

MAESTRÍA DE INGENIERÍA CIVIL

ANCLAJES CON BARRA ENROSCADA EN PLACAS ELABORADAS CON
CONCRETOS LIVIANOS

Ronald Camilo Ramírez Martínez

DIRECTOR DE TESIS DE GRADO
INGENIERO
Pedro Nel Quiroga Saavedra Ph.D., M.Sc

BOGOTÁ D.C.

AÑO 2020



La tesis de maestría titulada “ANCLAJES CON BARRA ENROSCADA EN PLACAS ELABORADAS CON CONCRETOS LIVIANOS”, presentada por Ronald Camilo Ramírez Martínez, cumple con los requisitos establecidos para optar al título de Magíster en Ingeniería Civil.

DIRECTOR DE LA TESIS

ING. Pedro Nel Quiroga Saavedra Ph.D., M.Sc

JURADO

ING. Gonzalo Becerra

JURADO

ING. Jorge Rendón

Bogotá, D.C., 3 De Febrero Del 2020.

DEDICATORIA

A mis padres Rubiela y Julio Cesar, los cuales han sido el pilar y motivo de cada uno de mis logros.

AGRADECIMIENTO

Agradezco al ingeniero Pedro Nel Quiroga Saavedra y demás docentes por su dedicación y enseñanza, a la Escuela Colombiana de Ingeniería “Julio Garavito”, que me guiaron en todo este proceso y así adquirir los conocimientos necesarios para el correcto desarrollo de mi vida profesional.

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	16
2. RESUMEN	17
3. ABSTRACT	18
4. OBJETIVOS DEL PROYECTO	19
2.1 OBJETIVO GENERAL	19
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	19
5. MARCO TEÓRICO	20
5.1. ESTADO DEL ARTE	20
3.2.1 Aplicación de anclajes bajo condiciones especiales de concreto (r. nemes, é. lublóí – 2011, hungría).....	20
3.2.2 Comportamiento de anclajes post-instalados de gran diámetro en fundaciones de concreto (d. wang, d. wu, s. he, j. zhou, c. ouyang – 2015, china). 22	
3.2.3 Comportamiento de anclajes post-instalados bajo cargas de tensión y cortante (S. Epackachi, O. Esmaili, S. Mirghaderi, A. Taheri – 2015, EE. UU. & Irán). 23	
3.2.4 Anclaje post-instalado para pruebas de extracción en concreto de hasta 70 mpa (a. brencich – 2015, italia).	24
3.2.5 Desempeño y diseño de anclajes post-instalados de gran diámetro en concreto (D. Wang, D. Wu, C. Ouyang, M. Zhai – 2016, China)	26
3.2.6 Comportamiento de conexiones de barras post-instaladas bajo ensayos pull out usando adhesivos químicos y aglutinantes a base de cemento (b. tayeh, z. el dada, s. shihada, m. yusuf – 2017, palestina, arabia saudita).....	29
3.2.7 Influencia de las condiciones de construcción en los esfuerzos de los anclajes post-instalados adheridos (F. González, J. Fernández, G. Agranati, P. Villanueva – 2018, España, Israel).....	30

5.2. DEFINICIONES.....	34
3.2.8 Concreto reforzado.....	34
3.2.9 Concreto liviano	34
3.2.10 Concreto liviano de arena de peso normal.....	34
3.2.11 Curado	34
3.2.12 Distancia al borde	34
3.2.13 Grupo de anclajes.....	34
3.2.14 Profundidad efectiva de embebido.....	34
3.2.15 Accesorio	35
3.2.16 Adhesivo	35
5.3. ASPECTOS RELACIONADOS CON EL DISEÑO DE ANCLAJES.....	35
3.2.17 Anclaje	35
3.2.18 Tipos de Anclaje	35
3.2.19 Instalación del Anclaje	35
3.2.20 Secciones	36
3.2.21 Modos Y Cálculo De Fallas.....	36
3.2.22 Cargas A Tracción	36
3.2.23 Cargas a Cortante.....	41
3.2.24 Diseño de Anclajes	42
3.3.8.1 Resistencia al arrancamiento del concreto de un anclaje en tracción.	42
3.3.8.2 Resistencia básica de adherencia en tracción para un anclaje individual en concreto fisurado.....	42
3.3.8.3 Resistencia al arrancamiento del concreto de anclajes a Cortante	43
3.2.25 Ensayo Confinado a Tracción	44
3.2.26 Ensayos No Confinados a Tracción.....	45
3.2.27 Ensayos a cortante	48

6. CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES	51
6.1. AGREGADO LIGERO	51
6.2. CONCRETO ALIGERADO	52
3.2.28 Resistencia a la compresión	54
3.2.29 Acero De Refuerzo Enroscado	55
3.2.30 Adhesivo epóxico de dos componentes para anclajes. Sika AnchorFix®-3001. 56	56
7. ESPECÍMENES DE ENSAYO	63
7.1. ENSAYO DE TENSIÓN.....	63
7.2. ENSAYO A CORTANTE	67
3.2.31 Para 3/8	68
3.2.32 Para 1/2"	68
8. CALCULO DE LA RESISTENCIAS TEÓRICA A TRACCIÓN Y CORTANTE ACORDE CON EL ACI 318-14.	70
8.1. RESISTENCIA AL ARRANCAMIENTO DE UN PERNO TEÓRICO	70
8.2. RESISTENCIA TEÓRICA A LA ROTURA DEL PERNO A TRACCIÓN	73
8.3. RESISTENCIA TEÓRICA DE ACERO DE ANCLAJE SOMETIDO A CORTANTE	74
8.4. RESISTENCIA DE ANCLAJE EN CORTANTE AL ARRANCAMIENTO DEL CONCRETO.....	75
8.5. RESISTENCIA A LA ADHERENCIA EN TRACCIÓN	76
9. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS	77
9.1. ENSAYOS NO CONFINADOS A TRACCIÓN.....	77
9.2. ENSAYOS CONFINADOS A TRACCIÓN	82
9.3. ENSAYO A CORTANTE	87

-	BARRA DE 3/8.....	87
3.2.33	Muestra 1.....	87
3.2.34	Muestra 3.....	88
3.2.35	Muestra 4.....	89
3.2.36	Muestra 6.....	89
-	BARRA DE ½.....	90
3.2.37	Muestra 1.....	90
3.2.38	Muestra 2.....	90
3.2.39	Muestra 3.....	91
10. COMPARACIONES CON OTRAS INVESTIGACIONES		93
10.1. COMPORTAMIENTO DE ANCLAJES POST-INSTALADOS EN CONCRETOS DE ALTA RESISTENCIA.....		93
3.2.40	9.1.1 Tracción confinada en concretos de alta resistencia y concreto ligero.	93
3.2.41	9.1.2. Tracción NO confinada en concretos de alta resistencia y concreto ligero.	94
3.2.42	9.1.3 Ensayo a cortante en concretos de alta resistencia y concreto ligero	96
9.2	ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE BARRAS CORRUGADAS DE ACERO POST-INSTALADAS CON ADHESIVO EPÓXICO EN CONCRETO LIGERO SOMETIDOS A TENSIÓN Y CORTANTE.....	97
9.2.1	tracción confinada en concretos livianos con barra corrugada y barra enroscada.....	97
9.2.2	tracción NO confinada en concretos livianos con barra enroscada y barra corrugada.....	98
9.2.3	Ensayo a cortante.....	99
11. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....		102
11.1. ENSAYO A TRACCIÓN CONFINADO.....		102

11.2. NO CONFINADO A TRACCIÓN	105
11.3. CORTANTE	107
12. CONCLUSIONES	108
13. RECOMENDACIONES	109
14. ANEXO II	112
14.1. FICHA TÉCNICA AGREGADOS	112
14.2. FICHA TÉCNICA EPOXICO	114

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Comparación de mezclas de concreto.	21
Tabla 2. Espaciamiento de soporte de prueba.	47
Tabla 3. Parámetros de ubicación de soportes de prueba, ASTM-E 488.....	48
Tabla 4. Características de LIVITEK.	51
Tabla 5. Granulometría del agregado LIVITEK acorde con su uso.	51
Tabla 6. Diseño de mezcla de concreto aligerado, utilizado en el presente análisis.	52
Tabla 7. Volumen y cantidad de cilindros de concreto, usados para calcular la resistencia a la compresión.	52
Tabla 8. Especificaciones del dimensionamiento de cilindros.	52
Tabla 9. Resistencia a la compresión de concreto liviano.	54
Tabla 10. Información técnica, Sika AnchorFix®-3001.....	56

Tabla 11. Especificación del espesor de la placa aligerada en función del diámetro del perno enroscado.....	63
Tabla 12. Resistencia nominal al arrancamiento del concreto de un anclaje.	70
Tabla 13. Parámetros de diseño para resistencia al arrancamiento de un perno..	70
Tabla 14. Cálculo de rotura del perno enroscado en función del diámetro.	73
Tabla 15. Resultados teóricos de acero de anclaje sometido a cortante.	74
Tabla 16. Resistencia a arrancamiento del concreto de anclajes a cortante.....	75
Tabla 17. Resistencia a la adherencia en tracción de anclajes Adheridos.....	76
Tabla 18. Resultados de muestras sometidas a tracción no confinada.....	80
Tabla 19. Resultados de muestras a tracción del concreto confinado.	85
Tabla 20. Ensayos de acero enroscado a cortante.	91
Tabla 21. Paralelo de resultado de ensayos a tracción confinada en concretos de alta resistencia y concreto ligero.	93
Tabla 22. Resultado de ensayos a tracción no confinada en concretos de alta resistencia y concreto ligero.....	95
Tabla 23. Resultado de ensayos cortante en concretos de alta resistencia y concreto ligero.	96
Tabla 24. Resultado de ensayos a tracción confinada en concretos livianos con barra corrugada y barra enroscada.	97
Tabla 25. Resultado de ensayos a tracción no confinada en concretos livianos con barra corrugada.....	98
Tabla 26. Resultado de ensayos a cortante en concretos livianos con barra enroscada y corrugada.....	100
Tabla 27. Consolidado de resultados.	101

Tabla 28. Comparación de ensayos de tensión confinadas teórico y experimental	102
Tabla 29. Comparación de ensayos de tensión no confinadas teórico y experimental.	105
Tabla 30. Comparación teórica y experimental de ensayos a cortante.	107

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Resistencia nominal al arrancamiento de un solo perno en el concreto.	42
Ecuación 2. Resistencia nominal básica de adherencia en tracción para anclaje individual.	42
Ecuación 3. Resistencia nominal al arrancamiento del concreto de anclajes a Cortante.....	43

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Tipo de anclaje: a) De expansión torque controlado y b) Adhesivo.	21
Ilustración 2. Configuración del ensayo tipo pull-out.	22
Ilustración 3. Modelos de fallas de anclajes individuales y grupales bajo cargas de tensión.....	24
Ilustración 4. Esfuerzos transversales para la calibración del ensayo: (a) 5MPa y (b) 10MPa de compresión; (c) esfuerzo desvanecido; (d) compresión no uniforme; (e) tracción no uniforme (concreto agrietado).....	25
Ilustración 5. Nuevo anclaje tipo cuña B15G (varilla roscada con extremo cónico).	26
Ilustración 6.. Esquema de disposición de barras en la placa de concreto (Sl: mm).	27
Ilustración 7. Sistema de anclaje postinstalado.....	28

Ilustración 8.Capacidad de los anclajes haciendo uso de varios tipos de adhesivos.	29
Ilustración 9. Anclajes embebidos en uno de los muros.....	31
Ilustración 10. Losas fundidas para ensayos de tracción y cortante.	32
Ilustración 11.Anclajes preinstalados antes de la colocación del concreto.	36
Ilustración 12.Anclajes post-instalados después de la colocación del concreto.	36
Ilustración 13. Falla del acero y desprendimiento.	37
Ilustración 14.Hendimiento del concreto.	38
Ilustración 15.Desprendimiento lateral.	39
Ilustración 16.Arrancamiento del concreto - tracción.....	40
Ilustración 17. Arrancamiento del concreto - cortante.	41
Ilustración 18.Montaje experimental para ensayos a tracción confinada.	44
Ilustración 19. Montaje experimental para ensayos a tracción no confinada.	46
Ilustración 20. Esquema del montaje para ensayos a tracción no confinado. no confinado.....	48
Ilustración 21.Montaje experimental esquemático de ensayo a cortante Simple. .	49
Ilustración 22. Información mecánica del epoxico Sika AnchorFix-3001	56
Ilustración 23. Placa aligerada de espesor variable, ensayo a tracción no confinado.	66
Ilustración 24., Dimensiones de placas de concreto sometidas a cortante.	67
Ilustración 25.Placas de concreto aligerado con barras enroscadas de 3/8 y 1/2 respectivamente.	67

Ilustración 26. Distribución de Acero empernado en placa de concreto aligerado. Barra ½ pulgada.....	68
Ilustración 27. Distribución de Acero empernado en placa de concreto aligerado.	68
Ilustración 28. Falla por arrancamiento del concreto.....	77
Ilustración 29. Falla de borde en el concreto.....	78
Ilustración 30. Falla por barra de acero.....	79
Ilustración 31. Falla del acero.....	82
Ilustración 32. Falla por Adherencia y Falla adherencia + borde.....	83
Ilustración 33. Falla de borde.....	84

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1. Montaje experimental para ensayos a tracción confinada.	45
Fotografía 2. Montaje experimental para ensayos a tracción no confinada.	47
Fotografía 3. Montaje experimental de ensayo a cortante en maquina universal...	50
Fotografía 4. Materiales utilizados en la elaboración de placas en concreto liviano: a) agregado liviano agregado LIVITEK, b) arena y c) Aditivo reductor de agua de rango medio con ligero retardo de fraguado. Y cemento portland de uso general.	53
Fotografía 5. Ensayo para determinar la resistencia a la compresión del concreto aligerado.....	54
Fotografía 6. Acero de refuerzo tipo enroscado.	55
Fotografía 7. Epoxico rápido Sika Anchor Fix - 3001.	56
Fotografía 8. Localización de perforaciones.....	57
Fotografía 9. Protección de perforaciones	58

Fotografía 10. Limpieza de la perforación con aire a presión.....	59
Fotografía 11. Aplicación de resina Epoxica.	60
Fotografía 12. Instalación de barras enroscadas en placas de prueba.	61
Fotografía 13. Curado de placas de concreto.	62
Fotografía 14. Fundida de placas aligeradas de espesor variable.	63
Fotografía 15. Vibrado de placa para ensayo de corte.....	64
Fotografía 16. Vibrado de placa de espesor variable II.	64
Fotografía 17.Elaboración de probetas de concreto.....	65
Fotografía 18. Vibración mecánica de placas de concreto aligerado.	69
Fotografía 19. Fundida de placas y toma de muestras para la elaboración de ensayos de resistencia a la compresión.....	69
Fotografía 20.Falla por arrancamiento del concreto.....	87
Fotografía 21. Falla por arrancamiento del concreto.....	88
Fotografía 22. Falla por arrancamiento del concreto M 4.....	89
Fotografía 23. Falla por arrancamiento del concreto M6.....	89
Fotografía 24. Falla por arrancamiento del concreto M1- 1/2".....	90
Fotografía 25. Falla por arrancamiento del concreto M2 – 1 / 2".....	90
Fotografía 26. Falla por arrancamiento del concreto M3 – 1 /2".....	91

ÍNDICE DE GRAFICAS

Gráfica 1. Resistencia al arrancamiento en función de la profundidad del anclaje.	70
Gráfica 2. Resistencia al arrancamiento en función de H efec (mm).....	71
Gráfica 3. Resistencia al arrancamiento en función de H efec (mm).....	71
Gráfica 4. Resistencia al arrancamiento en función de H efec (mm).....	72
Gráfica 5. Resistencia nominal de barras enroscados a tracción.....	73
Gráfica 6. Resistencia del perno de anclaje a cortante.	74
Gráfica 7. Resistencia al Arrancamiento del Concreto a Cortante.	75
Gráfica 8. Resistencia a la adherencia en tracción de anclajes Adheridos.	76
Gráfica 9. Resistencia a Tracción para ensayos No confinados.	81
Gráfica 11. Resistencia al cortante en función del diámetro.	92
Gráfica 11. Comparación Falla por adherencia, Teórico y Experimental.	103
Gráfica 134. Comparación de resultados teóricos y experimentales. Falla acero.	103
Gráfica 14. Comparación teórica y experimental de arrancamiento del concreto.	105
Gráfica 15. Comparación teórica y experimental de resistencia al arrancamiento del concreto en cortante.....	107

1. INTRODUCCIÓN

En los últimos años, se ha presentado un incremento en el uso del concreto liviano en la construcción y reforzamiento de distintos elementos estructurales, tales como nivelación de entresijos, remodelación de edificios, muros de relleno y prefabricados ligeros de concreto y rellenos de azoteas. Esto se debe a que estos tipos de concretos tienen una densidad menor en comparación a la utilizada en concretos normales. Adicionalmente, posee mayor elasticidad y flexibilidad lo cual genera menos agrietamientos y, por último, tiene una excelente resistencia al impacto.

Al examinar la teoría descrita en las normativas vigentes (Norma Colombiana de Construcción Sismo-Resistente NSR 10 capítulo D-C y American Concrete Institute ACI 318 -14), se establece que en esta última si hay una parametrización de varios tipos de anclaje, pero no existe conceptos de análisis y diseño de los elementos de anclaje en concretos livianos y arena de peso normal.

Por lo tanto, nace la necesidad de realizar una investigación de anclajes de pernos enroscados adheridos sometidos a tracción y cortante, que permitan evaluar dicho comportamiento, esto mediante la fabricación de probetas (losas) para la realización de ensayos de extracción de estos anclajes y comparación de resultados teóricos calculados con la teoría expuesta en normativas vigentes con concretos convencionales.

Se analizan una serie de casos particulares como distanciamientos de los anclajes a los bordes de las placas, separación de anclajes, donde se evalúa la resistencia al arrancamiento y cortante con ensayos a extracción de diferentes tipos de diámetros, confinados y no confinados, los cuales contemplan un total de 40 barras enroscadas ancladas, las cuales 33 son ensayadas a tracción y el restante a cortante.

