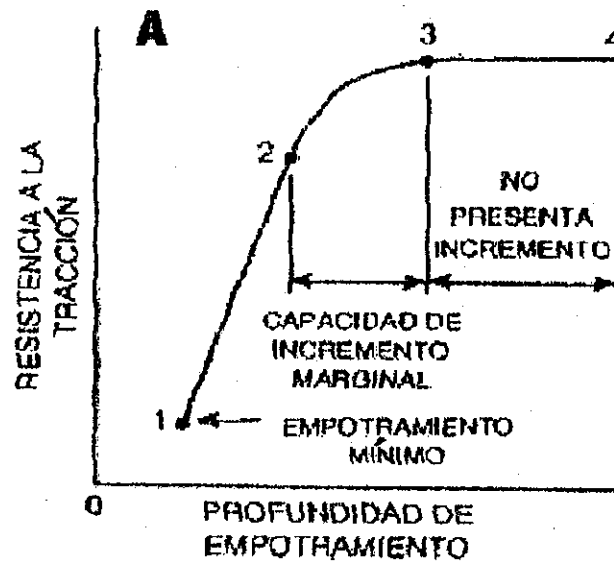


Figura 1,4 Relación Tracción - Empotramiento.

En el área 1-2 se representa el empotramiento mínimo o ligeramente más profundo. Con empotramiento mínimo, el concreto usualmente falla. Las oportunidades de que esto suceda son mayores que a cualquier otra profundidad. Se puede ver la razón de que esto suceda observando la figura 1,4B, ya que el anclaje expandido con un mínimo de empotramiento, produce en el concreto fuerzas resultantes que se irradian

desde el extremo del anclaje, en un ángulo de 45° , hasta la superficie del concreto.

Con poco empotramiento, la resistencia del concreto a la ruptura es menor que la carga última de falla del anclaje y ocurre el agrietamiento en forma de cono. Con un empotramiento un poco más profundo, hasta el punto 2 en la figura 1,4A, la capacidad a la tensión se incrementa rápidamente, pero la resistencia del concreto permanece igual, excepto, que al fallar, el anclaje extrae un cono más grande.

El área 2-3 de la figura 1,4A, representa un área de mayor empotramiento, donde el anclaje puede fallar al salirse del anillo de expansión. Aunque las fuerzas resultantes se distribuyen como en la figura 1,4B, el anclaje puede salirse de su anillo de expansión, debido al aumento de la resistencia a la ruptura de una masa mayor de concreto. Se da un incremento de la capacidad de tensión al aumentar el empotramiento entre los puntos 2 y 3 (figura 1,4A), pero no tan notable como sobre la proporción de la curva entre el punto 1 (empotramiento mínimo) y el punto 2.

El área 3 - 4, de la figura 1,4A, muestra un empotramiento aún más profundo que el área 2 - 3 de la figura 1,4A. Con empotramientos tan profundos, el anclaje fallaría; o por rompimiento, o por falla de anillo del anclaje. Las

fuerzas se irradian totalmente en sentido horizontal, como se ilustra en las figuras 1,5A y 1,5B, sobre todo en la figura 1,5B, el concreto falla muy rara vez.

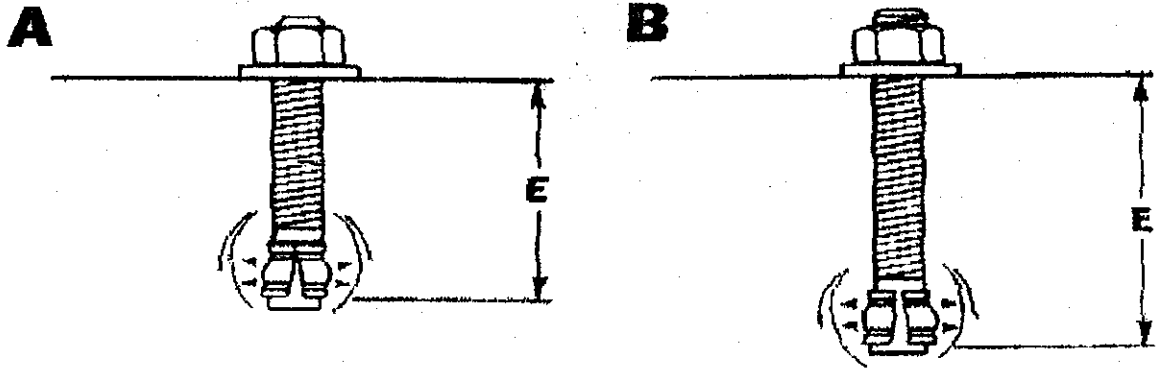
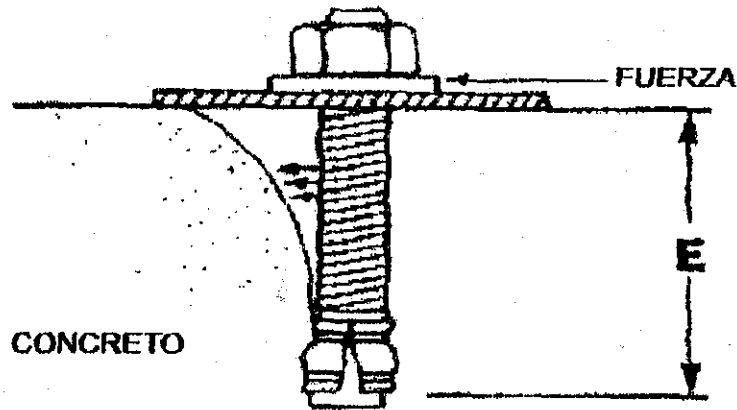


Figura 1,5 Profundidad de Empotramiento.

B. Capacidad de Corte

Es la capacidad del anclaje para resistir una fuerza aplicada en ángulo recto hacia el cuerpo anclado. Un dispositivo hidráulico es usado para determinar la cantidad de fuerza requerida para que falle el anclaje. Esta fuerza es medida en libras. La figura 1,6 ilustra este punto.

Con un mayor empotramiento se deben incrementar los valores de corte, pero los efectos no son tan significativos como en la capacidad de tracción. La resistencia del material en la parte roscada es de considerarse al aplicar esfuerzos de corte.



ESFUERZOS CORTANTES

Figura 1,6 Aplicación de la Fuerza de Corte en un Perno.

1.2.4 Distancia entre Anclajes al Borde

Entre los factores a considerar en el desempeño del anclaje está la consideración de distancias.

En muchos casos, múltiples anclajes son empotrados en un área dada de concreto. Al mínimo empotramiento cada esfuerzo del anclaje se dará por sus propias fuerzas, como se observa en la figura 1,7A. Si dos anclajes se colocan muy cerca entre sí, la fuerza de sostenimiento de ambos anclajes disminuye acordeamente según el traslape de las fuerzas individuales que tienen lugar. En la figura 1,7B, se tiene la adecuada distancia entre pernos, en la cual se tiene capacidad completa de carga.

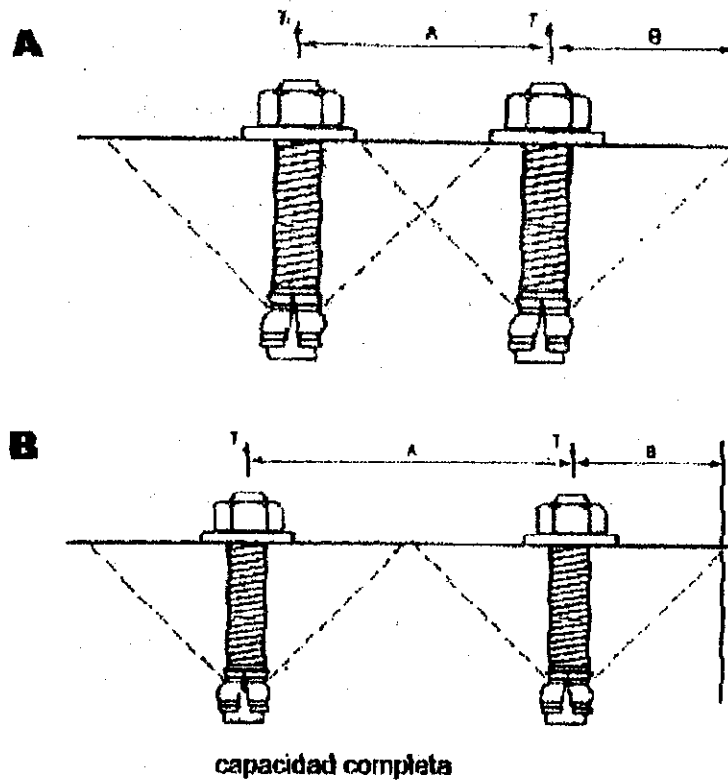


Figura 1,7 Distancia entre anclajes y al borda.

1.3 MATERIALES EN LOS CUALES PUEDE FUNCIONAR UN ANCLAJE MECÁNICO

Para lograr el buen funcionamiento de un anclaje mecánico, se tiene que contar con un material base lo suficientemente adecuado para soportar las fuerzas de tracción y compresión a las que puede ser sometido un anclaje mecánico. Por lo tanto, se mencionan los siguientes materiales base:

1.3.1 Concreto

El concreto es el material base en el cual se usan los anclajes mecánicos. El concreto consiste de tres elementos específicos:

A. Cemento (principalmente Cemento Portland)

El cemento portland está hecho de minerales cristalinos en polvo muy fino, compuesto principalmente de silicatos de calcio y aluminio. La adición de agua a estos minerales produce una pasta, la cual, una vez endurecida, alcanza una gran resistencia. Su gravedad específica varía entre 3.12 y 3.15 y pesa 94 lb/ft³, el cual es el peso unitario de un saco o bolsa de cemento comercial.

Los materiales en bruto que hacen el cemento son:

1. Cal (CaO) — de la piedra caliza
2. Sílice (SiO₂) — de la arcilla
3. Alúmina (Al₂O₃) — de la arcilla

(Con muy pocos porcentajes de magnesia: MgO y algunas veces álcalis). En ocasiones se adiciona a la mezcla óxido de hierro para ayudar a controlar su composición.

El proceso de fabricación se resume como sigue:

- I. Molido de la mezcla en bruto de CaO , SiO_2 y Al_2O_3 con los otros ingredientes menores adicionados, ya sea en forma seca o húmeda. A la forma húmeda se le llama lechada.
- II. Cargar la mezcla en el extremo más alto de un horno de secado rotatorio, ligeramente inclinado.
- III. Mientras el horno está en operación, el material pasa de su extremo más alto al más bajo en un régimen predeterminado y controlado.
- IV. La temperatura de la mezcla es elevada al punto de fusión incipiente, esto es, la temperatura de escoria se conserva a esta temperatura hasta que los ingredientes se combinan para formar a $2,700^\circ\text{F}$, el producto del cemento portland. A los gránulos, como suele llamarse a dicho producto, que varían en tamaño desde $1/16$ hasta 2 pulgadas, se les llama: escorias.
- V. Las escorias son enfriadas y molidas a la forma de polvo.
- VI. Durante la trituration se adiciona un pequeño porcentaje de sulfato de calcio para controlar y retardar el tiempo de fraguado del cemento en el campo.
- VII. La mayor parte del cemento portland final se lleva a silos para su almacenamiento a granel; otra parte es empacada en sacos de 94 lbs., para la venta al por menor.

La Figura 1,8 ilustra en forma esquemática el proceso de fabricación del cemento portland.

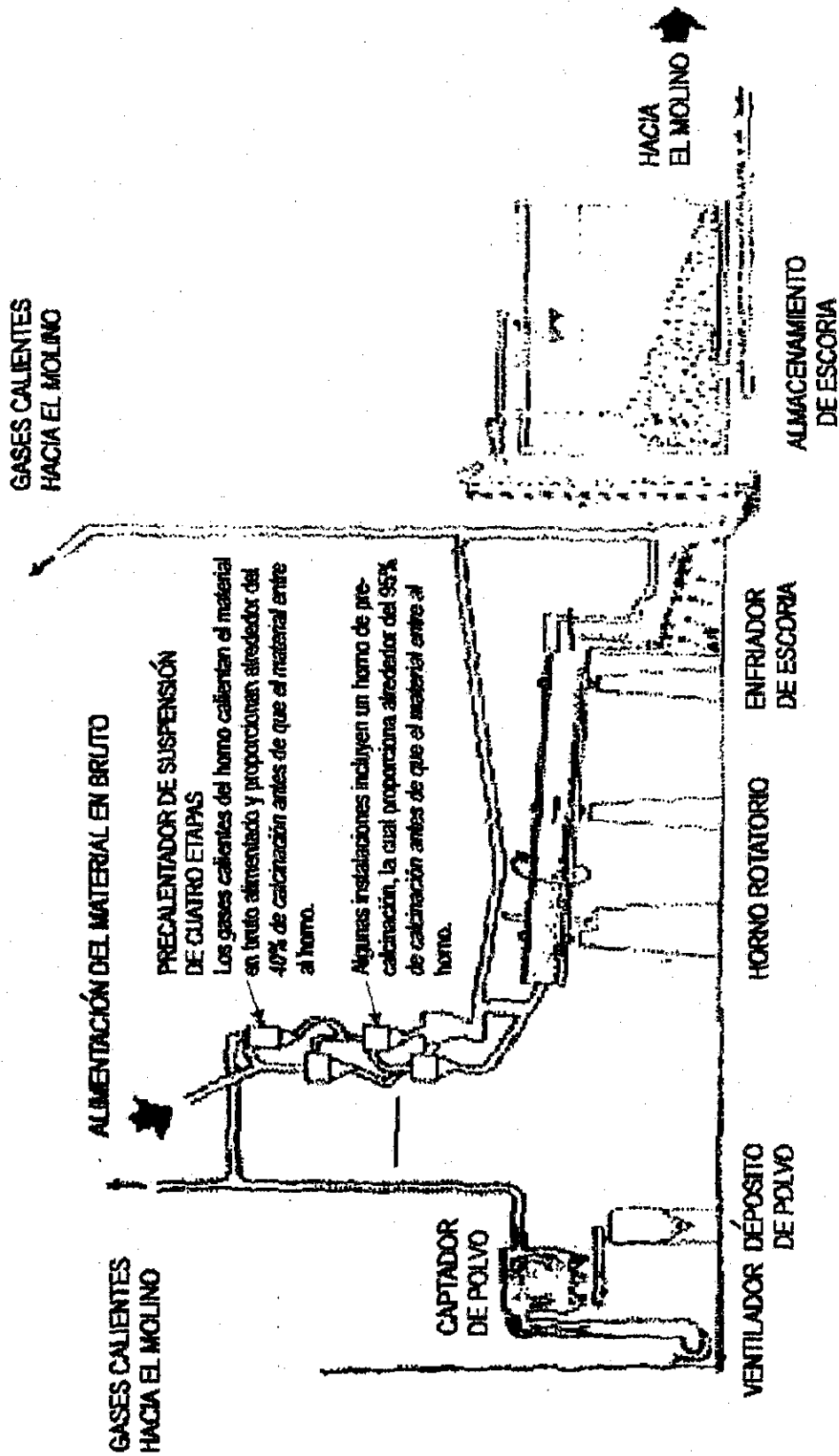


Figura 1,8 Proceso de fabricación del cemento portland.

Para fabricar el concreto luego de tener el cemento portland, se tiene que realizar una mezcla con:

- Cemento portland.
- Agregado fino (arena) y grueso (grava o piedra triturada).
- Agua.

El concreto es producido mezclando primero el agregado y el cemento, luego añadiendo agua, lo que causa una reacción química llamada hidratación. Es la hidratación, no el secado, lo que causa el endurecimiento de la mezcla de cemento.

Se pueden encontrar dos tipos específicos de concreto en el lugar de la obra:

A. Colocado en el Lugar

Es el concreto colado en moldes, directamente en el lugar de la obra. Concreto curado o IN SITU, tendrá refuerzos añadidos en caso de tratarse de piezas estructurales. En promedio, la resistencia de compresión de concreto colado en el lugar es de 2,000 psi a 6,000 psi.

B. Concreto Prefabricado

Son paredes y paneles de concreto hechos en una fábrica, entregados y armados en el lugar de la obra. El prefabricado tiene la ventaja de permitir la producción en masa de unidades

de concreto, contribuyendo a alcanzar un control de calidad más alto, produciendo un concreto de mayor resistencia. Hay tres tipos de fabricación del Concreto Prefabricado.

C. Reforzado de Vigeta y Bobedia

Estas secciones son fabricadas con partes huecas que ayudan a reducir el peso de toda la sección. Estas secciones se usan como paredes o pisos en un edificio.

D. Reforzado y Sólido

Es un concreto que tiene varillas de construcción como refuerzo, agregadas a la sección sólida de concreto.

E. Pretensado

Es un concreto que ha sido sometido a presión interna durante el proceso de fabricación de las secciones. El pretensado comprime la mezcla de concreto con el fin de alcanzar una alta resistencia a la compresión. Existen dos tipo de concreto pretensado:

- El Concreto Tensado Previo: En este tipo de concreto se aplica tensión al acero o los cables antes de haber fraguado el concreto.
- El Concreto Tensado Posterior: En este tipo se aplica tensión al acero o los cables después de haber fraguado el concreto.

Es muy importante comprender los varios y diferentes tipos de concreto para poder hacer las recomendaciones y uso apropiado de los anclajes mecánicos y el epóxico por inyección. Por ejemplo, deberán tomarse precauciones especiales para determinar dónde están localizadas las varillas de refuerzo en el concreto antes de efectuar el anclaje. También es importante saber la ubicación de las secciones huecas, el espesor del concreto en la parte hueca, la dimensión de la parte hueca y el espesor resultante disponible para el anclaje.

El concreto tiene tres características que contribuyen a la eficacia en la aplicación de los anclajes mecánicos y el epóxico por inyección. Éstas son: edad, resistencia y esfuerzo.

1. Edad

Debido a que la resistencia del concreto aumenta con el tiempo, la edad tiene un efecto tremendo sobre la eficacia de los anclajes. Cuanto más viejo es el concreto, tanto más frágil puede volverse, desportillándose al taladrarlo, o cuando se introduce el anclaje.

2. Resistencia

La resistencia proyectada del concreto está basada en un período de tiempo de 28 días. Éste es el tiempo que toma el

concreto para fraguar y alcanzar la resistencia de compresión proyectada, por ejemplo, concreto de 4000 psi en 28 días. La introducción del anclaje no deberá ser efectuada antes que el concreto haya alcanzado su resistencia de compresión total (4000 psi) en 28 días. La introducción del anclaje no deberá ser efectuada antes que el concreto haya alcanzado su resistencia proyectada.

El concreto es clasificado de acuerdo a su resistencia de compresión y es muy importante para determinar el sistema de anclaje adecuado. Concretos de resistencia de compresión de 2000 psi o 4000 psi significa una diferencia considerable en la eficacia máxima del sistema del anclaje recomendada, sea el concreto, si es colocado en el lugar de la obra o prefabricado, siempre necesita los tres ingredientes de proporciones diferentes. Puede ser hecho con resistencias tan bajas en 28 días. Los resultados son principalmente diferentes en la durabilidad y el costo total del concreto.

3. Mampostería

El segundo tipo más común de materiales, son los productos de mampostería. La mampostería incluye el ladrillo, la piedra, las baldosas, los bloques de concreto u otros materiales similares que son unidos con mortero. En cierta forma, la mampostería puede ser considerada similar al concreto porque es hecha usando ingredientes del cemento, un

agregado de piedra caliza pulverizada y agua. La mampostería puede ser hueca o rellena y generalmente es fabricada de acuerdo a las especificaciones del usuario.

Los cementos de mampostería o los que a veces se llaman Cementos de Mortero, se mezclan generalmente con arena y se usan para fijar ladrillos o piedra a bloques en su lugar. Hay una vasta gama de especificaciones para el contenido químico y los requisitos físicos del cemento de mampostería y las especificaciones se establecen basadas en la competencia, las condiciones climáticas o la disponibilidad de los materiales. Como resultado, las propiedades de los morteros varía ampliamente a través de cómo es utilizado en obra.

Es importante saber si el bloque está hueco o relleno para poder efectuar una correcta selección del anclaje y asegurar su eficacia. También es importante determinar qué es lo que hay detrás de las hileras de ladrillo y bloque.

Por ejemplo, puede encontrarse revestimiento de ladrillo directamente sobre una pared de bloques, concreto o ladrillo en capas delante de otros ladrillos. Cualquiera de los anteriores tendrá un efecto sobre la eficacia del anclaje. Hay que recordar que los productos de mampostería están tanto en el exterior como en el interior de un proyecto, una variedad de artefactos de construcción, tales como luces, sistema de

alarma, plomería y otros elementos estructurales tendrán que ser asegurados a una base de material, tal como la mampostería.

1.4 PROCEDIMIENTO DE INSTALACIÓN DE UN ANCLAJE MECÁNICO

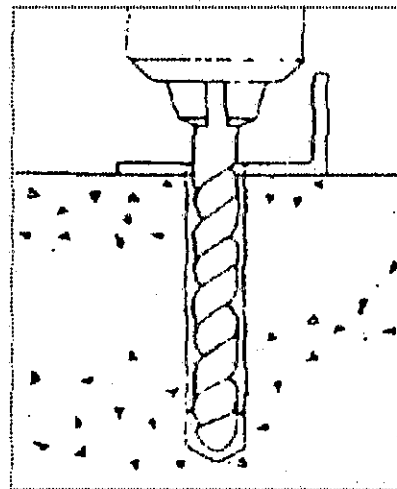
En la instalación de un anclaje mecánico es importante tomar en cuenta varios pasos, así de esa forma se estará asegurando el buen funcionamiento del anclaje, sobre todo lograr obtener los resultados de carga que se desean en el momento de aplicación de cargas.

1.4.1 Pasos a seguir en la Instalación de un Anclaje Tipo Cuña y Manga

Para esta instalación se realizan tres pasos:

Paso # 1

Seleccionar una broca con punta de tungsteno, con un diámetro igual al diámetro del anclaje. Taladrar un orificio con cualquier profundidad que exceda el empotramiento deseado. Verificar tabla de máximos y mínimos empotramientos recomendados. Limpiar el orificio o continuar taladrando a

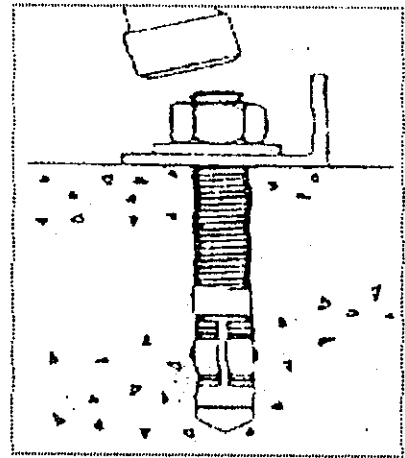


Paso # 1.

una profundidad adicional para acomodar el polvo fino que está dentro del agujero.

Paso # 2

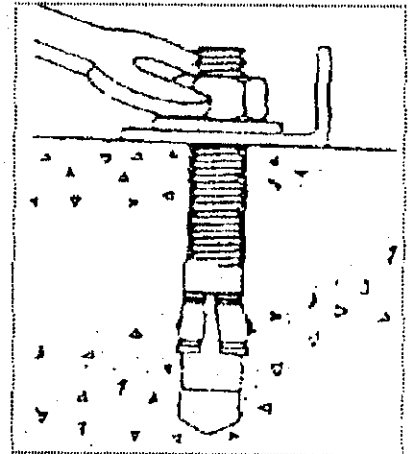
Se ensambla la arandela y la tuerca, dejando la tuerca alineada con el final del anclaje para proteger la rosca. Se conduce el anclaje a través del material a ser sujetado hasta que la tuerca y la arandela estén alineadas con la superficie. Para lograr esta alineación se golpea el perno con un martillo hasta la profundidad deseada, logrando empezar a realizar la expansión.



Paso # 2.

Paso # 3

Para lograr la expansión requerida, se ajusta la tuerca dando de 3 a 5 giros más que la posición de ajuste manual, o según requerimientos de torque especificados.

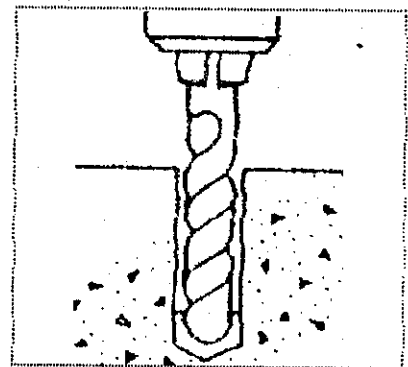


Paso # 3.

