



ENSAYOS NORMADOS DE TRACCIÓN CÍCLICA A PERNOS DE ANCLAJE DE 3/4" EN BASES DE HORMIGÓN.

para GB INGENIERÍA EN FIJACIONES S.A.

Santiago, 06 de marzo de 2018





Título del Proyecto

ENSAYOS NORMADOS DE TRACCIÓN CÍCLICA A PERNOS DE ANCLAJE DE ¾" EN BASES DE HORMIGÓN

Datos Mandante

Razón Social

GB Ingeniería en Fijaciones S.A.

RUT

99.530.740-5

Dirección

Camino Punto Mocha 5103, Huechuraba, Santiago, Chile

Datos Cliente (si es distinto al Mandante)

Razón Social

RUT

Contraparte técnica

Nombre

Sr. Armando Alarcón

Cargo E-mail Jefe Departamento Técnico

armando.alarcon@ingefix.cl

Información Contractual

Contrato Dictuc

Orden de Compra

001

Propuesta

LIE-17-183 -02, asociada al Ticket N° 6638

Nota

Este Informe anula y reemplaza al informe N° 1463184. Se precisa

estructura base del anclaje.

Autores

Jefe de Proyecto

Empresa RUT

Raúl Alvarez Medel

DICTUC SA

96.691.330-4



Ing. Raúl Álvarez Medel Gerente Unidad Ingeniería Estructural Dictuc S.A.



CONTENIDO

| 1. | Normas Generales4 | |
|----|---|----|
| 2. | Resumen Ejecutivo | |
| 3. | Introducción5 | |
| 4. | Objetivos5 | |
| 5. | Alcances | |
| 6. | Antecedentes | |
| 7. | Metodología y Resultados9 | |
| | 7.1 Descripción del ensayo de tracción sísmica simulada | 9 |
| | 7.2 Resultados del ensayo de tracción sísmica simulada | 12 |
| 8 | Conclusiones 29 | |



1. Normas Generales

- El presente informe presenta los resultados finales del estudio "ENSAYOS NORMADOS DE TRACCIÓN CÍCLICA A PERNOS DE ANCLAJE DE 3/4" EN BASES DE HORMIGÓN, desarrollado durante el período enero/2018 a febrero/2018.
- El presente informe fue preparado por Dictuc a solicitud del Mandante para verificar el comportamiento de uno de sus productos, bajo su responsabilidad exclusiva.
- Los alcances de este estudio están definidos explícitamente en la página 5 del presente informe. Las conclusiones de este informe se limitan a la información disponible para su ejecución.
- Para el desarrollo de este estudio Dictuc utilizó la información individualizada en el Capítulo 6. Dicho
 Capítulo identifica además las fuentes que proporcionaron dichos antecedentes.
- La información contenida en el presente informe no podrá ser reproducida total o parcialmente, para fines publicitarios, sin la autorización previa y por escrito de Dictuc mediante un Contrato de Uso de Marca.
- El Mandante podrá manifestar y dejar constancia verbal y escrita, frente a terceros, sean estos autoridades judiciales o extrajudiciales, que el trabajo fue preparado por Dictuc, y si decide entregar el conocimiento del presente informe de Dictuc, a cualquier tercero, deberá hacerlo en forma completa e íntegra, y no partes del mismo.
- El presente informe es propiedad del Mandante sin embargo si Dictuc recibe la solicitud de una instancia judicial hará entrega de una copia de este documento al tribunal que lo requiera, previa comunicación por escrito al Mandante.
- El presente informe es resultado de las metodologías desarrolladas por Dictuc, del alcance del informe encomendado y de los antecedentes que el Mandante puso a disposición de Dictuc. El Mandante acepta expresamente que los resultados del presente informe pueden en definitiva, no serles favorables a sus intereses particulares.
- El Mandante declara conocer y aceptar los términos y condiciones generales para la prestación de servicios, disponibles para todo el público en su sitio web oficial www.dictuc.cl/tyc.



2. Resumen Ejecutivo

Se realizaron cinco ensayos de tracción directa. El plan de carga correspondió a una solicitación cíclica, en busca de simular condiciones sísmicas, basadas en los criterios estipulados en la norma ACI 355.4M – 11, para pruebas de pernos de anclaje. Se incorporan algunos criterios de la norma ACI318-11 para separación de pernos.

3. Introducción

El presente informe entrega los resultados obtenidos de un conjunto de ensayos in situ, realizados sobre pernos de anclaje empotrados en bloques de hormigón. Los ensayos fueron realizados en dependencias de GB Ingeniería en Fijaciones S.A., ubicada en Camino Punto Mocha 5103, Huechuraba, Santiago, Chile, el día 24 de enero de 2018.

Los ensayos fueron realizados a petición del Sr. Arnando Alarcón, en representación de GB Ingeniería en Fijaciones S.A, en adelante Ingefix., bajo la aceptación de la propuesta de trabajo LIE-17-183 -02, asociada al Ticket N° 6638.

Los ensayos en terreno fueron realizados por el técnico Jairo Rojas, bajo la supervisión directa del ingeniero Nicolás Tapia. El presente informe fue redactado por la ingeniera Nathaly Valdebenito.

El informe se divide en: Antecedentes, Ensayos realizados y Resultados obtenidos, y Conclusiones.

4. Objetivos

El objetivo de estos ensayos, es evaluar el desempeño del anclaje en condiciones de hormigón no agrietado, ante cargas de tracción cíclicas. No obstante, como lo explica la norma, no tiene como objetivo simular todas las posibles condiciones de carga que pueden ocurrir durante un sismo, ni intenta representar el grado de agrietamiento que puede ocurrir en zonas de rótula plástica, en estructuras de hormigón.

5. Alcances

El presente trabajo descrito en este informe, corresponde exclusivamente a plasmar en este documento los resultados obtenidos en terreno y no contempla interpretaciones de efectos o soluciones a posibles problemáticas que pueda implicar los resultados obtenidos.