El presente escrito, sintetiza los aspectos más importantes el cual abarca el análisis y comparación de resultados experimentales con la teoría existente, con el fin de desarrollar una base más sólida del conocimiento existente y aportar para la estructuración de bases de diseño para anclajes en concretos con agregado liviano de arena de peso normal.

2. RESUMEN

El estudio de anclajes pos-instalados se ha limitado a estudiarse y diseñarse en concretos convencionales, limitando el uso de nuevas tecnologías como concretos de alta resistencia o aligerado, o el uso de aceros enroscados en vez de corrugados.

Debido a lo anterior, se diseñó un programa experimental en el cual se analizó el comportamiento de barras enroscadas tipo B7 post- instaladas en concreto livianos. Por lo tanto, se realizó la fundida y curado a una resistencia a la compresión de 21 MPA, de 7 losas macizas de concreto (Donde 3 son a cortante), en las cuales se anclaron 40 barras corrugadas, 33 de estos anclajes fueron ensayados a tracción, mientras que el restante a cortante.

Los resultados fueron comparados con el método simplificado expuesto en la normativa ACI-318-14, así como la modalidad de falla visualizada en los especímenes. En donde se denoto para anclajes confinados con barra roscada post-instalados con epóxico, se incrementa (en función de la profundidad de anclaje) a tal punto que se traslada la falla al acero de tracción.

En los ensayos no confinados a tracción, predominó la falla por arrancamiento del concreto ligero, identificando que, a mayor diámetro y mayor profundidad, los resultados experimentales se acercaron más a los resultados teóricos.

En los ensayos a cortante, se realizó una profundidad a $1C_a$, con lo cual se consiguió una falla a corte representada en el concreto, en donde el Angulo de figuración fue en promedio de 20° , cual es menor al expuesto en la teoría simplificada, por to tanto se evidencio una mayor área de resistencia al arrancamiento a cortante, que en la expresada en la normativa ACI 318.14.

3. ABSTRACT

The study of post-installed anchors have been restricted in studies and designs of conventional concrete, limiting the use of new technologies such as high strength, lightened concrete, or the use of threaded steel instead of corrugated steel.

Therefore, an experiment was designed to analyze the behavior of type B7 post-installed threaded bars in lightweight concrete. Consequently, placing and curing was carried out at a compressive strength of 21 MPA, of 7 solid concrete slabs (where 3 are shear tested), in which 40 corrugated bars were anchored, 33 of these anchors were traction tested, while the remaining were shear tested.

The results were compared with the simplified method set in the American Concrete Institute (ACI-318-14) standard, as well as the failure type displayed in the slabs. It is noticeable that, the anchors confined with threaded bar post-installed with epoxy, it increases (depending on the depth of anchorage) to the point that the failure is transferred to the tensile steel.

In the tests not confined to traction, the failure in the light concrete prevailed, identifying that at greater diameter and greater depth, the experimental results come closer to the theoretical results.

In the shear tests, a depth of $1C_a$ was made, it resulted in a shear failure visible in the concrete, where the Angle of fracture was an average of 20° , which is less than the stated in the simplified theory. Therefore, a greater area of resistance to shear force was evident than it is inscribed in the ACI 318.14 standard.

4. OBJETIVOS DEL PROYECTO

2.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar el comportamiento de anclajes de acero enroscado en concreto liviano mediante el uso de resina epóxica, sometidos a tensión y cortante.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar los materiales y definir la trazabilidad de las pruebas a realizar en campo.
- Realizar un análisis cualitativo al comportamiento de falla de anclajes en concretos con agregado liviano de arena de peso normal, con lo establecido en teoría.
- Evaluar y comparar los resultados obtenidos en cada ensayo realizado, con el método simplificado expuesto en la ACI-318-14.

5. MARCO TEÓRICO

5.1. ESTADO DEL ARTE

Existen dos tipos de anclajes post-instalados acorde al mecanismo de funcionalidad: adhesión, dado por materiales cementicios y resinas epóxicas, y mecánico, generado por la expansión del elemento de anclaje, permitiendo su conexión a la superficie de concreto y generando una fuerza de fricción actuante como resistencia a la extracción.

Actualmente, alrededor del mundo se han presentado varias investigaciones centradas en el estudio del comportamiento de anclajes estructurales post-instalados sometidos a cargas de tensión, corte y efectos combinados de tensión y tracción, bajo ensayos confinados y no confinados, teniendo en cuenta la profundidad de anclaje, el tipo de agente usado para anclar y adherir, la distancia al borde del elemento y el espaciamiento que hay entre cada anclaje.

El factor común de estos estudios es el análisis estructural de la unión entre la sección de concreto y el anclaje mediante el uso de distintas sustancias químicas, incluyendo adhesivos epóxicos; sin embargo, no hay una indagación más completa que compare resultados que contemplen comparar el comportamiento de estos elementos embebidos en concreto convencional con el concreto liviano.

3.2.1 Aplicación de anclajes bajo condiciones especiales de concreto (r. nemes, é. lubló – 2011, hungría)

En esta investigación, se construyeron 75 bloques de concreto de 30 x 30 x 10 cm, donde se tuvieron en cuenta tres factores determinantes: tipo de anclaje (Expansivo o adherido), tipo de concreto (convencional o adherido) y temperatura del espécimen (20, 150, 300°C).

En cuanto a los anclajes, el de tipo expansivo es de referencia FBN 8/50+63 K y los dos de tipo adhesivo son FIS A 8x175, donde se presentan dos agentes de adhesión: éster de vinilo (FIS VT 380 C) y éster de vinilo con cemento (FIS V 360 S). En todos los casos, los anclajes fueron embebidos 5cm en el concreto y tenían 8mm de diámetro.



Ilustración 1. Tipo de anclaje: a) De expansión torque controlado y b) Adhesivo.
 *Fuente: Nemes, R., & Lublóí, É. (2011).

En cuanto al concreto utilizado, se hicieron cinco diferentes mezclas como se puede observar en la siguiente tabla obtenida del artículo; hay que tener en cuenta que varían tanto las resistencias a la compresión, la densidad, el tipo de cemento y el tipo de agregado usado. La resistencia a la compresión de las cinco mezclas tiene la siguiente nomenclatura: C indica concreto convencional y LC es concreto aligerado; el número inicial es la mínima resistencia esperada en ensayos con cilindros de concreto y el número que le sigue es la mínima resistencia en ensayos de cubos.

Tabla 1. Comparación de mezclas de concreto.
 *Fuente: Nemes, R., & Lublóí, É. (2011).

Mixture	Strength class	Density [kg/m ³]	Cement type	Aggregate (4/16) type
A	C25/30	2300	CEM I 42.5 N	natural quartz gravel
B	C45/55	2450	CEM I 42.5 N	natural quartz gravel
C	LC25/28	1900	CEM I 42.5 N	Liapor HD 7N
D	LC20/22	1900	CEM III 32.5 N	Liapor HD 7N
E	LC20/22	1750	CEM I 42.5 N	Liapor HD 5N

Una vez se han realizado los ensayos y se ha organizado la información de los resultados acorde a los tres factores principales de la investigación, se determina que el concreto convencional genera una mayor conexión con el anclaje que el concreto aligerado y, por tanto, hay una mayor resistencia a la extracción. Para los anclajes expansivos, la reducción era aproximadamente del 50% mientras que para los anclajes de adherencia variaba esta disminución entre el 20 y 30%. Además, se tiene que la resistencia a la extracción es directamente proporcional a la densidad.

El modo de falla en todos los casos depende exclusivamente de la resistencia a la compresión del concreto y de la temperatura a la que se expuso el espécimen; hacer uso de éster de vinilo mezclado con cemento presentan capacidades similares de

carga con respecto a aquellos sometidos a 300°C. Para el caso del éster de vinilo, sin adiciones, se presentan variaciones debido a las altas temperaturas y conllevan a una baja resistencia.

3.2.2 Comportamiento de anclajes post-instalados de gran diámetro en fundaciones de concreto (d. wang, d. wu, s. he, j. zhou, c. ouyang – 2015, china).

Para esta investigación, se trabajaron 48 especímenes haciendo uso de un concreto con una resistencia a la compresión de 25MPa y del grouting fluido, hecho con cemento portland ordinario, como material adhesivo con 54MPa de f'_c a los 14 días. Las barras escogidas para actuar como anclajes son de dos tipos: superficie lisa y de superficie deformada con patrones regulares, de acero tipo HPB345, con esfuerzo de tensión de 490MPa y límite de fluencia de 345MPa. Se trabajaron 4 tamaños nominales de diámetro de las barras: 36mm, 48mm, 90mm, y 150mm y la profundidad efectiva de la perforación va en función del diámetro de la barra: ocho y doce veces esta medida.

Los investigadores llegaron a la conclusión que la fuerza de tensión ejercida en el ensayo tipo pull-out incrementa acorde al aumento del diámetro de la barra; esto debido a que existe una mayor área de contacto entre el elemento de anclaje y el agente de anclaje y entre el agente de anclaje y el concreto, conllevando a una mayor resistencia generada por la fricción de las secciones.

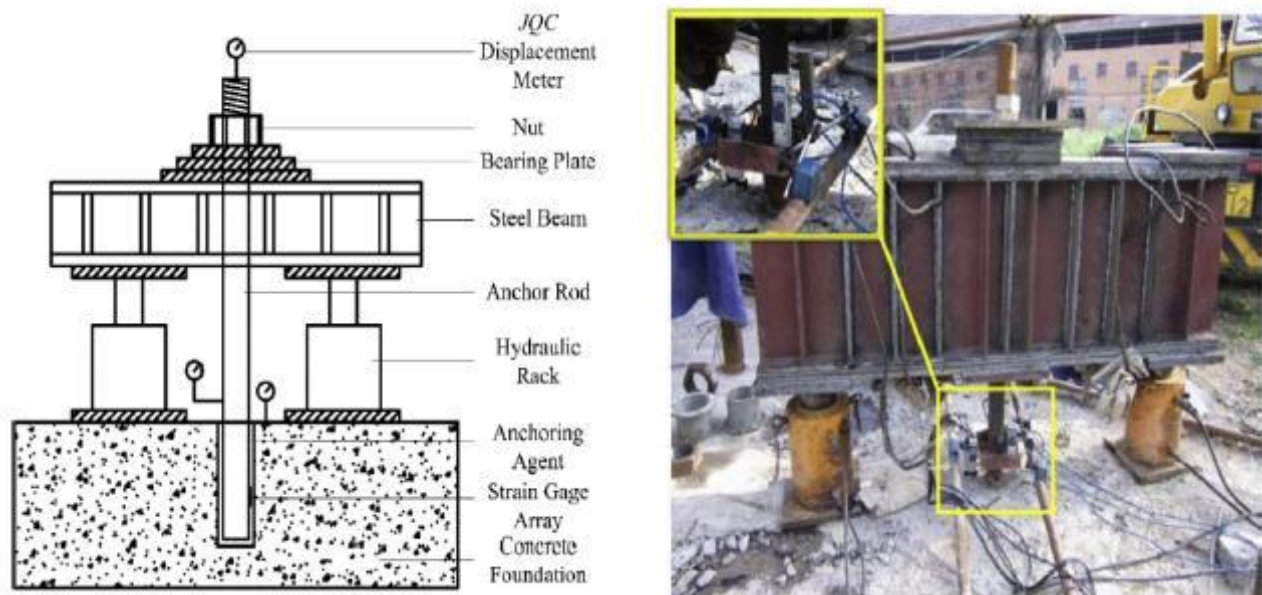


Ilustración 2. Configuración del ensayo tipo pull-out.

*Fuente: Wang, D., Wu, D., He, S., Zhou, J., & Ouyang, C. (2015).

En el caso de las barras con superficie deformada de patrones regulares, se determina que resisten aproximadamente el doble de fuerza a la extracción comparadas con las barras lisas y, además, producen un mecanismo de traba más eficiente. La fuerza axial de las barras de anclaje disminuyó con el incremento de la profundidad de anclaje y cuando se estaba llegando a la carga máxima, se observó que el esfuerzo incrementaba mucho más rápido.

Para los 48 ensayos realizados, se obtuvieron tres modos de falla principalmente: extracción del anclaje de acero, daño en el anillo de concreto y daño de cono combinado; siendo el primero de éstos, el que se desarrolla en barras con los menores diámetros.

3.2.3 Comportamiento de anclajes postT-instalados bajo cargas de tensión y cortante (S. Epackachi, O. Esmaili, S. Mirghaderi, A. Taheri – 2015, EE. UU. & Irán).

En esta investigación, se tomaron 42 anclajes a ensayar bajo cargas de tensión y de cortante, teniendo como fundamento la experimentación con anclajes solos y por grupos de 4, 6 y 9 unidades separados cada 15cm y 20cm; las varillas a trabajar son roscadas, con un diámetro de 2cm y una profundidad de anclaje en el bloque de concreto de 20cm.

Dichas varillas fueron fabricadas acorde a la norma ASTM A193 y cuentan con un esfuerzo de fluencia de 640MPa y esfuerzo último de 800MPa; para el caso del adhesivo HIT-HY-150, se tuvo 50MPa como valor estándar de resistencia a la compresión, mientras que dicha resistencia para los bloques de concreto varió desde aproximadamente 50MPa hasta los 60MPa.

En cuanto a los ensayos de tensión, se obtuvo que la falla para dos anclajes trabajados por sí solos fueron cono de concreto combinado con la del adhesivo y en el otro restante se presentó la fractura del acero. Para los grupos de 6 y 9 anclajes, se observa la falla combinada de cono de concreto y fractura de acero, mientras que para el grupo de 4 unidades la falla sólo se debe al cono de concreto. Partiendo de estos resultados y de las cargas máximas aplicadas, se establece que, a menor separación entre anclajes, se tendrá una menor capacidad a tensión.



(a) Single anchor - Test # 2

(b) Single anchor - Test # 3

(c) 4 anchors - Test#1

(anchor spacing=150 mm)

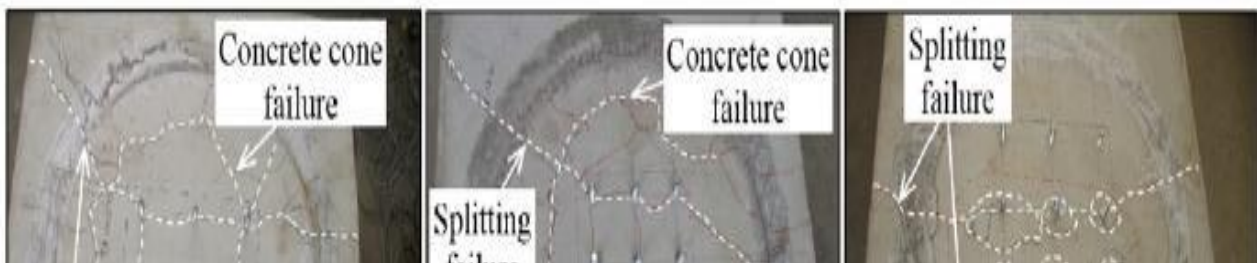


Ilustración 3. Modelos de fallas de anclajes individuales y grupales bajo cargas de tensión.

*Fuente: Epackachi, S., Esmaili, O., Mirghaderi, S. R., & Behbahani, A. A. T. (2015).

Por otro lado, para los ensayos hechos a cortante, se determinó que en todos los casos la falla es por fractura del acero; se dice que para este tipo de anclajes y para obtener ductilidad del elemento, el máximo desplazamiento aceptable es de 1.3cm. Aquí el espaciamiento entre los anclajes no incide en la resistencia a cortante.

3.2.4 Anclaje post-instalado para pruebas de extracción en concreto de hasta 70 mpa (a. brencich – 2015, italia).

El ensayo de esfuerzos LOK es un ensayo de tipo pull-out implementado desde la década de los 40's del siglo pasado y funciona principalmente para estructuras nuevas y rehabilitación de las ya construidas, permitiendo que el anclaje se

posicione ortogonalmente a la superficie del concreto. Tres décadas más tarde, se implementó el uso de un nuevo tipo de anclaje: de cuña; conllevando al desarrollo de un nuevo ensayo denominado: Cut And Pull Out (CAPO), siendo el método más estudiado para determinar la resistencia del concreto con anclajes de cuña, pero, aun así, presenta un grado alto de complejidad debido a la alta e impredecible variedad de los resultados obtenidos. En esta investigación, se presenta un montaje de ensayo haciendo uso LOK y CAPO, pero con mayor facilidad para realizarse.

Para este estudio, se trabajaron con seis distintos tipos de concreto, presentando un cambio en el diseño de mezclas para cada uno acorde al tipo de cemento usado, la relación agua cemento y la cantidad de los agregados gruesos. Se tuvieron en cuenta sólo cinco tipos de esfuerzos aplicados: baja y media compresión, esfuerzos de tensión y compresión con fuertes gradientes y estados de esfuerzos desvanecidos.