1.4.2 Anclaje de Rosca Interna o Anclaje Hembra

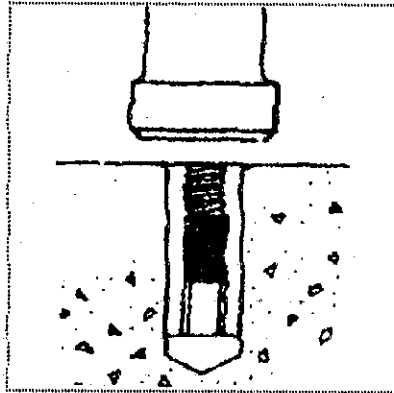
Paso # 1

Taladrar un agujero con diámetro igual al exterior del anclaje que está siendo



Paso # 1.

usado. Se puede perforar a cualquier profundidad excediendo el mínimo empotramiento. Limpiar el agujero.



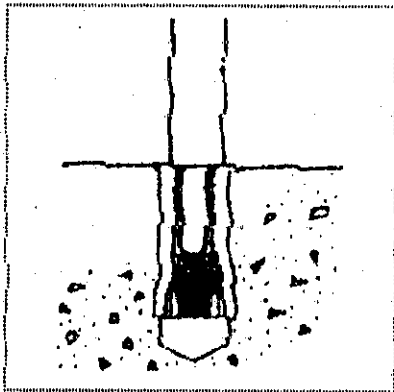
Paso # 2.

Paso # 2

Conducir el anclaje hasta alinearlos con la superficie del concreto.

Paso # 3

Se tiene que expandir con una herramienta tipo punzón o bien un punzón, el cual se tiene que martillar para lograr una buena expansión, así de esa forma asegurarse que el tarugo se encuentra completamente colocado. La colocación adecuada del anclaje es cuando éste se encuentra a ras de la superficie.



Paso # 3.

1.5 TABLAS DE INFORMACIÓN SOBRE FACTORES DE CARGAS DE TRACCIÓN Y DE CORTE

Para poder realizar un diseño en la aplicación de un anclaje mecánico es importante tener en cuenta los datos de tracción y corte. Así tener más seguridad en realizar un diseño y obtener los resultados más adecuados a lo necesitado.

TABLA 1
 DATOS DE RESISTENCIA
 ANCLAJE MECÁNICO TIPO CUÑA
 FABRICACIÓN ACERO AL CARBÓN Y GALVANTIZADO

DIÁMETRO DEL ANCLAJE	EMPOTRAMIENTO EN CONCRETO	CONCRETO DE 3000 PSI		CONCRETO DE 4000 PSI		CONCRETO DE 5000 PSI	
		RESISTENCIA ÚLTIMA A TRACCIÓN lbs.	RESISTENCIA ÚLTIMA AL CORTE lbs.	RESISTENCIA ÚLTIMA A TRACCIÓN lbs.	RESISTENCIA ÚLTIMA AL CORTE lbs.	RESISTENCIA ÚLTIMA A TRACCIÓN lbs.	RESISTENCIA ÚLTIMA AL CORTE lbs.
1/4"	1-1/8"	1224	1694	1559	1828	2008	1926
	1-15/16"	2670	1779	2999	1910	3024	1983
	2-3/4"	2857	1863	3051	1991	3100	2040
3/8"	1-1/2"	2763	3453	3219	4029	3537	4103
	3"	4819	3908	5678	4305	5943	4490
	4-1/2"	5290	4363	5935	4581	6190	4876
1/2"	2-1/4"	4158	5400	5384	6900	5519	7487
	4-1/8"	6051	5939	7333	7449	9907	7968
	6"	6975	6478	9003	7998	11764	8449
5/8"	2-3/4"	6136	11724	8000	12478	8463	12478
	5-1/8"	8486	12456	10178	13285	12751	13285
	7-1/2"	10941	13188	12453	14098	15027	40092
3/4"	3-1/4"	8072	17024	9921	18128	10553	18666
	6-5/8"	12515	17509	16489	18585	17076	19034
	10"	14074	17993	19953	19042	23148	19401
7/8"	3-3/4"	10810	20737	13672	25122	14079	25122
	6-1/4"	14619	22405	20029	25122	25110	25122
	8-3/4"	15337	24072	20707	25122	25366	25122
1"	4-1/2"	17347	25686	20871	28431	21947	32888
	7-3/8"	25122	27179	30610	29763	35094	32888
	10-1/4"	32776	28672	37820	31094	40510	32888
1-1/4"	5-1/2"	21463	39004	27166	44385	29857	48510
	8"	39836	42157	53261	46776	54696	48709
	10-1/2"	47558	44680	60417	48689	63108	48868
Ojal	1-1/8"	1224	N/A	1559	N/A	2008	N/A

TABLA 2
 DATOS DE RESISTENCIA
 ANCLAJE MECÁNICO TIPO CUÑA
 FABRICACIÓN ACERO INOXIDABLE

DIÁMETRO DEL AN- CLAJE	EMPOTRA- MIENTO EN CONCRETO	CONCRETO DE 3000 PSI		CONCRETO DE 4000 PSI		CONCRETO DE 5000 PSI	
		RESISTENCIA ÚLTIMA A TRACCIÓN lbs.	RESISTENCIA ÚLTIMA AL CORTE lbs.	RESISTENCIA ÚLTIMA A TRACCIÓN lbs.	RESISTENCIA ÚLTIMA AL CORTE lbs.	RESISTENCIA ÚLTIMA A TRACCIÓN lbs.	RESISTENCIA ÚLTIMA AL CORTE lbs.
1/4"	1-1/8"	1406	2200	1869	2354	2205	2437
	1-15/16"	2878	2211	3084	2375	3169	2453
	2-3/4"	3067	2221	3102	2395	3175	2469
3/8"	1-1/2"	2799	3606	3145	4338	3219	4412
	3"	4828	4455	5661	5012	6316	5049
	4-1/2"	5695	5303	6396	5686	6995	5686
1/2"	2-1/4"	3998	8221	6032	9542	5077	9993
	4-1/8"	7107	8875	8593	9773	10761	10314
	6"	8093	9528	9974	10003	11600	10635
5/8"	2-3/4"	6020	12289	7646	13339	8007	16208
	5-1/8"	10658	13420	11897	14227	13975	16289
	7-1/2"	11118	14450	12791	15115	15681	16370
3/4"	3-1/4"	8234	16782	10069	18773	10656	20387
	6-3/8"	13014	19911	16027	21795	18331	22434
	9"	13566	22539	16839	24153	21034	24153
7/8"	3-3/4"	11275	22001	15295	26198	15422	28888
	6-1/4"	12612	25673	18687	28826	25524	29453
	8-3/4"	18282	29345	25311	30018	27947	30018
1"	4-1/2"	14522	27086	18988	33408	21320	37533
	7-3/8"	17734	31848	20764	36260	24709	39668
	10-1/4"	18504	36609	22755	39111	26880	41802

TABLA 3
 DISTANCIA CENTRO A CENTRO Y DISTANCIA AL BORDE
 ANCLAJES MECANICOS TIPO CUÑA

DIÁMETRO DEL ANCLAJE	"A" DISTANCIA MÍNIMA ENTRE ANCLAJES		"B" DISTANCIA MÍNIMA A BORDE	
	CONCRETO REFORZADO 10 DIÁMETROS	CONCRETO LIVIANO 12 DIÁMETROS	CONCRETO REFORZADO 5 DIÁMETROS	CONCRETO LIVIANO 6 DIÁMETROS
1/4"	2-1/2"	3"	1-1/4"	1-1/2"
3/8"	3-3/4"	4-1/2"	1-7/8"	2-1/4"
1/2"	5"	6"	2-1/2"	3"
5/8"	6-1/4"	7-1/2"	3-1/8"	3-3/4"
3/4"	7-1/2"	9"	3-3/4"	4-1/2"
7/8"	8-3/4"	10-1/2"	4-3/8"	5-1/4"
1"	10"	12"	5"	6"
1-1/4"	12-1/2"	15"	6-1/4"	7-1/2"

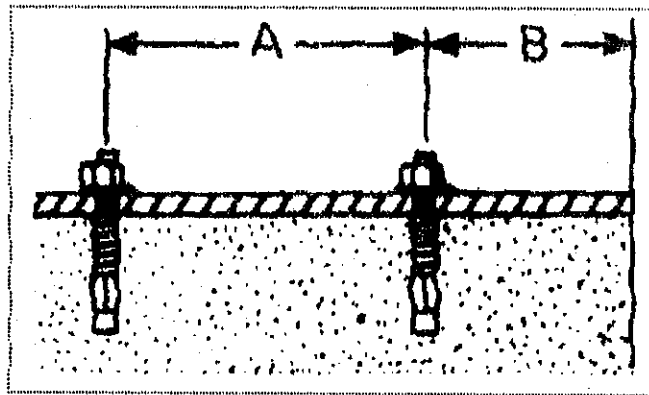


TABLA 4
 ESPECIFICACIONES Y TOLERANCIAS DE LAS
 BROCAS DE PUNTA DE TUNGSTENO
 PARA INSTALAR ANCLAJES

DIÁMETRO NOMINAL DE TALADRO (Pulgadas)	DIMENSIÓN BROCA TUNGSTENO (Ancho Pastilla)	
	MÍNIMO (pulgs.)	MÁXIMO (pulgs.)
1/4	0.260	0.268
3/8	0.390	0.398
1/2	0.520	0.530
5/8	0.650	0.660
3/4	0.775	0.787
7/8	0.905	0.917
1	1.030	1.042
1-1/4	1.205	1.300

TABLA 5
 DATOS DE RESISTENCIA
 ANCLAJE TIPO MANGA
 FABRICACIÓN ACERO AL CARBÓN GALVANIZADO

DIÁMETRO DEL ANCLAJE	EMPOTRAMIEN- TO MÍNIMO	CONCRETO DE 2130 PSI		CONCRETO DE 4090	
		RESISTENCIA ULTIMA A TRACCIÓN (lbs.)	RESISTENCIA ULTIMA A CORTE (lbs.)	RESISTENCIA ULTIMA A TRACCIÓN (lbs.)	RESISTENCIA ULTIMA A CORTE (lbs.)
1/4"	1-1/8"	1347	1607	1613	1751
5/16"	1-1/4"	1080	2001	2429	2487
3/8"	1-1/2"	1891	3068	2597	2872
1/2"	1-7/8"	2111	3845	5385	5582
5/8"	2"	3389	6646	5708	7435
3/4"	2-1/4"	4053	10446	6470	13071
CUAL	1-1/2"			2000	200

TABLA # 6
 DATOS DE RESISTENCIA
 ANCLAJE TIPO MANGA
 FABRICACIÓN ACERO INOXIDABLE

DIÁMETRO DEL ANCLAJE	EMPOTRAMIEN- TO MÍNIMO	CONCRETO DE 2130 PSI		CONCRETO DE 4090	
		RESISTENCIA ULTIMA A TRACCIÓN (lbs.)	RESISTENCIA ULTIMA A CORTE (lbs.)	RESISTENCIA ULTIMA A TRACCIÓN (lbs.)	RESISTENCIA ULTIMA A CORTE (lbs.)
1/4"	1-1/8"	1347	1607	1613	1751
3/8"	1-1/2"	1891	3068	2597	2872
1/2"	1-7/8"	2111	3845	5385	5582
5/8"	2"	3389	6646	5708	7435

TABLA # 7
 DISTANCIA CENTRO
 A CENTRO Y DISTANCIA AL BORDE
 ANCLAJES MECÁNICOS TIPO MANGA

DIÁMETRO DEL ANCLAJE	"A" DISTANCIA MÍNIMA ENTRE ANCLAJES (EJES)		"B" DISTANCIA MÍNIMA A BORDE	
	CONCRETO REFORZADO 10 DIÁMETROS (pulg.)	CONCRETO LIVIANO 12 DIÁMETROS (pulg.)	CONCRETO REFORZADO 5 DIÁMETROS (pulg.)	CONCRETO LIVIANO 6 DIÁMETROS (pulg.)
1/4"	2-1/2"	3"	1-1/4"	1-1/2"
5/16"	3-1/8"	3-3/4"	1-5/8"	1-7/8"
3/8"	3-3/4"	4-1/2"	1-7/8"	2-1/4"
1/2"	5"	6"	2-1/2"	3"
5/6"	6-1/4"	7-1/2"	3-1/8"	3-3/4"
3/4"	7-1/2"	9"	3-3/4"	4-1/2"

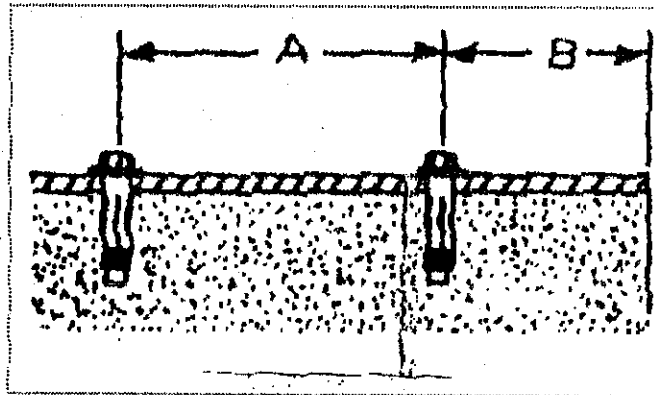


TABLA 8
 DATOS DE RESISTENCIA
 ANCLAJE MECÁNICO TIPO HEMBRA
 FABRICACIÓN ACERO AL CARBÓN Y GALVANIZADO

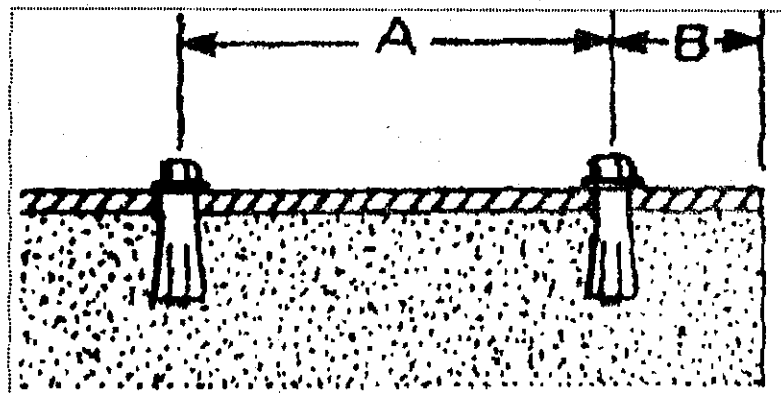
ACERO AL CARBÓN	PROFUNDIDAD MÍNIMA DE PERFORACIÓN	CONCRETO PSI 4310	
		TRACCIÓN (lbs.)	CORTE (lbs.)
RM-14	1"	3,204	1,986
RM-38	1-5/8"	6,350	3,968
RM-12	2"	8,544	6,502
RM-58	2-1/2"	15,218	10,380
RM-34	3-3/16"	17,255	13,962

TABLA 9
 DATOS DE RESISTENCIA
 ANCLAJE MECÁNICO TIPO HEMBRA
 FABRICACIÓN ACERO INOXIDABLE

ACERO INOXIDABLE 303	PROFUNDIDAD MÍNIMA DE PERFORACIÓN	CONCRETO PSI 4310	
		TRACCIÓN (lbs.)	CORTE (lbs.)
SRM-14	1"	3,204	1,986
SRM-38	1-5/8"	6,350	3,968
SRM-12	2"	8,544	6,502
SRM-58	2-1/2"	15,218	10,380

TABLA 10
 DISTANCIA DE CENTRO A CENTRO
 ANCLAJES MECÁNICOS TIPO HEMBRA

DIÁMETRO DEL TORNILLO	DIÁMETRO DE LA BROCA	"A" DISTANCIA MÍNIMA ENTRE ANCLAJES		"B" DISTANCIA MÍNIMA AL BORDE	
		CONCRETO REFORZADO 10 DIÁMETROS (pulgs.)	CONCRETO LIVIANO 12 DIÁMETROS (pulgs.)	CONCRETO REFORZADO 5 DIÁMETROS (pulgs.)	CONCRETO LIVIANO 6 DIÁMETROS (pulgs.)
		1/4"	3/8"	3-3/4"	4-1/2"
3/8"	1/2"	5"	6"	2-1/2"	3"
1/2"	5/8"	6-1/4"	7-1/2"	3-1/8"	3-3/4"
5/8"	7/8"	8-3/4"	10-1/2"	4-3/8"	5-1/4"
3/4"	1"	10"	12"	5"	6"



1.6 MATERIAL DE FABRICACIÓN DE LOS ANCLAJES DE CUÑA

1.6.1 Acero al Carbón y Galvanizado

Proporciona protección en humedad media, corrosión o atmósferas salinas para aplicaciones de exteriores, se puede utilizar en rejas de entradas, rieles, diques, transportadores, rieles guía en autopistas, señalización, iluminación y dispositivos de seguridad.

Material:

Cuerpo del perno: Aisi 1015-1022, C
Cuña de expansión: Tipo 3025.S. Aisi 1010
Arandela: Aisi C1010-1020
Tuerca acero al carbón: ASTM A 563 Grado A
Galvanizado en concordancia con ASTM A 153 Clase C.

1.6.2 Acero Inoxidable

Proporciona protección en humedad, alta corrosión y ambientes ácidos. Utilizado ampliamente en fábricas de productos químicos, presas, tratamiento de aguas, tratamiento de aguas cloacales, tratamientos de aguas servidas en atmósfera completamente salinas. Se pueden usar completamente a la intemperie.

Material:

Cuerpo del perno: Tipo 302 HQ. 303. Tipo 316
Cuña de expansión: Tipo 302
Arandela: Tipo 18-8, Tipo 316
Tuerca: Tipo 18-8, Tipo 316

1.7 MATERIAL DE FABRICACIÓN DE LOS ANCLAJES TIPO MANGA

1.7.1 Acero al Carbón y Galvanizado

Proporciona protección en humedad media, corrosión o atmósferas salinas, para aplicaciones de exteriores.

Material:

Cuerpo del perno: Aisi C1008-C1022
Camisa de expansión: Acero "Cold Rolled" Tipo
Comercial
Cuerpo Espaciador: Tubo de acero
Arandela: Aisi C1010-C1020
Tuerca Acero de Carbón: ASTM A 563 Grado A

1.7.2 Acero Inoxidable

Proporciona protección en humedad, alta corrosión y ambientes ácidos, utilizado en fábricas de productos químicos, presas, tratamiento de aguas, tratamiento de aguas cloacales, tratamientos de aguas servidas en atmósferas completamente salinas. Se puede usar completamente a la intemperie.

Material:

Cuerpo del perno: Tipo 302/304 S.S.
Camisa de extensión: Tipo 302 S.S.
Cuerpo espaciador: Tipo 302 S.S.
Arandela: Tipo 18-8 S.S.
Tuerca: Tipo 18-8 S.S.

1.8 MATERIAL DE FABRICACIÓN DE LOS ANCLAJES TIPO TARUGO, ANCLAJE HEMBRA

1.8.1 Acero al Carbón y Galvanizado

Proporciona protección en humedad media, corrosión o atmósferas salinas para aplicaciones de extensiones.

Material:

Cuerpo de anclaje:	Aisi - 1213/15
Cilindro espesor:	Aisi -C1010-1018
Acero al carbón:	ASTM 108-81

1.8.2 Acero Inoxidable

Proporciona protección en humedad, corrosión y ambientes ácidos, utilizados en fábricas de productos químicos, presas, tratamiento de aguas servidas en atmósferas completamente salinas, se puede utilizar completamente a la intemperie.

Material

Cuerpo del anclaje:	ASTM A 581
Cilindro espesor:	Aisi -C1010-1018
Acero inoxidable:	Tipo 302

1.9 APLICACIONES COMUNES DE LOS ANCLAJES MECÁNICOS

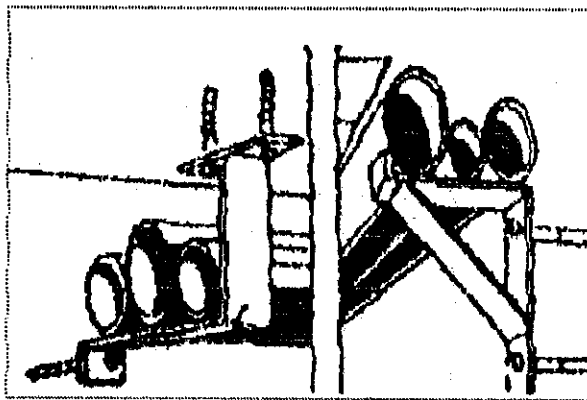
SIMBOLOGÍA

● Ancla de Cuña	S.S.: Acero Inoxidable
○ Ancla de Manga	H.D.G.: Galvanizado en Caliente
□ Anclaje Tipo Hembra (Tarugo Metálico)	

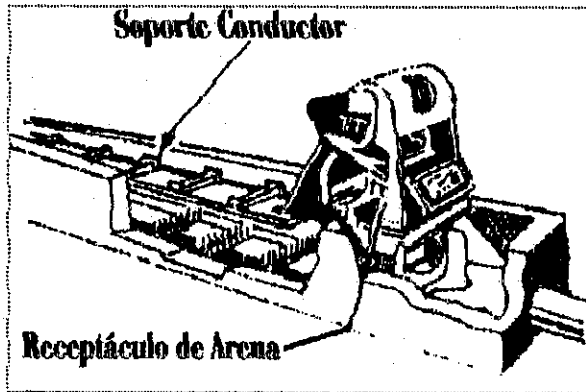
APLICACIONES

- a) Suministros de Agua y Control de Polución.

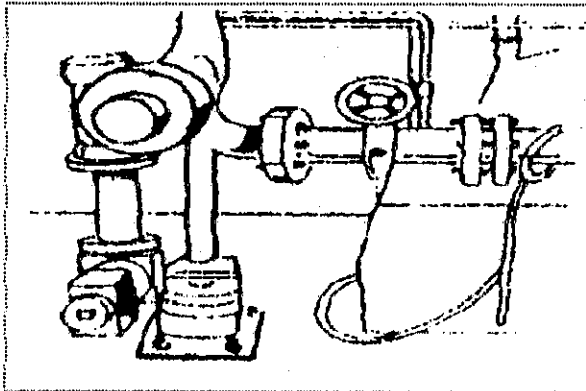
Soporte de Tuberías: ● ○ □



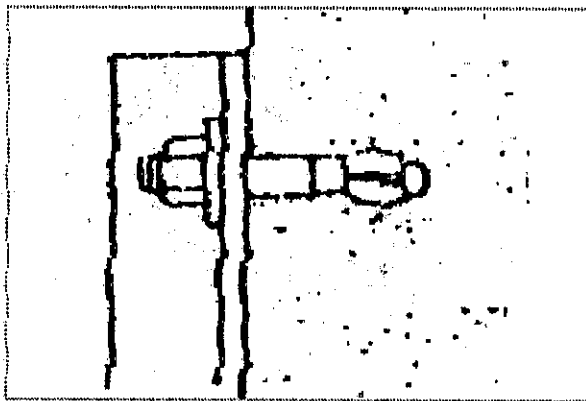
Equipos de Extracción de Arena: S.S.