6. Antecedentes

Los pernos ensayados corresponden a varillas de 3/4". Cuya clasificación corresponde a un acero ASTM A307Gr.A, con una resistencia mínima de 60[Ksi], según la información proporcionada por el mandante. La Figura 6.1 y 6.2 muestra un esquema de los pernos de anclaje y su certificado de calidad.





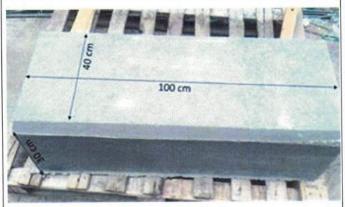
Figura 6.1: Geometría general del tipo de perno utilizado (proporcionado por el mandante).



Figura 6.2: Certificado del perno utilizado (proporcionado por el mandante).

Las probetas se encuentran ancladas en bloques de hormigón H30, de 100[cm] de largo, 40[cm] de ancho y 30[cm] de alto, ancladas a 20[cm] de los bordes, la distancia de anclaje entre perno es de 25[cm]. La longitud de anclaje es de 17[cm] Estas medidas fueron corroboradas por personal de DICTUC en terreno. La Fotografía 6.1 muestra una imagen de las bases de hormigón utilizadas y la Fotografía 6.2, muestra el trazado de la ubicación de los anclajes en una de las bases de hormigón.







Fotografía 6.1: Vista general de una de las bases, con sus dimensiones. (proporcionada por el mandante)

Fotografía 6.2: Vista general de una de las bases, con el trazado.

Todas las probetas ensayadas fueron suministradas por Ingenfix en sus dependencias. Las bases de hormigón fueron construidas por la empresa BOTAI. Las características de los materiales empleados en la fabricación fueron íntegramente informadas por el cliente.

La realización de perforaciones en bloques de hormigón fue realizada por personal de la empresa Ingefix, en presencia del técnico de DICTUC Sr. Jairo Rojas, el día 23 de enero de 2018. Las perforaciones, se realizaron con brocas de 7/8". La Fotografía 6.3, muestra la realización de las perforaciones en una de las bases de hormigón.



Fotografía 6.3: Perforación de una base de hormigón

Una vez realizada la perforación, se realiza la limpieza de esta, en base a tres procedimientos consecutivos, donde, primero se procede al soplado de la perforación, luego se cepilla con grata cilíndrica y finalmente se vuelve a soplar. Una vez realizada la limpieza, se inyecta la perforación con un mortero epóxico de alta resistencia, denominado GBI-500, de Ingefix. Las Fotografías 6.4 y 6.5, muestran los procesos de limpieza e inyección sobre una de las bases de hormigón, mientras que las Fotografías 6.6 y 6.7, muestran epóxico utilizado. Las Fotografías 6.8 y 6.9, muestran los pernos de anclaje ya instalados.





Fotografía 6.4: Limpieza antes de la inyección epóxica

Fotografía 6.5: Inyección epóxica





Fotografía 6.6: Epóxico utilizado

Fotografía 6.7: Epóxico utilizado





Fotografía 6.8: Perno instalado en base de hormigón

Fotografía 6.9: Pernos instalados en bases de hormigón.

La longitud exterior promedio de los pernos una vez instalados, correspondió a 81,5cm.

Es de importancia mencionar que tanto la fabricación de las bases de hormigón como todo el proceso de instalación fueron íntegramente realizados por el mandante.



En la Figura 6.5 se muestra la nomenclatura empleada en la denominación de las probetas.

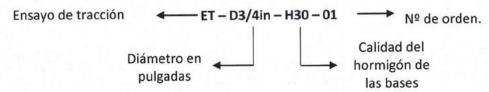


Figura 6.5: Nomenclatura utilizada.

7. Metodología y Resultados

7.1 Descripción del ensayo de tracción sísmica simulada

Este ensayo consiste en generar una tracción cíclica directa sobre el perno de anclaje, mediante el uso de una serie de elementos de conexión, soporte y solicitación. La Figura 7.1 muestra un esquema general de la implementación del ensayo.

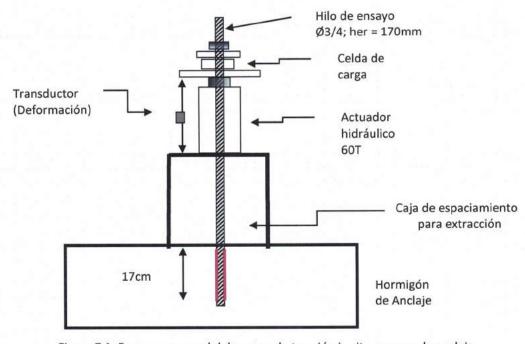


Figura 7.1: Esquema general del ensayo de tracción in situ a perno de anclaje.

Los ciclos de carga y descarga, son generados a través de un actuador dinámico, el cual se conecta al perno 3/4" y se fija sobre un cilindro de acero de 400[mm] de diámetro, este cilindro es proporcionado por el mandante. La carga es controlada mediante el uso de una celda perforada para compresión ubicada sobre el actuador, entre dos placas metálicas de repartición, de 25mm de espesor cada una, sobre las cuales se cierra el sistema de carga



mediante tuercas sobre el hilo ensayado. La deformación es medida mediante el uso de dos sensores de deformación.

Es de importancia mencionar que los apoyos del cilindro de reacción sobre la base de hormigón, no se encuentran fuera de la zona de falla por cono de hormigón, según la distancia estipulada en la norma **ACI318-11**, correspondiente a un circulo de radio **1.5 hef.**

La Fotografía 7.1, muestra una vista general del montaje del ensayo y las Fotografías 7.2, 7.3 y 7.4, muestran los instrumentos de medición y generación de la carga.



Fotografía 7.1: Perno instalado en base de hormigón

Fotografía 7.2: Pernos instalados en bases de hormigón.





Fotografía 7.3: Celda de carga

Fotografía 7.4: Sensores de deformación



Tipología y número de ciclos de carga

Los niveles de carga, la cantidad de ciclos y la frecuencia de estos están especificados por la norma ACI355.4M-11. Los ciclos se definen a tres niveles de carga distintos, los que se muestran en la Figura 7.2.