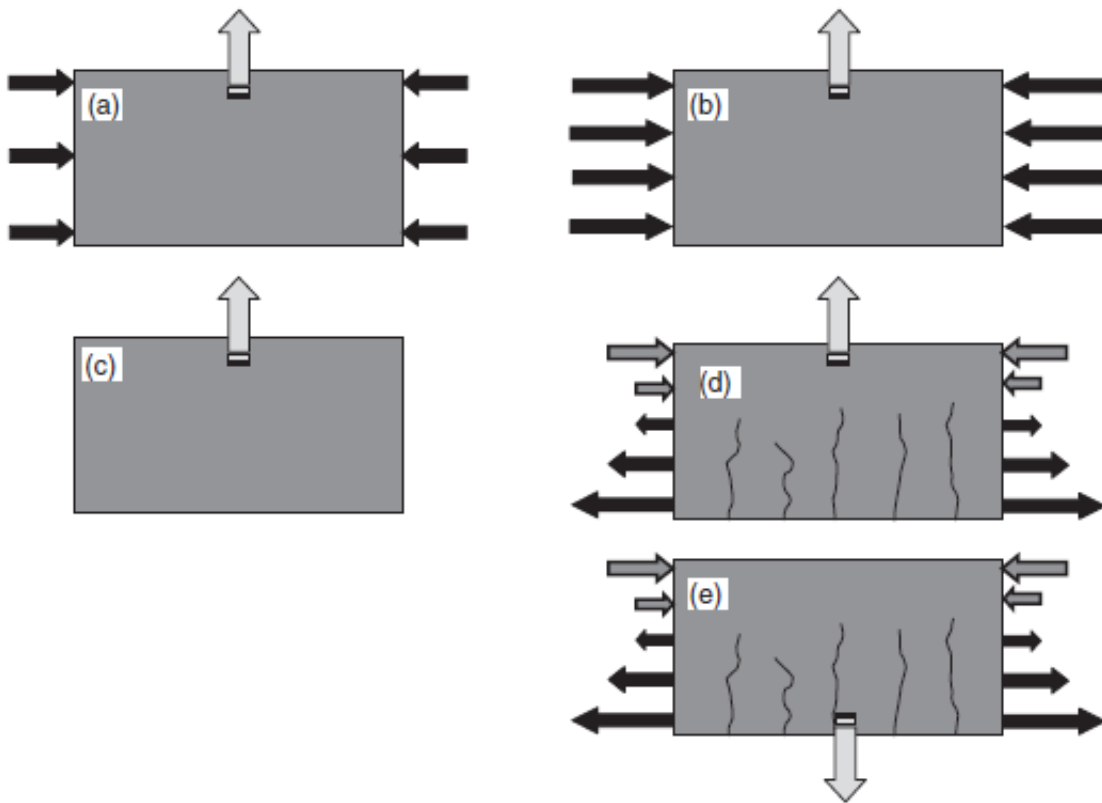


Ilustración 4. Esfuerzos transversales para la calibración del ensayo: (a) 5MPa y (b) 10MPa de compresión; (c) esfuerzo desvanecido; (d) compresión no uniforme; (e) tracción no uniforme (concreto agrietado).
*Fuente: Brencich, A. (2015).

El anclaje tipo cuña B15G fue el escogido para estos ensayos y su geometría cumple con los parámetros presentados en: ASTM-C900-06, BS-1881-207:1992, EN 10157 – 1992 y EN 12554 – 2005. Cabe destacar que el diámetro de la perforación de 15mm, la longitud de la profundidad debe ser de 52mm y una vez

colocado sobre la superficie de concreto, se debe aplicar un torque de 30N*m; a continuación, se ilustra la forma y las dimensiones de este anclaje:

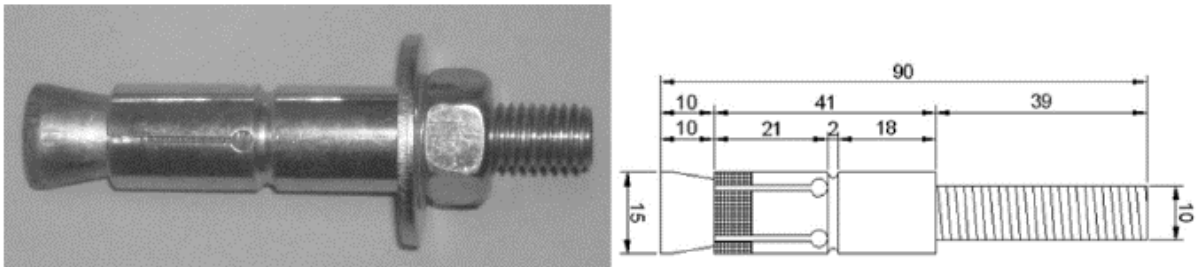


Ilustración 5. Nuevo anclaje tipo cuña B15G (varilla roscada con extremo cónico).
*Fuente: Brencich, A. (2015).

Una vez realizados los ensayos, y extrayendo los resultados de éstos y plasmados también en gráficas, se tiene que este tipo de anclaje se mantiene en la posición inicial de colocación, puesto que no hay deslizamiento de este elemento, inclusive con el proceso de carga, y siempre mantiene adecuadamente la conexión con el concreto; se puede establecer que esta precisión se genera dado el uso de una tecnología de producción de alto nivel de la sección cónica expansiva y del procedimiento de perforación. Este tipo de ensayos también se puede realizar en estados de esfuerzos de tensión y las curvas de calibración hechas en este artículo, arrojan resultados con buena precisión y bajo un respaldo por un enfoque teórico.

3.2.5 Desempeño y diseño de anclajes post-instalados de gran diámetro en concreto (D. Wang, D. Wu, C. Ouyang, M. Zhai – 2016, China)

Basándose en el anterior estudio hecho "*Behavior of post-installed large-diameter anchors in concrete foundations*", se decide indagar más este tipo de anclajes de grandes diámetros para poder sentar las bases de su diseño, donde se mantiene la misma cantidad de 48 especímenes a ensayar, pero se tienen ahora tres profundidades de las perforaciones: 8, 10 y 12 veces el diámetro de la barra de anclaje, y el uso de una resina epóxica de agente orgánico (Hilti RF-500).

Se mantienen los mismos dos tipos de barras: lisa y estriada, de acero tipo HPB345, con esfuerzo de tensión de 490MPa y límite de fluencia de 345MPa, y los cuatro diámetros nominales. El concreto usado es de Grado C25 con 23,5MPa de resistencia a la compresión. Los dos agentes adhesivos son el grouting fluido y la resina epóxica con 55 y 120MPa de resistencia a la compresión respectivamente.

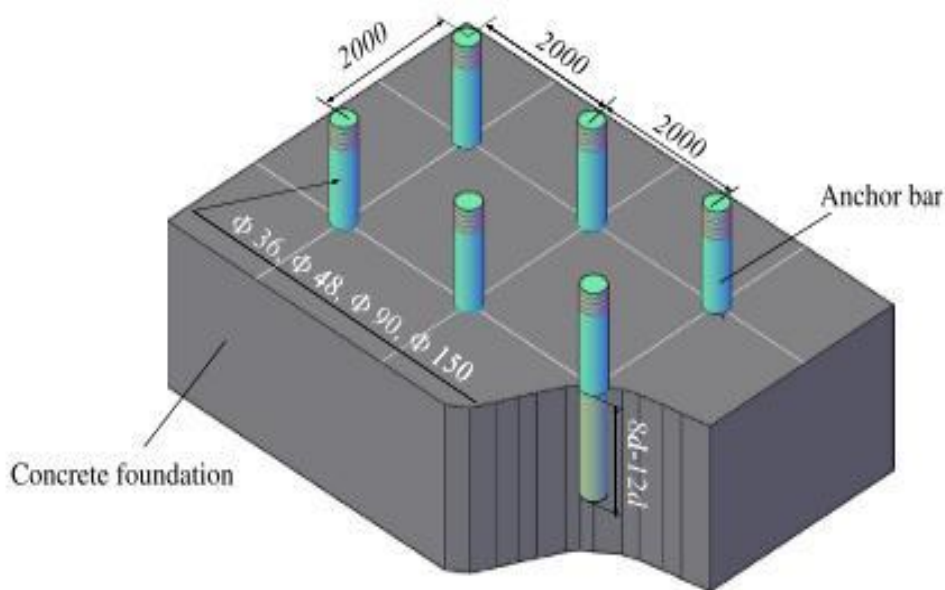


Ilustración 6.. Esquema de disposición de barras en la placa de concreto (SI: mm).
 *Fuente: Wang, D., Wu, D., Ouyang, C., & Zhai, M. (2016).

Una vez ensayadas todas las probetas, se observa que los mecanismos de fallas para ambos agentes adhesivos son los mismos: fractura del acero, daño anular del concreto y daño combinado de cono. La barra con superficie estriada tiene una mayor capacidad de carga y presenta mayor ductilidad que las barras lisas, debido a que generan mayor fricción en la superficie de contacto; éstos primeros llegan a tener una respuesta a tensión dúctil de hasta 2.56mm. El grouting fluido es más propenso a presentar deformación por corrimiento de las barras de acero del agente de anclaje, lo cual provee que tenga un valor mucho menor de resistencia que el presente cuando se embeben las barras en resina epóxica. Se obtiene la misma conclusión que la primera investigación: mayor diámetro de barra y mayor longitud de anclaje generan una mayor capacidad de deformación.

ANCLAJES POST-INSTALADOS EN CONCRETOS DE ALTA RESISTENCIA (Y. RUDA & D. PÁEZ – 2017, COLOMBIA).

La presente investigación busca evaluar la longitud y resistencia efectivas de los anclajes epóxicos de dos tipos de diámetros de aceros corrugados en concretos de altas resistencias, mediante ensayos de tracción directa en maquina universal.

Por lo tanto, se procedió a ensayar 60 probetas en donde la mitad se ensayó a una resistencia a la compresión de 34, 38 y el restante 42,11 MPa (A los 28 días). En donde se tuvieron en cuenta:

- Trazabilidad de concretos a los 7 y 28 días, con el objetivo de evaluar la calidad del diseño de mezcla.
- Para la elaboración de los especímenes se tomó en consideración los conceptos descritos en catálogos de construcción.
- Se utilizó el cemento portland para la elaboración de las muestras, en donde se definió y verifico la relación agua material cementante (A / C), no fuera inferior a los 0,45.
- El procedimiento de anclaje post-instalados fue tomado de la investigación, la cual se titula Estudio de la resistencia a tracción en anclajes estructurales post instalados con adhesivo epóxico.
- Se utilizaron barras de acero de 3/8" y 5/8", en donde la longitud de perforación utilizadas fueron 6, 9 y 12 veces el diámetro de la varilla.
- La velocidad de ensayo a tracción de la probeta es de 1 MPa/s.

A continuación, se ilustra el esquema constructivo de las muestras de los ensayos:

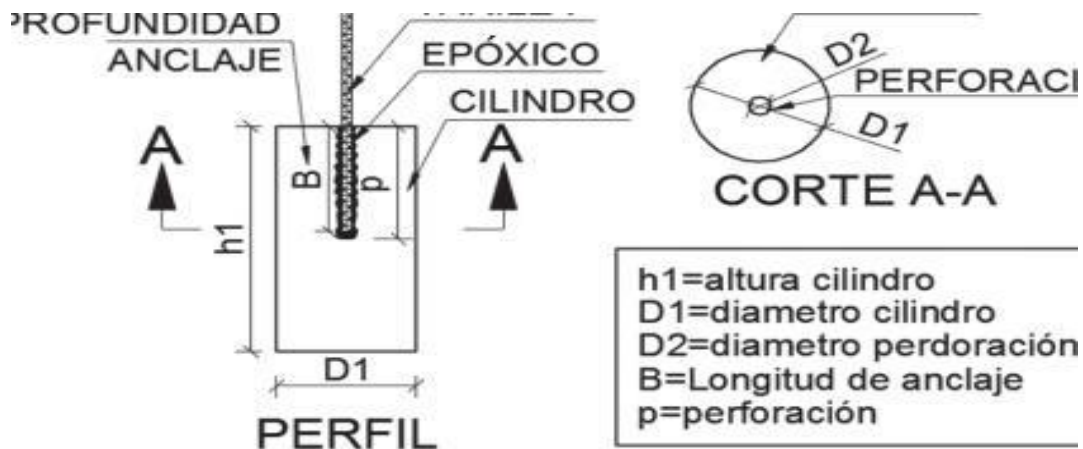


Ilustración 7. Sistema de anclaje postinstalado.

*Fuente: Ruda Arias, Y. M., & Paez Moreno, D. F. (2017).

En donde se concluyó:

- El porcentaje de carga máxima del sistema de anclaje de la varilla depende del diámetro de la varilla, el cual a menor diámetro mayor resistencia al anclaje. Por lo tanto, al definir el área de refuerzo, será más conveniente utilizar diámetros de aceros menores.
- La profundidad del anclaje varía dependiendo de la resistencia del concreto.
- La profundidad del anclaje puede desarrollarse como mínimo el 85 % de la resistencia del acero de refuerzo.

3.2.6 Comportamiento de conexiones de barras post-instaladas bajo ensayos pull out usando adhesivos químicos y aglutinantes a base de cemento (b. tayeh, z. el dada, s. shihada, m. yusuf – 2017, palestina, arabia saudita).

En esta investigación, se construyen 120 especímenes: 24 de estos serán de control con anclajes localizados antes del vaciado del concreto y los restantes 96 serán con anclajes post-instalados; estos elementos de concreto tendrán una resistencia a la compresión de 25MPa, con cemento portland “EN 197-1-cem 1 (42.5N) tipo 1” y una relación agua/cemento de 0.53. Las dimensiones de estos cilindros son 15cm de diámetro y 30cm de altura. Los anclajes son tipo barras de reforzamiento de 8, 10 y 12 mm de diámetro, con una resistencia a la fluencia de 492.8, 421 y 466.9MPa respectivamente, y tendrán una longitud de profundidad de 10, 15 y 20 veces el diámetro de la barra.

Se hace uso de 4 tipos de productos adhesivos: EPICHOR 1768, con 67MPa de resistencia a la compresión a los 24 días; SIKADURE 31 CF, con resistencia a la compresión a las 24 horas que va de los 60 hasta los 70MPa, pero bajo condiciones de temperatura ambiente de 20°C; Mortero, con relación agua cemento de 0.50; y Concreto Autocompactante de Alto Desempeño, con relación agua cemento de tan solo 0.24.

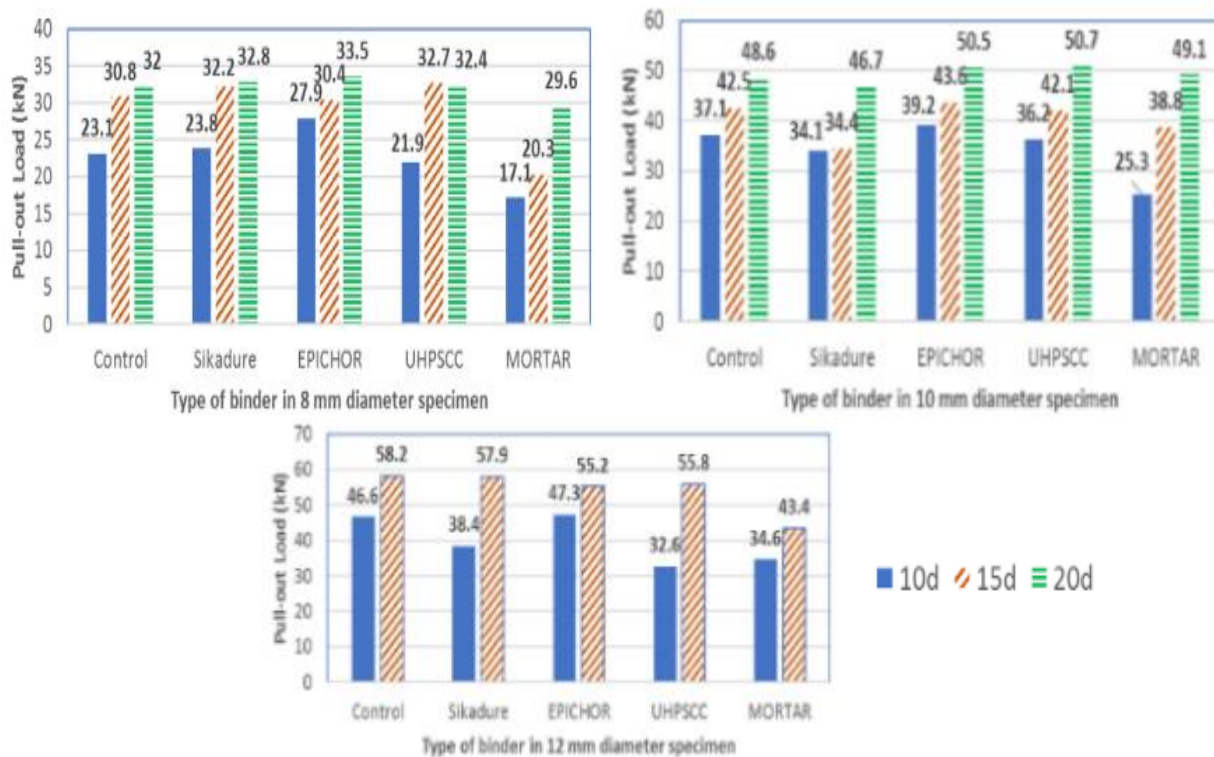


Ilustración 8. Capacidad de los anclajes haciendo uso de varios tipos de adhesivos.
*Fuente: Tayeh, B. A., EL dada, Z. M., Shihada, S., & Yusuf, M. O. (2017).

Acorde a las anteriores gráficas, se establece que, para las barras de 8 mm de diámetro, presentan una capacidad mayor al usar EPICHOR con 10 y 20d_b de longitud de perforación. Para las barras de 10mm, se tiene que el concreto autocompactante de alto desempeño genera mayor capacidad para 20d_b, mientras que EPICHOR brinda mayor resistencia para 10 y 15d_b. En el caso de 12mm, para 15d_b el adhesivo SIKADURE actúa de mejor forma y para 10d_b es el EPICHOR.

En conclusión, los adhesivos EPICHOR 1768 y SIKADURE 31CF presentan resultados bastantes cercanos de resistencias de altos valores. El diámetro de la barra y la profundidad de anclaje son factores también bastante importantes, ya que cuanto más altos son estos parámetros, mayor será la superficie de contacto entre los materiales y asimismo tendrán mayor resistencia a la extracción. Para las barras de diámetro de 12mm, la falla más predominante es la fractura del acero mientras que para la de 8mm se presenta una falla combinada entre deslizamiento, fractura y fluencia del acero; la falla de cono de concreto no presenta una tendencia y está regida acorde al tipo de adhesivo y la longitud de la perforación.

3.2.7 Influencia de las condiciones de construcción en los esfuerzos de los anclajes post-instalados adheridos (F. González, J. Fernández, G. Agranati, P. Villanueva – 2018, España, Israel)

La investigación gira en torno al análisis de las condiciones de construcción que afectan la resistencia del concreto una vez se instalan anclajes; en este caso, se ensayan 350 anclajes tipo barra de 20mm de diámetro ubicados en dos muros de concreto de 2m de altura: uno de material autocompactante y el otro de tipo convencional.