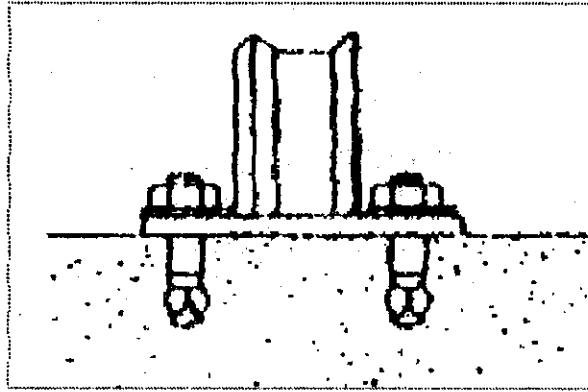
Bombas:



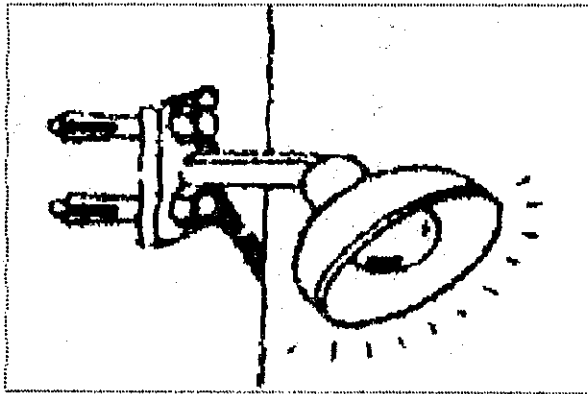
Anclaje de Controles Eléctricos:



Estructuras Metálicas: ● ○ □

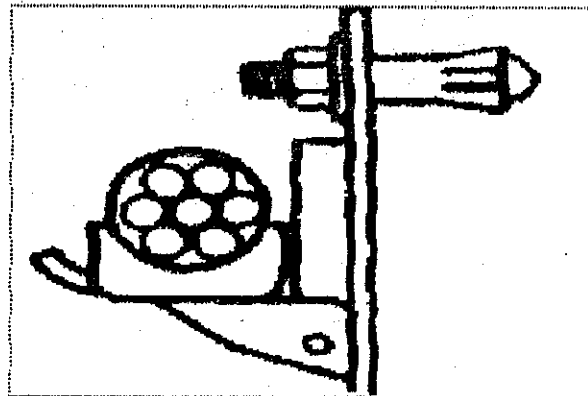


Iluminación: ● ○ □

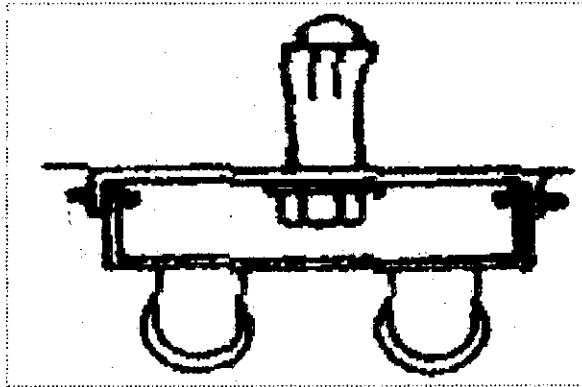


b) Transporte

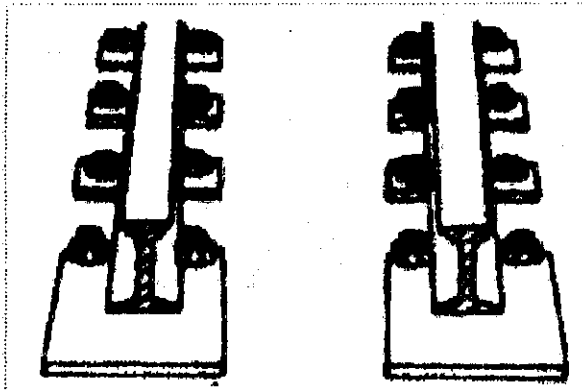
Bandejas Portacables: ● ○ S.S. H.D.G.



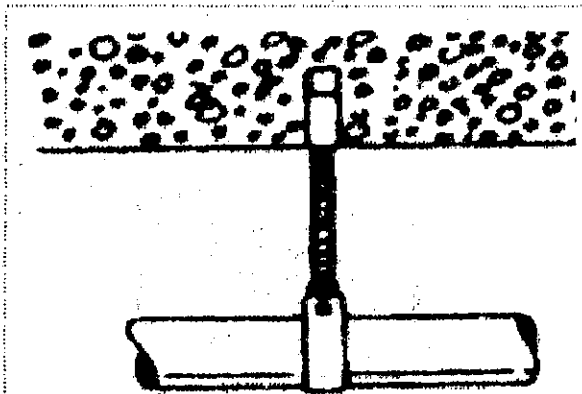
Lámparas: ● ○ S.S. H.D.G.



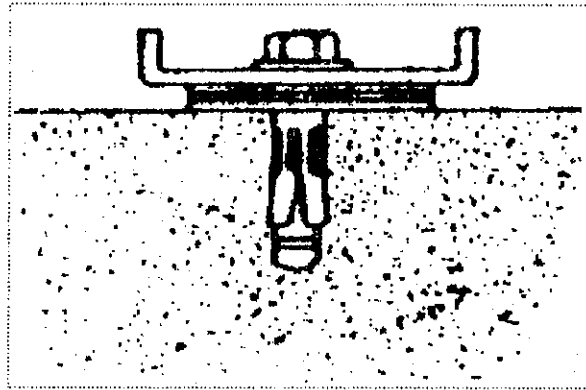
Rieles de Ferrocarril: ● ○ □ S.S.



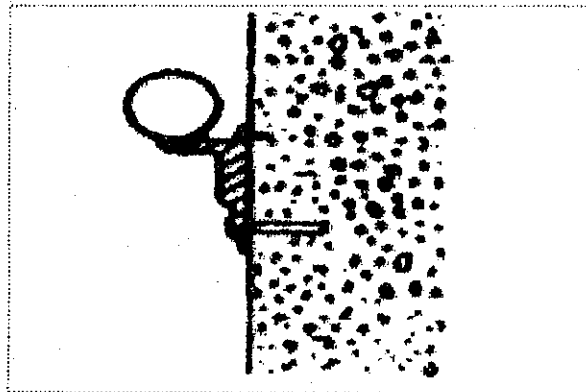
Soporte de Tuberías Colgantes: ● □ H.D.G.



Divisiones: ● ○ S.S. H.D.G.

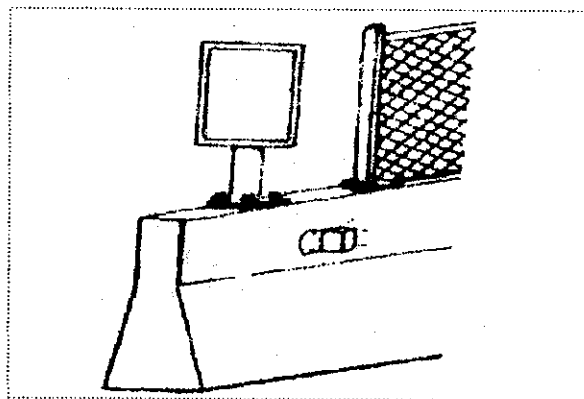


Barandas: ● ○ S.S. H.D.G.

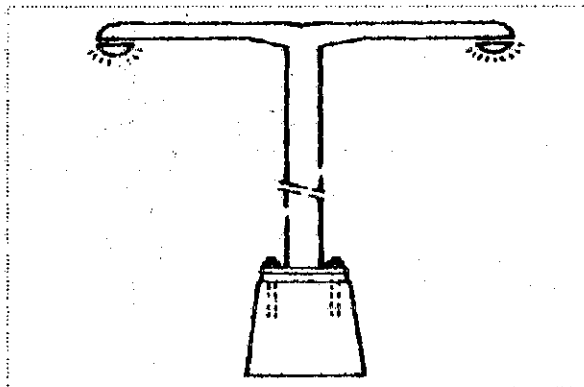


c) Construcción de Puentes y Autopistas.

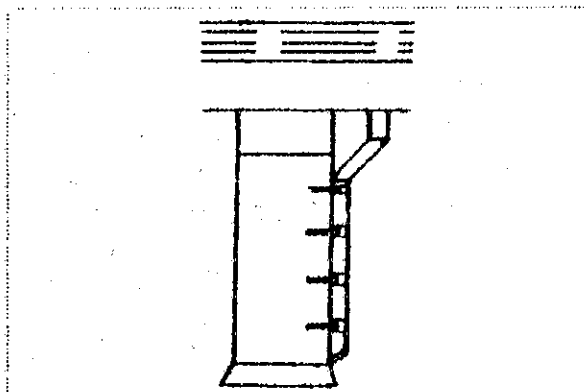
Cercas, Señales, Reflectores: ● ○ □ S.S.



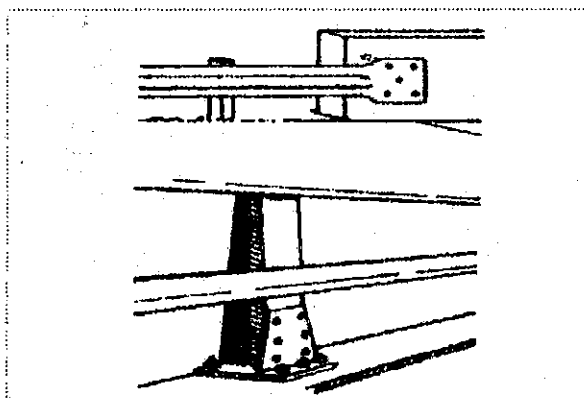
Poste de Alumbrado: ● S.S.



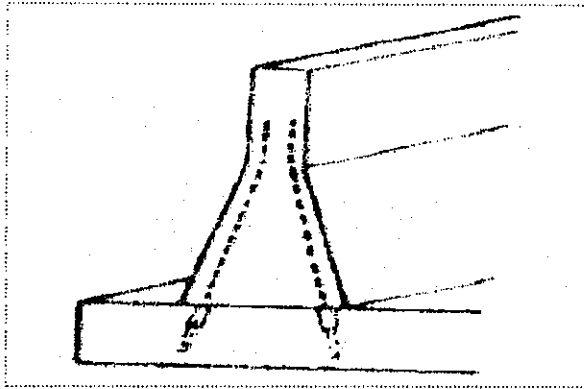
Soportes Interiores de Puente: ● S.S.



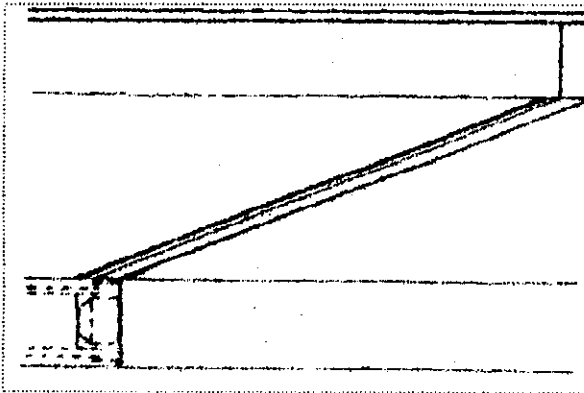
Barandas de Contención: ● □ S.S. H.D.G



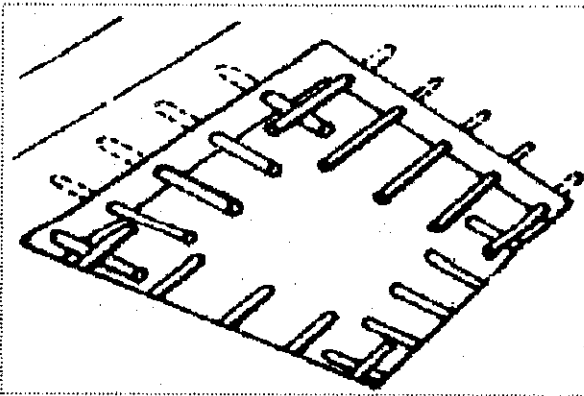
Refuerzo de Barreras: S.S. H.D.G.



Juntas de Expansión: S.S.

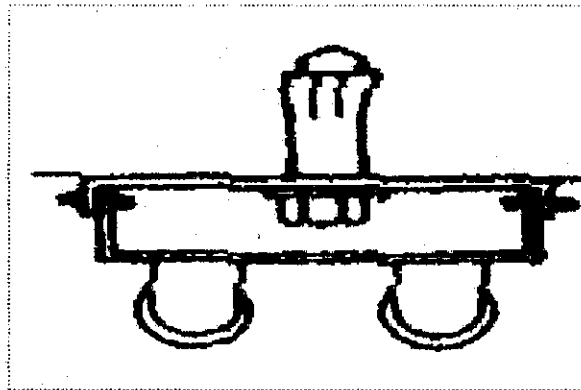


Amarres de Varillas: S.S. H.D.G.

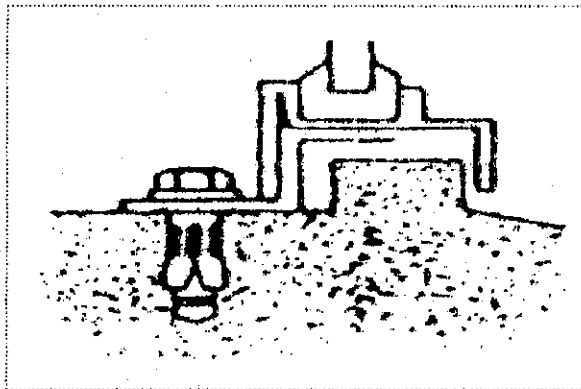


d) Mantenimiento de Plantas Industriales.

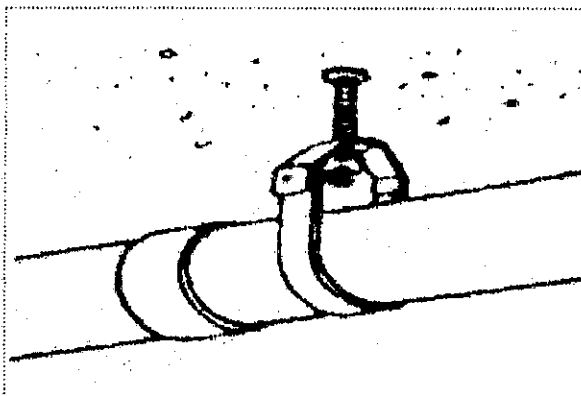
Lámparas: ● S.S. H.D.G.



Ventanería: ● H.D.G.

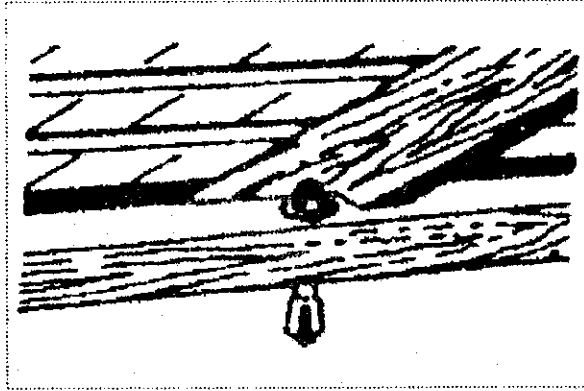


Soportes Estructurales de Tubería:



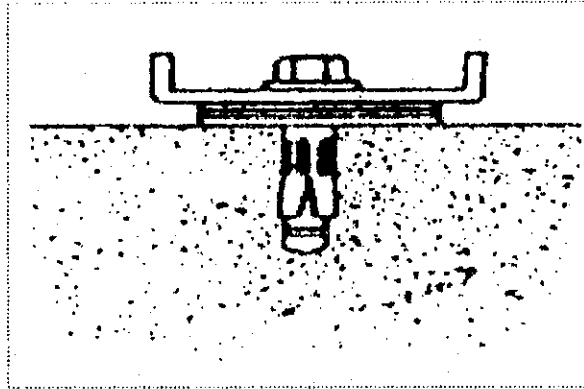
Carpintería de Madera:

● ○ H.D.G.



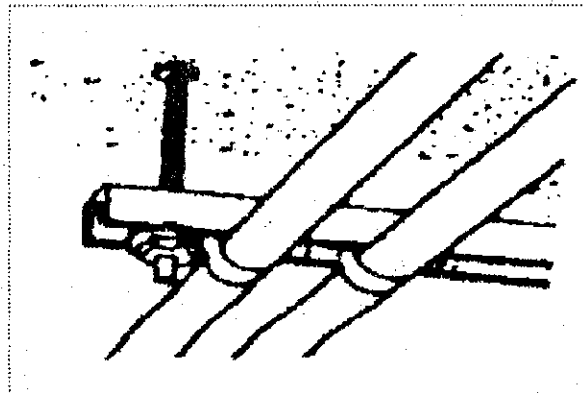
Divisiones Metálicas:

● ○ H.D.G.



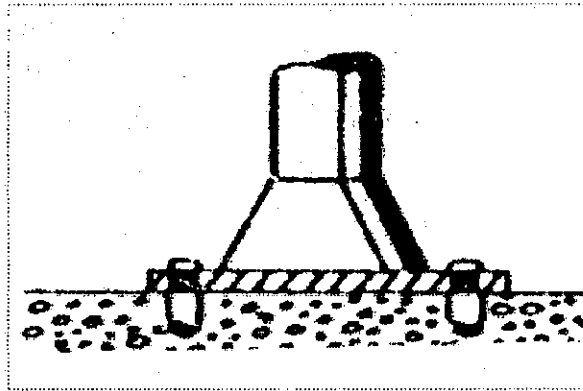
Ductos Colgantes:

● ○ □ H.D.G.

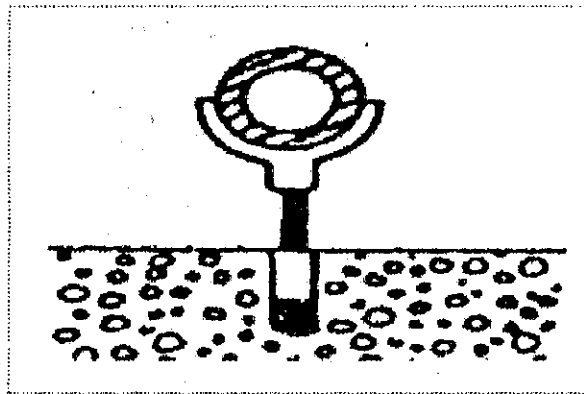


e) Construcción de Edificios.

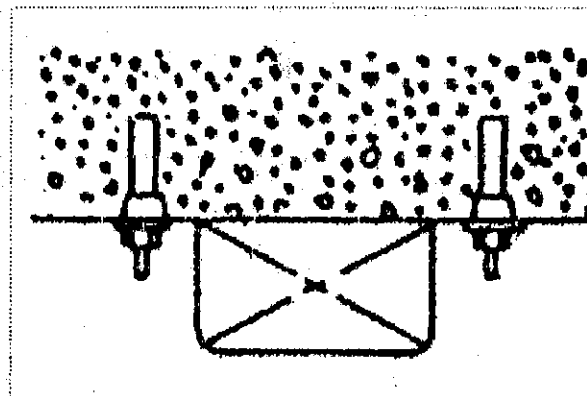
Soportería: ● ○ H.D.G.



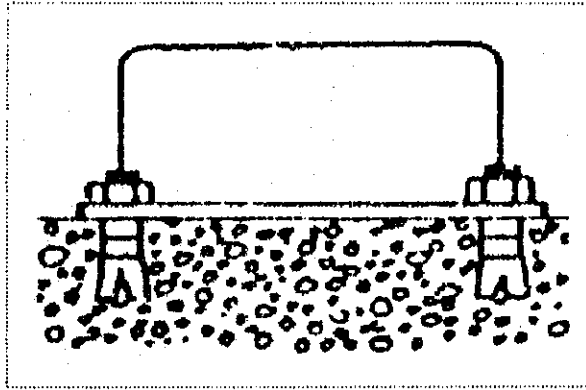
Soportes de Tubería en Azoteas: □ H.D.G.



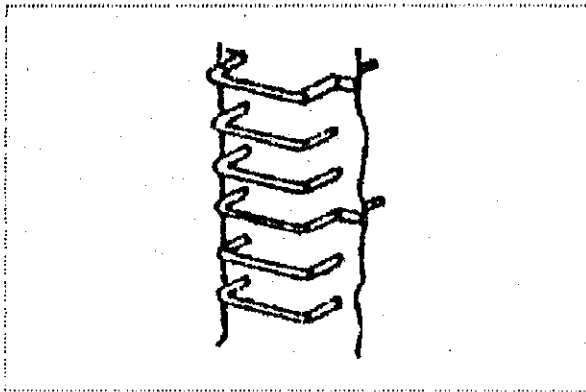
Aire Acondicionado: ● □ H.D.G.



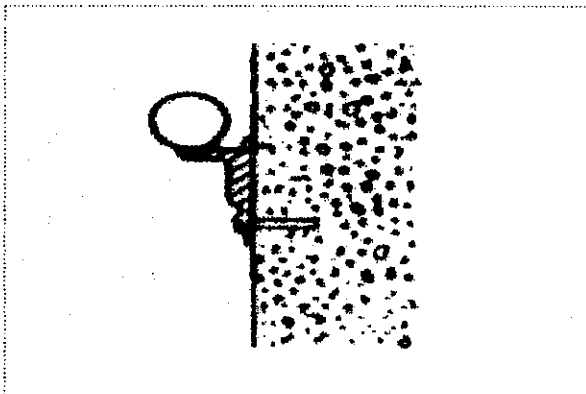
Transformadores: ● ○ H.D.G.



Escaleras de Emergencia: □ ○ ● H.D.G.

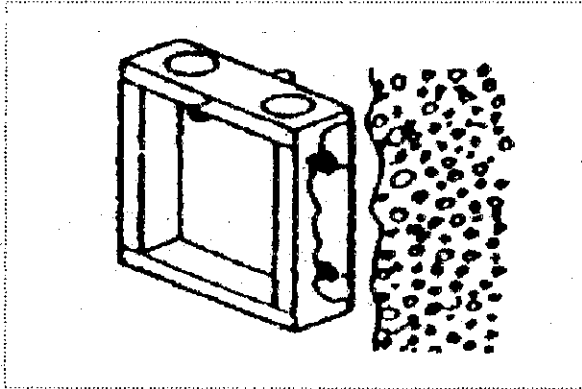


Pasamanos: ● □ H.D.G.



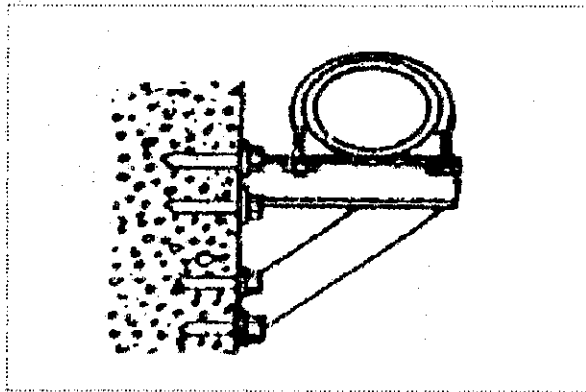
Cajas Eléctricas:

● □ H.D.G.



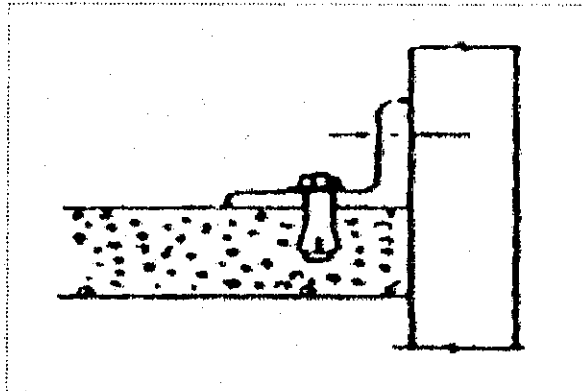
Soportes de Tubería Horizontal:

● ○

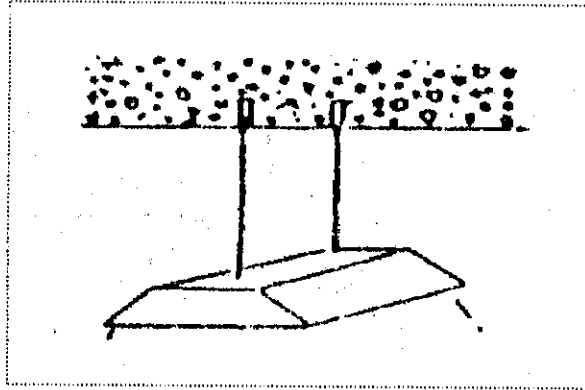


Ventanería:

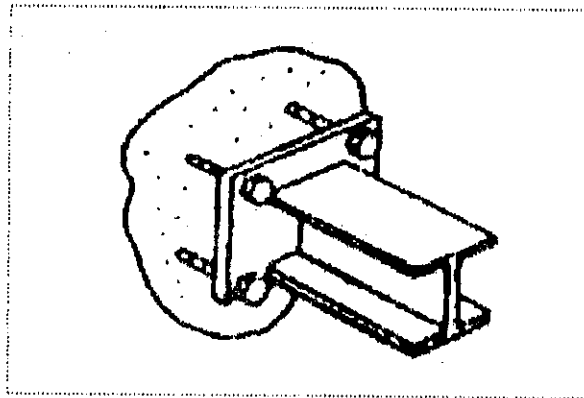
● ○ □



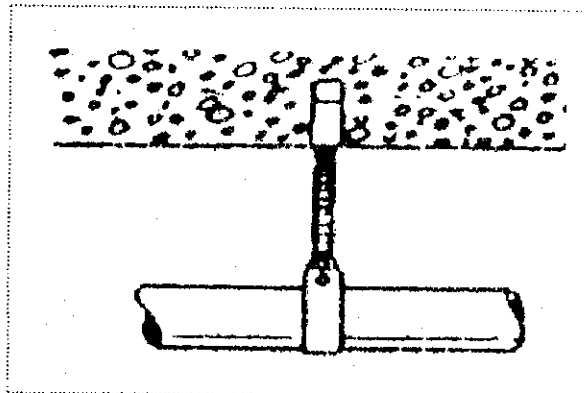
Lámparas Suspendidas: H.D.G.



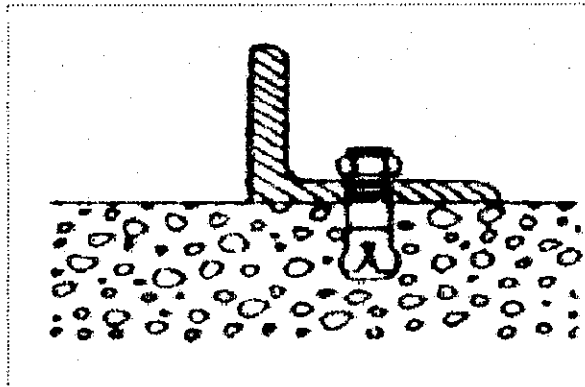
Soportes Estructurales: S.S. H.D.G.