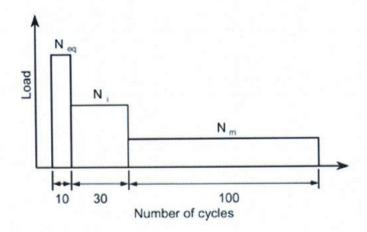


Figura 7.2: Historia de carga requerida para ensayo de tracción sísmica simulada. (Adaptación de Figura 8.3 de la norma ACI355.4M-11)

Para el cálculo de las variables Neq, Ni y Nm, se consideran las expresiones expuestas en la Norma ACI355.4M-11 y algunas consideraciones de la norma ACI318-11. Los motivos de consultar el código ACI318 es la inexistencia de resultados experimentales previos, realizados sobre los componentes de las probetas ensayadas, requeridos en la norma ACI355.4M-11.

Dado que estos niveles de carga, representan posibles ciclos sísmicos, las magnitudes aplicadas están afectas a factores de reducción importantes desde valores de resistencia máxima para los distintos componentes. Por esta razón se busca obtener siempre los máximos valores de resistencia inicial.

Acorde a lo anterior, se considera como área del perno D3/4in, la sección bruta del mismo, lo que genera resultados conservadores.

Se calcula:

$$N_{eq} = 0.5 \overline{N}_{0,i} \left(\frac{f_{c,test}}{f_{c,test,2}} \right)^n = 5980[kgf]$$
 (8-2) de ACI355.4M-11

Donde:

 $\overline{N}_{0,i}=$ tomará el valor máximo definido por la sección D5.1-5.2 de la norma ACi318-11, a saber, $A_{se,N}f_{uta}$, donde A_{se} es el área del perno (tomada como el área bruta) y f_{uta} (60 ksi, 414 MPa) es la resistencia (última) a la tracción <u>especificada</u> del perno, la cual no debe ser mayor que el menor valor entre 125000 psi (861 MPa) y 1.9 fya. Con esto, en este caso particular, $N_{0,i}=11959[kgf]$, utilizada en los ensayos.



Se destaca que, al tomar A_{se} como el área neta del perno según el diámetro medido en el certificado entregado por el mandante, la carga $N_{0,i}$ baja de 11959[kgf] a 9102[kgf]. Si bien este nivel de carga se tendrá en consideración para la evaluación de las cargas de falla en el ciclo de rotura, los ciclados previos serán realizados bajo los niveles de carga establecidos con los cálculos realizados con el área bruta.

 $f_{c,test}$ = resistencia a la compresión del hormigón usada en el momento de ensayar, es este caso 30 MPa;

 $f_{c.test.2}$ = se usará el mismo valor, 30 MPa; y

n = exponente de normalización determinado de acuerdo a 10.2 (es 0.5 en este caso).

$$N_m = \frac{N_{eq}}{2} = 2990[kgf]$$
 (8-3) de ACI355.4M-11

$$N_i = \frac{N_{eq} + N_m}{2} = 4485[kgf]$$
 (8-4) de ACI355.4M-11

En cada ensayo, se procede a iniciar la toma de datos, posterior a lo cual se inician los ciclos de carga secuencialmente, a una frecuencia entre 0.1 Hz y 0.2 Hz: 10 ciclos a una carga de Neq, 30 ciclos a Ni y 100 ciclos a Nm. Una vez finalizados los ciclos, se aplica una carga de tracción hasta llevar el anclaje a la falla. Se grafica el comportamiento del anclaje en términos de carga versus desplazamiento.

La adquisición de datos se realiza mediante un equipo de origen alemán marca HBM, modelo QuantumX 840A, bajo una tasa de muestreo de 5Hz. Los elementos utilizados en el ensayo se detallan en la Tabla 7.1 para su trazabilidad.

Tabla 7.1: Elementos utilizados en el ensayo para su trazabilidad.

| Parámetro | Descripción | Marca | Nº de serie | Cap. Nominal |
|-----------|-----------------------|-------------|-------------|--------------|
| P1 | Celda de carga | Kyowa | 72635001 | 20 ton |
| G1 | Actuador Dinámico | Enerpac | D2612K | 60 ton |
| δ1 | Sensor de Deformación | Novotechnik | 092797/A05 | 100 mm |
| δ2 | Sensor de Deformación | Novotechnik | 095215/A02 | 100 mm |

7.2 Resultados del ensayo de tracción sísmica simulada

Las cinco probetas logran desarrollar los tres niveles de carga cíclica sin presentar colapso. Se presenta para cada probeta:

- Tabla resumen de resultados con observaciones al tipo de falla observado.
- Gráfico de secuencia de carga aplicada
- Gráfico carga deformación para los 10 primeros ciclos bajo una carga N_{eq}



- Gráfico carga deformación para los 30 ciclos intermedios bajo una carga Ni
- Gráfico carga deformación para los 100 últimos ciclos bajo una carga N_m
- Gráfico carga deformación para la carga final a rotura.

Tabla 7.2: Posultados ensavo de tracción cíclica - Probeta ET - D3/4in - H30 - 01

| | Nivel 1 – | 10 ciclos | |
|----------------------------|-----------------------|--|--------------------------------|
| | Carga Máxima [kgf] | δ. Máxima ⁽¹⁾ [mm] | δ. Residual [mm] |
| Promedio Ciclos 1 al 10 | 5980 | 1.98 | 0.30 |
| | Nivel 2 – | 30 ciclos | |
| Promedio ciclos 1 al 30 | 4485 | 1.57 | 0.33 |
| | Nivel 3 - | 100 ciclos | |
| Promedio ciclos 1 al 100 | 2990 | 1.16 | 0.33 |
| | Carga a Rotur | a por Tracción | |
| | Carga Máxima [kgf] | δ. Asociado a Carga Máxima ⁽²⁾ [mm] | Rigidez al 45% (3) [kgf/mm] |
| Ciclo Rotura | 9832 | 19.8 | 3926 |
| Ciclo Rotura Observaciones | 9832 | | 3926 |

- Notas: (1) Deformación máxima del ciclo de carga, tomada en el instante de iniciar la descarga.
 - (2) Deformación asociada a la carga máxima, obtenida en el instante de alcanzar la carga máxima.
 - (3) Rigidez obtenida bajo el criterio del 45% de la carga máxima, restando la def. residual inicial del ciclo a rotura. Para el caso de ciclo a rotura la deformación residual no aplica, dado que se alcanza la falla de la probeta.