Se tuvieron en cuenta diferentes factores tales como la dirección para perforar el concreto (horizontal y vertical), el equipo con el cuál se realizan dichas perforaciones (taladro eléctrico, taladro neumático con aire comprimido y taladro con núcleo de diamante), el material de relleno (resina epóxica, resina epóxica acrílica y lechada de cemento), la condición de limpieza del hueco de la perforación, el diámetro (24, 28 y 32mm) y la longitud de las perforaciones (Para anclajes horizontales) y las condiciones de humedad (húmedo o seco).



Ilustración 9. Anclajes embebidos en uno de los muros.

*Fuente: González, F., Fernández, J., Agranati, G., & Villanueva, P. (2018).

En cuanto a los tableros de concreto, presentan un ancho de 3m y un espesor de 0.6m, y las resistencias a la compresión del concreto autocompactante y del convencional fueron de 54 y 73MPa respectivamente; la resina epóxica utilizada fue SIKA ANCHOR FIX 3 y la resina epóxica acrílica fue SIKA ANCHOR FIX 2. El grouting utilizado tuvo una resistencia a la compresión a los 28 días que variaba de 57 a 64MPa acorde al contenido de agua de la mezcla.

Pasado un mes luego de fundir los muros y generar los anclajes, se realizan los ensayos de extracción de tipo confinado y se tratan los datos obtenidos; en conclusión, se pudo establecer que el factor del equipo de perforación escogido es el más significativo ya que los resultados de las resistencias pueden llegar a ser 28% más altos y no se ven alterados por otras variables como tipo de adhesivo, humedad, etc.

El diámetro de la perforación afecta directamente el desplazamiento que se desarrolla bajo las cargas de servicio, pero no afectan la capacidad máxima de los anclajes. Los resultados de menor resistencia se presentan en aquellos especímenes construidos con perforaciones horizontales hechas con taladro de núcleo de diamante en concreto autocompactante, en condiciones de humedad relativa alta; en cuanto a la resistencia de los anclajes embebidos en el concreto autocompactante, la cual es mucho menor a la presentada en los anclajes colocados en el concreto convencional, se puede deber a que éste último está compuesto de agregados de tamaño mayor produciendo una superficie más grande de adherencia entre los materiales de anclaje.

COMPORTAMIENTO DE ANCLAJES POST-INSTALADOS EN CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA, SOMETIDOS A CARGA DE TENSIÓN Y CORTE (H. MORALES – 2018, COLOMBIA).

En la universidad “Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito”, se realizó una investigación, la cual buscaba evaluar el comportamiento de los anclajes Post-instalados en concretos de alta resistencia, comparando los parámetros de diseño existentes establecido en las normativas nacionales como internacionales vigentes. Para ello, el autor realizó la construcción de 13 losas de concreto de alta resistencia de sección (0,60*0.90) m de espesor variable debido a la variación el diámetro del anclaje. Las cuales 9 se ensayaron a tracción confinada, no confinada y las restantes a cortante.



Ilustración 10. Losas fundidas para ensayos de tracción y cortante.
*Fuente: Morales Monroy, H. (2018).

Los ensayos arrojaron que para anclajes post-instalados las ecuaciones expuestas en la ASI 318-14 y la NSR/10 - título C apéndice C-D, predicen el comportamiento de los anclajes hasta 16 veces el diámetro del anclaje para elementos estructurales de alta resistencia (menores a 50 Mpa), como la predicción de los tipos de falla dependiendo el anclaje y espaciamiento, como profundidades mayores a las establecidas a las normativas anteriormente mencionadas se presenta una falla del acero.

Por último, al analizar los ensayos a tensión de acero no confinados, se pudo establecer que la predicción de las fallas descritos en las normativas es acorde a las presentadas en los ensayos.

Acorde a las investigaciones anteriormente presentadas, se tiene que:

- El concreto convencional genera una mayor conexión con el anclaje que el concreto aligerado y, por tanto, hay una mayor resistencia a la extracción.
- Los anclajes por adherencia tienen mayor resistencia que los anclajes expansivos.
- La barra con superficie estriada tiene una mayor capacidad de carga y presenta mayor ductilidad que las barras lisas, debido a que generan mayor fricción en la superficie de contacto.
- Se presentan varios tipos de fallas: extracción del anclaje de acero, fractura del acero, daño en el anillo de concreto y daño de cono combinado.
- Cuanto mayor es el diámetro de la barra y mayor sea la profundidad de anclaje, mayor será la resistencia de este elemento frente a la tracción.
- El grouting fluido como agente de adherencia presenta deformación por corrimiento de las barras de acero y presenta una menor de resistencia que las resinas epóxicas.
- Se deben tener en cuenta más factores que afectan el desempeño del anclaje post-instalado tales como el equipo y maquinaria a usar para las perforaciones, el tipo de material que será el sellante entre la superficie de concreto y la barra de acero, condiciones de humedad ambiente y de limpieza de la perforación antes de rellenar con el agente adherente.

5.2. DEFINICIONES

3.2.8 Concreto reforzado

Es la mezcla de cemento Portland u otro tipo de cemento hidráulico, agregados gruesos, finos y agua (Con o sin aditivos), el cual se caracteriza por tener una adecuada resistencia a la compresión en comparación a su resistencia a la tensión.

3.2.9 Concreto liviano

Es la mezcla de cemento Portland u otro tipo de cemento hidráulico, con agregados finos y gruesos de peso liviano, con el fin de reducir su densidad mientras se mantiene su resistencia a la compresión. Adicional, Cumple con las especificaciones ASTM C33 o (NTC 174).

3.2.10 Concreto liviano de arena de peso normal

Concreto que contiene agregados finos de peso normal, los cuales deben cumplir lo establecido en la normativa NTC 174 (ASTM C33), y agregados gruesos de peso livianos que deben cumplir lo descrito NTC 4045 (ASTM C330).

3.2.11 Curado

Es un aporte adicional de agua, que busca hidratar en su totalidad el cemento con el fin de adquirir la resistencia de diseño.

3.2.12 Distancia al borde

La distancia desde el borde del elemento estructural de concreto, hasta el anclaje más cercano.

3.2.13 Grupo de anclajes

Un grupo de elementos de embebidos en el concreto de aproximadamente la misma profundidad, los cuales están espaciados según lo estipulado en la ACI -318-14.

3.2.14 Profundidad efectiva de embebido

Profundidad total mediante la cual el anclaje trasfiere fuerzas hacia o desde el concreto que lo rodea. Esta es generalmente la profundidad de la superficie de falla del concreto ante las fuerzas de tracción.

Nota: Para tornillos con cabeza, la profundidad efectiva se mide desde la superficie de contacto de la cabeza al concreto.

3.2.15 Accesorio

Es el ensamblaje estructural, generado por los pernos anclados y el elemento estructural el cual crea una transferencia de cargas.

3.2.16 Adhesivo

Son una serie de polímeros orgánicos e inorgánicos que al combinarse realizan un proceso de curado.

5.3. ASPECTOS RELACIONADOS CON EL DISEÑO DE ANCLAJES

3.2.17 Anclaje

Es un elemento utilizado para transmitir cargas aplicadas, buscando generar un puente de adherencia entre el concreto reforzado, adhesivo epóxico y barra de acero roscado.

3.2.18 Tipos de Anclaje

Los tipos de anclajes validos en el reglamento colombiano de construcción como normativas internaciones se clasifican como:

3.2.19 Instalación del Anclaje

- 3 Anclaje Post – instalado: Es un anclaje instalado en el concreto colocado en su posición final y fraguado.
- 4 Anclaje Pre-Instalado: Es un anclaje instalado antes de la colocación y fundida del concreto reforzado.

3.2.20 Secciones

- Anclaje adherido.

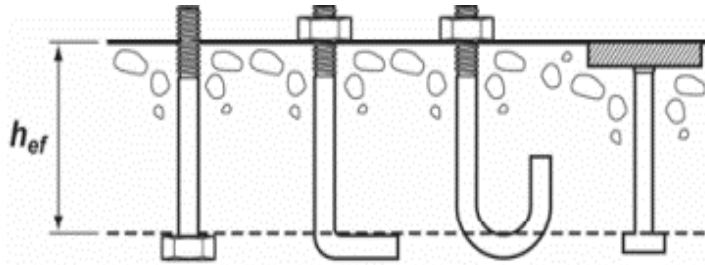


Ilustración 11. Anclajes preinstalados antes de la colocación del concreto.
* Fuente: Título C, NSR-10, Apéndice C-D.

- Anclaje con sobre perforación en su base.
- Anclaje de expansión de torque controlado los cuales pueden ser tipo camisa o perno.
- Anclaje de expansión de desplazamiento controlado tipo pasante.

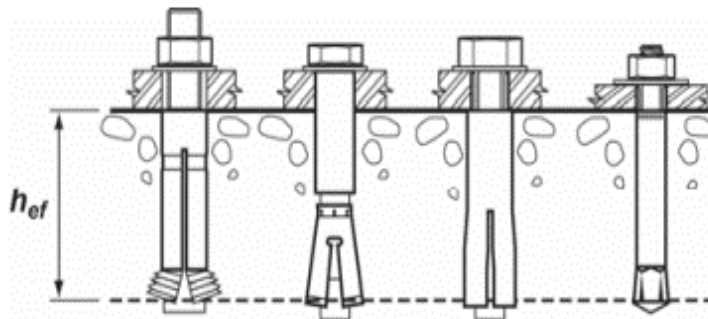


Ilustración 12. Anclajes post-instalados después de la colocación del concreto.
* Fuente: Título C, NSR-10, Apéndice C-D.

3.2.21 Modos Y Cálculo De Fallas

A la hora de someter los anclajes a esfuerzos de tracción y cortante, las posibles fallas generadas por resistencia del acero o concreto se describe a continuación:

3.2.22 Cargas A Tracción

- Falla del acero
- Deslizamiento (aplica para anclaje de expansión).
- Arrancamiento del concreto.
- Hendimiento del concreto.
- Desplazamiento lateral.
- Falla de adherencia.

A continuación, se ilustra los modos de falla sometidos a este fenómeno:



Ilustración 13. Falla del acero y desprendimiento.
* Fuente: Propia.

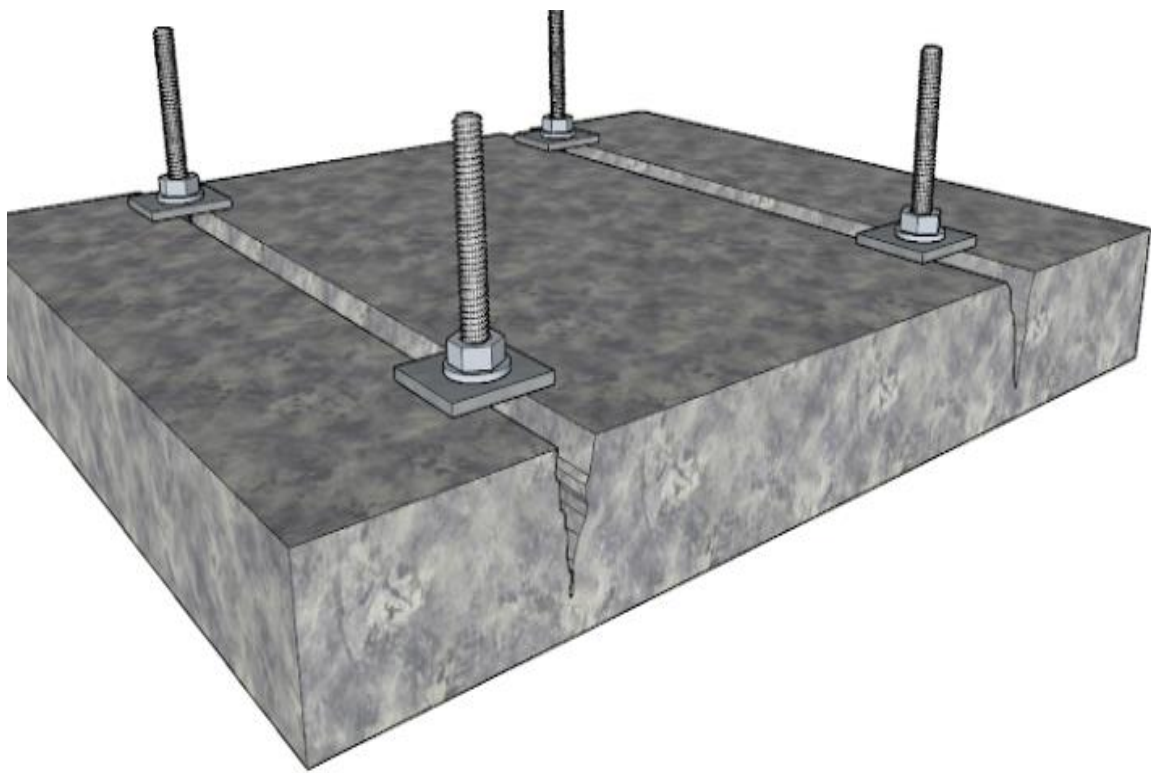
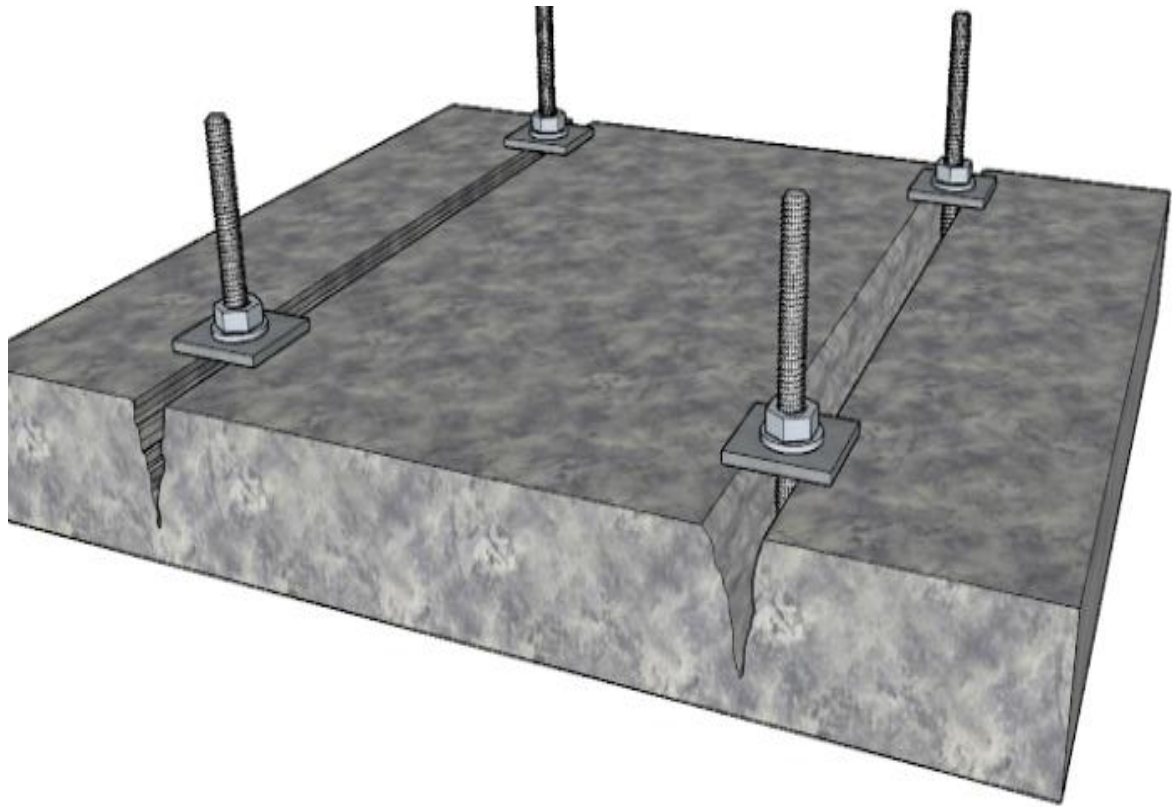


Ilustración 14. Hendimiento del concreto.
* Fuente: Propia.

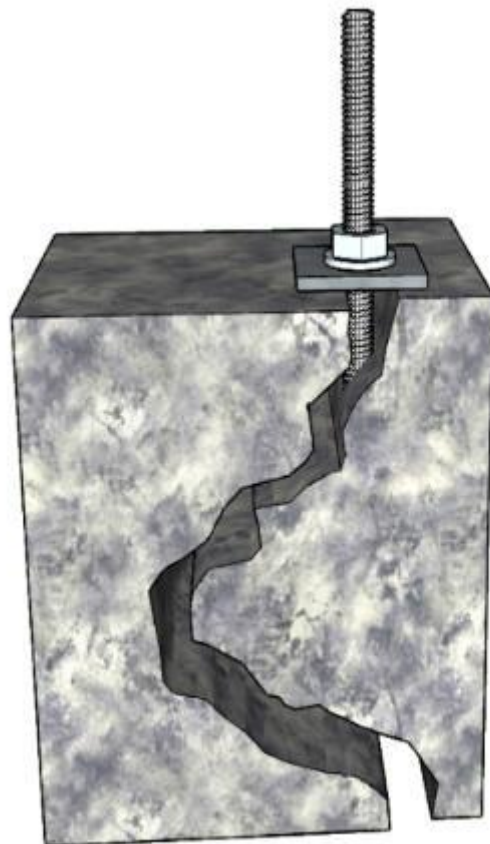
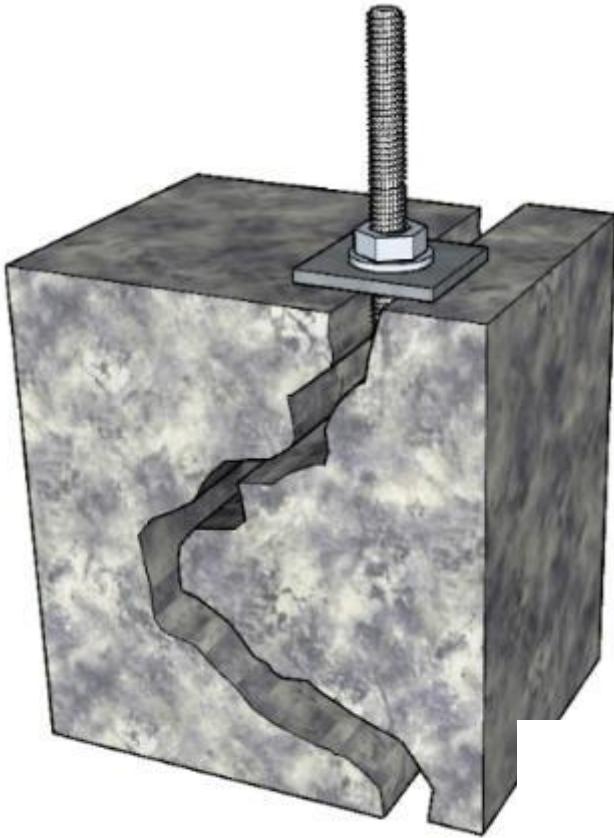


Ilustración 15.Desprendimiento lateral.
* Fuente: Propia.