Tubería Colgante: H.D.G.



Angulo Básico: ● ○ □ S.S. H.D.G.



1.10 FACTOR DE SEGURIDAD

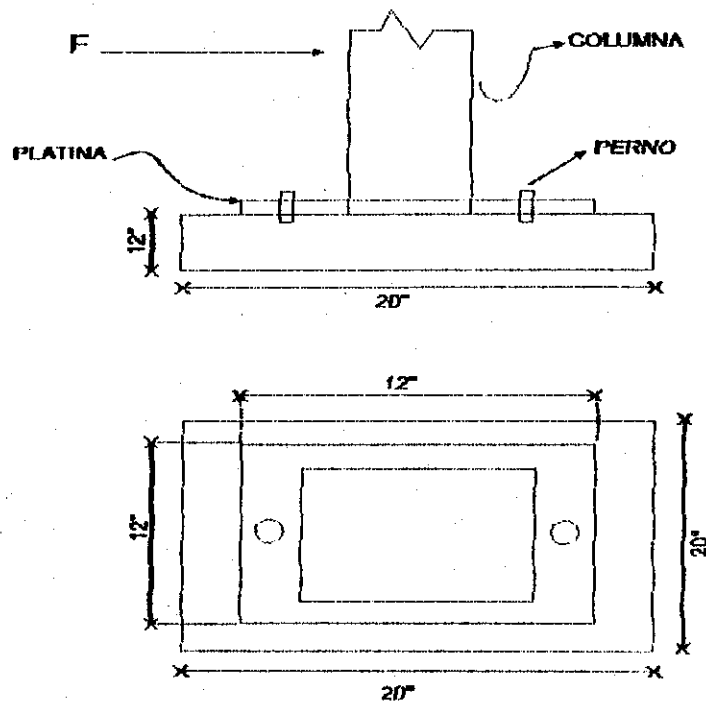
En los factores que afectan el desempeño de los anclajes mecánicos se considera tomar en cuenta lo que es un factor de seguridad. Los datos publicados dan las resistencias máximas de cada tipo de anclaje. Para propósitos de diseño se tiene que considerar un factor de seguridad de 4:1 para todos los esfuerzos estáticos, tanto a la tensión como al corte, esto indica que la resistencia segura de trabajo es el 25% de la resistencia final que se presenta en tablas publicadas, donde se combinan el esfuerzo a corte y el esfuerzo a la tracción.

Forma de Integración:

$$\frac{\text{Esfuerzo de Tracción Aplicada}}{\text{Esfuerzo de Tracción Permitido}} + \frac{\text{Esfuerzo de Corte Aplicado}}{\text{Esfuerzo de Corte Permitido}} \leq 1$$

1.11 EJEMPLOS DE DISEÑO

Ejemplo 1. Fijación de Base de Columna Metálica.



Datos:

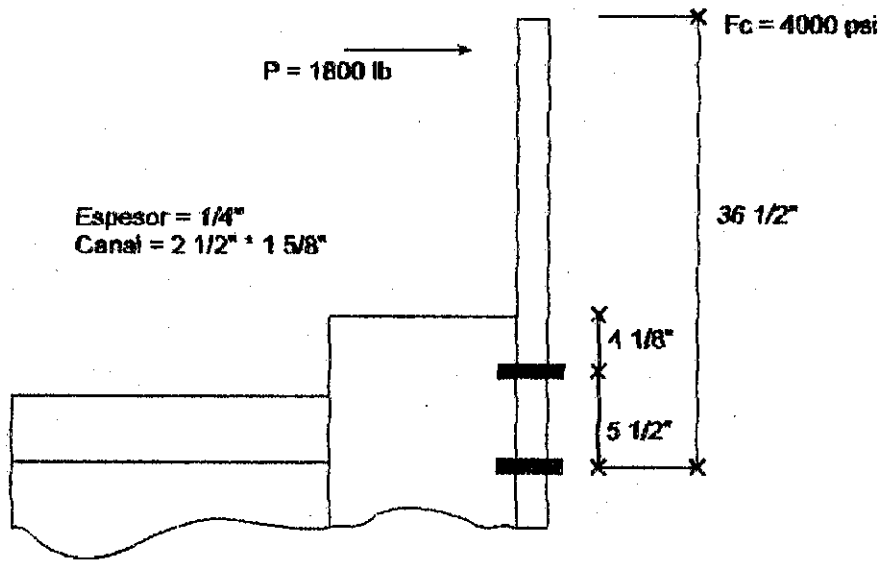
- Fuerza $F = 7,800$ lb.
- Número de pernos a instalar, 2 unidades.
- Resistencia del concreto 4000 psi.
- Tiempo de fraguado del concreto, 35 días.
- Espesor del concreto 12".

Al consultar la tabla 1, se encuentra el perno WS-3850, diámetro 3/8", longitud 5", que da un valor de 5,935 lbs/unidad. La longitud del anclaje mecánico es de 5", no afecta el grosor total del cimiento, ya que éste es de 12". Como se estarán colocando dos unidades se obtiene una carga de 11,870 lbs. de tracción, lo cual supera a la fuerza de 7,800 lbs. Para su instalación ver la página 20, en donde se indica

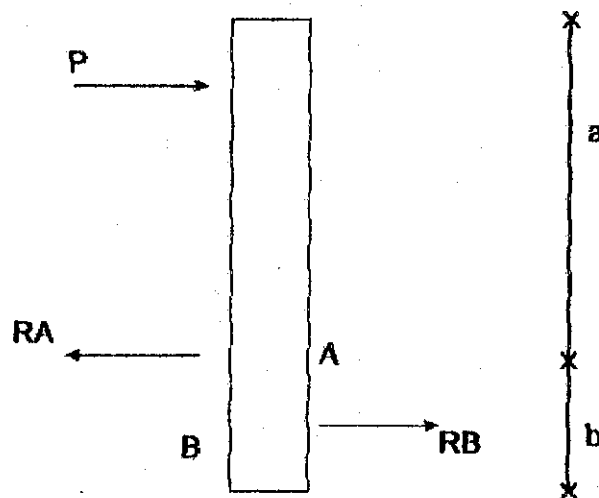
la forma de instalación de los anclajes tipo cuña y tipo manga.

Ejemplo 2. Aplicación de Canales y Postes de Defensa.

Se necesita un anclaje mecánico que se pueda utilizar a través del material a fijar.



Solución: Determinación de la Carga.



Asumiendo que el poste es relativamente rígido y descartando las fuerzas de palanca adicionales en ambos anclajes, debido a las pestañas debajo del anclaje B, se puede calcular de la siguiente manera:

$$\sum MB = 0$$

$$P(a + b) = \text{Fact} * b = 0$$

Despejando Fact:

$$\text{Fact} = \frac{(a + b) * P}{b}$$

Sustituyendo datos:

$$\begin{aligned} A &= 31 \\ b &= 5.5 \\ P &= 2500 \text{ lb} \end{aligned}$$

$$\text{Fact} = \frac{(31 + 5.5) * 1800}{5.5} = \frac{65,700}{5.5}$$

$$\text{Fact} = 11,945.45$$

Encontrando el anclaje:

- Se puede utilizar el anclaje tipo trubolt.
- Encontrando la medida, carga aplicada 11,945.45 lb.

Número de perno a colocar 2.

Por lo que cada perno soportará 5,972.73 lb.

Chequeando tabla 1, se encuentra tipo de concreto 4000 psi.

El perno trubolt teniendo un diámetro de 1/2" y empotramiento en el concreto de 4 1/8", tiene las resistencias siguientes:

- Resistencia a la tracción: 7,333 lb
- Resistencia al corte: 7,449 lb

Se necesitará que cada perno soporte 5,972.73 lb, por lo que si lo excede, el modelo a utilizar sería WS-1254, diámetro de 1/2", longitud de 5".

Para su instalación ver página 20, en donde se indica la forma adecuada de instalación.

CAPÍTULO II

EPÓXICO POR INYECCIÓN

2.1 QUÉ ES EL EPÓXICO POR INYECCIÓN

Los sistemas de epóxico por inyección son una forma de anclajes que se han desarrollado y tienen una muy buena reputación como referencia de seguridad y eficacia, sobre todo en aplicaciones muy exigentes.

Logra superar las limitaciones de otros tipos de anclajes. El sistema de epóxico por inyección ha sido diseñado para fijaciones que requieran altas resistencias en concreto sólido.

Los anclajes mecánicos fatigan el concreto, mientras los anclajes instalados por medio del sistema de inyección logran unirse al concreto, logrando de esta manera obtener muy buenos resultados en relación a las cargas que pueden soportar, mencionándose fuerzas de tracción y corte.

El epóxico por inyección viene a ser el material de anclaje, en vez del material base. La razón es que el epóxico se adhiere tanto a la barra como al concreto a lo largo de toda la longitud del empotramiento. Esto se logra cuando se

ha instalado apropiadamente. Por lo que el epóxico en realidad es más fuerte que el anclaje mismo.

En la mayoría de las aplicaciones la designación no se basa en los límites del concreto. Por eso la eficacia se basa en los limitantes del acero usado en la barra o en el sujetador. Es la fatiga del material y de la barra lo que se torna en el elemento crítico y no el material base, dígase el concreto.

La utilización del epóxico por inyección es para casos en los cuales se tienen que realizar fijaciones, en donde se requieren cargas altas de resistencia y se tiene diámetros pequeños, así como profundidades pequeñas del espárrago o barra a instalar.

El nombre de epóxico por inyección es tomado por su forma de instalación, la cual consiste en introducir la boquilla mezcladora al agujero en donde se desea realizar la fijación.

2.2 FUNCIONAMIENTO DEL EPÓXICO POR INYECCIÓN

El sistema de epóxico por inyección consta de dos partes básicas:

- A. El producto de epóxico componente "A" es una resina que permanece estable y separado en un cartucho, hasta su inyección a través de una boquilla de diseño especial.
- B. El componente "B" es un acelerante que al mismo tiempo se combina con la resina por medio de la boquilla, logrando de esta forma, mezclarse y producir el epóxico de fijación.

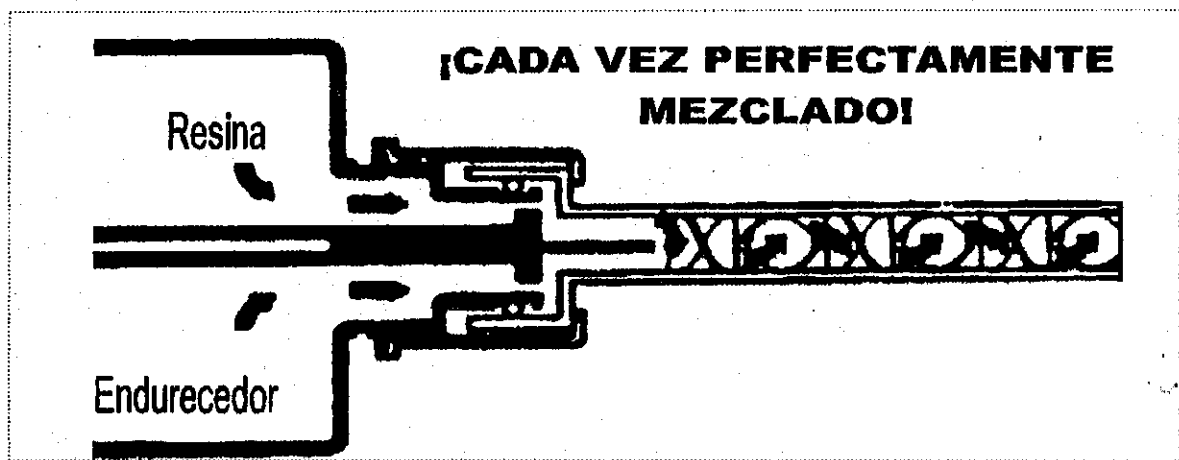


Figura 2,1 Forma como son impulsados los productos hacia la boquilla mezcladora.

Los productos son colocados en un cartucho de dos componentes, posteriormente el cartucho encaja en una herramienta manual de inyección, que es la que se encarga de presionar a los componentes hacia la boquilla mezcladora. La boquilla contiene mezcladores estáticos que se encargan de mezclar los componentes asegurando una mezcla homogénea de 1:1.

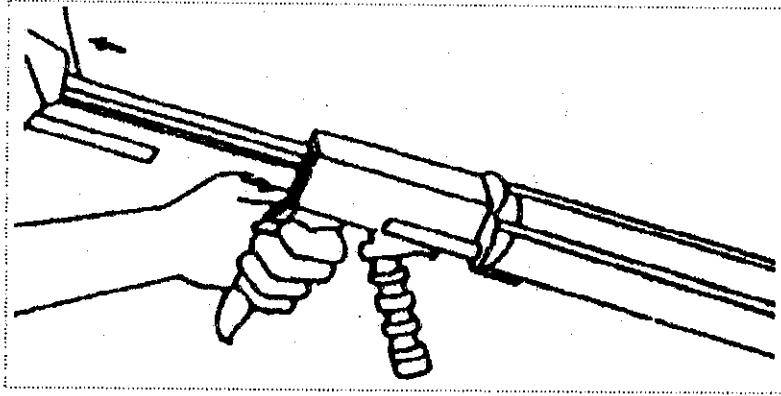


Figura 2,2 Herramienta manual aplicadora del epóxico.

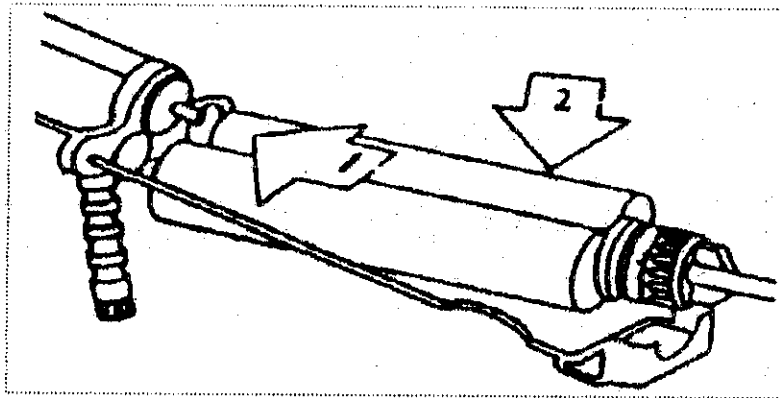


Figura 2,3 Colocación del cartucho con la boquilla en los pistones y la herramienta aplicadora.

2.2.1 Datos Técnicos del Epóxico por Inyección Ceramic 6.

Componente A:

Resina: Resina compuesta de cerámica.

Color: Blanco

Densidad: 1.33 g/cc \pm 5%.

Viscosidad: 17500 cps \pm 14% @ 70°F

Gravedad Específica: 1.33

Punto de Ignición: 250°F (121°C)

Componente B:

Catalizador: Endurecedor

Color: Café

Densidad: 1.80 g/cc \pm 0.5%

Viscosidad: 164.000 CPS \pm 10% @ 70°F

Gravedad Específica: 1.80

Punto de Ignición: 200°F (90°C)

Contenido del Cartucho:

- Volumen:

17.9 Fl. Oz.

530 ml.

530 cc.

32.3 Pulg³

- Peso:

1.78 Lb (0.807 kgs)

- Reconocimiento al endurecerse ya instalado:

0.00051 pulg/pulg.

- Temperatura Ambiente para Instalación:

Mínima de 40°F (4°C)

Máxima de 125°F (52°C)

- Solubilidad al Agua:

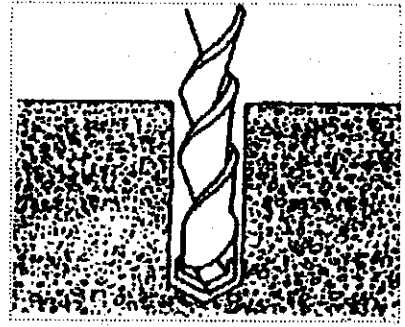
Ninguna.

2.3 PROCEDIMIENTO DE INSTALACIÓN DE EPÓXICO POR INYECCIÓN

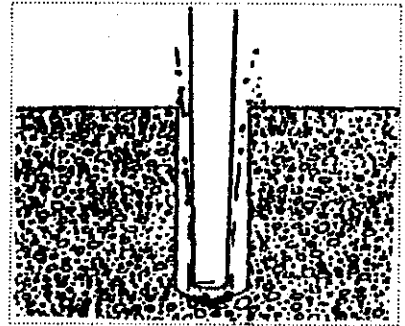
Se tienen una variedad de herramientas de inyección las cuales trabajan con los cartuchos y mezcladores del sistema. Estas herramientas miden, mezclan e inyectan el epóxico en el hueco ya perforado. La perforación del agujero es importante en el comportamiento del anclaje.

- a) Preparación del Agujero: El sistema de epóxico trabaja mejor en paredes ásperas, por lo que es recomendable utilizar un rotomartillo electroneumático que es especial para perforar el concreto. Al lograr realizar el agujero al diámetro recomendado y la profundidad necesaria, se tiene que limpiar el fondo y las paredes del agujero con un cepillo de cerdas de nylon, o bien aire comprimido o soplador manual. Para tener una buena limpieza no se debe utilizar cepillos con cerdas de alambre, pues se producirá más polvo de concreto. Lo importante es lograr que el agujero quede limpio del polvo, agua, aceite y basura antes de empezar la inyección del epóxico, también el anclaje varilla roscada o varilla de construcción, debe estar completamente limpia de grasa, pintura, aceite, óxido u otro material que afecte el correcto comportamiento del epóxico.

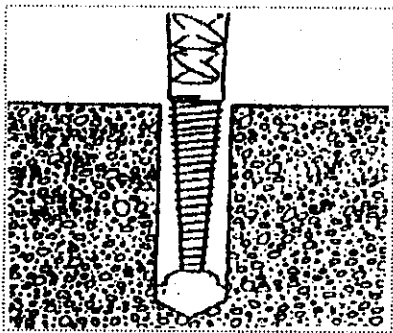
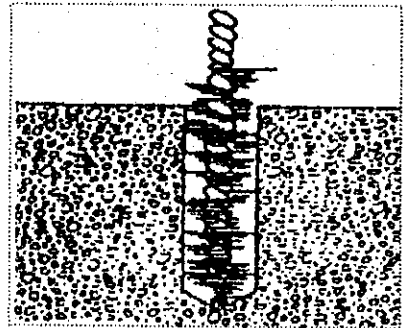
Perforación de agujero, por medio de broca para concreto.



Limpieza de agujero por medio de aire comprimido.

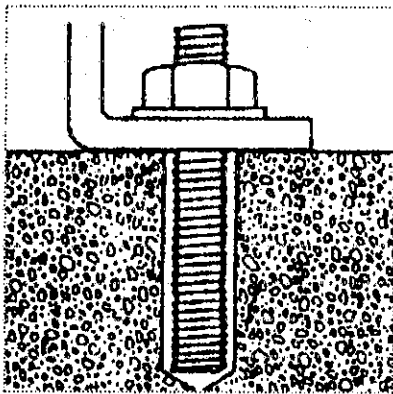
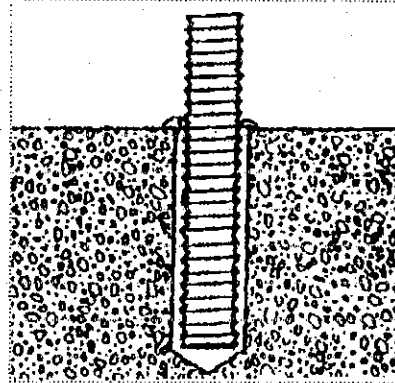


Limpieza del agujero por medio de cepillo de nylon.



b) Al tener preparado adecuadamente el agujero, ya con su completa profundidad y diámetro adecuado, colocar la punta de la boquilla en el fondo del agujero y se empieza a inyectar el epóxico, tratando que el agujero se llene a la mitad. Al lograr el llenado deseado se saca la boquilla lentamente.

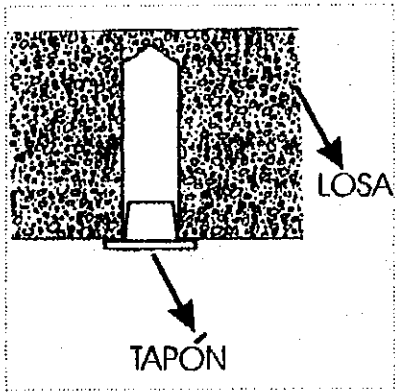
c) Introducir la varilla roscada o bien la varilla de construcción en el agujero, esto hay que realizarlo lentamente y realizando un movimiento de giro, lentamente, en ambas direcciones, de esta manera se asegura el llenado adecuado de todos los hilos de una varilla roscada o de una varilla de construcción.



d) Después de tener adecuadamente instalado el epóxico así como la varilla de construcción o varilla roscada, dejar el tiempo recomendado de curado del epóxico.

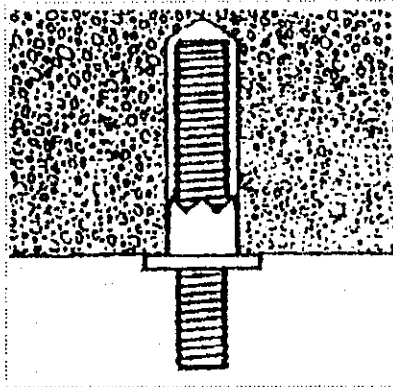
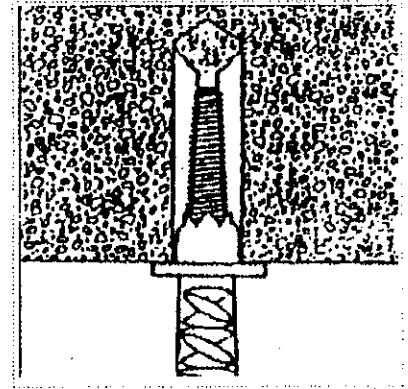
2.4 INSTALACIÓN EN LOSAS O PAREDES DE CONCRETO SÓLIDO

Para lograr que el epóxico logre sostener en el agujero vertical hacia abajo, se pueden utilizar unos tapones especiales. Para lograr una buena fijación, se tienen que seguir los siguientes pasos.



a) Después de perforar el agujero, colocar la tapa apropiada al sistema hasta que el aro exterior toque el concreto.

b) Insertar la boquilla mezcladora a través de la tapa y llenar el agujero con epóxico hasta la mitad del mismo, posteriormente sacar la boquilla cuidadosamente.



c) A mano se coloca el espárrago a través de la tapa, usando un movimiento de giro en ambos sentidos, hay que asegurarse que el perno llegue hasta el fondo del hueco.

2.5 TIEMPO DE CURADO

Para obtener un adecuado funcionamiento del epóxico, hay que tomar en cuenta el tiempo de curado para tener resultados

óptimos. Un anclaje instalado con epóxico ceramic 6 tiene una gran proporción de su resistencia admisible de cargas pocos minutos después de su mezcla. A una temperatura de 20°C., con un empotramiento de 9 veces el diámetro del perno, el tiempo de ensamble debe ser por lo menos de una hora, si el empotramiento es menor o la temperatura ambiente menor, hay que esperar más.

TABLA II
TIEMPO DE FRAGUADO DEL EPÓXICO CERAMIC 6

TEMPERATURA (°F/°C)	TIEMPO ENDURECIMIENTO	TIEMPO ENSAMBLE	TIEMPO PARA DE CARGA	TIEMPO DE SECADO TOTAL
40/4	45 minutos	3 horas	5 horas	48 horas
50/10	20 minutos	2 horas	4 horas	36 horas
60/16	10 minutos	1½ horas	3½ horas	24 horas
68/20	7 minutos	1 hora	3 horas	24 horas
90/32	5 minutos	1 hora	3 horas	24 horas

2.6 TORQUE RECOMENDADO PARA VARILLAS ROSCADAS YA INSTALADAS

Para obtener una fijación adecuada de la pieza a instalar es importante aplicar un torque a la tuerca, por lo que en la siguiente tabla se dan los torques recomendados.

TABLA 12
 TORQUE RECOMENDADO DEPENDIENDO DEL DIÁMETRO DEL ANCLAJE
 VARILLA ROSCADA UTILIZADA, ASI ES EL TORQUE A APLICAR

DIÁMETRO ESPÁRRAGO (PULGADAS)	TORQUE (FT/LBS)
3/8	13 - 18
1/2	22 - 35
5/8	55 - 80
3/4	106 - 160
7/8	185 - 250
1	276 - 330
1 1/4	370 - 660

2.7 CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL EPÓXICO POR INYECCIÓN CERAMIC 6

La eficacia uniforme del anclaje está garantizada por la boquilla estática especial para la mezcla.