Ensayo de Tacción Cíclica a Pernos de Anclaje. Curva de Carga vs Tiempo. Probeta: ET-D3/4in-H30-01

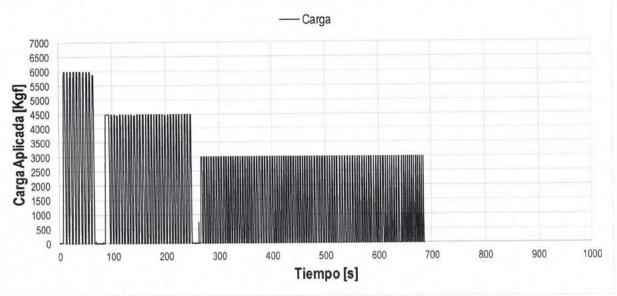


Gráfico 7.1

Ensayo de Tacción Cíclica a Pernos de Anclaje. Curva de Carga vs Deformación Vertical - Nivel 1: Neq. Probeta: : ET-D3/4in-H30-01

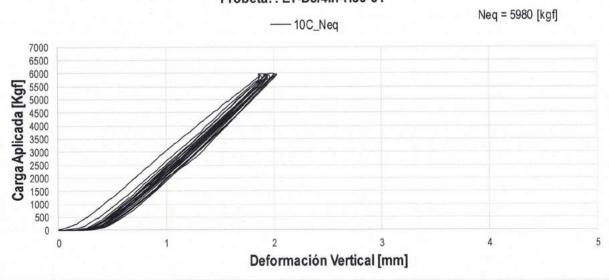
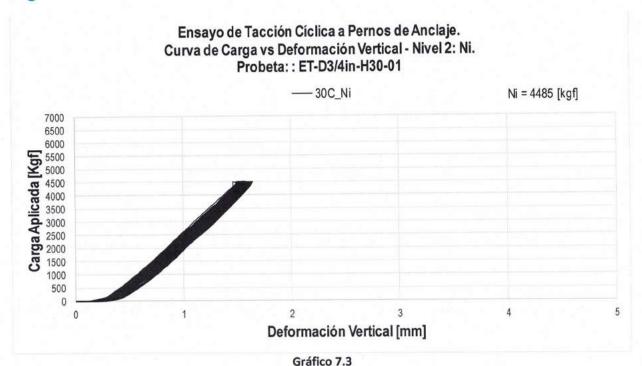
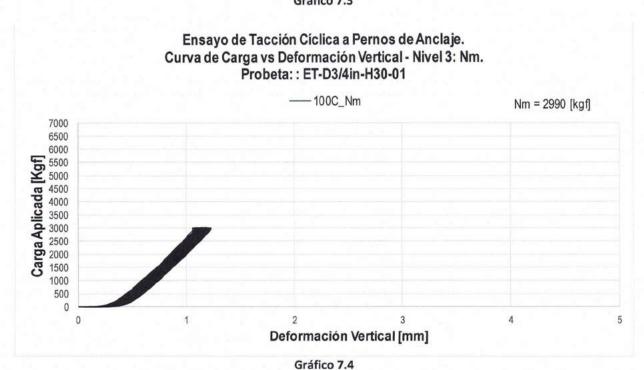


Gráfico 7.2







Página 15 de 30 www.dictuc.cl



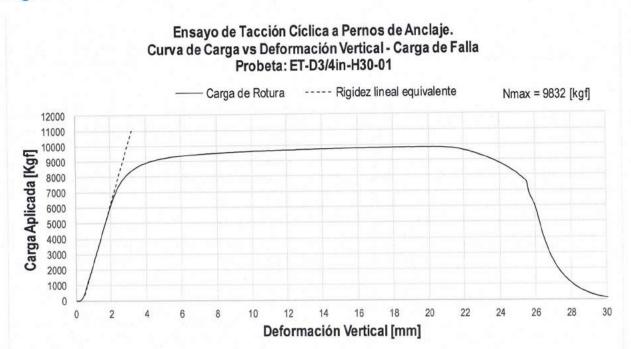


Tabla 7.3: Resultados ensavo de tracción cíclica - Probeta ET - D3/4in - H30 - 02

Gráfico 7.5

| Nivel 1 – | 10 ciclos | |
|-----------------------|--|---|
| Carga Máxima [kgf] | δ. Máxima ⁽¹⁾ [mm] | δ. Residual [mm] |
| 5980 | 3.20 | 0.69 |
| Nivel 2 - | 30 ciclos | V I I |
| 4485 | 2.58 | 0.75 |
| Nivel 3 – | 100 ciclos | |
| 2990 | 2.17 | 0.80 |
| Carga a Rotur | a por Tracción | |
| Carga Máxima [kgf] | δ. Asociado a Carga Máxima ⁽²⁾ [mm] | Rigidez al 45% (3) [kgf/mm] |
| 9152 | 15.3 | 3029 |
| | Carga Máxima [kgf] 5980 Nivel 2 – 4485 Nivel 3 – 2990 Carga a Rotur Carga Máxima [kgf] | Carga Máxima [kgf] δ. Máxima (1) [mm] 5980 3.20 Nivel 2 – 30 ciclos 4485 2.58 Nivel 3 – 100 ciclos 2990 2.17 Carga a Rotura por Tracción Carga Máxima [kgf] δ. Asociado a Carga Máxima (2) [mm] |

Notas: (1) Deformación máxima del ciclo de carga, tomada en el instante de iniciar la descarga.

(2) Deformación asociada a la carga máxima, obtenida en el instante de alcanzar la carga máxima.

(3) Rigidez obtenida bajo el criterio del 45% de la carga máxima, restando la def. residual inicial del ciclo a rotura. Para el caso de ciclo a rotura la deformación residual no aplica, dado que se alcanza la falla de la probeta.