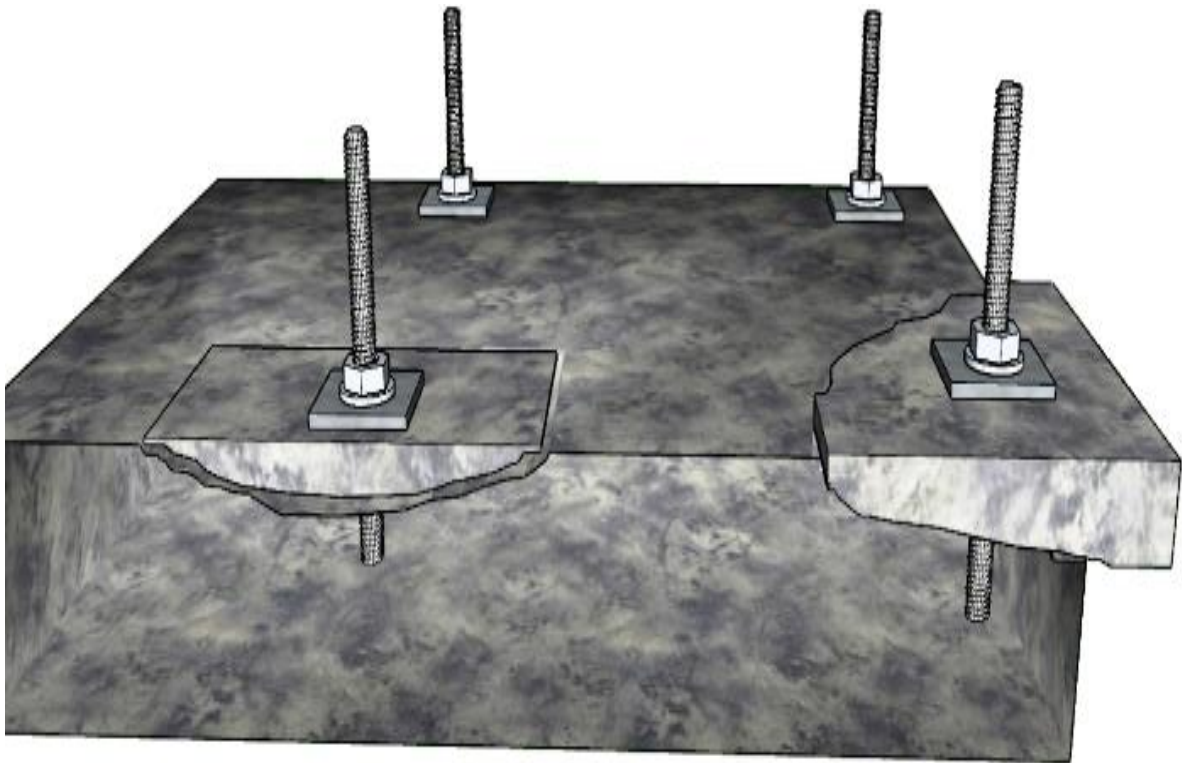


Ilustración 16. Arrancamiento del concreto - tracción.
* Fuente: Propia.

3.2.23 Cargas a Cortante

- Falla del acero precedida por descascamiento del concreto.
- Desprendimiento del concreto para anclajes lejos del borde libre.
- Arrancamiento del concreto.

A continuación, se ilustra el tipo de falla para cada tipo de esfuerzo:

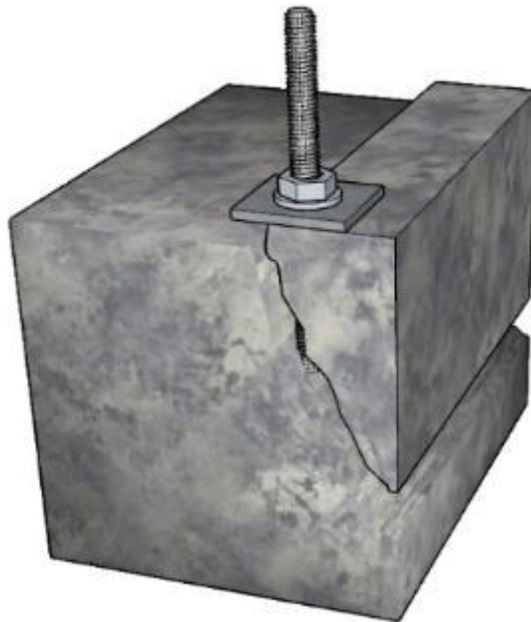
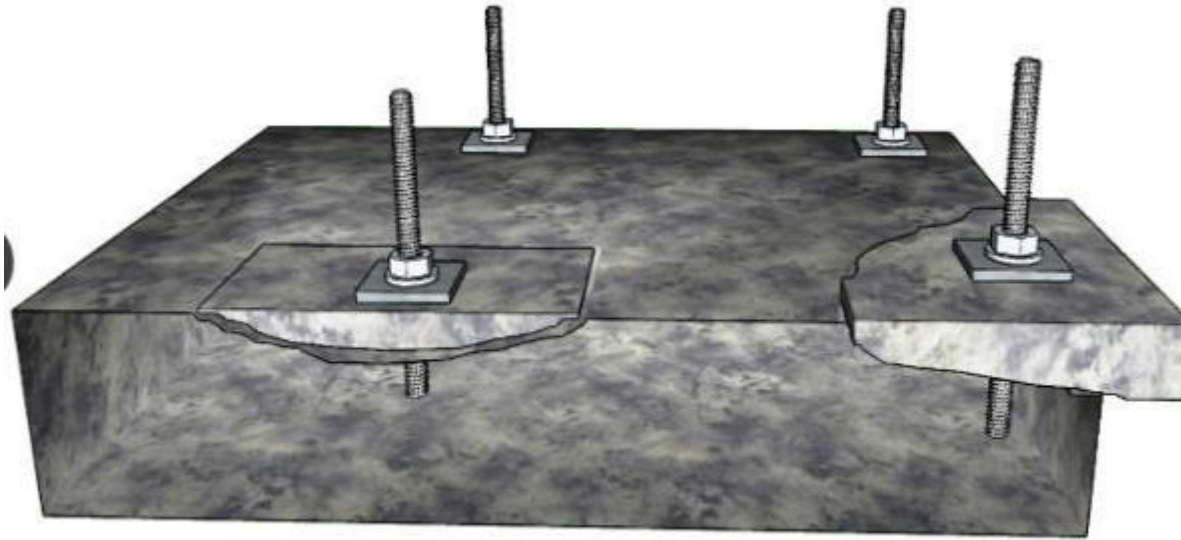


Ilustración 17. Arrancamiento del concreto - cortante.

* Fuente: Propia.

3.2.24 Diseño de Anclajes

Para el diseño de estos elementos estructurales, se tendrá en cuenta el método simplificado explicado en la normativa ACI – 318 - 14, en donde se tomará en cuenta los siguientes comportamientos:

3.3.8.1 Resistencia al arrancamiento del concreto de un anclaje en tracción.

Es la resistencia que tiene el volumen del concreto, ante la interacción de fuerzas de tracción ejercidas sobre el anclaje.

Este parámetro se define mediante la siguiente expresión matemática:

$$N_{cb} = \frac{A_{NC}}{A_{NCO}} \Psi_{ed,N} \Psi_{c,N} \Psi_{cp,N} * N_b$$

Ecuación 1. Resistencia nominal al arrancamiento de un solo perno en el concreto.

En donde:

A_{NC} = Área de falla proyectada del concreto en un anclaje solo o en un grupo de anclajes, utilizada para calcular la resistencia a tracción, mm².

A_{NCO} = Área de falla proyectada del concreto en un anclaje solo, utilizada para calcular la resistencia a tracción cuando no se encuentra limitada.

$\Psi_{ed,N}$ = Factor de modificación para la resistencia a tracción de anclajes con base en la proximidad a los bordes del miembro de concreto.

$\Psi_{c,N}$ = Factor de modificación para la resistencia a tracción de anclajes con base en presencia o ausencia de fisuración en el concreto.

$\Psi_{cp,N}$ = Factor de modificación para la resistencia a tracción de anclajes Postinstalados utilizados en concreto no fisurado y sin refuerzo suplementario y cuyo objetivo es tener en cuenta los esfuerzos de tracción por hendimiento causados por la instalación.

3.3.8.2 Resistencia básica de adherencia en tracción para un anclaje individual en concreto fisurado

Este parámetro se determina con la siguiente expresión matemática:

$$N_{ba} = \lambda_a * \tau_{cr} * \pi * d_a * h_{ef}$$

Ecuación 2. Resistencia nominal básica de adherencia en tracción para anclaje individual.

En donde:

λ_a = factor de modificación que tiene en cuenta la reducción de las propiedades mecánicas del concreto liviano en algunas aplicaciones de anclaje al concreto.

τ_{cr} = esfuerzo de adherencia característico de los anclajes adheridos con base en la presencia o ausencia de fisuración, Mpa.

d_a = diámetro exterior de un anclaje o diámetro del fuste del perno con cabeza, del tornillo con cabeza, o del perno con forma de gancho, mm.

h_{ef} = Profundidad embebida efectiva del anclaje, mm.

3.3.8.3 Resistencia al arrancamiento del concreto de anclajes a Cortante

$$V_{cb} = \frac{A_{vc}}{A_{VCO}} * \Psi_{ed,V} * \Psi_{c,V} * \Psi_{h,V} * V_b$$

Ecuación 3. Resistencia nominal al arrancamiento del concreto de anclajes a Cortante.

En donde:

A_{vc} = Área proyectada de falla del concreto de un anclaje solo o de un grupo de anclajes, utilizada para calcular la resistencia al cortante, mm².

A_{VCO} = Área proyectada de falla del concreto de un anclaje solo, utilizada para calcular la resistencia a cortante, cuando no se encuentra limitada por la influencia de una esquina, del espaciamiento, o del espesor del miembro, mm².

$\Psi_{ed,V}$ = Factor de modificación para la resistencia a tracción de anclajes adheridos debido a la proximidad de los bordes del miembro de concreto.

$\Psi_{c,V}$ = Factor de modificación para resistencia a cortante de anclajes con base en la presencia o ausencia de fisuración en el concreto y la presencia o ausencia de refuerzo suplementario.

V_b = Fuerza cortante mayorada en la sección.

3.2.25 Ensayo Confinado a Tracción

A continuación, se ilustra la configuración típica para un ensayo confinado en donde la placa de confinamiento debe tener un diámetro que oscila entre 1,5 y 2 cm, Adicionalmente se debe instalar una lámina de politetrafluoroetileno, con el fin de limitar la fricción entre la superficie de la placa y la base.

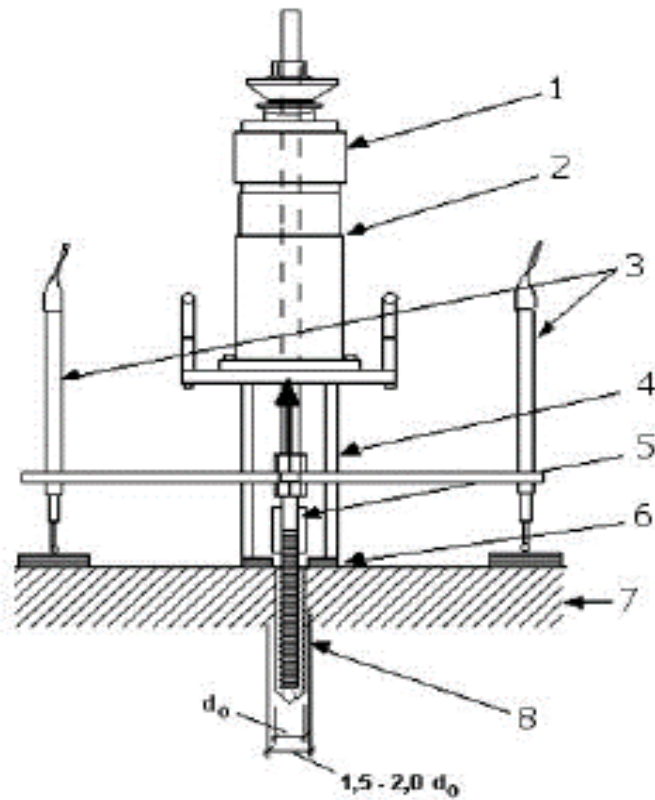


Ilustración 18. Montaje experimental para ensayos a tracción confinada.
*Fuente: Approvals, (2013).

En donde:

1. Celda de carga.
2. Cilindro de carga.
3. Medidor del desplazamiento.
4. Soporte.
5. Anclaje.
6. Placa de acero.
7. Placa aligerada de prueba.
8. Anclaje de inyección.

Para la presente tesis, se utilizó el siguiente montaje experimental esquemático:



Fotografía 1. Montaje experimental para ensayos a tracción confinada.
*Fuente: Propia.

3.2.26 Ensayos No Confinados a Tracción

Este tipo de ensayo permite la formación del cono de ruptura en la base sin ningún tipo de restricción, en el que se debe tener en cuenta:

- La distancia libre entre el ancla de inyección y el soporte debe ser mínimo 2 veces la profundidad embebida del anclaje en la placa aligerada h_{ef} .
- Durante el ensayo, la carga debe aplicarse en dirección del ancla de inyección, esto se garantiza mediante la instalación de bisagras entre el dispositivo de carga y el ancla.

A continuación, se ilustra la configuración típica de la prueba a tracción no confinada con soportes espaciados, que garantizan el desarrollo de una superficie de fractura de cono sin restricciones.

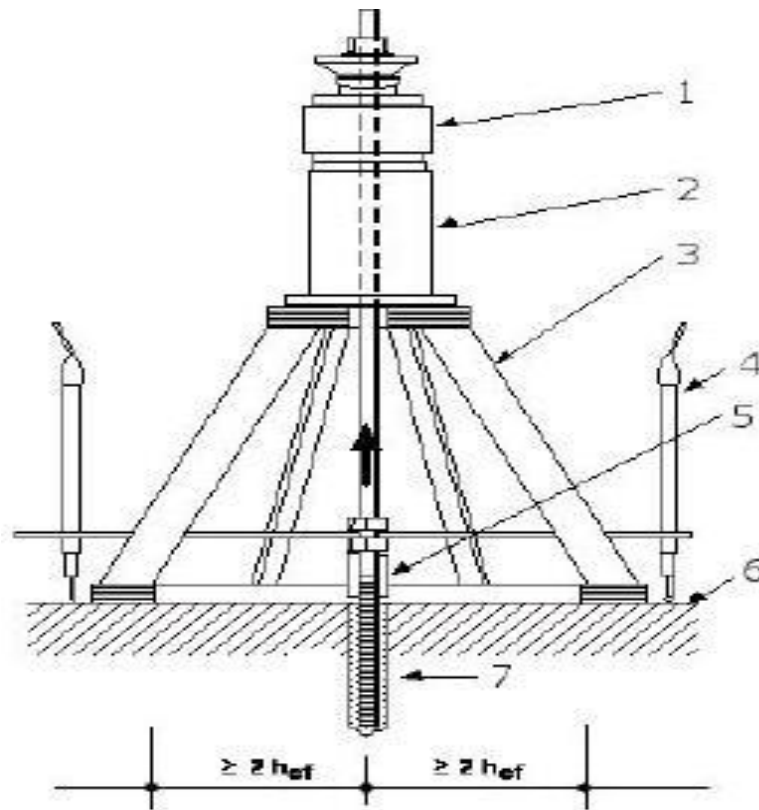


Ilustración 19. Montaje experimental para ensayos a tracción no confinada.
*Fuente: Approvals, (2013).

En donde:

1. Celda de carga.
2. Cilindro de carga.
3. Soporte.
4. Medidor del desplazamiento.
5. Anclaje.
6. Placa aligerada de prueba.
7. Anclaje de inyección.

Los espaciamientos autorizados por la normativa ASTM E 488, se ilustra a continuación:

Tabla 2. Espaciamiento de soporte de prueba.
*Fuente: ASTM 488M - 18.

Espaciamiento entre soportes de prueba	Distancia desde el ancla al borde del soporte de prueba
$4 H_{ef}$	$2 H_{ef}$

H_{ef} =Profundidad efectiva del empotramiento, medida desde superficie de concreto hasta el punto más profundo en el que la carga de tensión se trasfiere al concreto.

Para la presente investigación, se utilizó el siguiente montaje experimental:



Fotografía 2. Montaje experimental para ensayos a tracción no confinada.
*Fuente: Propia.