No hay deterioro de la mezcla en el transcurso del tiempo y la eficacia de tracción aumenta con el tiempo, proporcionando una fuerza de retención y características de eficacia tremendas.

Proporciona una eficacia de carga vibratoria excelente. Los costos de mano de obra y materiales son más bajos por el sistema ceramic 6, proporciona una cantidad de material específica, medida con anterioridad a cada instalación, no hay desperdicio y se reduce el tiempo necesario para aplicar el producto.

El epóxico ceramic 6 puede ser aplicado dentro del agua (dulce o salada) sin reducción de su fuerza de retención inmediata a través del tiempo.

2.8 TABLAS DE INFORMACIÓN SOBRE FACTORES DE CARGA DE TRACCIÓN Y CORTE

En las tablas de información se proporcionan los datos obtenidos en una variedad de concretos, con la idea de tener la mejor información, y así determinar de una mejor manera un diseño, en el cual hay que utilizar epóxico por inyección.

TABLA 13
CARGA DE TENSIÓN (LBS.) PERMITIDAS PARA VARILLAS ROSCADAS EN CONCRETO DE PESO NORMAL

DIÁMETRO LA VARILLA ROSCADA (Pulgadas)	EMPOTRAMIENTO MÍNIMO (Pulgadas)	DISTANCIAMIENTO (Pulgadas)	DISTANCIA AL BORDE (Pulgadas)	CARGA DE TENSIÓN PERMITIDA BASADO EN LA RESISTENCIA DEL COMPUESTO EPÓXICO		
				2000 PSI CONCRETO	3500 PSI CONCRETO	6000 PSI CONCRETO
3/8	3-3/8	5	3-3/8	1,655	2,140	2,655
	4-1/2	4-1/2	4-1/2	-	2,650	-
1/2	4-1/2	6-3/4	4-1/2	2,825	3,625	3,470
	6	6	6	-	4,350	-
5/8	5-5/8	8-1/2	5-5/8	4,190	5,720	6,050
	7-1/2	7-1/2	7-1/2	-	7,365	-
3/4	6-3/4	10-1/4	6-3/4	7,415	8,215	8,440
	9	9	9	-	9,715	-
7/8	7-7/8	11-3/4	7-7/8	8,815	9,430	10,255
	10-1/2	10-1/2	10-1/2	-	12,800	-
1	9	13-1/2	9	10,825	11,400	11,210
	12	12	12	-	15,760	-

Valores permitidos basados en el factor de seguridad de 4-1, para obtener valores de carga última multiplique por 4 los valores presentados.

TABLA 14
CARGAS DE CORTE (LBS.) PERMITIDAS PARA VARILLAS ROSCADAS EN CONCRETO DE PESO NORMAL.

DIÁMETRO LA VARILLA ROSCADA (Pulgadas)	EMPOTRAMIENTO MÍNIMO (Pulgadas)	DISTANCIAMIENTO (Pulgadas)	DISTANCIA AL BORDE (Pulgadas)	CARGA DE TENSIÓN PERMITIDA BASADO EN LA RESISTENCIA DEL COMPUESTO EPÓXICO		
				2000 PSI CONCRETO	3500 PSI CONCRETO	6000 PSI CONCRETO
3/8	3-3/8	5	3-3/8	1,270	1,500	1,500
1/2	4-1/2	6-3/4	4-1/2	2,200	2,200	2,650
5/8	5-5/8	8-1/2	5-5/8	3,290	4,115	4,270
3/4	6-3/4	10-1/4	6-3/4	3,995	5,085	6,120
7/8	7-7/8	11-3/4	7-7/8	5,385	7,575	8,140
1	9	13-1/2	9	6,310	9,505	11,600

Valores permitidos basados en factor de seguridad de 4-1, para obtener valores de carga última multiplique por 4 los valores presentados.

TABLA 15
NÚMERO DE ANCLAJES POR CARTUCHO

DIÁMETRO DEL ANCLAJE	DIÁMETRO DEL AGUJERO	PROFUNDIDAD DEL AGUJERO	No. DE ANCLAJES POR CARTUCHO
3/8"	7/16"	3-3/8"	72
1/2"	9/16"	4-1/2"	40
5/8"	3/4"	5-5/8"	18
3/4"	7/8"	6-3/4"	12
7/8"	1"	7-7/8"	8
1"	1-1/8"	9"	6
1-1/4"	1-1/2"	11-1/4"	3

Para poder determinar las cantidades de epóxico ceramic 6 que se utiliza hay que tomar el contenido del cartucho que

es de 17.907 (530 c.c.), inciso 3.2.2, en esta tabla se dan los consumos más comunes que se tienen en el epóxico, logrando determinar el número de anclajes por cartucho a instalar.

2.9 LUGARES DONDE SE PUEDEN UTILIZAR LOS EPÓXICOS POR INYECCIÓN CERAMIC 6

Es importante tener una idea de la gran variedad de aplicaciones que se pueden realizar con epóxicos de inyección, las aplicaciones se realizarán dependiendo de las necesidades y la determinación de cargas que se deben obtener, los puntos que se tienen que tomar en cuenta cuando se tenga que utilizar un anclaje mecánico o un sistema de epóxico por inyección ceramic 6, se podría decir que son los siguientes:

- Se usará epóxico por inyección (ceramic 6) cuando se quieran obtener cargas altas y se tengan que usar diámetros pequeños y profundidades pequeñas, también cuando se tenga que usar al borde de piezas de concreto y se tenga el problema de cargas, por ejemplo columnas, vigas, etc.
- Se usará epóxico por inyección (ceramic 6) cuando se tiene poca distancia entre pernos, ya que en este caso no hay problema de debilitamiento del concreto, caso que pasa con los anclajes mecánicos.

- Se usará epóxico por inyección (ceramic 6) cuando se tiene demasiada vibración y el concreto estará recibiendo la misma, en este caso el epóxico puede trabajar perfectamente.
- Se usará epóxico por inyección (ceramic 6) cuando se tienen agujeros de concreto con agua y es muy difícil de extraerla; en este caso es adecuado utilizar el epóxico, ya que la reacción de sus componentes y el agua no afectan las cargas que se desean obtener, ni tampoco adherencia del epóxico con el concreto y el perno.
- Se usará epóxico por inyección (ceramic 6) cuando se tengan problemas de corrosión en la fijación realizada, por ejemplo en plantas químicas, instalaciones de agua potable, drenajes y cuando se tenga área a la intemperie.

2.10 EJEMPLOS DE APLICACIONES

- a) Empotrar varillas de construcción a muelles de concreto, soporte para estructuras y pines para unir pisos en concreto.
 - Altas capacidades de tracción se experimentan a la hora de haber inyectado el producto.
 - No hay necesidad de espárragos especiales. La misma varilla de construcción hace el trabajo.
 - La alta viscosidad del Epcon Ceramic 6 permite hacer aplicaciones verticales.



Figura 2,4. Instalación de pines para estructuras de concreto.

- b) Fijación de brazos sujetadores de paredes de concreto para ser fundidas en sitio o prefabricadas.
- Alta resistencia a la tracción con empotramientos mínimos.
- Alta densidad del sistema Epcon se mantiene en su sitio en aplicaciones verticales.

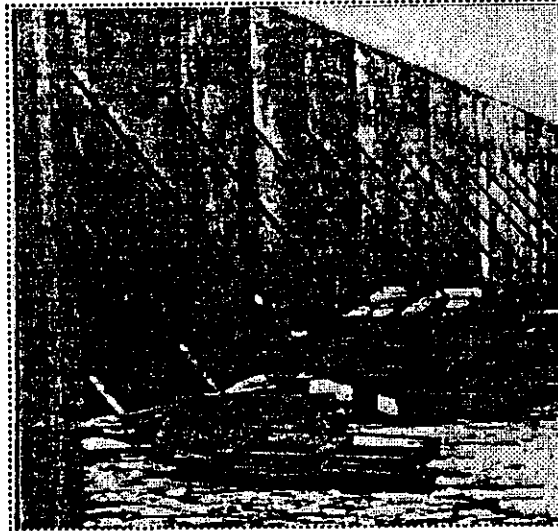


Figura 2,5. En las figuras se observan los brazos sujetadores de una pared prefabricada.

c) Rieles protectores en puentes.

- Anclaje cerca al borde del concreto requerido.
- Velocidad de instalación y secamiento.
- Alta resistencia a la corrosión cuando se utiliza con espárragos galvanizados en caliente.



Figura 2,6. Instalación de los rieles y baranda en un puente.

- d) Instalación en losas en aplicación vertical hacia arriba.
- El epóxico ceramic 6 por su viscosidad es adecuado para aplicaciones verticales hacia arriba.
- Al utilizar los tapones que sostienen en el epóxico ceramic 6 que se menciona en el inciso 3.4.1 y su figura, no se tiene ningún problema de escurrimiento.



Figura 2.7. Forma como se está aplicando el ceramic 6 hacia arriba.

- e) Soporte de anclajes metálicos para sostener fachada flotante en piedra.
- Debido a su alta resistencia al corte, para sostener paneles hasta de 5,000 kg.
 - Resistencia a la corrosión al trabajar en conjunto con pernos de acero inoxidable.
 - Ningún movimiento en los anclajes bajo carga.
 - Excelente resistencia comprobada para largos períodos de tiempo, lo cual asegura una fijación duradera para muchos años.
 - Soldar cerca a los anclajes Epcon no afecta su resistencia.

- f) Anclaje de bombas para trabajo pesado y tanques.
- Resistencia a la vibración para trabajos continuos.
- Ultra resistencia al corte y tracción.
- Alta resistencia a la corrosión contra elementos químicos de limpieza.

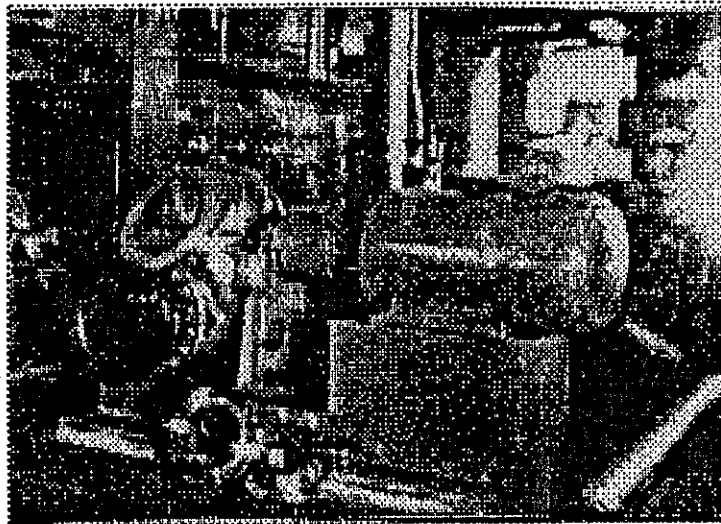


Figura 2,8. Instalación de un motor hacia una bomba centrífuga.

- g) Proyecto de rehabilitación y renovación de mampostería exterior para amarrarla a la estructura del edificio.
- Bastante más barato que otras alternativas de anclajes mecánicos.
- Alta viscosidad y buen surtido de mallas de acero inoxidable, permitieron hacer la mayoría de los anclajes posibles inclusive en sitios huecos.

- Rapidez en el secado.
- Fijación cerca al borde de las columnas.



Figura 2,9. Instalación de pines con varilla de construcción en mampostería en áreas de rehabilitación.

2.11 EJEMPLO DE DISEÑO

Determine la capacidad a tracción y al corte de cuatro pernos roscados de 1 pulgada, instalados cerca de una esquina de una losa de concreto usando el sistema EPCON. Los anclajes están empotrados 12 pulgadas ($E = 12''$) y están distanciados a 12 pulgadas entre sí, con una distancia al borde de 6 pulgadas. Resistencia del concreto: dureza $F'c = 3500$ psi. Pernos roscados de acero: A193 grado B, $F_c = 125.000$ psi.

Los valores de tensión admisibles, listados en la tabla 13 para anclajes de 1 pulgada, instalados con un empotramiento de 12 pulgadas, requieren una distancia al borde de 12 pulgadas y un distanciamiento entre anclajes de 12 pulgadas. La tabla 3 permite reducciones superiores al 50% tanto en distanciamiento entre anclajes como en distancia al borde, teniendo en cuenta que los valores admisibles son reducidos por los factores de reducción listados.

El perno No. 1 es afectado por dos distancias reducidas al borde y debe ser reducida por la combinación de factores reducidos como sigue:

$$m_1 = m_2 = 6" \text{ use } F_{tm} = 0.7 \text{ (tabla 3)}$$

$$F_{11} = 0.7 \times 0.7 = 0.49$$

$$P_1 = 15,760 \text{ lbs} \times 0.49$$

$$= 7,722 \text{ lbs.}$$

Los pernos Nos. 2 y 3 están afectados por una distancia al borde reducida y deben ser reducidos así:

$$m_1 = m_2 = 6" \text{ use } F_{tm} = 0.7 \text{ (tabla 3)}$$

$$F_{12} = F_{13} = 0.7$$

$$P_2 = P_3 = 15,760 \text{ lbs} \times 0.7$$

$$= 11,032 \text{ lbs}$$

El perno No. 4 no está afectado por distancias al borde, por eso:

$$P_4 = 15,760$$

Los valores admisibles al corte listados en la Tabla 14, para anclajes de 1", están basados en un empotramiento de 9", una distancia al borde de 9", y un distanciamiento entre anclajes de 13 1/2". La Tabla 3 permite reducciones superiores al 50% tanto en distanciamiento entre anclajes como en distancia al borde, teniendo en cuenta que los valores admisibles son reducidos por los factores de reducción listados. Se puede usar interpolación lineal para distanciamiento intermedio o al borde.

El perno No. 1 está afectado por dos distancias al borde y distanciamiento reducido, y debe ser hallado por la reducción combinada de factores, como sigue:

Factor de reducción de Corte para distancia al borde reducida:

$$m_1 = m_2 = 6" \quad \text{use } F_{tm} = 0.5 \quad (\text{tabla 3})$$

Factor de reducción de Corte para distanciamiento reducido entre anclas:

$$S_2 = 12" \quad S = 13 \frac{1}{2}" \quad S_{mn} = 6 \frac{3}{4}"$$

Interpolación para distanciamiento reducido entre anclas:

$$F_{vsl} = \frac{S_2 - (S - S_{mn})}{(S - S_{mn})} (1.0F) + F_v$$

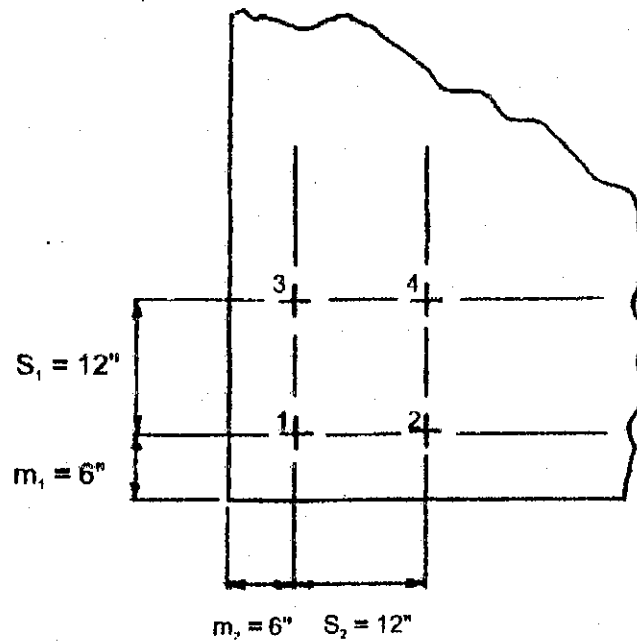
$$F_{vsl} = \left| 0.31 + 0.6 = 0.91 \right|$$

Reducción total del factor de Corte para el perno No. 1

$$F_{vl} = F_{vnl} \times F_{vml} \times F_{vsl}$$

$$= 0.5 \times 0.5 \times 0.91$$

$$= 0.228$$



Capacidad de corte para el perno No. 1:

$$V_1 = 9,505 \text{ lbs} \times 0.228$$

$$= 2,162 \text{ lbs.}$$

Los pernos Nos. 2 y 3 están afectados por una distancia al borde y distanciamiento reducido entre anclajes, y deben ser reducidos por la combinación reducida de factores como sigue:

Factor de reducción total al corte para perno Nos. 2 y 3

(Dirección de la carga hacia el borde libre):

$$F_{v2} = F_{vn1} \times F_{vs2}$$

$$= 0.5 \times 0.91$$

$$= 0.455$$

$$V_2 = V_3 = 9,505 \text{ lbs} \times 0.455 \\ = 4,325 \text{ lbs.}$$

Factor de reducción total al corte para pernos Nos. 2 y 3
(Dirección de la carga paralela al borde):

$$F_{v2} = F_{vm} = 0.6$$

$$V_2 = V_3 = 9,505 \text{ lbs} \times 0.6 \\ = 5,703 \text{ lbs.}$$

Capacidad al corte para perno No. 4 use la capacidad completa.

Para su instalación ver página 56 en donde se indica la forma adecuada de instalación utilizando el epóxico por inyección.



CAPÍTULO III

ENSAYOS DE RESISTENCIA DE ANCLAJES MECÁNICOS Y EPÓXICO POR INYECCIÓN CERAMIC 6

La idea de realizar dichas pruebas es lograr determinar la capacidad de resistencia de los anclajes mecánicos y epóxico ceramic 6, teniendo en cuenta las dos fuerzas más comunes a que es sometido cualquier elemento de fijación.

Se realizaron dichos ensayos para poder comparar las resistencias reales a los que puede ser sometido un elemento, esta comparación se hace con tablas proporcionadas por el fabricante, bajo diferentes resistencias del concreto en lb/pulg² (psi)

Es importante tomar en cuenta que no se contaba con dichos ensayos aplicados al concreto fabricado en Guatemala, siempre utilizando los mecanismos de instalación ya mencionados en capítulos anteriores.

Las fuerzas que se ensayaron fueron:

- Fuerza de Tracción
- Fuerza de Corte

3.1 FUERZA DE TRACCIÓN

Con este ensayo se trata de determinar la capacidad de resistencia de un anclaje mecánico y el epóxico por inyección ceramic 6.

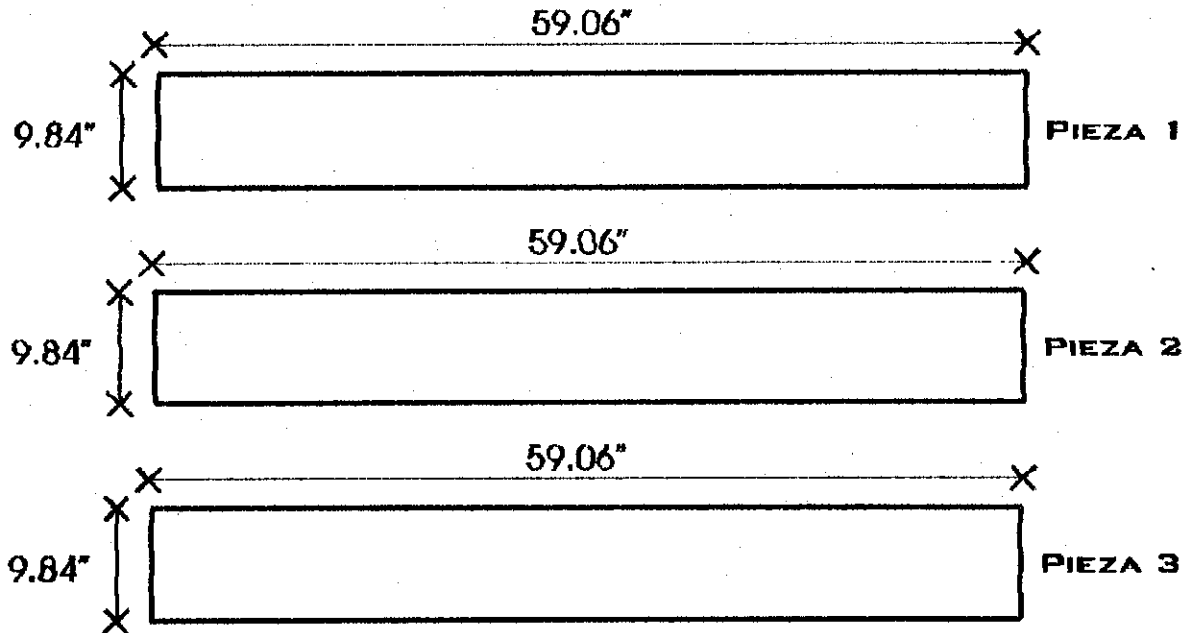
Para soportar la extracción que éste puede tener ya instalado dentro del concreto e instalada la pieza a fijar.

La forma como trabaja el anclaje mecánico contra la extracción es por la fricción directamente del anclaje en contra de la extracción.

La fuerza de tracción se definirá por la Ft. La manera como se logró llegar a obtener los costos de extracción fueron los siguientes:

A. Fabricación de las Piezas de Concreto.

Medidas de las piezas.



Las piezas se fabricaron de concreto, para la pieza 1, la pieza 2 se diseñó el concreto para una resistencia de 4000 psi y para la pieza 3 se diseñó un concreto de 3500 psi. Las profundidades de los pernos se observan en la tabla 16, que se determina como empotramiento. Los pernos colocados en la pieza 1 son los siguientes:

TABLA 16
VALOR DE (Tu) FUERZA DE TRACCIÓN ENCONTRADA

PERNO	MODELO	LONGITUD	EMPOTRAMIENTO	CARGA OBTENIDA	Tu
1	WS-3830	3/8" * 3"	1 1/2"	1,595 kg (3,516.34 lb)	31,837.46 psi
2	WS-3830	3/8" * 3"	1 1/2"	1,015 kg (2,237.67 lb)	20,260.19 psi
3	WS-3850	3/8" * 5"	3"	1,740 kg (3,836.00 lb)	34,731.71 psi
4	WS-3850	3/8" * 5"	3"	2,465 kg (5,434.34 lb)	49,203.32 psi
5	WS-1242	1/2" * 4 1/4"	2 1/4"	1,610 kg (3,549.41 lb)	18,076.00 psi
6	WS-1242	1/2" * 4 1/4"	2 1/4"	1,668 kg (3,676.17 lb)	18,722.58 psi
7	WS-1254	1/2" * 5 1/2"	4 1/8"	2,117 kg (4,667.14 lb)	23,769.55 psi
8	WS-1254	1/2" * 5 1/2"	4 1/8"	2,175 kg (4,795.01 lb)	24,420.78 psi
9	HN-3830	3/8" * 3"	1 1/2"	1,682 kg (3,708.14 lb)	18,885.40 psi
10	HN-3830	3/8" * 3"	1 1/2"	2,146 kg (4,731.07 lb)	24,095.14 psi

Para lograr obtener el valor de Tu se utiliza la siguiente fórmula:

$$Tu = \frac{P}{\frac{\pi * D^2}{4}} \quad A = \frac{\pi * D^2}{4} = \text{Area del perno.}$$

Tu = Esfuerzo de Tracción (psi).

P = Carga obtenida en prueba de ensayo, en libras.

D = Diámetro del perno, en pulgadas.

π = Constante (3.141592654).

Ejemplo 1:

$$Tu = \frac{P}{\frac{\pi * D^2}{4}}$$

Sustituyendo datos en fórmula:

P = 3,516.34 lb.

D = (3/8") = (0.375).

π = 3.141592654

4 = Constante

$$Tu = \frac{3,516.34}{\frac{\pi * 0.375^2}{4}}$$

$$(3.141592654) * \frac{(3/8)^2}{4}$$

Tu = 31,837.46 psi.

El valor del concreto de la pieza 1 es de 4000 psi, tiempo de fraguado del concreto, 30 días.

Para encontrar todos los valores de carga de Tu, se sustituyen los valores en la fórmula del ejemplo 1, tomando los de la columna de carga obtenida "P" que está en libras. Por ser los resultados en esfuerzos últimos, tomando en cuenta el factor de seguridad, en el que se recomienda un valor de 4 a 1 de los valores obtenidos.