Ensayo de Tacción Cíclica a Pernos de Anclaje. Curva de Carga vs Tiempo. Probeta: ET-D3/4in-H30-02

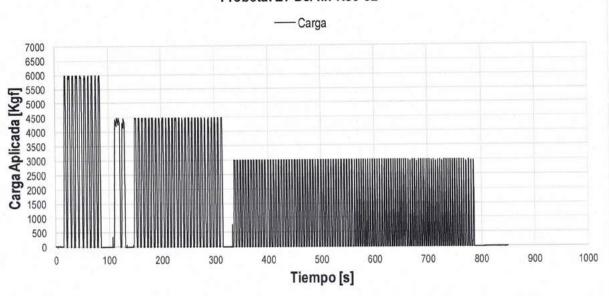


Gráfico 7.6

Ensayo de Tacción Cíclica a Pernos de Anclaje. Curva de Carga vs Deformación Vertical - Nivel 1: Neq. Probeta: : ET-D3/4in-H30-02

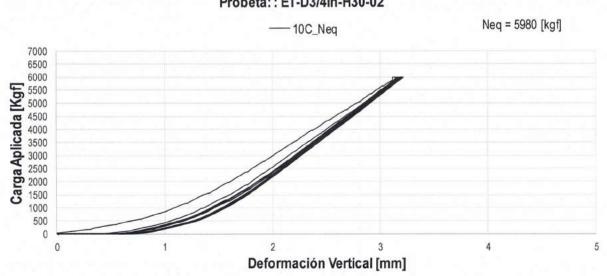


Gráfico 7.7



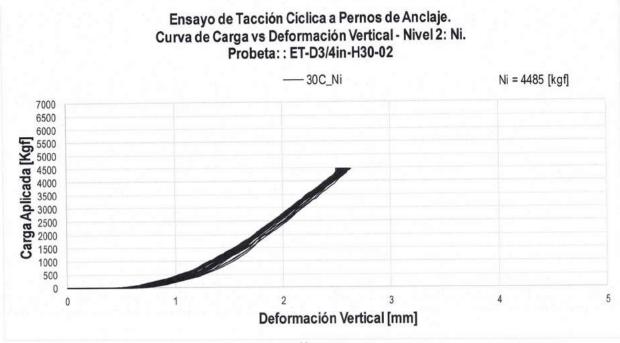


Gráfico 7.8

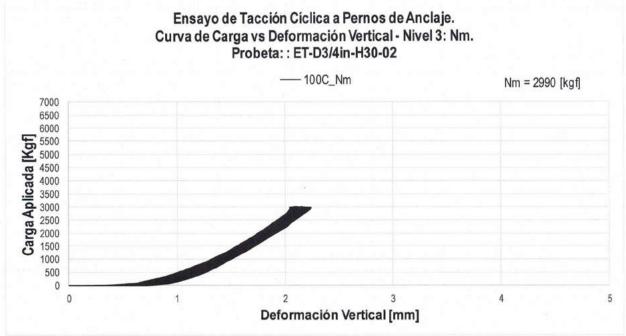


Gráfico 7.9



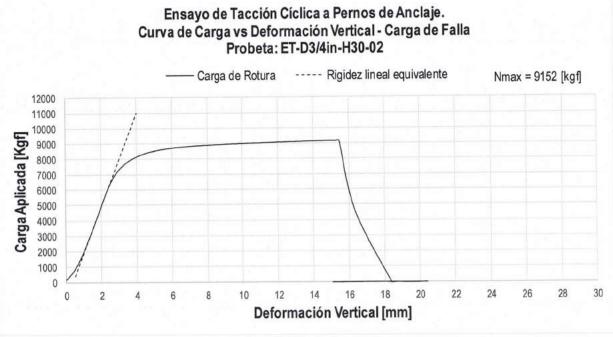
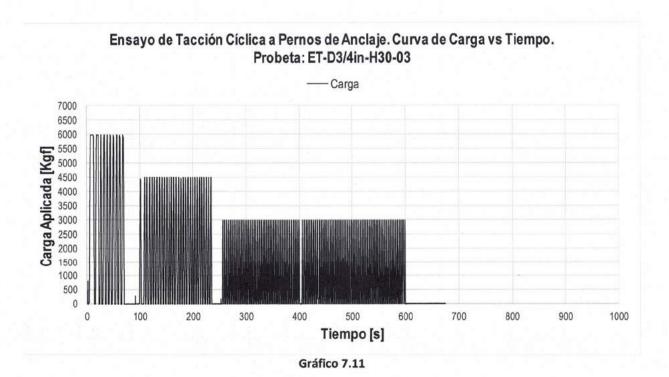




Tabla 7.4: Resultados ensayo de tracción cíclica - Probeta ET - D3/4in - H30 - 03

| | Nivel 1 – | 10 ciclos | |
|--------------------------|-----------------------|--|---|
| | Carga Máxima [kgf] | δ. Máxima ⁽¹⁾ [mm] | δ. Residual [mm] |
| Promedio Ciclos 1 al 10 | 5980 | 1.85 | 0.16 |
| | Nivel 2 - | 30 ciclos | |
| Promedio ciclos 1 al 30 | 4485 | 1.21 | 0.04 |
| | Nivel 3 - | 100 ciclos | |
| Promedio ciclos 1 al 100 | 2990 | 0.81 | 0.03 |
| | Carga a Rotur | a por Tracción | |
| | Carga Máxima [kgf] | δ. Asociado a Carga Máxima ⁽²⁾ [mm] | Rigidez al 45% ⁽³⁾ [kgf/mm] |
| Ciclo Rotura | 8970 | 3.80 | 9636 |
| Observaciones | | Falla del bloque de hormigón | |

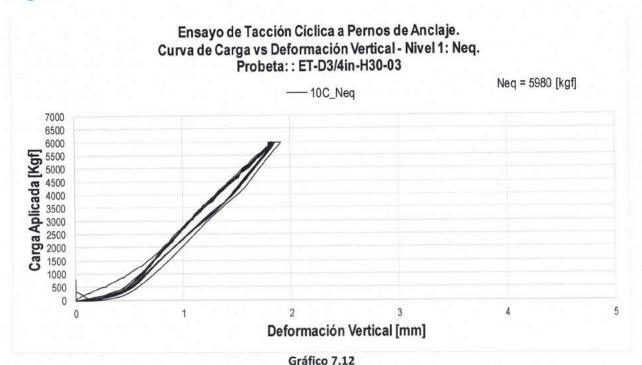
- Notas: (1) Deformación máxima del ciclo de carga, tomada en el instante de iniciar la descarga.
 - (2) Deformación asociada a la carga máxima, obtenida en el instante de alcanzar la carga máxima.
 - (3) Rigidez obtenida bajo el criterio del 45% de la carga máxima, restando la def. residual inicial del ciclo a rotura. Para el caso de ciclo a rotura la deformación residual no aplica, dado que se alcanza la falla de la probeta.