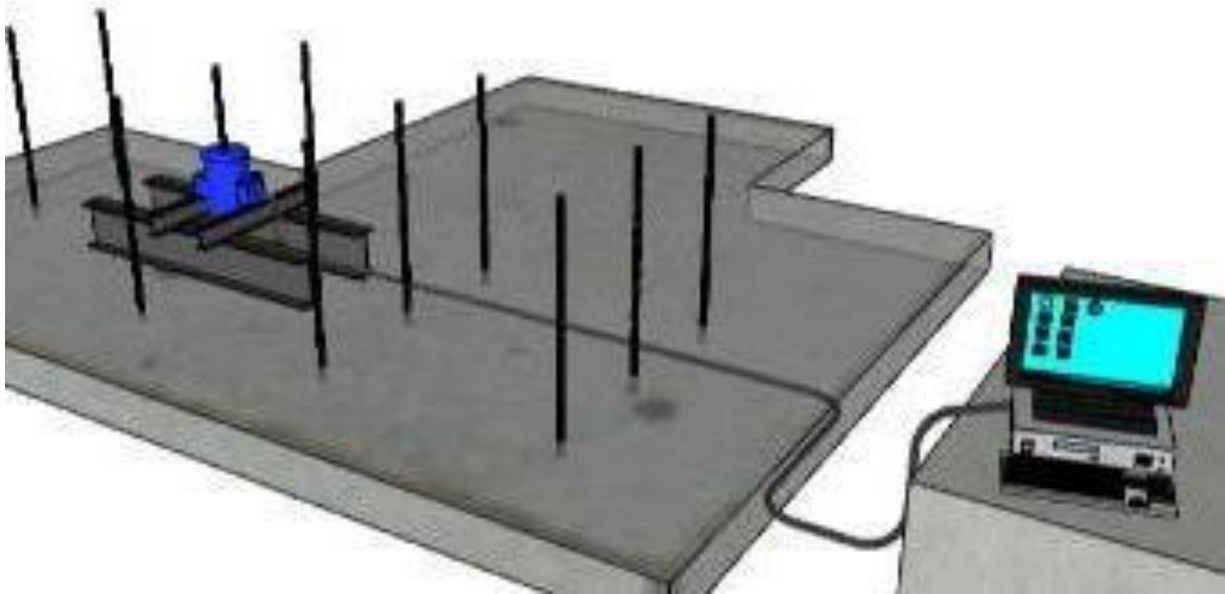


Ilustración 20. Esquema del montaje para ensayos a tracción no confinado. no confinado.
*Fuente: Propia.

3.2.27 Ensayos a cortante

Según lo establecido en el ASTM-E 488 se debe instalar el sistema de carga, de modo que su ubicación cumpla lo establecido a continuación:

Tabla 3. Parámetros de ubicación de soportes de prueba, ASTM-E 488
*Fuente: Propia.

Espaciamiento en soportes de prueba	Distancia desde el ancla al borde del soporte de prueba
$4 C_a$	$2 C_a$

En donde:

C_a = Distancia desde el centro de un eje de anclaje al borde del miembro en mm. Adicionalmente, no se requiere un puente de reacción a lo largo del borde ya que no se va a limitar las fallas presentadas por cortante

A continuación, se ilustra el montaje en la máquina universal:

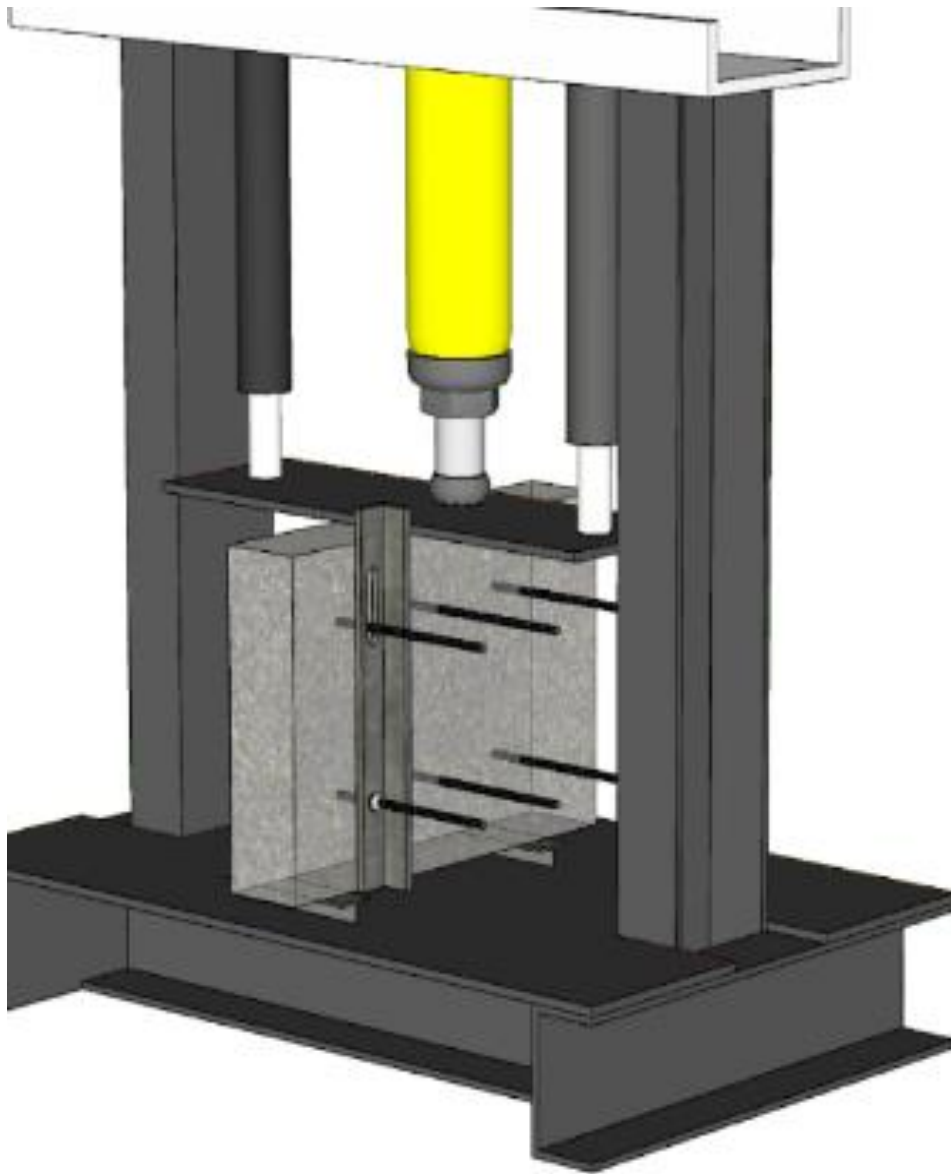


Ilustración 21. Montaje experimental esquemático de ensayo a cortante Simple.
*Fuente: Propia.



Fotografía 3. Montaje experimental de ensayo a cortante en maquina universal.
*Fuente: Propia.

6. CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES

6.1. AGREGADO LIGERO

Se trabajará con LIVITEK, un producto desarrollado por Corona y Constructora Concreto el cual es un agregado liviano de alta resistencia y durabilidad que permite la eficiencia en proyectos de infraestructura, edificación y urbanismo. Este material tiene las siguientes características físicas y mecánicas:

Su corteza es de tipo cerámica.

Posee una estructura porosa para absorber mejor el calor y los ruidos.

Su solidez perdura en el tiempo.

Soporta elevadas temperaturas y resiste el fuego.

Es hasta 70% más liviano que los agregados tradicionales.

Único material en Colombia que cumple los requisitos de la Norma Sismo Resistente para la elaboración de concreto liviano estructural.

Tabla 4. Características de LIVITEK.

*Fuente: CORONA, CONSTRUCTORA CONCRETO (2019).

PROPIEDADES	UNIDADES	REFERENCIA
Absorción	%	30
Pérdidas por ignición	%	<1
Conductividad térmica	W/m*K	<0.18
Angulo de reposo	°	45°

A continuación, se muestra la granulometría del agregado de acuerdo con el uso que tendrá:

Tabla 5. Granulometría del agregado LIVITEK acorde con su uso.

*Fuente: CORONA, CONSTRUCTORA CONCRETO (2019).

	Tamano	Densidad (en kg/m ³)	
		Suelta	Aparente
Morteros	 < 6 mm (<1/4")	600 ± 50	900 ± 50
Concretos Prefabricados	 6 - 12 mm (1/4" - 1/2")	450 ± 50	750 ± 50
Aislamiento cubiertas Nivelación pisos	 12 - 16 mm (1/2" - 5/8")	350 ± 50	650 ± 50
Geotecnia Techos verdes Paisajismo	 >16 mm (>5/8")	250 ± 50	550 ± 50

6.2. CONCRETO ALIGERADO

Para determinar la resistencia a la compresión del concreto liviano con arena de peso normal se fallaron 2 cilindros a los 28 días, los cuales fueron elaborados de acuerdo con la NTC 454 (ASTM C172).

En donde el diseño de mezcla para 1 m³ concreto, es la siguiente:

Tabla 6. Diseño de mezcla de concreto aligerado, utilizado en el presente análisis.
*Fuente: Propia.

Diseño de mezcla de concreto Liviano (Kg).	
Cemento	390
Arena de peso normal	830
Agua	80
Agregado grueso liviano Termo expandido tamaño "mortero", base seca	430
Agregado liviano Termo expandido tamaño "Concreto", base seca	0

Tabla 7. Volumen y cantidad de cilindros de concreto, usados para calcular la resistencia a la compresión.
*Fuente: Propia.

Volumen de un (1) cilindro (m3)	
Diámetro (m)	0.1
Altura(m)	0.2
Volumen (m ³)	0.0016
Cantidad de cilindros	6
Volumen total (m ³)	0.011

Tabla 8. Especificaciones del dimensionamiento de cilindros.
*Fuente: Propia.

Adicionalmente, se determinó la densidad del concreto, pesando una placa de sección (90 x 60) cm utilizada para ensayos a cortante, en la cual se obtuvo un peso aproximado de 1745 Kg, por lo tanto, su densidad:

$$\rho = 1895 \frac{Kg}{m^3}$$

A continuación, se ilustra los materiales utilizados en la elaboración de las placas de concreto liviano:

a)



b)



c)



Fotografía 4. Materiales utilizados en la elaboración de placas en concreto liviano: a) agregado liviano agregado LIVITEK, b) arena y c) Aditivo reductor de agua de rango medio con ligero retardo de fraguado. Y cemento portland de uso general.

*Fuente: Propia.

3.2.28 Resistencia a la compresión

Los resultados de los ensayos a diferentes edades se ilustran a continuación:

Tabla 9. Resistencia a la compresión de concreto liviano.

*Fuente: Propia.

MEZCLA ENSAYO			
Días	Carga rotura (kg)	Carga rotura (Mpa)	Carga rotura promedio (Mpa)
14	14300	18,2	19,1
	15600	19,9	
28		21,95	21,4
		20,86	

Esta resistencia debe cumplir a lo establecido en el título C NSR -10.

A continuación, se ilustra el ensayo, tal como lo recomienda la normativa:

Fotografía 5. Ensayo para determinar la resistencia a la compresión del concreto aligerado.

*Fuente: Propia.



3.2.29 Acero De Refuerzo Enroscado

Se emplearon para la elaboración de las muestras, barras enroscadas de acero B7 de diámetros de 3/8", 1/2" y 5/8", las cuales cumple lo establecido en las normativas ASTM A 193, cuyas propiedades mecánicas son:

- Resistencia a la tracción mínima, 861.84 MPa
- Resistencia a la fluencia mínimo, 723.95 MPa
- Elongación mínima, 16%.



Fotografía 6. Acero de refuerzo tipo enroscado.
*Fuente: Propia.

3.2.30 Adhesivo epóxico de dos componentes para anclajes. Sika AnchorFix®-3001.

Fotografía 7. Epoxico rápido Sika Anchor Fix - 3001.

*Fuente: Propia.



Tabla 10. Información técnica, Sika AnchorFix®-3001.

* Fuente, catalogo Sika AnchorFix®-3001.

Ilustración 22. Información mecánica del epoxico Sika AnchorFix-3001

INFORMACION TECNICA

Resistencia a Compresión	24 horas	59 MPa (8500 psi)	(ASTM D695)
	7 días	85 MPa (12 300 psi)	
20°C (68°F) y 50% R.H.			
Módulo de Elasticidad a Compresión	7 días	5 GPa	(ASTM D695)
Resistencia a Flexión	24 horas	45 MPa (6525 psi)	(ASTM D790)
Resistencia a tensión	1 día	18 MPa (2610 psi)	(ASTM D638)
	7 días	23.5 MPa (3400 psi)	
Módulo de Elasticidad a Tensión	1 día	5.7 GPa	(ASTM D638)
	7 días	5.5 GPa	
Elongación a Rotura	1 día	6.6%	(ASTM D638)
	7 días	5.9%	

*Fuente, Catalogo Sika Anchor Fix®-3001.

Este adhesivo epoxico, cumple con lo especificado en el ACI 355, ya que realizo con los programas de ensayo y requisitos de evaluación de anclajes mecánicos diseñados de acuerdo al ACI 318.

El proceso de instalación de anclajes de acero enroscado, para el presente proyecto es el siguiente:

- Demarcación de ubicación de anclaje, garantizando distancia mínima entre anclajes:



Fotografía 8. Localización de perforaciones.

**Fuente: Propia*

- Perforación de las probetas de concreto ya evaluada su resistencia.



- Protección de las perforaciones, con el objetivo que estén libres de algún tipo de impureza que puedan afectar el comportamiento mecánico de la resina epoxica.



Fotografía 9. Protección de perforaciones
*Fuente: Propia

- Limpieza de la perforación con aire a presión. Para posterior limpieza de la perforación con cepillo de cerdas metálicas y nuevamente aire a presión (mínimo 6 bares).



Fotografía 10. Limpieza de la perforación con aire a presión.

*Fuente: Propia

- Aplicación del adhesivo epóxico (color y consistencia uniforme) se inserta la boquilla mezcladora hasta el fondo de la perforación. Se aplica la resina a presión constante y uniforme, se va sacando lentamente la boquilla de la perforación hasta lograr el llena de $\frac{3}{4}$ la altura de la perforación.



Fotografía 11. Aplicación de resina Epoxica.
*Fuente: Propia

- Instalación de barra de acero roscado el cual debe estar libre de polvo, o cualquier otra sustancia que afecte el puente de adherencia del epoxico-concreto- acero.



Fotografía 12. Instalación de barras enroscadas en placas de prueba.

*Fuente: Propia

- Curado del elemento del concreto según las normativas vigentes. Con el fin de garantizar la correcta hidratación del concreto.



*Fotografía 13. Curado de placas de concreto.
Fuente: Propia

7. ESPECÍMENES DE ENSAYO

7.1. ENSAYO DE TENSIÓN

Los ensayos de tensión se realizarán en una placa de sección variable la cual su espesor depende de la profundidad de anclaje de las barras enroscadas, tal cual se ilustra a continuación:

Tabla 11. Especificación del espesor de la placa aligerada en función del diámetro del perno enroscado.
*Fuente: Propia.

Diámetros	Profundidad 1 hef (mm) 5 diámetros	Espesor mínimo elemento concreto (mm).	Distancia mínima al borde (1,0hef) (mm).	Distancia entre pernos (2,0 hef) (mm).
3/8"	48	77.	47.623	95.25
1/2"	64	93.	63.5	127
5/8"	79	109.	79.34	158.75

A continuación, se ilustra el proceso de elaboración de las placas aligeradas de espesores variables:



Fotografía 14. Fundida de placas aligeradas de espesor variable.
*Fuente: Propia.



Fotografía 15. Vibrado de placa para ensayo de corte.
*Fuente: Propia



Fotografía 16. Vibrado de placa de espesor variable II.
*Fuente: Propia



*Fotografía 17.Elaboración de probetas de concreto.
Fuente: Propia

a continuación, se ilustra el montaje experimental:

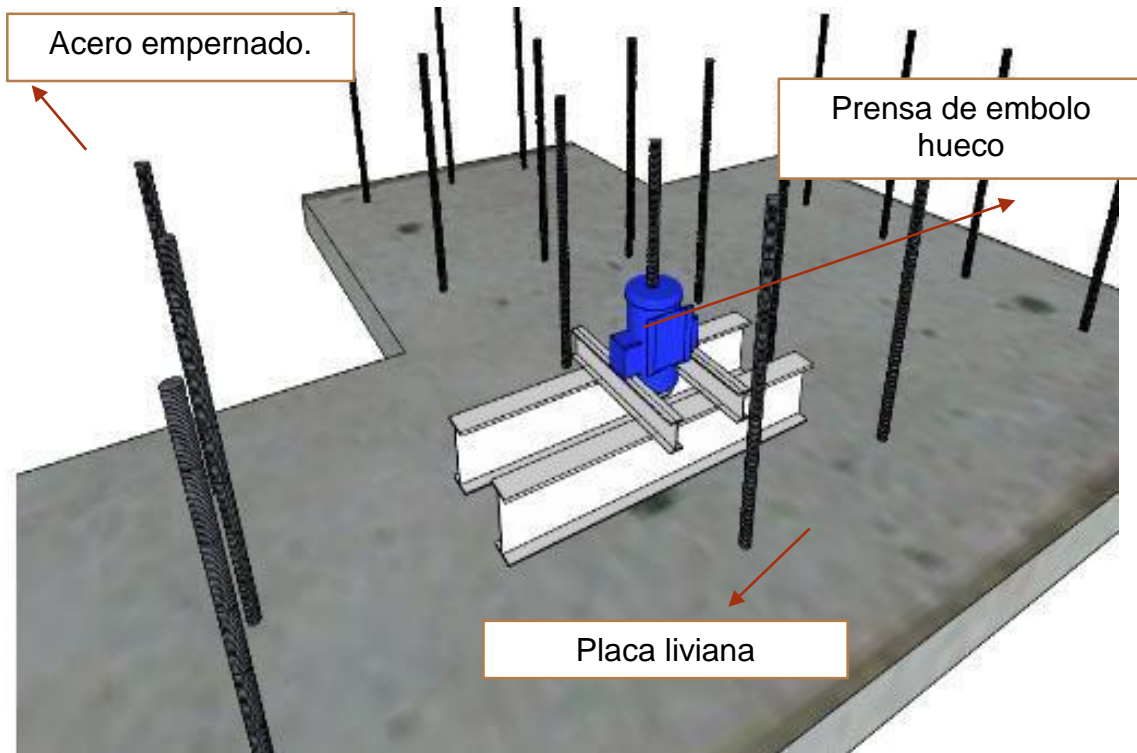


Ilustración 23. Placa aligerada de espesor variable, ensayo a tracción no confinado.
*Fuente: Propia.