TABLA 17
VALORES DE FUERZA DE TRACCIÓN APLICANDO EL FACTOR DE SEGURIDAD
COLOCANDO FUERZA DE TRACCIÓN DE DISEÑO

PERNO	MODELO	LONGITUD	EMPOTRAMIENTO	CARGA OBTENIDA	Tu	$\frac{1}{4} Tu$
1	WS-3830	3/8" * 3"	1 1/2"	3,516.34 lb	31,837.46 psi	7,961.86 psi
2	WS-3830	3/8" * 3"	1 1/2"	2,237.67 lb	20,260.19 psi	5,065.05 psi
3	WS-3850	3/8" * 5"	3"	3,836.00 lb	34,731.71 psi	8,685.43 psi
4	WS-3850	3/8" * 5"	3"	5,434.34 lb	49,203.32 psi	12,300.83 psi
5	WS-1242	1/2" * 4 1/4"	2 1/4"	3,549.41 lb	18,076.00 psi	4,519.00 psi
6	WS-1242	1/2" * 4 1/4"	2 1/4"	3,676.17 lb	18,722.58 psi	4,680.64 psi
7	WS-1254	1/2" * 5 1/2"	4 1/8"	4,667.14 lb	23,769.55 psi	5,942.39 psi
8	WS-1254	1/2" * 5 1/2"	4 1/8"	4,795.01 lb	24,420.78 psi	6,105.19 psi
9	HN-3830	3/8" * 3"	1 1/2"	3,708.14 lb	18,885.40 psi	4,721.35 psi
10	HN-3830	3/8" * 3"	1 1/2"	4,731.07 lb	24,095.14 psi	6,023.78 psi

Ejemplo 2:

Uso de Fórmula

$$\sigma_{Tu} = \frac{Tu}{4}$$

Donde:

σ_{Tu} = Esfuerzo de Tracción último (psi)
4 = Constante

Sustituyendo Datos:

$$\sigma_{Tu} = \frac{31,837.46}{4}$$

$$\sigma_{Tu} = 7,961.86$$

Para lograr obtener todos los valores de σ_{Tu} último se sustituyen los valores de Tu últimos obtenidos en la tabla 16.

Los pernos colocados en la pieza 2 son los siguientes:

TABLA 18
ENCONTRANDO EL VALOR DE (Tu) FUERZA DE TRACCIÓN ENCONTRADA

PERNO	MODELO	LONGITUD	EMPOTRAMIENTO	CARGA OBTENIDA	Tu
1	HN-1240	1/2" * 4 3/8"	1 7/8"	2,857 kg (6,297.44 lb)	32,072.60 psi
2	RM-38	3/8" * 1 5/8"	1 5/8"	1,508 kg (3,324.53 lb)	30,100.79 psi
3	RM-38	3/8" * 1 5/8"	1 5/8"	1,508 kg (3,324.53 lb)	30,100.79 psi
4	RM-38	3/8" * 1 5/8"	1 5/8"	1,348 kg (2,972.90 lb)	26,917.08 psi
5	RM-38	3/8" * 1 5/8"	1 5/8"	899 kg (1,981.94 lb)	17,944.78 psi
6	RM-38	3/8" * 1 5/8"	1 5/8"	1,305 kg (2,877.00 lb)	26,048.78 psi
7	RM-12	1/2" * 2"	2"	986 kg (2,173.74 lb)	11,070.77 psi
8	RM-12	1/2" * 2"	2"	1,189 kg (2,621.27 lb)	13,350.02 psi

Para obtener el valor de Tu se utiliza la siguiente fórmula:

$$Tu = \frac{P}{\frac{\pi * D^2}{4}} \quad A = \frac{\pi * D^2}{4} = \text{Area del Perno}$$

Tu = Esfuerzo de Tracción (psi)
P = Carga obtenida en prueba de ensayo.
D = Diámetro de perno, en pulgadas.
π = Constante (3.141592654)

Ejemplo 3: Uso de Fórmula

$$Tu = \frac{P}{\frac{\pi * D^2}{4}}$$

Sustituyendo datos en fórmula:

$$P = 6,297.44 \text{ lb}$$

$$D = 1/2" = 0.5"$$

$$\pi = 3.141592654$$

$$4 = \text{Constante}$$

$$Tu = \frac{6,297.44}{\frac{3.141592654 * (1/2)^2}{4}}$$

$$Tu = 32,072.60 \text{ psi}$$

El valor del concreto en la pieza 2 es de 4000 psi, el tiempo de fraguado del concreto es de 30 días. Para encontrar todos los valores de carga de Tu se sustituyen los valores de carga obtenida en el ensayo, así como se muestra en el ejemplo 3. En el uso de los tarugos RM se utilizó varilla roscada galvanizada grado 5. Por ser resultados en fuerzas últimas, tomando en cuenta el factor de seguridad en el que se recomienda un valor de 4 a 1 de los valores obtenidos.

TABLA 19
VALORES DE FUERZA DE TRACCIÓN APLICANDO
EL FACTOR DE SEGURIDAD ESFUERZO DE TRACCIÓN

PERNO	MODELO	LONGITUD	EMPOTRAMIENTO	CARGA OBTENIDA	Tu	\sqrt{Tu}
1	HN-1240	1/2" * 4 3/8"	1 7/8"	6,297.44 lb	32,072.60 psi	8,018.15 psi
2	RM-38	3/8" * 1 5/8"	1 5/8"	3,324.53 lb	30,100.79 psi	7,525.20 psi
3	RM-38	3/8" * 1 5/8"	1 5/8"	3,324.53 lb	30,100.79 psi	7,525.20 psi
4	RM-38	3/8" * 1 5/8"	1 5/8"	2,972.90 lb	26,917.08 psi	6,729.27 psi
5	RM-38	3/8" * 1 5/8"	1 5/8"	1,981.94 lb	17,944.78 psi	4,486.04 psi
6	RM-38	3/8" * 1 5/8"	1 5/8"	2,877.00 lb	26,048.78 psi	6,512.20 psi
7	RM-12	1/2" * 2"	2"	2,173.74 lb	11,070.77 psi	2,767.69 psi
8	RM-12	1/2" * 2"	2"	2,621.27 lb	13,350.02 psi	3,337.51 psi

Ejemplo 4: Uso de fórmula para factor de seguridad.

$$\sqrt{Tu} = \frac{Tu}{4}$$

Datos:

$$\sqrt{Tu} = \text{Esfuerzo de tracción último (psi)}$$

$$4 = \text{Constante de factor de seguridad}$$

Sustituyendo Datos:

$$\sqrt{Tu} = \frac{32,072.60}{4}$$

$$\sqrt{Tu} = 8,018.15 \text{ psi}$$

Para lograr obtener todos los valores de Tu de diseño se sustituyen los valores de \sqrt{Tu} obtenidos en la Tabla 18. Los pernos colocados en la pieza 3, son los siguientes:

TABLA 20
ENCONTRANDO EL VALOR DE (Tu) FUERZA DE TRACCIÓN

PERNO	MODELO	LONGITUD	EMPOTRAMIENTO	CARGA OBTENIDA	
				RUPTURA DE VARILLA	Tu
1	Ceramic 6	3/8" * 10"	3 3/8"	3,842 kg (8,471.98 lb)	76,699.32 psi
2	Ceramic 6	3/8" * 10"	3 3/8"	3,625 kg (7,991.68 lb)	72,357.85 psi
3	Ceramic 6	3/8" * 10"	3 3/8"	3,915 kg (8,631.01 lb)	78,146.44 psi
4	Ceramic 6	3/8" * 10"	3 3/8"	2,610 kg (5,754.01 lb)	52,097.66 psi
5	Ceramic 6	3/8" * 10"	3 3/8"	2,465 kg (5,434.34 lb)	49,203.32 psi
6	Ceramic 6	3/8" * 10"	3 3/8"	2,610 kg (5,754.01 lb)	52,097.66 psi
7	Ceramic 6	1/2" * 10"	4 1/2"	2,610 kg (5,754.01 lb)	29,304.93 psi
8	Ceramic 6	1/2" * 10"	4 1/2"	3,335 kg (7,352.34 lb)	37,445.16 psi
9	Ceramic 6	1/2" * 10"	4 1/2"	4,132 kg (9,110.51 lb)	46,399.45 psi
10	Ceramic 6	1/2" * 10"	4 1/2"	5,133 kg (11,316.21 lb)	57,632.98 psi
11	Ceramic 6	1/2" * 10"	4 1/2"	3,915 kg (8,631.01 lb)	43,957.37 psi
12	Ceramic 6	1/2" * 10"	4 1/2"	3,408 kg (7,512.17 lb)	38,259.17 psi

Para lograr obtener el valor de Tu se utiliza la siguiente fórmula:

$$Tu = \frac{P}{\Pi * \frac{D^2}{4}} \quad A = \Pi * \frac{D^2}{4} = \text{Area del Perno}$$

Tu = Esfuerzo de tracción.
 P = Carga obtenida en prueba de ensayo.
 D = Diámetro del perno, en pulgadas.
 Π = Constante (3.141592654).

Ejemplo 5: Uso de Fórmula.

$$Tu = \frac{P}{\Pi * \frac{D^2}{4}}$$

Sustituyendo datos en fórmula:

P = 8,471.18 lb.
 D = 3/8 = 0.375.
 Π = 3.141592654
 4 = Constante

$$T_u = \frac{8,471.18}{(3.141592654) * \frac{(3/8)^2}{4}}$$

$$FT = 76,699.32 \text{ psi}$$

El valor del concreto de la pieza 3 es de 3500 psi, el tiempo de fraguado del concreto es de 30 días. Para encontrar todos los valores de carga de T_u , se sustituyen los valores de carga obtenida en el ensayo, así como se muestra en el ejemplo 5. Para realizar los ensayos de la pieza 3, se trabajó varilla roscada galvanizada grado 5.

TABLA 21
VALORES DE FUERZA DE TRACCIÓN, APLICANDO EL FACTOR DE SEGURIDAD, ESFUERZO DE TRACCIÓN

PERNO	MODELO	LONGITUD	EMPOTRAMIENTO	CARGA OBTENIDA		$\sqrt{T_u}$
				RUPTURA DE VARILLA	T_u	
1	Ceramic 6	3/8" * 10"	3 3/8"	8,471.98 lb	76,699.32 psi	19,174.83 psi
2	Ceramic 6	3/8" * 10"	3 3/8"	7,991.68 lb	72,357.85 psi	18,089.46 psi
3	Ceramic 6	3/8" * 10"	3 3/8"	8,631.01 lb	78,146.44 psi	19,536.61 psi
4	Ceramic 6	3/8" * 10"	3 3/8"	5,754.01 lb	52,097.66 psi	13,024.42 psi
5	Ceramic 6	3/8" * 10"	3 3/8"	5,434.34 lb	49,203.32 psi	12,300.83 psi
6	Ceramic 6	3/8" * 10"	3 3/8"	5,754.01 lb	52,097.66 psi	13,024.42 psi
7	Ceramic 6	1/2" * 10"	4 1/2"	5,754.01 lb	29,304.93 psi	7,326.23 psi
8	Ceramic 6	1/2" * 10"	4 1/2"	7,352.34 lb	37,445.16 psi	9,361.29 psi
9	Ceramic 6	1/2" * 10"	4 1/2"	9,110.51 lb	46,399.45 psi	11,599.86 psi
10	Ceramic 6	1/2" * 10"	4 1/2"	11,316.21 lb	57,632.98 psi	14,408.24 psi
11	Ceramic 6	1/2" * 10"	4 1/2"	8,631.01 lb	43,957.37 psi	10,989.34 psi
12	Ceramic 6	1/2" * 10"	4 1/2"	7,512.17 lb	38,259.17 psi	9,564.79 psi

Ejemplo 6: Uso de Fórmula para factor de seguridad.

$$\sqrt{T_u} = \frac{T_u}{4}$$

Sustituyendo Datos:

$$\sqrt{T_u} = \text{Esfuerzo de tracción último (psi)}$$

4 = Constante de factor de seguridad

Sustituyendo Datos:

$$\sqrt{T_u} = \frac{76,699.32}{4}$$

$$\sqrt{T_u} = 19,174.83 \text{ psi}$$

Para lograr obtener todos los valores de T_u de diseño se sustituyen los valores de $\sqrt{T_u}$ obtenidos en la Tabla 20.

3.2 ESFUERZO DE CORTE

La resistencia al corte es muy difícil de determinar debido a la dificultad de aislar el corte de otros esfuerzos. El control de un diseño estructural por resistencia al cortante es importante solamente en casos muy raros, ya que los esfuerzos cortantes se limitan siempre a valores bajos, a fin de proteger al concreto de una falla. Se trata de determinar la resistencia que puede tener un perno, al recibir carga en aplicación de corte.

3.2.1 Forma de Aplicación de la Carga de Corte

Inicialmente se fabricaron bloques, en donde se colocaron los pernos de fijación, así como la aplicación del epóxico por inyección.

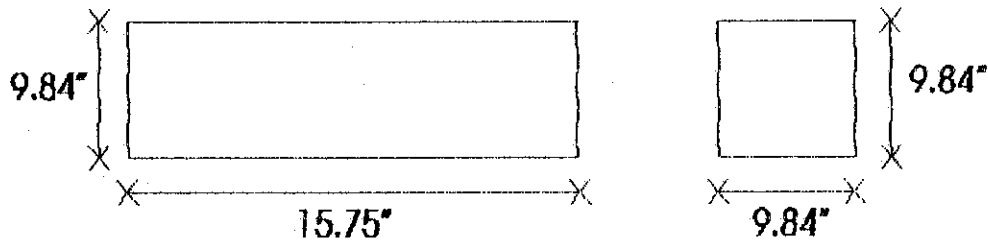


Figura 3,1. Bloques de Concreto.

Se fabricaron 28 unidades con las medidas indicadas.

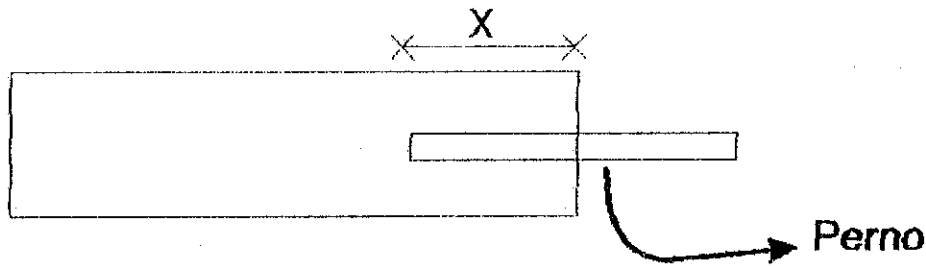


Figura 3,2. Forma de colocación del anclaje mecánico y anclajes de epóxico por inyección.

X = Indica las diferentes profundidades de empotramiento de los anclajes mecánicos y el epóxico por inyección.

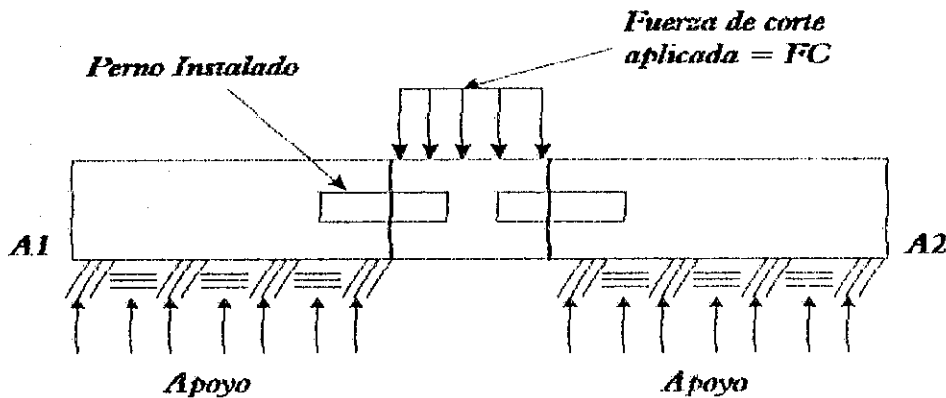


Figura 3,3. Forma que es realizado el ensayo de corte en las piezas de concreto.

Se colocaron dos piezas de la misma medida y de igual profundidad, por lo que se tomaron como A1, A2, B1, B2, etc.

Los pernos colocados en el ensayo de corte se encuentran en las siguientes tablas.

TABLA 22
VALORES DE (Cu) FUERZA DE CORTE ENCONTRADOS

PERNO	MODELO	MEDIDA		EMPOTRA- MIENTO	# DE PERNOS	CARGA OBTENIDA	Cu
		DIÁMETRO	LONGITUD				
A1	WS-3830	3/8"	3	1 1/2	1	1,465 kg (3,228.64 lb)	29,232.58 psi
A2	WS-3830	3/8"	3	1 1/2	1	1,465 kg (3,228.64 lb)	29,232.58 psi
B1	WS-3850	3/8"	5	3	1	2,501 kg (5,514.26 lb)	49,926.92 psi
B2	WS-3850	3/8"	5	3	1	2,501 kg (5,514.26 lb)	49,926.92 psi
C1	WS-1242	1/2"	4 1/4	2 1/4	1	2,392 kg (5,273.40 lb)	26,857.21 psi
C2	WS-1242	1/2"	4 1/4	2 1/4	1	2,392 kg (5,273.40 lb)	26,857.21 psi
D1	WS-1254	1/2"	5	4 1/8	1	2,936 kg (6,472.71 lb)	32,965.24 psi
D2	WS-1254	1/2"	5	4 1/8	1	2,936 kg (6,472.71 lb)	32,965.24 psi

Para lograr obtener el valor de Cu, se utiliza la siguiente fórmula:

$$Cu = \frac{P}{\pi * \frac{D^2}{4}} \qquad A = \pi * \frac{D^2}{4} = \text{área del perno}$$

Donde:

- Cu = Esfuerzo de corte en psi.
- P = Carga obtenida en prueba de ensayo, en libras.
- D = Diámetro del perno, en pulgadas.
- π = Constante (3.141592654).

Ejemplo: Uso de la fórmula.

$$Cu = \frac{P}{\pi * \frac{D^2}{4}}$$

Sustituyendo datos en fórmula:

P = 3,228.64 lbs.
D = (3/8") = (0.375)
II = 3.141592654
4 = constante

$$Cu = \frac{2,226.65}{(3.14159265) * \frac{(3/8)^2}{4}}$$

$$Cu = 20,160.42 \text{ psi}$$

El valor del concreto de las piezas A1, A2, B1, B2, C1, C2, D1 y D2 es de 4000 psi, el tiempo de fraguado del concreto es de 30 días. Para encontrar todos los valores de carga de Cu se sustituyen los valores en la fórmula del ejemplo, tomando los valores de carga obtenida "P" que están proporcionados en libras, tomando en cuenta el factor de seguridad en el que se recomienda un valor de 4 a 1 de los valores obtenidos.

TABLA 23
VALORES DE FUERZA DE CORTE APLICANDO EL FACTOR DE SEGURIDAD
ESFUERZO DE CORTE

PERNO	MODELO	MEDIDA		EMPOTRA- MIENTO	# DE PERNOS	CARGA OBTENIDA	Cu	\sqrt{Cu}
		DIÁMETRO	LONGITUD					
A1	WS-3830	3/8"	3	1 1/2	1	3,228.64 lb	29,232.58 psi	7,308.14 psi
A2	WS-3830	3/8"	3	1 1/2	1	3,228.64 lb	29,232.58 psi	7,308.14 psi
B1	WS-3850	3/8"	5	3	1	5,514.26 lb	49,926.92 psi	12,481.73 psi
B2	WS-3850	3/8"	5	3	1	5,514.26 lb	49,926.92 psi	12,481.73 psi
C1	WS-1242	1/2"	4 1/4	2 1/4	1	5,273.40 lb	26,857.21 psi	6,714.30 psi
C2	WS-1242	1/2"	4 1/4	2 1/4	1	5,273.40 lb	26,857.21 psi	6,714.30 psi
D1	WS-1254	1/2"	5	4 1/8	1	6,472.71 lb	32,965.24 psi	8,241.31 psi
D2	WS-1254	1/2"	5	4 1/8	1	6,472.71 lb	32,965.24 psi	8,241.31 psi

Ejemplo: Uso de fórmula de diseño, encontrando el valor de C_u de diseño.

$$\sqrt{C_u} = \frac{C_u}{4}$$

donde:

$$\sqrt{C_u} = \text{Esfuerzo de corte última (psi)}$$

$$4 = \text{Constante de factor de seguridad}$$

Sustituyendo datos:

$$\sqrt{C_u} = \frac{29,232.58 \text{ psi}}{4}$$

$$\sqrt{C_u} = 7,308.14 \text{ psi}$$

Para lograr obtener todos los valores de $\sqrt{C_u}$ de diseño se sustituyen los valores de C_u últimos obtenidos en la tabla 22.

TABLA 24
VALORES DE (C_u) FUERZA DE CORTE ENCONTRADOS

PERNO	MODELO	MEDIDA		EMPOTRA- MIENTO	# DE PERNOS	CARGA OBTENIDA	C_u
		DIÁMETRO	LONGITUD				
E1	WS-3830	3/8"	3	1 1/2	1	5,974 kg (13,166.70 lb)	119,213.25 psi
E2	WS-3830	3/8"	3	1 1/2	1	5,974 kg (13,166.70 lb)	119,213.25 psi
F1	WS-1240	1/2"	4	2 1/4	1	6,409 kg (14,125.44 lb)	71,940.28 psi
F2	WS-1240	1/2"	4	2 1/4	1	6,409 kg (14,125.44 lb)	71,940.28 psi

Para lograr obtener el valor de C_u , se utiliza la siguiente fórmula:

$$C_u = \frac{P}{\pi * \frac{D^2}{4}}$$

$$A = \pi * \frac{D^2}{4} = \text{área del perno}$$

Donde:

- Cu = Esfuerzo de corte en psi.
- P = Carga obtenida en prueba de ensayo, en libras.
- D = Diámetro del perno, en pulgadas.
- II = Constante (3.141592654).

Ejemplo: Uso de la fórmula.

$$Cu = \frac{P}{\frac{II * D^2}{4}}$$

Sustituyendo datos en fórmula:

- P = 13,166.70 lbs.
- D = (3/8") = (0.375)
- II = 3.141592654
- 4 = constante

$$Cu = \frac{13,166.70}{\frac{(3.14159265) * (3/8)^2}{4}}$$

$$Cu = 119,213.25 \text{ psi}$$

El valor del concreto de las piezas E1, E2, F1 y F2 es de 4000 psi, el tiempo de fraguado del concreto es de 30 días. Para encontrar todos los valores de carga Cu se sustituyen los valores en la fórmula del ejemplo, tomando los valores de carga obtenida "P" que están proporcionados en libras, por ser los resultados en esfuerzo último. Se tiene que tomar en cuenta el factor de seguridad en el que se recomienda un valor de 4 a 1 de los valores obtenidos.

TABLA 25
VALORES DE FUERZA DE CORTE APLICANDO EL FACTOR DE SEGURIDAD
ESFUERZO DE CORTE

PERNO	MODELO	MEDIDA		EMPOTRA- MIENTO	# DE PERNOS	CARGA OBTENIDA	Cu	\sqrt{Cu}
		DIÁMETRO	LONGITUD					
E1	WS-3830	3/8"	3	1 1/2	1	13,166.70 lb	119,213.25 psi	29,803.31 psi
E2	WS-3830	3/8"	3	1 1/2	1	13,166.70 lb	119,213.25 psi	29,803.31 psi
F1	WS-1240	1/2"	4	2 1/4	1	14,125.44 lb	71,940.28 psi	17,895.07 psi
F2	WS-1240	1/2"	4	2 1/4	1	14,125.44 lb	71,940.28 psi	17,895.07 psi

Ejemplo: Uso de fórmula de diseño, encontrando el valor de Cu de diseño.

$$\sqrt{Cu} = \frac{Cu}{4}$$

donde:

$$\sqrt{Cu} = \text{Esfuerzo de corte último (psi)}$$

$$4 = \text{Constante de factor de seguridad}$$

Sustituyendo datos:

$$\sqrt{Cu} = \frac{119,213.25 \text{ psi}}{4}$$

$$\sqrt{Cu} = 29,803.31 \text{ psi}$$

Para lograr obtener todos los valores de \sqrt{Cu} de diseño se sustituyen los valores de Cu últimos obtenidos en la tabla 24.

TABLA 26
VALORES DE (Cu) FUERZA DE CORTE ENCONTRADOS

PERNO	MODELO	MEDIDA		EMPOTRA- MIENTO	# DE PERNOS	CARGA OBTENIDA	Cu
		DIÁMETRO	LONGITUD				
G1	RM-38	3/8"	1 5/8	1 5/8	1	4,901 kg (10,806.80 lb)	97,801.09 psi
G2	RM-38	3/8"	1 5/8	1 5/8	1	4,901 kg (10,806.80 lb)	97,801.09 psi
H1	RM-12	1/2"	2	2	1	11,310 kg (24,927.24 lb)	126,953.39 psi
H2	RM-12	1/2"	2	2	1	11,310 kg (24,927.24 lb)	126,953.39 psi

Para lograr obtener el valor de Cu, se utiliza la siguiente fórmula:

$$Cu = \frac{P}{\Pi * \frac{D^2}{4}} \quad A = \Pi * \frac{D^2}{4} = \text{área del perno}$$

Donde:

- Cu = Esfuerzo de corte en psi.
- P = Carga obtenida en prueba de ensayo, en libras.
- D = Diámetro del perno, en pulgadas.
- Π = Constante (3.141592654).