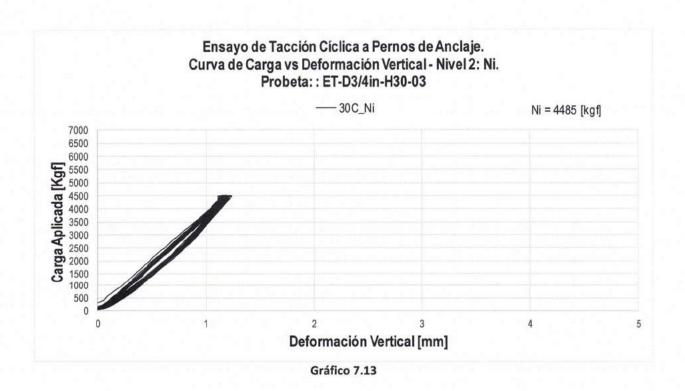


ENSAYOS NORMADOS DE TRACCIÓN CÍCLICA A PERNOS DE ANCLAJE DE 3/4" EN BASES DE HORMIGÓN.

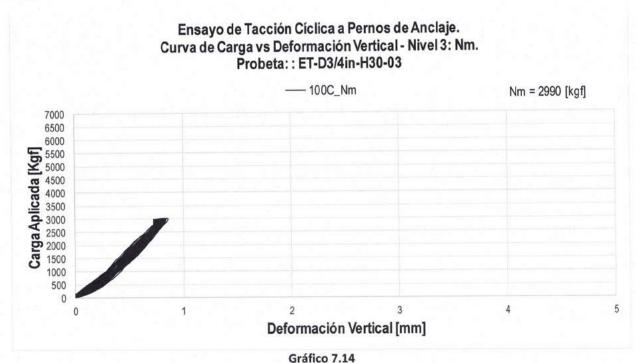
Informe Final Página 20 de 30 www.dictuc.cl

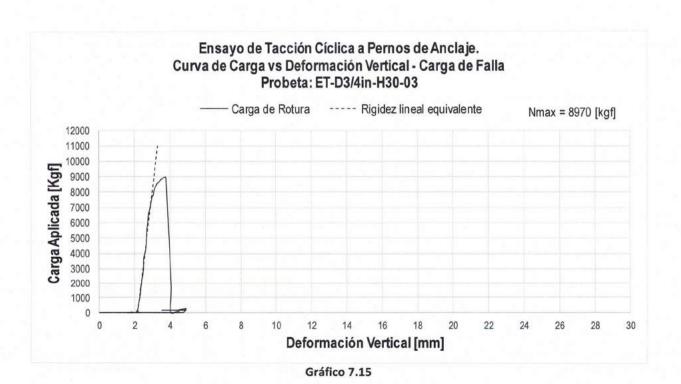












Página 22 de 30 www.dictuc.cl



Tabla 7.5: Resultados ensayo de tracción cíclica – Probeta ET – D3/4in – H30 – 04

| | Nivel 1 – | 10 ciclos | |
|--------------------------|------------------------------|--|--------------------------------|
| | Carga Máxima [kgf] | δ. Máxima ⁽¹⁾ [mm] | δ. Residual [mm] |
| Promedio Ciclos 1 al 10 | 5980 | 3.25 | 0.99 |
| | Nivel 2 – | 30 ciclos | |
| Promedio ciclos 1 al 30 | 4485 | 2.10 | 0.29 |
| | Nivel 3 – | 100 ciclos | |
| Promedio ciclos 1 al 100 | 2990 | 1.66 | 0.39 |
| | Carga a Rotur | a por Tracción | |
| | Carga Máxima [kgf] | δ. Asociado a Carga Máxima ⁽²⁾ [mm] | Rigidez al 45% (3) [kgf/mm] |
| Ciclo Rotura | 8249 | 4.16 | 2944 |
| Observaciones | Falla del bloque de hormigón | | |

- Notas: (1) Deformación máxima del ciclo de carga, tomada en el instante de iniciar la descarga.
 - (2) Deformación asociada a la carga máxima, obtenida en el instante de alcanzar la carga máxima.
 - (3) Rigidez obtenida bajo el criterio del 45% de la carga máxima, restando la def. residual inicial del ciclo a rotura. Para el caso de ciclo a rotura la deformación residual no aplica, dado que se alcanza la falla de la probeta.

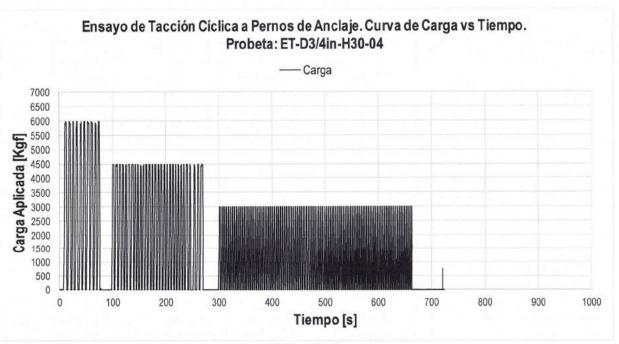


Gráfico 7.16



Ensayo de Tacción Cíclica a Pernos de Anclaje. Curva de Carga vs Deformación Vertical - Nivel 1: Neq. Probeta: : ET-D3/4in-H30-04