7.2. ENSAYO A CORTANTE

Se ensayan 4 anclajes diámetro de 3/8" a profundidades de 105 mm, 3 a profundidades de 120 mm de diámetro de 1/2", en dos especímenes de concreto liviano, en donde sus dimensiones se encuentran a continuación:

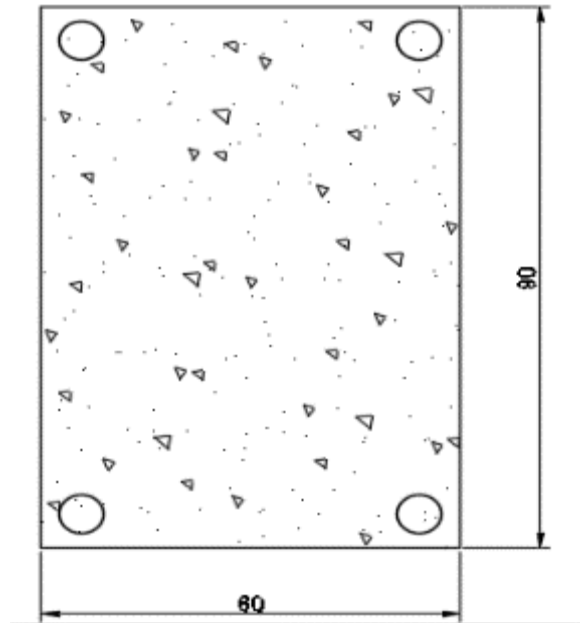


Ilustración 24., Dimensiones de placas de concreto sometidas a cortante.
*Fuente: Propia.

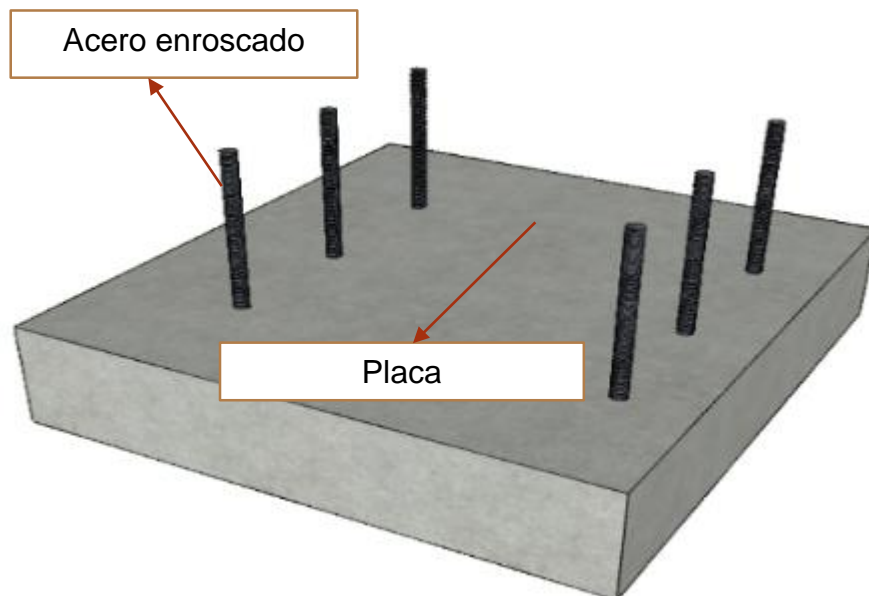


Ilustración 25. Placas de concreto aligerado con barras enroscadas de 3/8 y 1/2 respectivamente.
*Fuente: Propia.

En donde la enumeración por muestra se ilustra a continuación:

3.2.31 Para 3/8

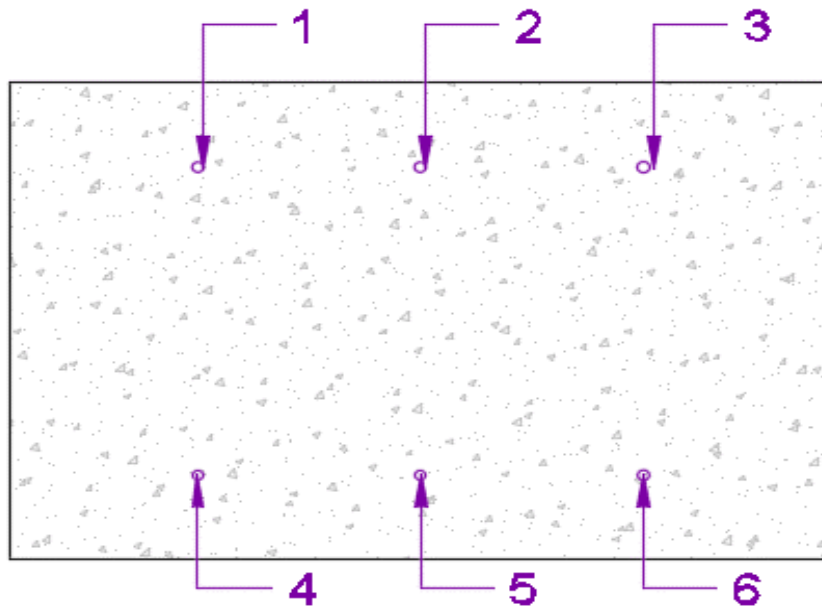
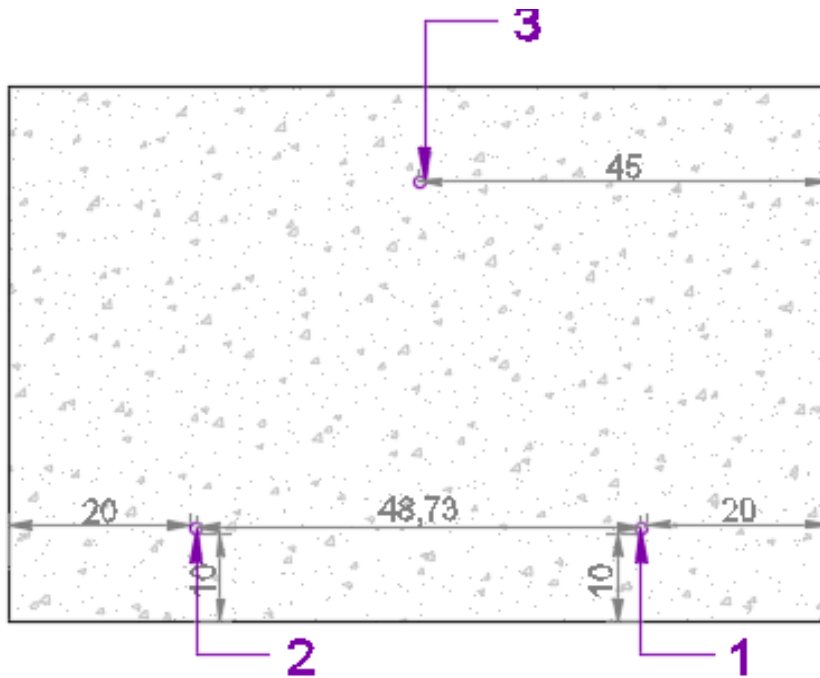


Ilustración 26. Distribución de Acero empernado en placa de concreto aligerado. Barra 1/2 pulgada.
*Fuente: Propia.

3.2.32 Para 1/2"

Ilustración 27. Distribución de Acero empernado en placa de concreto aligerado.



*Fuente: Propia.

A continuación, se ilustra el proceso de elaboración de los especímenes en campo:



Fotografía 18. Vibración mecánica de placas de concreto aligerado.
*Fuente: Propia.



Fotografía 19. Fundida de placas y toma de muestras para la elaboración de ensayos de resistencia a la compresión.
*Fuente: Propia.

8. CALCULO DE LA RESISTENCIAS TEÓRICA A TRACCIÓN Y CORTANTE ACORDE CON EL ACI 318-14.

8.1. RESISTENCIA AL ARRANCAMIENTO DE UN PERNO TEÓRICO

Tabla 12. Resistencia nominal al arrancamiento del concreto de un anclaje.

*Fuente: Propia.

B) . Resistencia Teorica al arrancamiento del concreto de un anclaje en Traccion														
Diametro	Profundidad	h_{ef} mm	λa	C_{a1} mm	A_{Nc} mm ²	N_b Kgf	ψ_{eN}	C_{max}	C_{ac}	ψ_{cPN}	ψ_{edN}	A_{nco}	N_{cb} (KN)	N_{cb} (Kgf)
3/8	5 ϕ	48	0.68	95	23780	7	1.4	71	95	1.00	1	20413	11.4	1164.1
	10 ϕ	95	0.68	190	94763	20	1.4	143	190	0.75	1	81225	24.5	2498.3
1/2	5 ϕ	64	0.68	127	42339	11	1.4	95	127	0.75	1	36290	13.5	1374.0
	10 ϕ	127	0.68	254	169355	32	1.4	191	254	0.75	1	145161	39.2	3997.2
5/8	5 ϕ	79	0.68	159	66214	16	1.4	119	159	0.75	1	56704	19.6	1997.3
	10 ϕ	159	0.68	318	264855	44	1.4	238	318	0.75	1	226814	53.9	5492.5

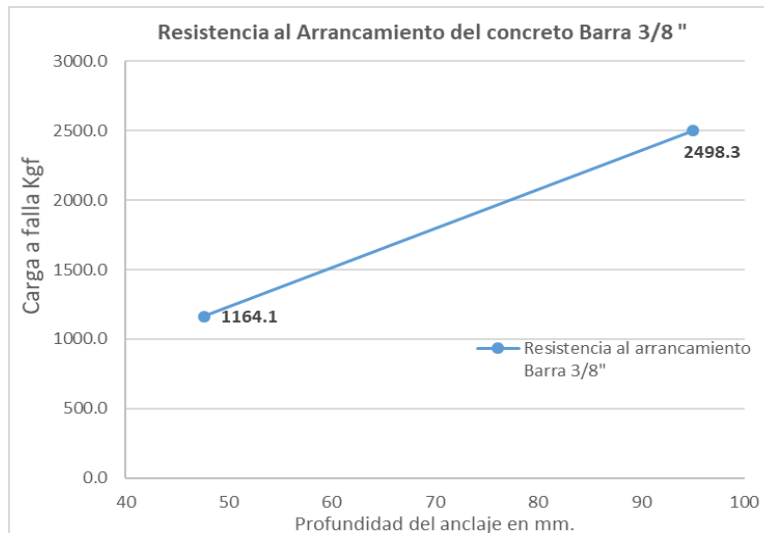
En donde los parámetros de diseño son:

Tabla 13. Parámetros de diseño para resistencia al arrancamiento de un perno.

*Fuente: Propia.

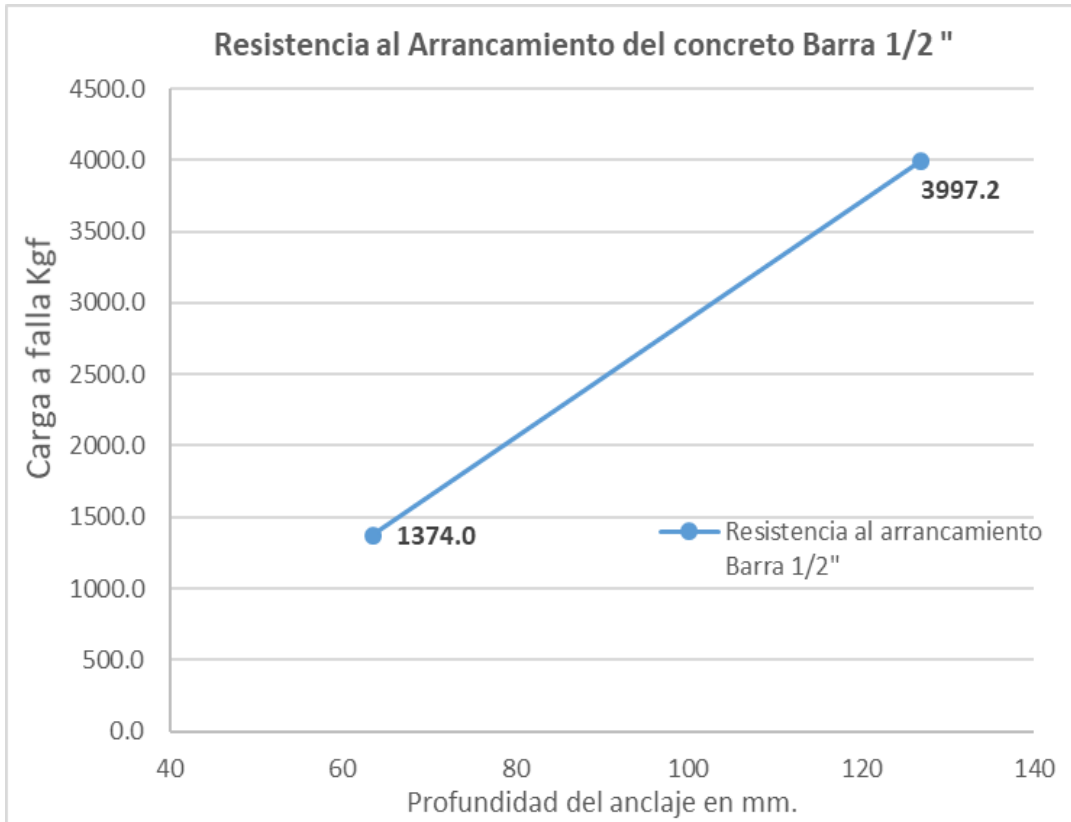
PARÁMETROS DE DISEÑO	
K_c	7.0
f'_c	21.4 MPa
λ	0.85

Se procede a analizar la resistencia al arrancamiento en función del diámetro del anclaje emperrado:

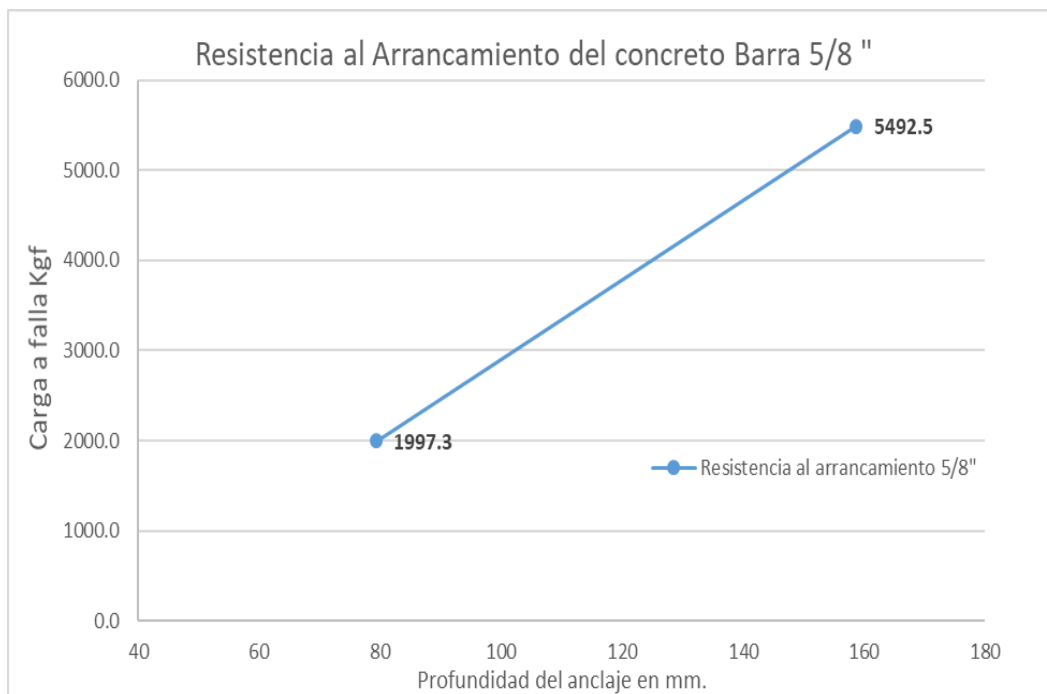


Gráfica 1. Resistencia al arrancamiento en función de la profundidad del anclaje.

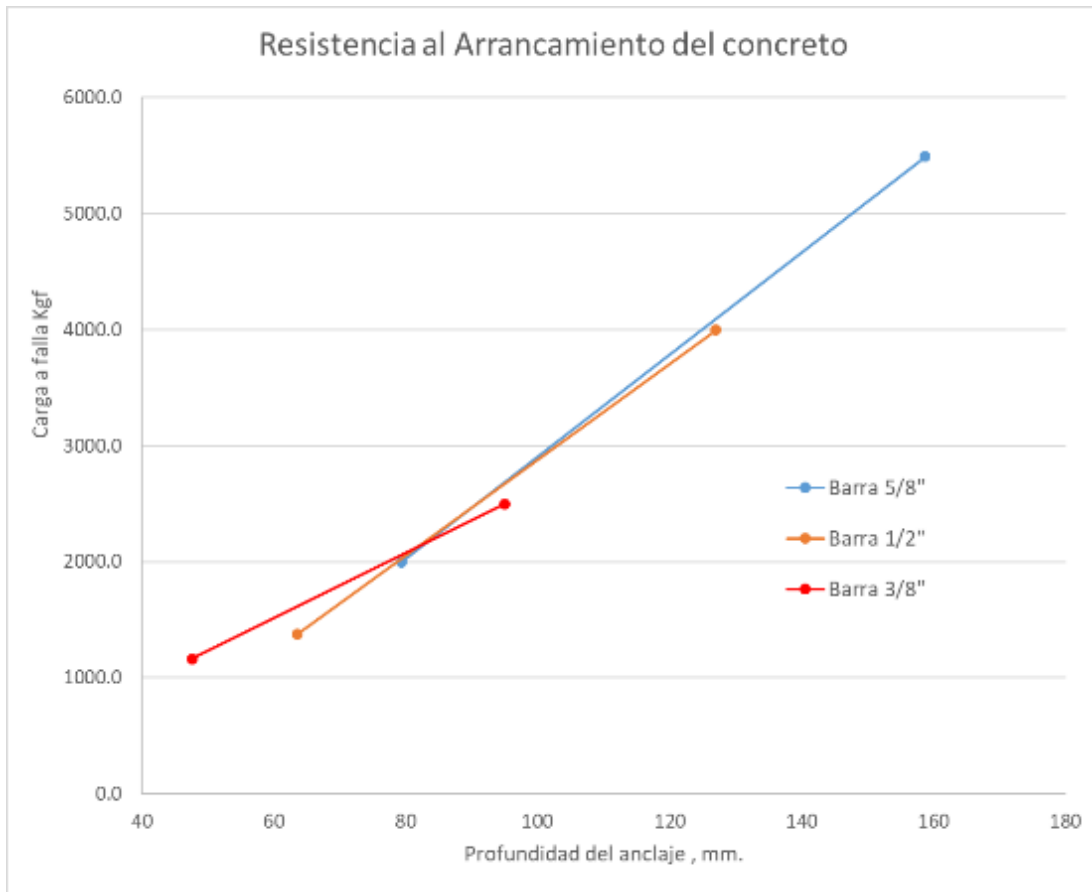
*Fuente: Propia.