Ejemplo: Uso de la fórmula.

$$Cu = \frac{P}{\Pi * \frac{D^2}{4}}$$

Sustituyendo datos en fórmula:

- P = 10,801.80 lbs.
- D = (3/8") = (0.375)
- Π = 3.141592654
- 4 = constante

$$Cu = \frac{10,801.80}{(3.14159265) * \frac{(3/8)^2}{4}}$$

$$Cu = 97,801.09 \text{ psi}$$

El valor del concreto de las piezas G1, G2, H1 y H2 es de 4000 psi, el tiempo de fraguado del concreto es de 30 días. Para encontrar todos los valores de carga Cu se sustituyen los valores en la fórmula del ejemplo, tomando los valores de carga obtenida "P" que están proporcionados en libras, por ser los resultados en esfuerzo último. Se tiene que tomar en cuenta el factor de seguridad en el que se recomienda un valor de 4 a 1 de los valores obtenidos.

TABLA 27
VALORES DE FUERZA DE CORTE APLICANDO EL FACTOR DE SEGURIDAD
ESFUERZO DE CORTE

PERNO	MODELO	MEDIDA		EMPOTRA- MIENTO	# DE PERNOS	CARGA OBTENIDA	Cu	\sqrt{Cu}
		DIÁMETRO	LONGITUD					
G1	RM-38	3/8"	1 5/8	1 5/8	1	10,806.80 lb	97,801.09 psi	24,450.67 psi
G2	RM-38	3/8"	1 5/8	1 5/8	1	10,806.80 lb	97,801.09 psi	24,450.67 psi
H1	RM-12	1/2"	2	2	1	24,927.24 lb	126,953.39 psi	31,738.35 psi
H2	RM-12	1/2"	2	2	1	24,927.24 lb	126,953.39 psi	31,738.35 psi

Ejemplo: Uso de fórmula de diseño, encontrando el valor de Cu de diseño.

$$\sqrt{Cu} = \frac{Cu}{4}$$

donde:

$$\sqrt{Cu} = \text{Esfuerzo de corte último (psi)}$$

$$4 = \text{Constante de factor de seguridad}$$

Sustituyendo datos:

$$\sqrt{Cu} = \frac{97,801.09 \text{ psi}}{4}$$

$$\sqrt{Cu} = 24,450.27 \text{ psi}$$

Para lograr obtener todos los valores de \sqrt{Cu} de diseño se sustituyen los valores de Cu últimos obtenidos en la tabla 26.

TABLA 28
VALORES DE (Cu) FUERZA DE CORTE ENCONTRADOS

PERNO	MODELO	MEDIDA		EMPOTRA- MIENTO	# DE PERNOS	CARGA OBTENIDA	Cu
		DIÁMETRO	LONGITUD				
I1	CERAMIC 6	3/8"	10	3 3/8	1	5,249 kg (11,568.84 lb)	104,745.62 psi
I2	CERAMIC 6	3/8"	10	3 3/8	1	5,249 kg (11,568.84 lb)	104,745.62 psi
J1	CERAMIC 6	3/8"	10	3 3/8	1	5,626 kg (12,399.70 lb)	112,268.72 psi
J2	CERAMIC 6	3/8"	10	3 3/8	1	5,626 kg (12,399.70 lb)	112,268.72 psi
K1	CERAMIC 6	3/8"	10	3 3/8	1	5,582 kg (12,303.83 lb)	111,400.70 psi
K2	CERAMIC 6	3/8"	10	3 3/8	1	5,582 kg (12,303.83 lb)	111,400.70 psi
L1	CERAMIC 6	1/2"	10	4 1/2	1	8,265 kg (18,216.06 lb)	92,773.63 psi
L2	CERAMIC 6	1/2"	10	4 1/2	1	8,265 kg (18,216.06 lb)	92,773.63 psi
M1	CERAMIC 6	1/2"	10	4 1/2	1	5,945 kg (13,102.78 lb)	66,731.91 psi
M2	CERAMIC 6	1/2"	10	4 1/2	1	5,945 kg (13,102.78 lb)	66,731.91 psi
N1	CERAMIC 6	1/2"	10	4 1/2	1	7,424 kg (16,362.50 lb)	83,333.53 psi
N2	CERAMIC 6	1/2"	10	4 1/2	1	7,424 kg (16,362.50 lb)	83,333.53 psi

Para lograr obtener el valor de Cu, se utiliza la siguiente fórmula:

$$Cu = \frac{P}{\Pi * \frac{D^2}{4}} \quad A = \Pi * \frac{D^2}{4} = \text{área del perno}$$

Donde:

- Cu = Esfuerzo de corte en psi.
- P = Carga obtenida en prueba de ensayo, en libras.
- D = Diámetro del perno, en pulgadas.
- Π = Constante (3.141592654).

Ejemplo: Uso de la fórmula.

$$Cu = \frac{P}{\Pi * \frac{D^2}{4}}$$

Sustituyendo datos en fórmula:

$$\begin{aligned}
 P &= 11,568.80 \text{ lbs.} \\
 D &= (3/8") = (0.375) \\
 \Pi &= 3.141592654 \\
 4 &= \text{constante}
 \end{aligned}$$

$$Cu = \frac{11,568.80}{(3.14159265) * \frac{(3/8)^2}{4}}$$

$$Cu = 104,745.62 \text{ psi}$$

El valor del concreto de las piezas I1, I2, J1, J2, K1, K2, L1, L2, M1, M2, N1 y N2 es de 3500 psi, el tiempo de fraguado del concreto es de 30 días. Para encontrar todos los valores de carga de Cu se sustituyen los valores en la fórmula del ejemplo, tomando los valores de carga obtenida "P" que están proporcionados en libras, por ser resultados en fuerza última, y tomando en cuenta el factor de seguridad en el que se recomienda un valor de 4 a 1 de los valores obtenidos.

TABLA 29
VALORES DE FUERZA DE CORTE APLICANDO EL FACTOR DE SEGURIDAD
COLOCANDO FUERZA DE CORTE DE DISEÑO

PERNO	MODELO	MEDIDA		EMPOTRA- MIENTO	# DE PERNOS	CARGA OBTENIDA	Cu	\sqrt{Cu}
		DIÁMETRO	LONGITUD					
I1	CERAMIC 6	3/8"	10	3 3/8	1	11,568.84 lb	104,745.62 psi	26,186.41 psi
I2	CERAMIC 6	3/8"	10	3 3/8	1	11,568.84 lb	104,745.62 psi	26,186.41 psi
J1	CERAMIC 6	3/8"	10	3 3/8	1	12,399.70 lb	112,268.72 psi	28,067.18 psi
J2	CERAMIC 6	3/8"	10	3 3/8	1	12,399.70 lb	112,268.72 psi	28,067.18 psi
K1	CERAMIC 6	3/8"	10	3 3/8	1	12,303.83 lb	111,400.70 psi	27,850.18 psi
K2	CERAMIC 6	3/8"	10	3 3/8	1	12,303.83 lb	111,400.70 psi	27,850.18 psi
L1	CERAMIC 6	1/2"	10	4 1/2	1	18,216.06 lb	92,773.63 psi	23,193.41 psi
L2	CERAMIC 6	1/2"	10	4 1/2	1	18,216.06 lb	92,773.63 psi	23,193.41 psi
M1	CERAMIC 6	1/2"	10	4 1/2	1	13,102.78 lb	66,731.91 psi	16,682.98 psi
M2	CERAMIC 6	1/2"	10	4 1/2	1	13,102.78 lb	66,731.91 psi	16,682.98 psi
N1	CERAMIC 6	1/2"	10	4 1/2	1	16,362.50 lb	83,333.53 psi	20,833.38 psi
N2	CERAMIC 6	1/2"	10	4 1/2	1	16,362.50 lb	83,333.53 psi	20,833.38 psi

Ejemplo: Uso de fórmula de diseño, encontrando el valor de C_u de diseño.

$$\sqrt{C_u} = \frac{C_u}{4}$$

donde:

$$\begin{aligned} \sqrt{C_u} &= \text{Esfuerzo de corte último (psi)} \\ 4 &= \text{Constante de factor de seguridad} \end{aligned}$$

Sustituyendo datos:

$$\sqrt{C_u} = \frac{104,745.64 \text{ psi}}{4}$$

$$\sqrt{C_u} = 26,186.41 \text{ psi}$$

Para lograr obtener todos los valores de C_u de diseño se sustituyen los valores de C_u últimos obtenidos en la tabla 28.

CONCLUSIONES

- En relación a los anclajes mecánicos, se observó que la carga de extracción y de corte es menor que la obtenida en el epóxico por inyección.
- Los resultados obtenidos en el Centro de Investigación de Ingeniería, de la Universidad de San Carlos de Guatemala, son mayores que los proporcionados por el distribuidor del producto.
- Con los ejemplos expuestos se puede observar la simplicidad en que es resuelto un diseño utilizando las tablas proporcionadas, lo que simplifica al ingeniero la solución de un problema en el cual se piensa utilizar anclajes mecánicos, o bien, el epóxico por inyección.
- Las cualidades que presenta el epóxico por inyección, dan la pauta que cuando las cargas de corte y tracción son muy altas, las profundidades bajas y los diámetros pequeños, este producto soluciona el problema de instalación.

- Los anclajes mecánicos tienen la ventaja de ser instalados rápidamente, lo que ayuda a finalizar un trabajo en menos tiempo y teniendo mejores beneficios en relación a la mano de obra y calidad de instalación.
- Cuando se hace muy difícil para el ingeniero determinar qué tipo de anclaje mecánico utilizar, se puede optar por utilizar el epóxico por inyección, ya que por las cargas de tracción y corte altas que éste resiste, da la solución a la fijación a realizar.
- Los anclajes tipo cuña son los más utilizados por los ingenieros, por lo que se proporcionan datos de varios tipos de concretos ensayados.
- La instalación del epóxico por inyección es muy lenta, pero más efectiva en relación de cargas a soportar.

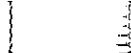
RECOMENDACIONES

- Es importante tomar en cuenta el estudio del equipo a fijar, así también el concreto donde se realizará la instalación, ya que tanto en los anclajes mecánicos y en el epóxico por inyección, es el concreto la base principal para su buen desempeño.
- Es importante contar con la información de tablas de resultados de ensayos para poder determinar qué diámetro y longitud de anclaje se utilizarán en una instalación.
- Tomar en cuenta una supervisión adecuada de los pasos a seguir en la instalación de los anclajes y epóxico, para obtener buenos resultados de carga, de corte y extracción.
- Es importante cuando se esté diseñando y utilizando las tablas de información, tomar en cuenta el factor de seguridad con que tienen que contar los elementos de fijación.
- Se tiene que tener en cuenta que el epóxico por inyección y los anclajes mecánicos se tienen que utilizar después

que el concreto tenga más de 28 días de haber sido instalado, para que funcionen adecuadamente, nunca instalarlos antes de este tiempo.

BIBLIOGRAFÍA

1. AGRUPACION EDITORIAL. El Pequeño Larousse en Color. Por Ediciones Larousse, S.A., C.V., Marsella No. 53, México 06600 D.F., 1997.
2. COLLAZO L., Javier. Enciclopedia Dictionary of de Technical Terms. English-Spanish, Spanish-English. Volúmenes 1, 2, 3, Fourteenth Printing, McGraw-Hill, 1994.
3. COYAS, Arturo. Nuevo Diccionario Coyas. Inglés-Español y Español-Inglés, Quinta Edición Revisada, Editorial de Catherine B. Avery, Englewood Cliffs, New Jersey, USA, 1972.
4. KIISELIOV, V.A. Mecánica de Construcción. Tomo 1, Editorial Mir, Tercera Edición, Moscú, 1982.
5. NAWY G., Edward. Concreto Reforzado, Un Enfoque Básico. Prentice Hall Hispanoamericano, S.A., México, D.F., enero de 1989.
6. ZURITA Ruiz, José. Diccionarios de la Construcción. Ediciones CEAC, Onceava Edición, Barcelona, España, 1993.



REFERENCIAS

1. HILTI. Anclajes Hilti: Un Programa Completo, Una Solución para todo Problema de Fijación. Estados Unidos, 1990. pp. 9, 10, 15, 17.
2. ITW RAMSET/RED HEAD. Manual Técnico para Ingenieros y Arquitectos. Estados Unidos, 1996. pp. 4, 5, 8, 9, 10, 11, 12, 15, 18, 20, 23, 24,, 30.



1995-1996

1997-1998

1998-1999

1999

2000-2001

2001-2002

2002-2003

2003

2004-2005

2005

A N E X O S



A N E X O 1

RESULTADOS OBTENIDOS EN EL CENTRO DE INVESTIGACIONES
DE INGENIERÍA DE LA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
ENSAYOS DE TRACCIÓN Y DE CORTE
EN ANCLAJES MECÁNICOS Y
EPÓXICO POR INYECCIÓN





O.T. No. 011289

INFORME No. 68-M

INTERESADO: OSCAR V. LUCAS P.

PROYECTO: TESIS TITULADA "INSTALACION Y APLICACIÓN DE ANCLAJES MECANICOS Y EPOXICO POR INYECCION"

TRABAJO A EFECTUAR: PRUEBAS DE EXTRACCION Y CORTE A PERNOS ANCLADOS EN BLOQUES DE CONCRETO.

FECHA: GUATEMALA, 26 DE ENERO DE 1999.

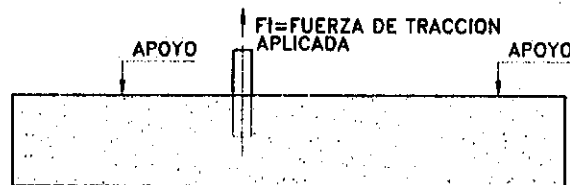
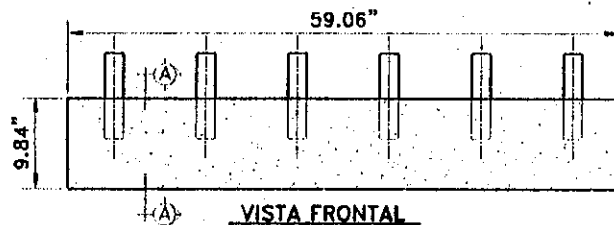
1. ANTECEDENTES

El interesado refirió a este Centro 57 muestras de Pernos de diferente tipo y diámetro con el objeto de que se ensayaran a tensión y a corte.

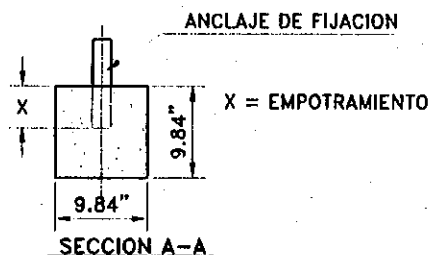
2. DESCRIPCION DE LOS ENSAYOS

2.1 Tracción.

Los pernos a ensayar estaban anclados en bloques de concreto según esquema, los cuales fueron colocados en la Prensa Universal y se les aplicó carga hasta la falla.



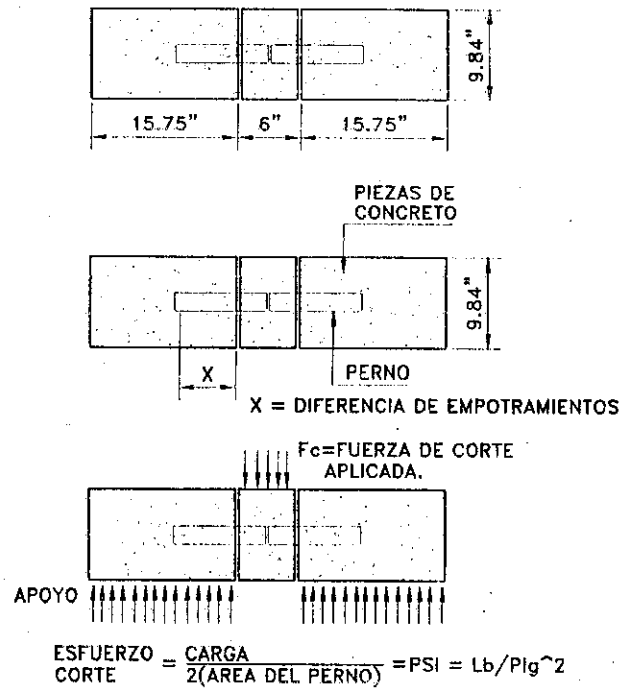
$$\text{ESFUERZO TENSION} = \frac{\text{CARGA}}{\text{AREA DEL PERNO}} = \text{PSI} = \text{Lb/Plg}^2$$





2.2 Corte

Para realizar las pruebas de corte, estas se hicieron según el siguiente esquema.





3.- RESULTADOS DE ENSAYOS

3.1. ENSAYOS DE TRACCION PARA ANCLAJES MECANICOS Y EPOXICOS POR INYECCION

PIEZA #1

MODELO TRUBOLT

PERNO	MEDIDA		EMPOTRA- MIENTO	CARGA OBTENIDA	Tu
	DIAM.	LONG.			
1	3/8"	3"	1 1/2"	1595 Kg (3516.34 lb)	31837.46 psi
2	3/8"	3"	1 1/2"	1015 Kg (2237.67 lb)	20260.19 psi
3	3/8"	5"	3"	1740 Kg (3836.00 lb)	34731.71 psi
4	3/8"	5"	3"	2465 Kg (5434.34 lb)	49203.32 psi
5	1/2"	4 1/4"	2 1/4"	1610 Kg (3549.41 lb)	18076.00 psi
6	1/2"	4 1/4"	2 1/4"	1668 Kg (3676.17 lb)	18722.58 psi
7	1/2"	5 1/2"	4 1/8"	2117 Kg (4667.14 lb)	23769.55 psi
8	1/2"	5 1/2"	4 1/8"	2175 Kg (4795.01 lb)	24420.78 psi

MODELO DYNABOLT

PERNO	MEDIDA		EMPOTRA- MIENTO	CARGA OBTENIDA	Tu
	DIAM.	LONG.			
9	3/8"	3"	1 1/2"	1682 Kg (3708.14 lb)	18885.40 psi
10	3/8"	3"	1 1/2"	2146 Kg (4731.07 lb)	24095.14 psi

PIEZA # 2

TARUGO METALICO MULTISSET II

PERNO	MEDIDA	EMPOTRA- MIENTO	CARGA OBTENIDA	Tu
1	1/2" * 4 3/8"	1 7/8"	2857 Kg (6297.44 lb)	32072.60 psi
2	RM 38 (3/8")	1 5/8"	1508 Kg (3324.53 lb)	30100.79 psi
3	RM 38 (3/8")	1 5/8"	1508 Kg (3324.53 lb)	30100.79 psi
4	RM 38 (3/8")	1 5/8"	1348 Kg (2972.90 lb)	26917.08 psi
5	RM 38 (3/8")	1 5/8"	899 Kg (1981.94 lb)	17944.78 psi
6	RM 38 (3/8")	1 5/8"	1305 Kg (2877.00 lb)	26048.78 psi
7	RM 12 (12")	2"	986 Kg (2173.74 lb)	11070.77 psi
8	RM 12 (12")	2"	1189 Kg (2621.27 lb)	13350.02 psi



**3.1 ENSAYOS DE TRACCION PARA ANCLAJES
MECANICOS Y EPOXICOS POR INYECCION**

PIEZA #3

EPOXICO CERAMIC 6

PERNO	MEDIDA		EMPOTRA- MIENTO	CARGA OBTENIDA	Tu
	DIAM.	LONG.			
1	3/8"	10"	3 3/8"	8471.18 lb roptura de varilla 3842 Kg	76699.32 psi
2	3/8"	10"	3 3/8"	3625 Kg (7991.18 lb)	72357.85 psi
3	3/8"	10"	3 3/8"	3915 Kg (8631.01 lb)	78146.44 psi
4	3/8"	10"	3 3/8"	2610 Kg (5754.01 lb)	52097.66 psi
5	3/8"	10"	3 3/8"	2465 Kg (5434.34 lb)	49203.32 psi
6	3/8"	10"	3 3/8"	2610 Kg (5754.01 lb)	29304.93 psi
7	1/2"	10"	4 1/2"	2610 Kg (5754.01 lb)	29304.93 psi
8	1/2"	10"	4 1/2"	3335 Kg (7352.34 lb)	37445.16 psi
9	1/2"	10"	4 1/2"	4132 Kg (9110.51 lb)	46399.45 psi
10	1/2"	10"	4 1/2"	5133 Kg (11316.21 lb)	57632.98 psi
11	1/2"	10"	4 1/2"	3915 Kg (8631.01 lb)	43957.37 psi
12	1/2"	10"	4 1/2"	3408 Kg (7512.17 lb)	38259.17 psi



3.- RESULTADOS DE ENSAYOS

3.2. ENSAYOS DE CORTE PARA ANCLAJES MECANICOS Y EPOXICOS POR INYECCION CERAMIC 6

ESTILO TRUBOLT

ANCLA DE CUÑA

PERNO	MEDIDA		EMPOTRA- MIENTO	# DE PERNOS	CARGA	Cu
	DIAM.	LONG.				
A1	3/8"	3"	1 1/2"	1	1465 Kg (3228.64 lb)	29232.58 psi
A2	3/8"	3"	1 1/2"	1	1465 Kg (3228.64 lb)	29232.58 psi
B1	3/8"	5"	3"	1	2501 Kg (5514.26 lb)	49926.92 psi
B2	3/8"	5"	3"	1	2501 Kg (5514.26 lb)	49926.92 psi
C1	1/2"	4 1/4"	2 1/4"	1	2392 Kg (5273.40 lb)	26857.21 psi
C2	1/2"	4 1/4"	2 1/4"	1	2392 Kg (5273.40 lb)	26857.21 psi
D1	1/2"	5 1/2"	4 1/8"	1	2936 Kg (6472.71 lb)	32965.24 psi
D2	1/2"	5 1/2"	4 1/8"	1	2936 Kg (6472.71 lb)	32965.24 psi

ESTILO DYNABOLT

ANCLA DE MANGA

PERNO	MEDIDA		EMPOTRA- MIENTO	# DE PERNOS	CARGA	Cu
	DIAM.	LONG.				
E1	3/8"	3"	1 1/2"	1	5974 Kg (13166.70 lb)	119213.25 psi
E2	3/8"	3"	1 1/2"	1	5974 Kg (13166.70 lb)	119213.25 psi
F1	1/2"	4"	2 1/4"	1	6409 Kg (14125.44 lb)	71940.28 psi
F2	1/2"	4"	2 1/4"	1	6409 Kg (14125.44 lb)	71940.28 psi

ESTILO MULTISSET II

TARUGO METALICO

PERNO	MEDIDA	EMPOTRA- MIENTO	# DE PERNOS	CARGA	Cu
	DIAMETRO				
G1	3/8"	1 5/8"	1	4901 Kg (10801.80 Lb)	97801.09 psi
G2	3/8"	1 5/8"	1	4901 Kg (10801.80 Lb)	97801.09 psi
H1	1/2"	2"	1	11310 Kg (24927.24 Lb)	126953.39 psi
H2	1/2"	2"	1	11310 Kg (24927.24 Lb)	126953.39 psi



3.2 ENSAYOS DE CORTE PARA ANCLAJES MECANICOS
Y EPOXICOS POR INYECCION CERAMIC 6

EPOXICO CERAMIC 6

PERNO	MEDIDA		EMPOTRA- MIENTO	# DE PERNOS	CARGA	Cu
	DIAM.	LONG.				
I1	3/8"	10"	3 3/8"	1	5249 Kg (11568.80 lb)	104745.62 psi
I2	3/8"	10"	3 3/8"	1	5249 Kg (11568.80 lb)	104745.62 psi
J1	3/8"	10"	3 3/8"	1	5626 Kg (12399.70 lb)	112268.72 psi
J2	3/8"	10"	3 3/8"	1	5626 Kg (12399.70 lb)	112268.72 psi
K1	3/8"	10"	3 3/8"	1	5582 Kg (12303.83 lb)	111400.70 psi
K2	3/8"	10"	3 3/8"	1	5582 Kg (12303.83 lb)	111400.70 psi
L1	1/2"	10"	4 1/2"	1	8265 Kg (18216.06 lb)	92773.63 psi
L2	1/2"	10"	4 1/2"	1	8265 Kg (18216.06 lb)	92773.63 psi
M1	1/2"	10"	4 1/2"	1	5945 Kg (13102.78 lb)	66731.91 psi
M2	1/2"	10"	4 1/2"	1	5945 Kg (13102.78 lb)	66731.91 psi
N1	1/2"	10"	4 1/2"	1	7424 Kg (16362.50 lb)	83333.53 psi
N2	1/2"	10"	4 1/2"	1	7424 Kg (16362.50 lb)	83333.53 psi



4. COMENTARIOS

Por ser los resultados esfuerzos últimos y tomando en cuenta las especificaciones del fabricante se recomienda utilizar estos afectados por un factor de seguridad mínimo de 4.