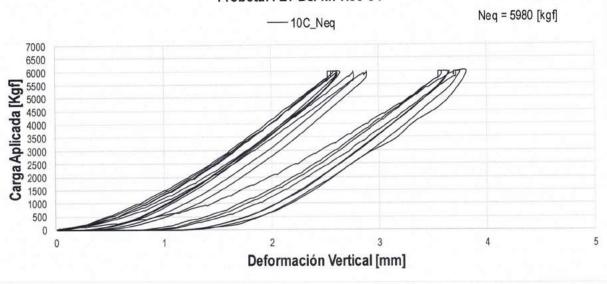
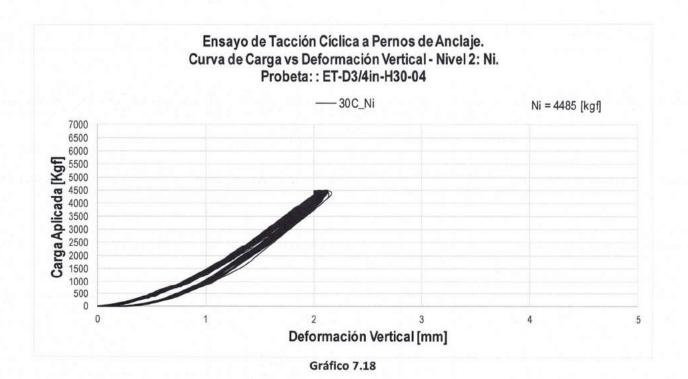
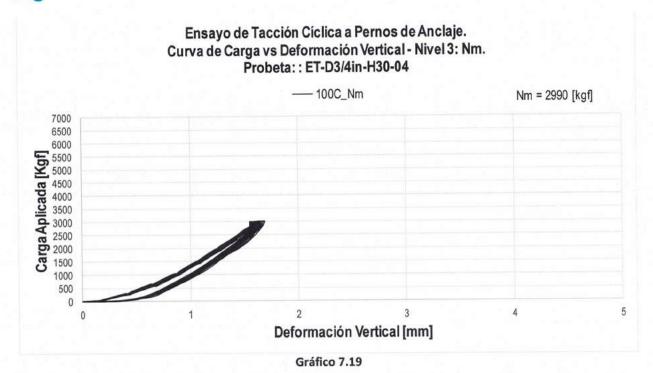


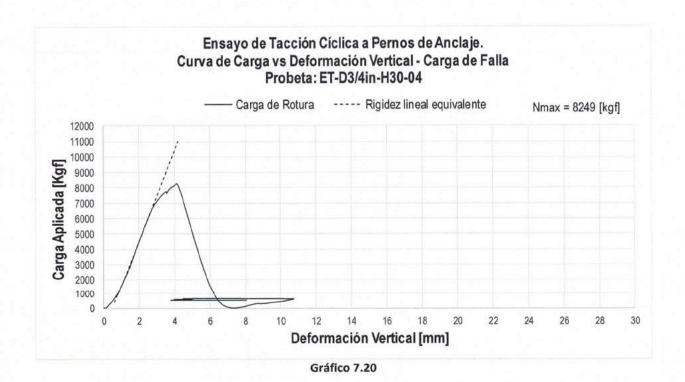
Gráfico 7.17



Página 24 de 30 www.dictuc.cl







Página 25 de 30 www.dictuc.cl



Tabla 7.6: Resultados ensayo de tracción cíclica – Probeta ET – D3/4in – H30 – 05

| | Nivel 1 – | 10 ciclos | |
|--------------------------|-----------------------|--|--|
| | Carga Máxima [kgf] | δ. Máxima ⁽¹⁾ [mm] | δ. Residual [mm] |
| Promedio Ciclos 1 al 10 | 5980 | 3.58 | 1.37 |
| | Nivel 2 - | 30 ciclos | |
| Promedio ciclos 1 al 30 | 4485 | 3.29 | 1.43 |
| | Nivel 3 – | 100 ciclos | |
| Promedio ciclos 1 al 100 | 2990 | 2.77 | 1.42 |
| | Carga a Rotur | a por Tracción | |
| | Carga Máxima [kgf] | δ. Asociado a Carga Máxima ⁽²⁾ [mm] | Rigidez al 45% ⁽³ [kgf/mm] |
| Ciclo Rotura | 8753 | 7.00 | 3533 |
| Observaciones | | Falla del bloque de hormigón | |

- Notas: (1) Deformación máxima del ciclo de carga, tomada en el instante de iniciar la descarga.
 - (2) Deformación asociada a la carga máxima, obtenida en el instante de alcanzar la carga máxima.
 - (3) Rigidez obtenida bajo el criterio del 45% de la carga máxima, restando la def. residual inicial del ciclo a rotura. Para el caso de ciclo a rotura la deformación residual no aplica, dado que se alcanza la falla de la probeta.