Atentamente,

ING. PABLO C. DE LEON R.
JEFE SECCION METALES Y
PRODUCTOS MANUFACTURADO



Vo.Bo.

ING. FRANCISCO JAVIER QUINONEZ DIRECCION
DIRECTOR C. I. I.



/CBR



A N E X O 2

FOTOGRAFÍAS DEL PROCEDIMIENTO DE
INSTALACIÓN Y ENSAYOS DE TRACCIÓN Y DE CORTE
EN ANCLAJES MECÁNICOS Y
EPÓXICO POR INYECCIÓN



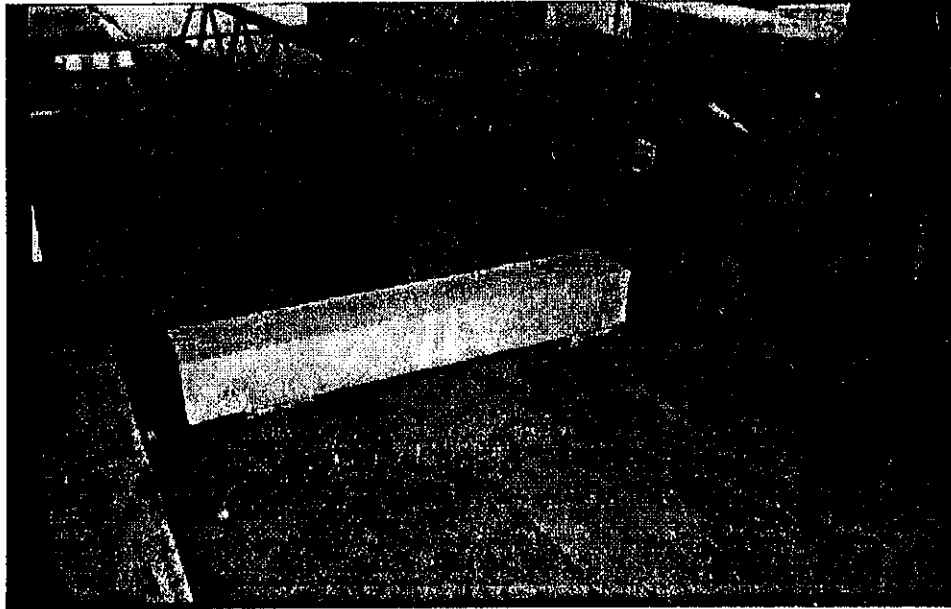


Foto 1. Bloque de concreto antes de realizar la fijación de los anclajes.

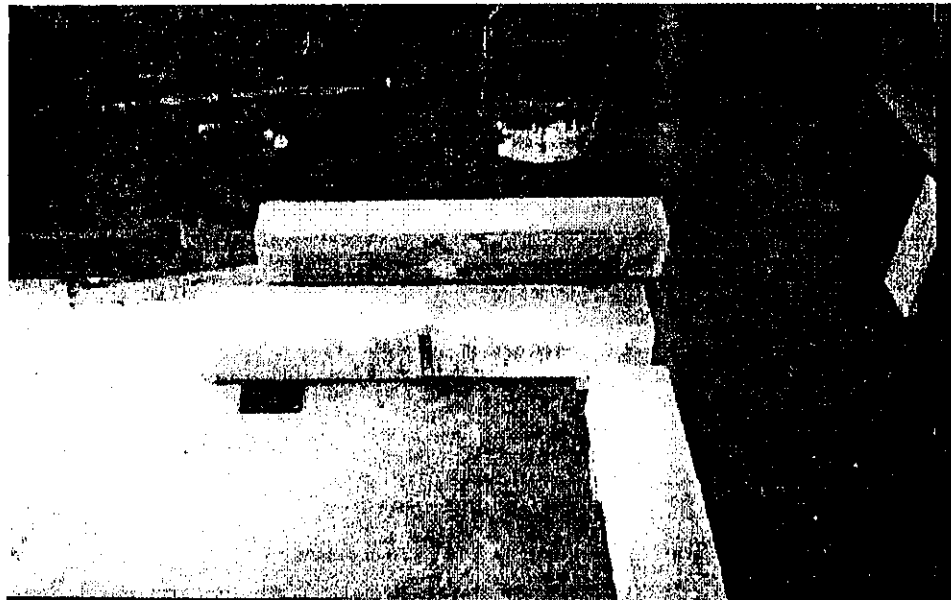


Foto 2. Fabricación de las tres piezas de concreto para realizar el ensayo de tracción.







Foto 3. Barrenando para la instalación de los anclajes mecánicos y epóxico por inyección.



Foto 4. Forma de colocar el rotomartillo.





Foto 5. Instalando un anclaje mecánico modelo Trubolt, tipo cuña, donde se puede observar que se está martillando, para su instalación.

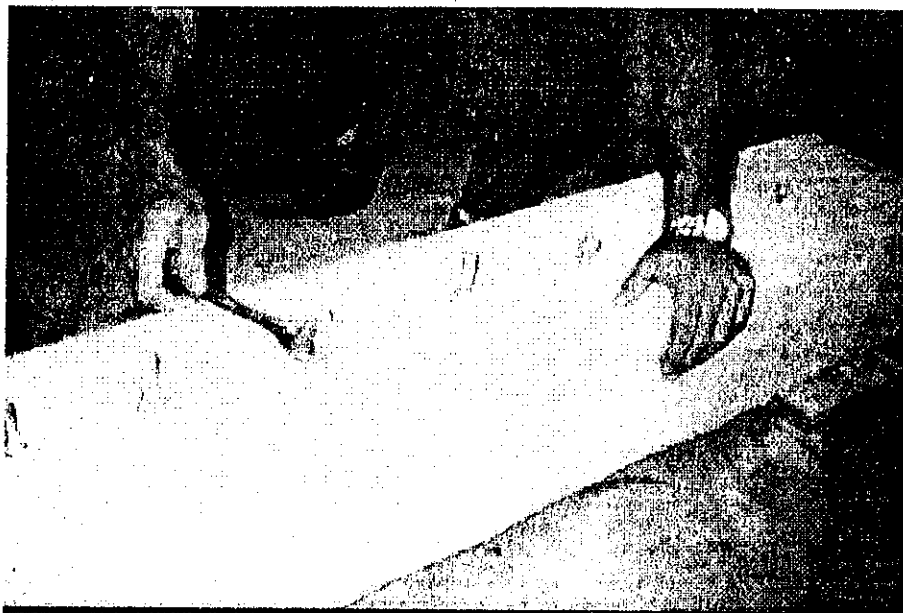
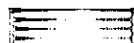


Foto 6. Forma de aplicación de expansión en los anclajes mecánicos.





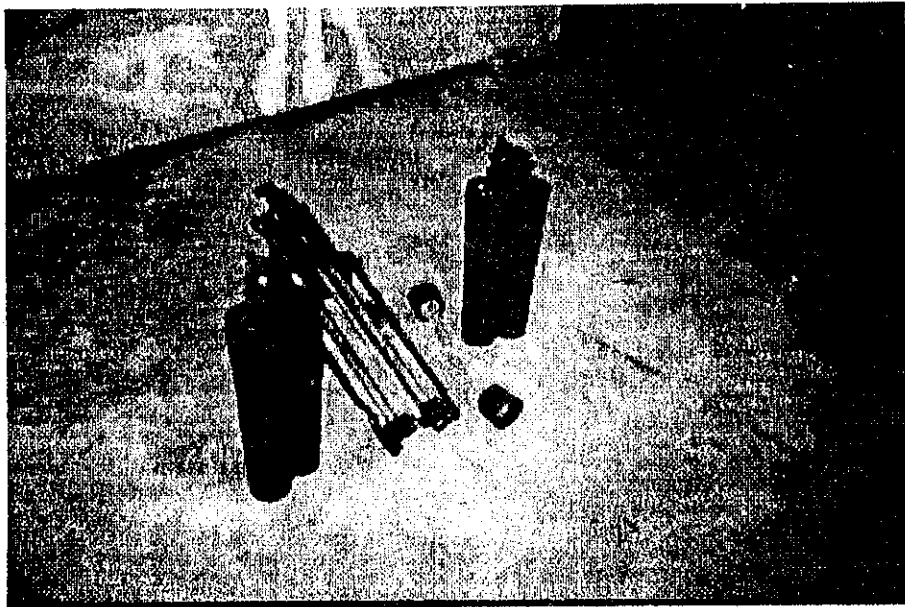
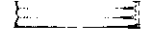


Foto 7. Se puede observar las herramientas utilizadas para la fijación e instalación del epóxico por inyección, como son los cartuchos de epóxico, la boquilla mezcladora y la herramienta aplicadora.



Foto 8. Se puede observar la herramienta E101, con la cual se aplica el epóxico por inyección..



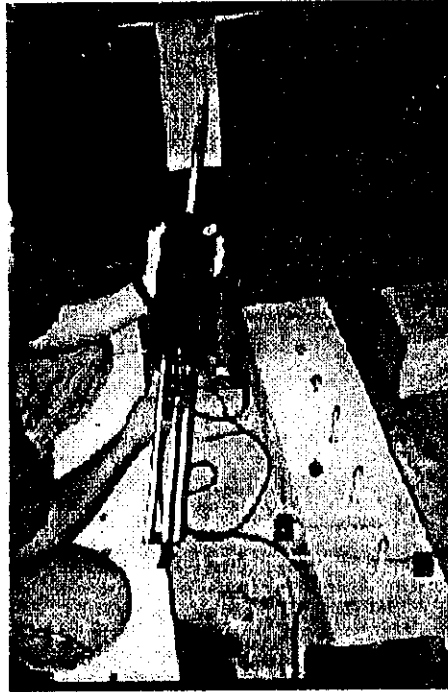


Foto 9. Se puede observar todo el equipo listo para ser utilizado en la instalación del epóxico por inyección.

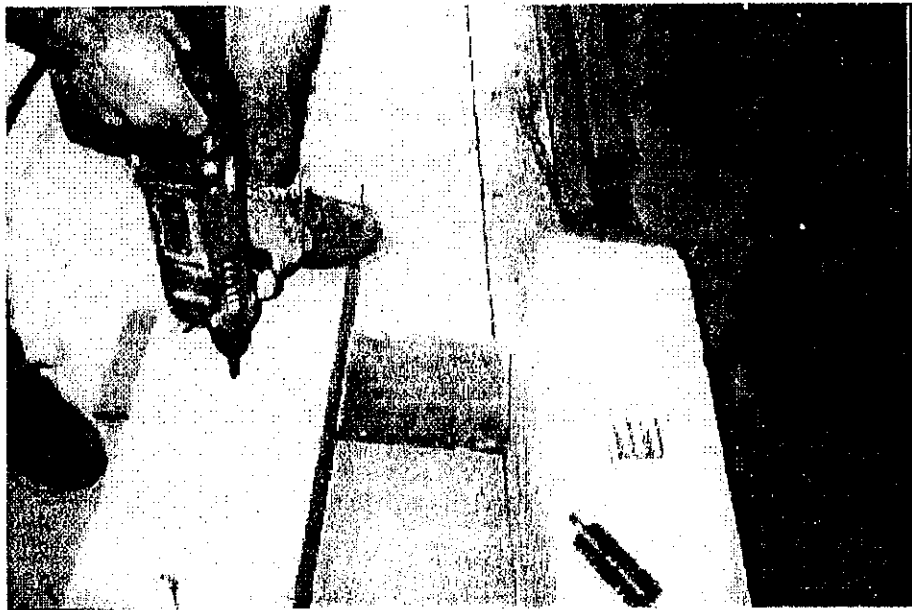
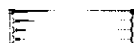


Foto 10. Barrenando para la instalación del epóxico por inyección.





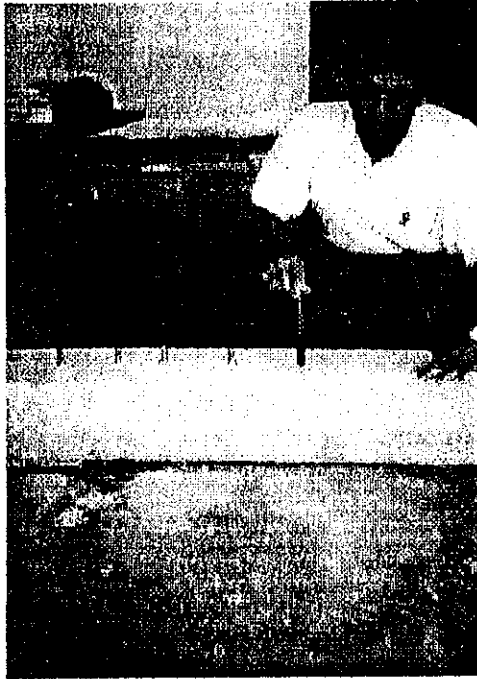


Foto 11. Limpieza del agujero donde se aplicará el epóxico.

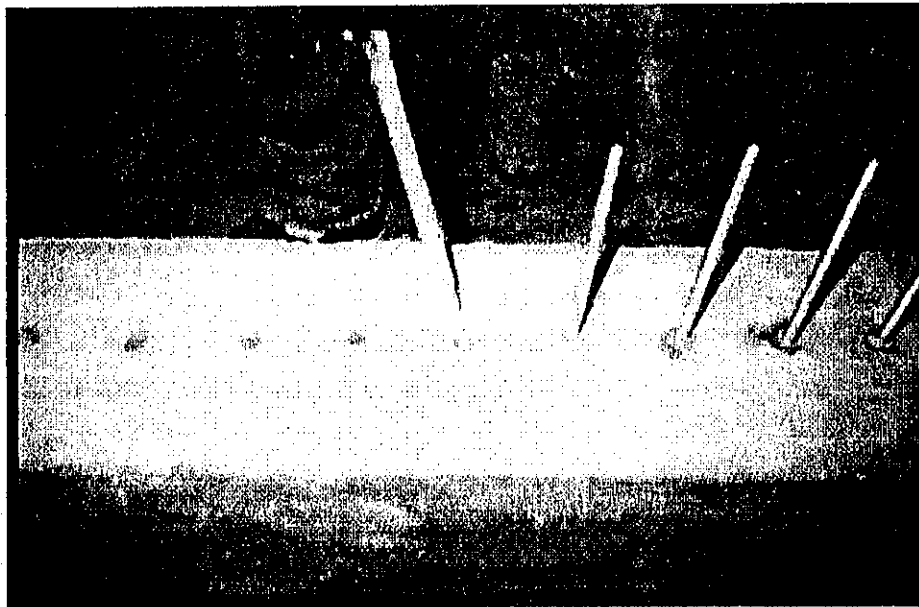


Foto 12. Aplicación del epóxico por inyección ceramic 6.



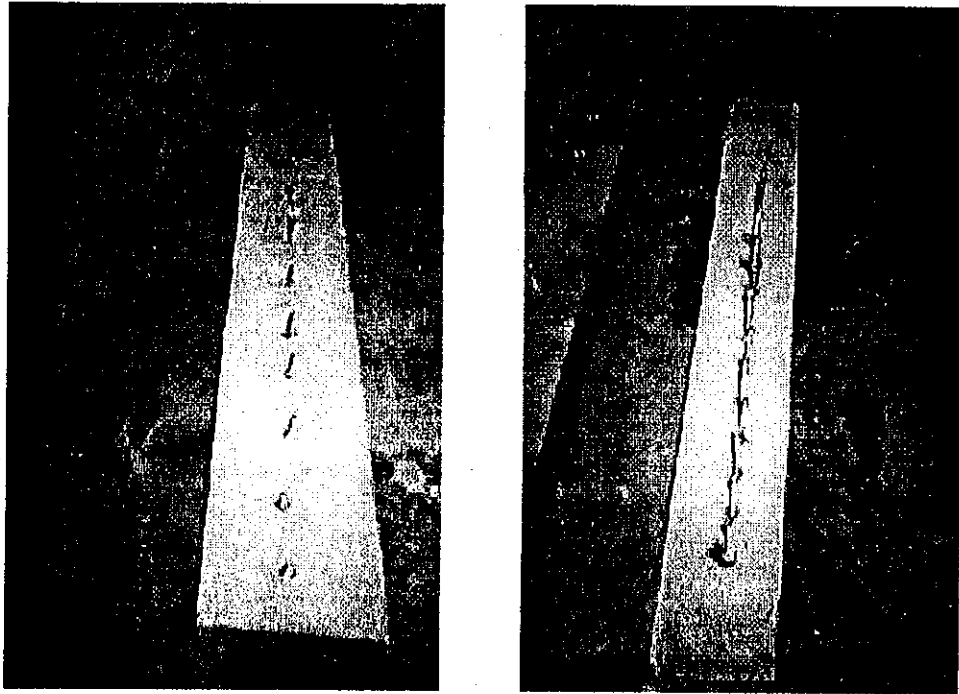
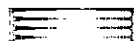


Foto 13. Forma como quedaron instalados los anclajes mecánico y epóxico por inyección.

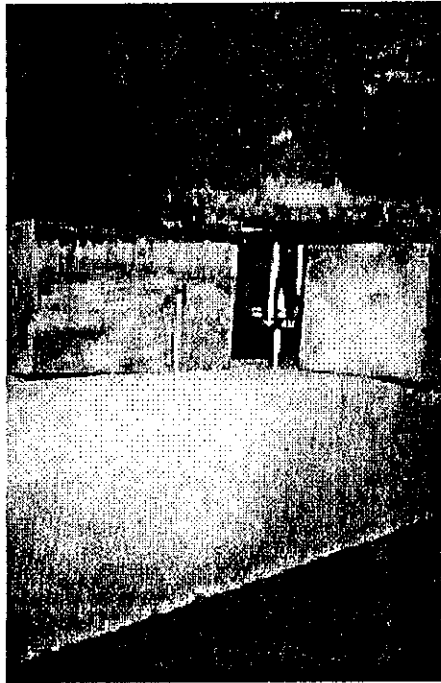


Foto 14. Momento en el cual es ensayada la pieza, para la prueba de tracción..





A



B

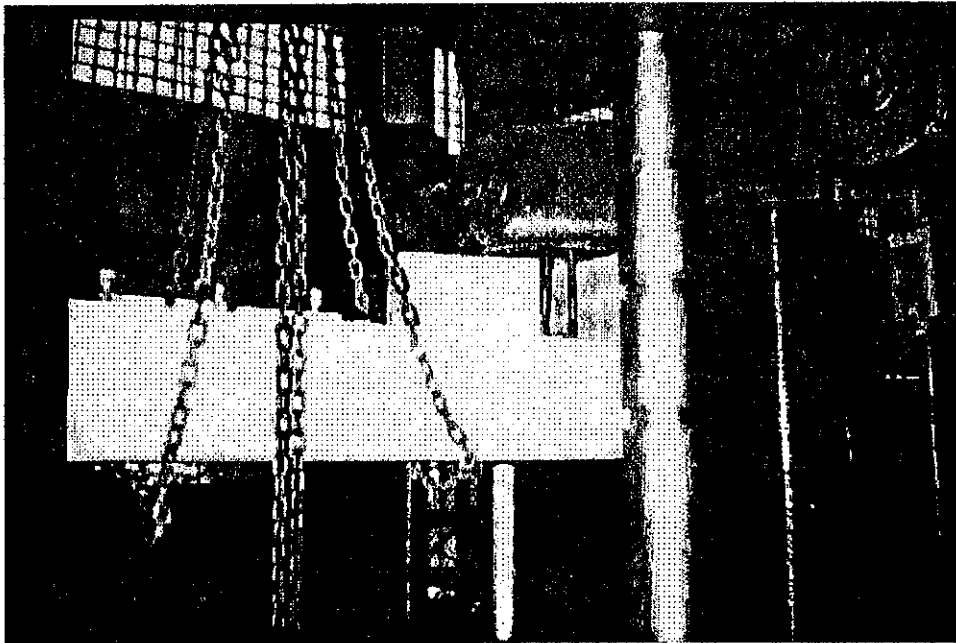


Foto 15. A y B representan el Anclaje que es ensayado, donde se puede observar la aplicación de fuerza de tracción.

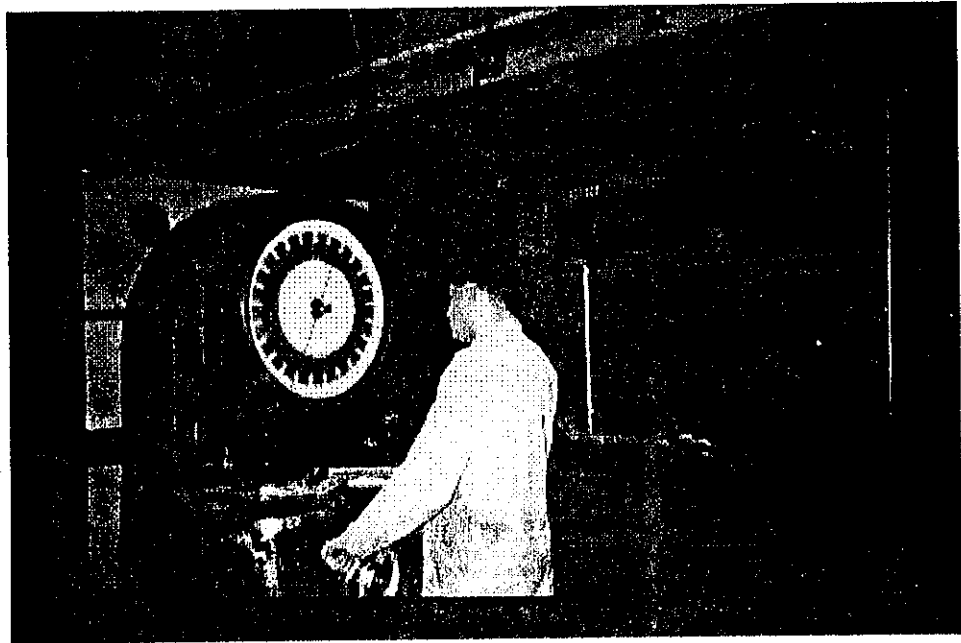


Foto 16. Equipo para el ensayo de prueba, tanto para el ensayo de tracción, como para el de corte.



Foto 17. Piezas fabricadas para el ensayo de corte.





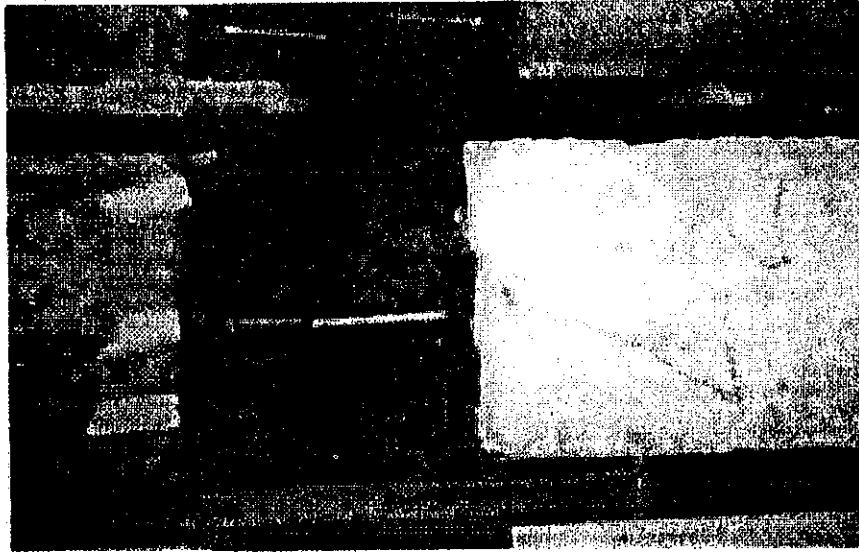


Foto 18. Forma como fueron colocados los anclajes mecánicos y anclajes de epóxico por inyección, posteriormente esta área se fundió para aplicar la carga.



Foto 19. Momento en el cual son ensayados los bloques para determinar el corte.



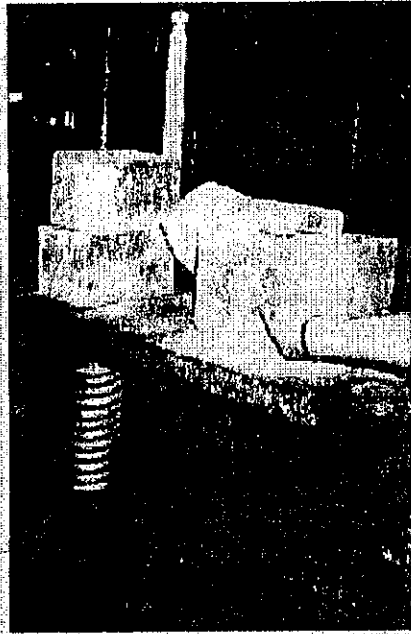


Foto 20. Forma como quedan los anclajes mecánicos y epóxico por inyección, luego de ser ensayos en la prueba de corte.