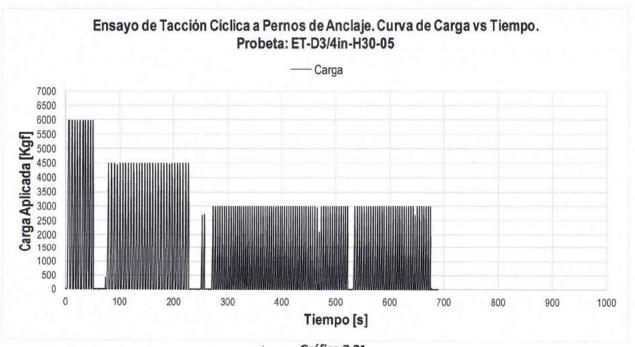


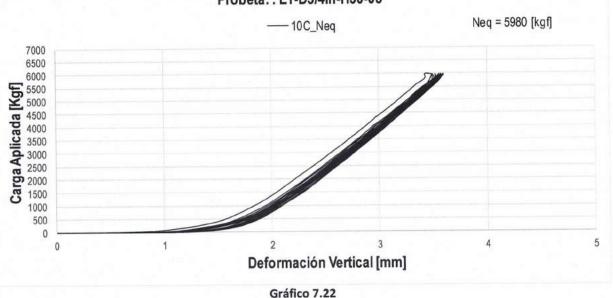
Gráfico 7.21

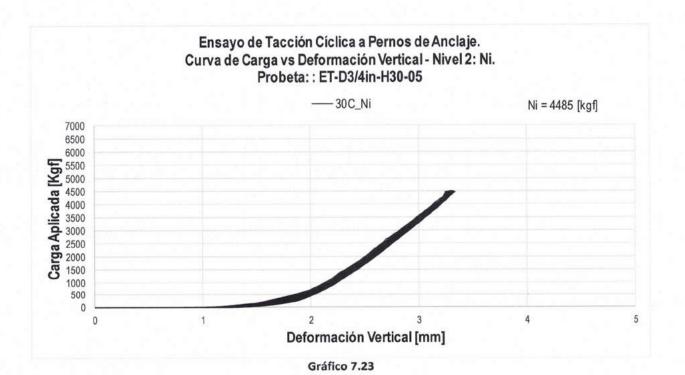
ENSAYOS NORMADOS DE TRACCIÓN CÍCLICA A PERNOS DE ANCLAJE DE 3/4" EN BASES DE HORMIGÓN. Informe Final Página 26 de 30

www.dictuc.cl



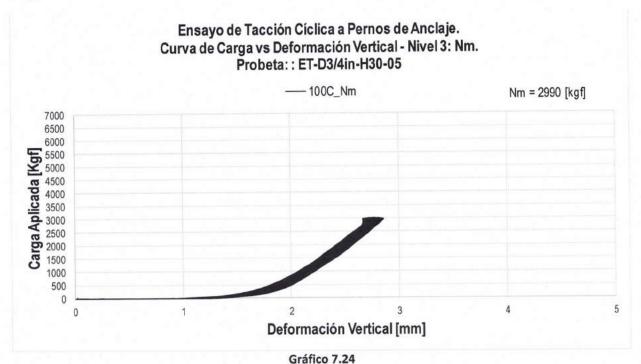
Ensayo de Tacción Cíclica a Pernos de Anclaje. Curva de Carga vs Deformación Vertical - Nivel 1: Neq. Probeta: : ET-D3/4in-H30-05

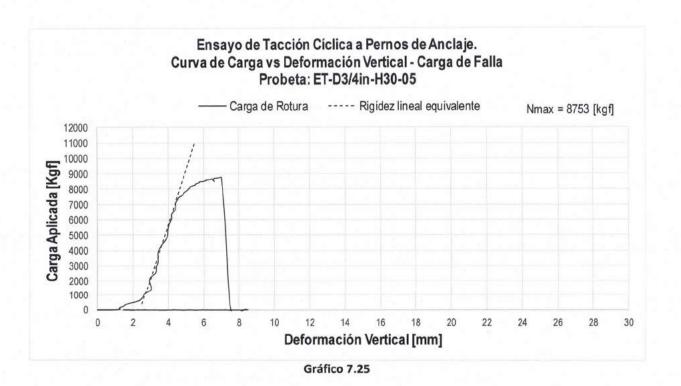




Página 27 de 30 www.dictuc.cl









8. Conclusiones

Se presentan a continuación las conclusiones posteriores a los ensayos de tracción cíclicos, in situ, realizados a pernos de anclaje de 3/4 pulgada, instalados en bloques de hormigón.

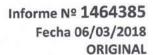
Los ensayos fueron realizados en dependencias de la empresa mandante, GB Ingeniería en Fijaciones S.A., por personal de DICTUC, a petición de la empresa GB Ingeniería en Fijaciones S.A., bajo la aceptación de la propuesta de trabajo LIE-17-183 -02, asociada al Ticket N° 6638.

Se recuerda que:

- Se realizaron los ensayos según criterios estipulados en los códigos ACI355.4M-11 y ACI318-11.
- Se realizaron un total de cinco ensayos de tracción cíclica, cumpliendo así con el número mínimo de ensayos equivalentes estipulados en la norma ACI355.4M-11
- Los criterios de aceptación plantean:
 - a) Todos los ensayos deben completar la secuencia cíclica estipulada.
 - b) La carga de falla debe ser al menos 1.6 veces la carga N_{eq} calculada como el área neta del perno.

Para los ensayos de tracción cíclica, se concluye:

- 1. Se ensayaron las 5 probetas todas con dos tuercas.
- 2. La primera probeta logró la falla por corte del hilo. Las cuatro probetas restantes generaron falla del bloque de hormigón.
- 3. La falla nominal esperada de corte en el acero (área neta) es de 9102 [kgf], sin embargo, la falla por corte del hilo, se obtuvo para cargas de 9832[kgf].
- 4. Las cargas alcanzadas para las fallas del bloque de hormigón fueron de 9152[kgf], 8970[kgf], 8249[kgf] y 8753[kgf]. Todas ellas no presentan deslizamiento del epóxico antes de la falla del hormigón.
- 5. La carga de aceptación, correspondiente a 1.6 N_{eq} = 7281[kgf] Esta carga es superada por todas las probetas ensayadas. Sin embargo, la falla no corresponde al sistema de epóxico sino que al corte de la barra de acero en la primera probeta y a la falla del bloque de hormigón, para las probetas restantes
- 6. Se realiza un ensayo adicional de tracción simple, apoyando el cilindro hidráulico en la zona interior al cono de falla del hormigón, con el fin de evitar la falla por flexión del mismo. Con esto evaluamos el





deslizamiento del epóxico y la barra. Se obtiene la falla por tracción de la barra para una carga de 10085kgf. No se observa deslizamiento del epóxico.

- 7. Se recomienda realizar ensayos de tracción simple a estas barras igualmente, dada la dispersión respecto a la carga nominal de rotura del perno.
- 8. Dado el comportamiento observado, el epóxico cumple con soportar sin fallas la carga de aceptación estipulada en la norma, relacionada al área neta del perno utilizado y su calidad de acero ASTM A307Gr.A, el cual posee una carga de rotura de 60KSI.

Revisó: Raúl Alvarez

Santiago, 06 de marzo de 2018.