Gráfica 2. Resistencia al arrancamiento en función de H efec (mm).
*Fuente: Propia.



Gráfica 3. Resistencia al arrancamiento en función de H efec (mm).
*Fuente: Propia.



Gráfica 4. Resistencia al arrancamiento en función de H_{efec} (mm).
*Fuente: Propia

8.2. RESISTENCIA TEÓRICA A LA ROTURA DEL PERNO A TRACCIÓN

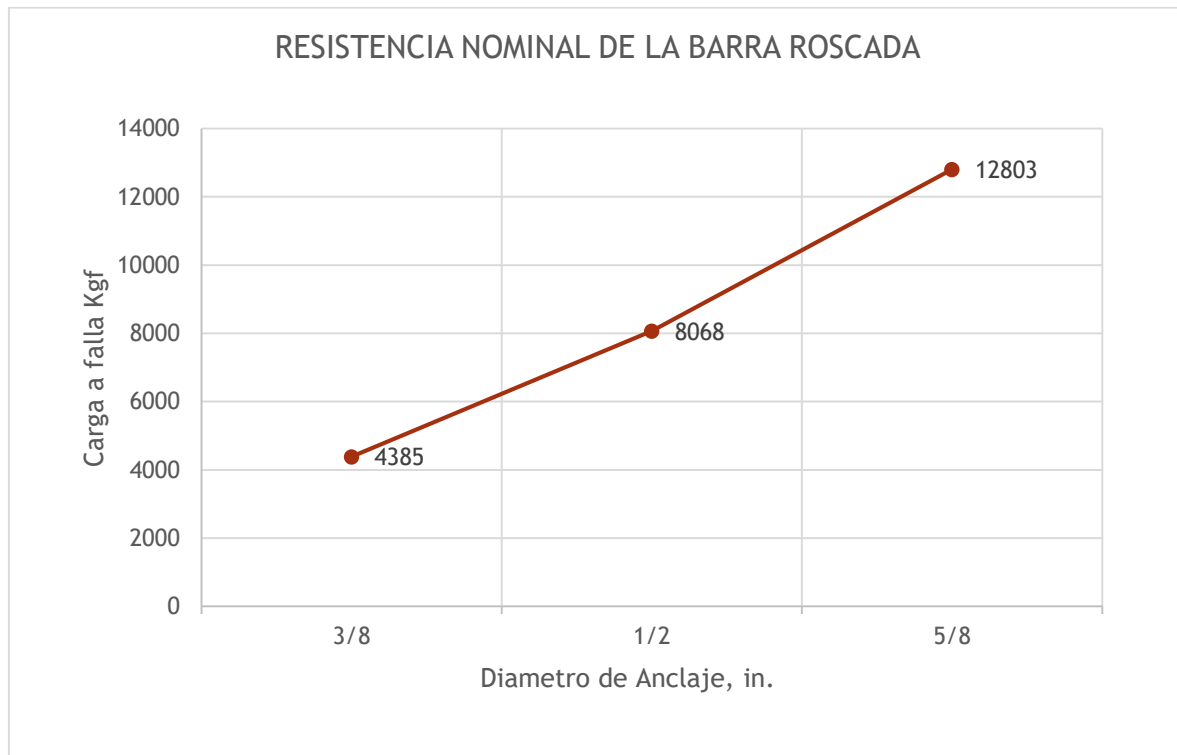
Resistencia definida por la ecuación (C-D-3), del literal C-D.5.1.2, del título C, del reglamento colombiano de construcción sismo resistente, NSR-10. Al igual que el reglamento americano ACI 318-14 en la sección 17.4.1.

$$N_{sa} = n A_{se} f_{uta}$$

Tabla 14. Cálculo de rotura del perno enroscado en función del diámetro.
*Fuente: Propia.

RESISTENCIA NOMINAL DE LA BARRA ROSCADA -TRACCIÓN-				
Diámetro (in)	$A_{se,N}$ (mm ²)	F_{uta} (Mpa)	F_{ya} (Mpa)	N_{sa} (Kgf)
3/8	50.0	860	724	4385
1/2	92.0	860	724	8068
5/8	146.0	860	724	12803

Por lo tanto, la resistencia a la tracción por rotura teórica en función del diámetro del anclaje emperrado es:



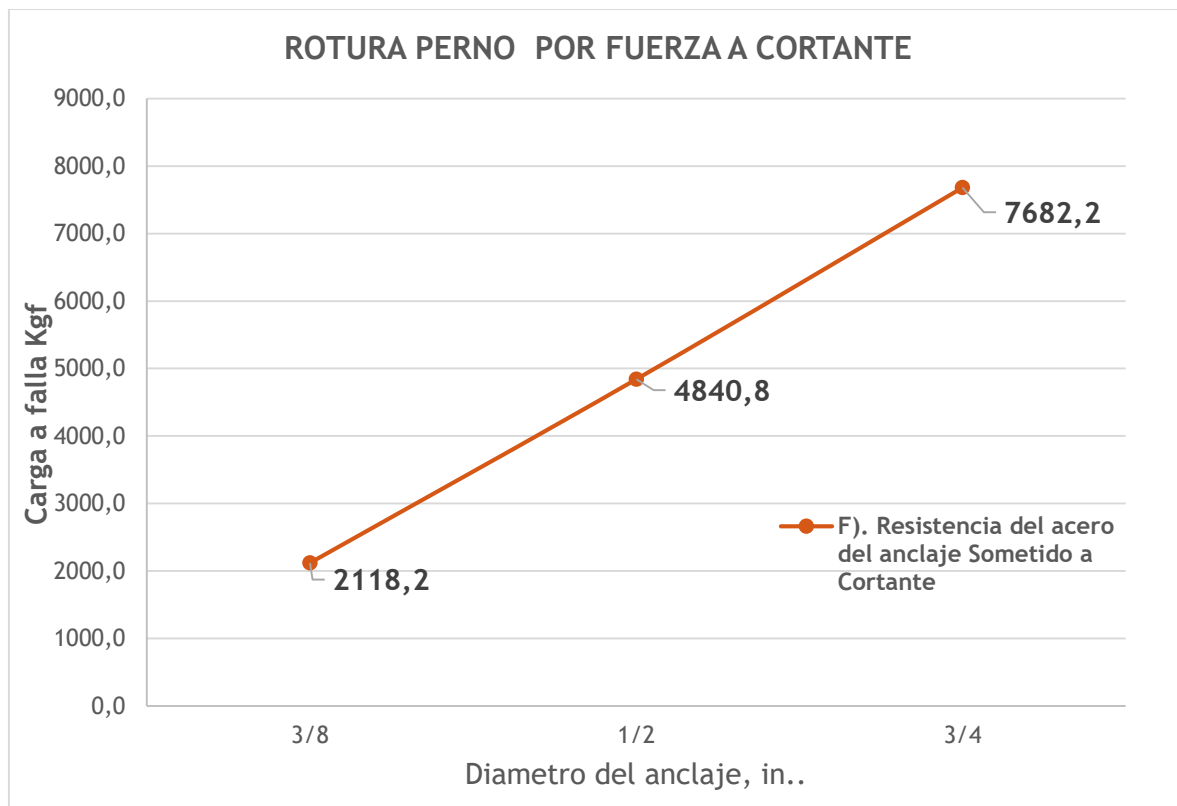
Gráfica 5. Resistencia nominal de barras enroscadas a tracción.
*Fuente: Propia.

8.3. RESISTENCIA TEÓRICA DE ACERO DE ANCLAJE SOMETIDO A CORTANTE

Tabla 15. Resultados teóricos de acero de anclaje sometido a cortante.
*Fuente: Propia.

RESISTENCIA NOMINAL DE LA BARRA ROSCADA - CORTE-				
Diámetro (in)	A _{se,N} (mm ²)	F _{uta} (Mpa)	F _{ya} (Mpa)	V _{sa} (Kgf)
3/8	50.0	860	724	4385
1/2	92.0	860	724	8068
5/8	146.0	860	724	12803

Por lo tanto, la resistencia al cortante teórico en función del diámetro del anclaje empernado es:



Gráfica 6. Resistencia del perno de anclaje a cortante.
*Fuente: Propia.

Se evidencian una tendencia normal en el incremento de la resistencia al corte en consecuencia del incremento del diámetro de la barra.

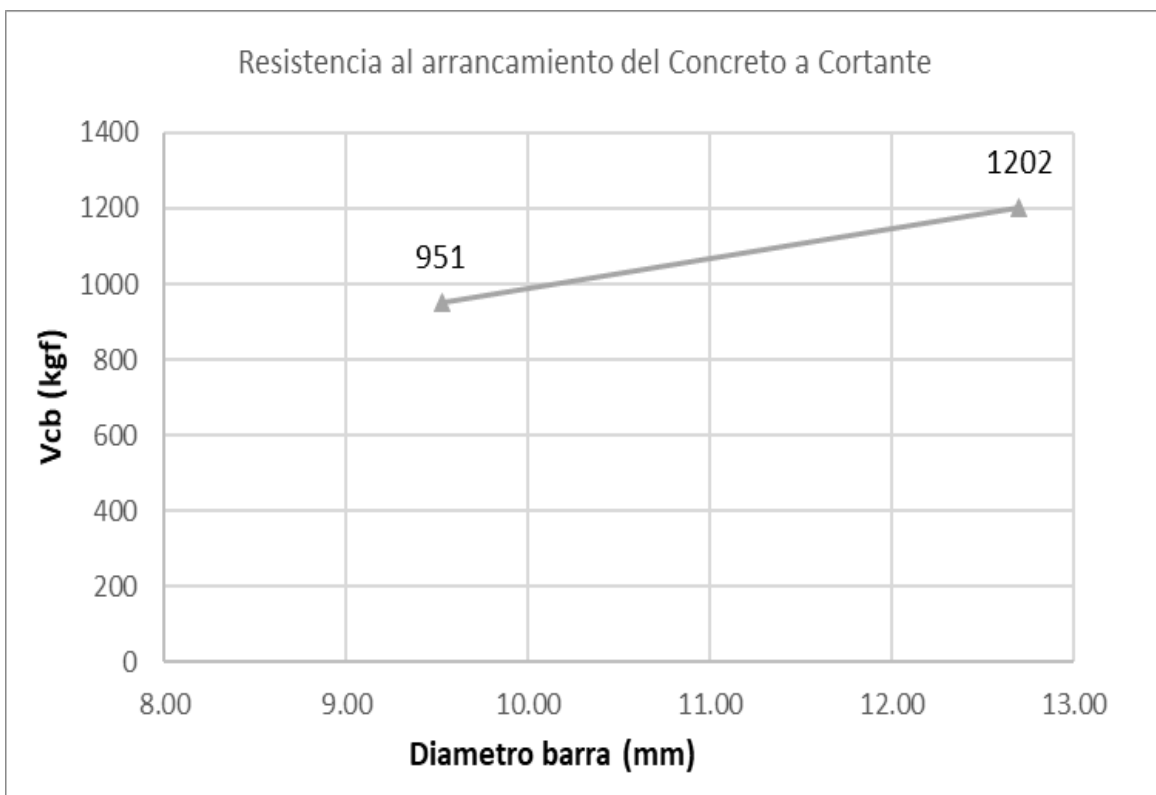
8.4. RESISTENCIA DE ANCLAJE EN CORTANTE AL ARRANCAMIENTO DEL CONCRETO.

Tabla 16. Resistencia a arrancamiento del concreto de anclajes a cortante.
*Fuente: Propia.

$f'_c = 21.4 \text{ Mpa}$

G). Resistencia al arrancamiento del Concreto de Anclajes a Cortante													
d_a in	d_a (mm)	h_{ef} (mm)	C_{a1} (mm)	l_e (mm)	λ_a	V_b (kgf)	h_a (mm)	A_{vc} mm^2	A_{vco} mm^2	$\Psi_{ed,v}$	$\Psi_{c,v}$	$\Psi_{h,v}$	V_{cb} (kgf)
3/8	9.53	100	100	100	0.51	713	200	60000	45000	1.0	1.0	1.0	951
1/2	12.70	120	125	120	0.51	1127	200	75000	70313	1.0	1.0	1.0	1202

Por lo tanto, la resistencia teórica al arrancamiento del concreto a cortante en función del diámetro del anclaje empernado es:



Gráfica 7. Resistencia al Arrancamiento del Concreto a Cortante.
*Fuente: Propia.

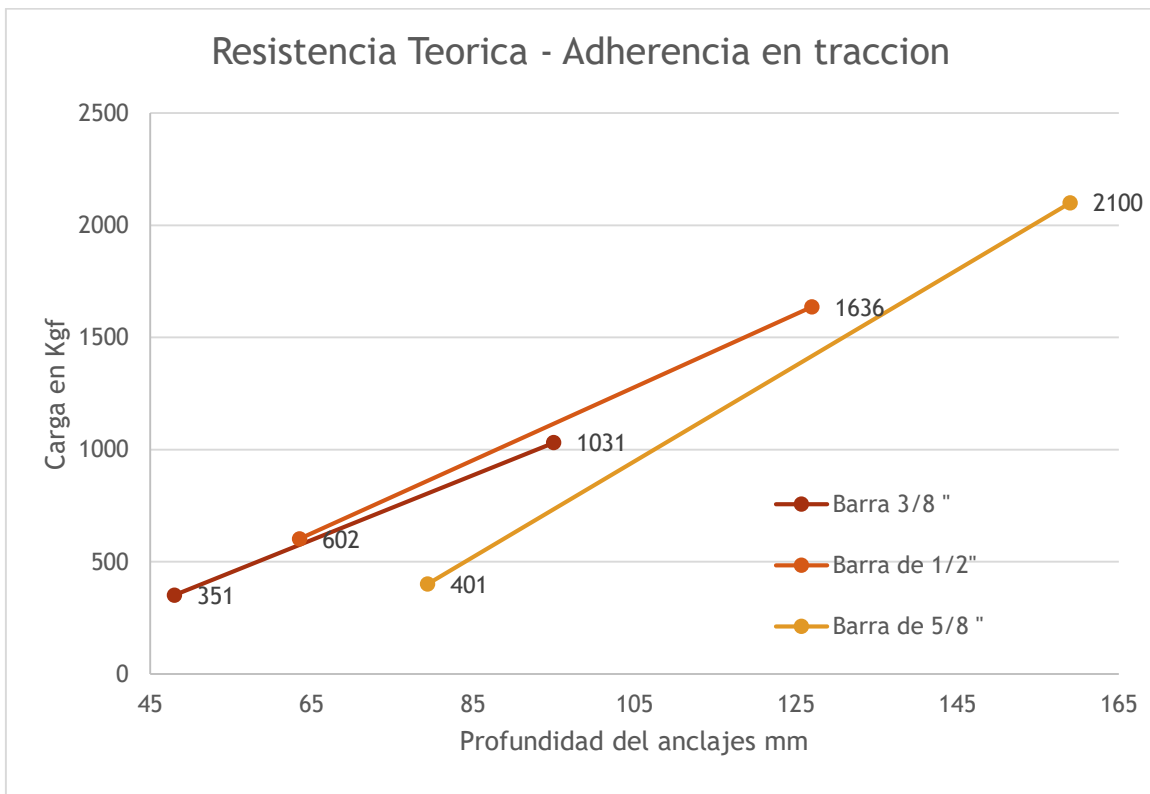
8.5. RESISTENCIA A LA ADHERENCIA EN TRACCIÓN

Tabla 17. Resistencia a la adherencia en tracción de anclajes Adheridos.

*Fuente: Propia.

E). Resistencia a la Adherencia en tracción de anclajes Adheridos										
d_a	h_{ef} mm	$C_{a \text{ Min}}$	C_{NA}	A_{NAo} / A_{Na}	λ_a	τ_{cr} Mpa	N_{ba} Kgf	$N_a \psi_{cp}$	$N_a \psi_{ed}$	N_a Kgf
3/8	48	96	105.4	0.74	0.51	9.30	694.9	0.75	0.91	351
	95	190		1.00			1375.3	0.75	1.00	1031
1/2	64	127	140.5	0.72	0.51	9.30	1225.7	0.75	0.91	602
	127	254		0.89			2451.4	0.75	1.00	1636
5/8	79	159	175.6	0.31	0.51	9.30	1915.1	0.75	0.90	401
	159	318		0.73			3836.3	0.75	1.00	2100

Por lo tanto, la resistencia a la adherencia en tracción en función del diámetro del anclaje empinado es:



Gráfica 8. Resistencia a la adherencia en tracción de anclajes Adheridos.

*Fuente: Propia.

9. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS

9.1. ENSAYOS NO CONFINADOS A TRACCIÓN

Se ensayaron 6 especímenes para el diámetro de 3/8", 6 de diámetro de 1/2", y tres ensayos de 5/8", en los cuales las modalidades de fallas son:

- Arrancamiento del concreto.



Ilustración 28. Falla por arrancamiento del concreto.
*Fuente: Propia.

- Falla de borde arrancamiento concreto.



Ilustración 29. Falla de borde en el concreto.
*Fuente: Propia.

- Falla de borde-esquina.



Ilustración 30. Falla por barra de acero.
*Fuente: Propia.

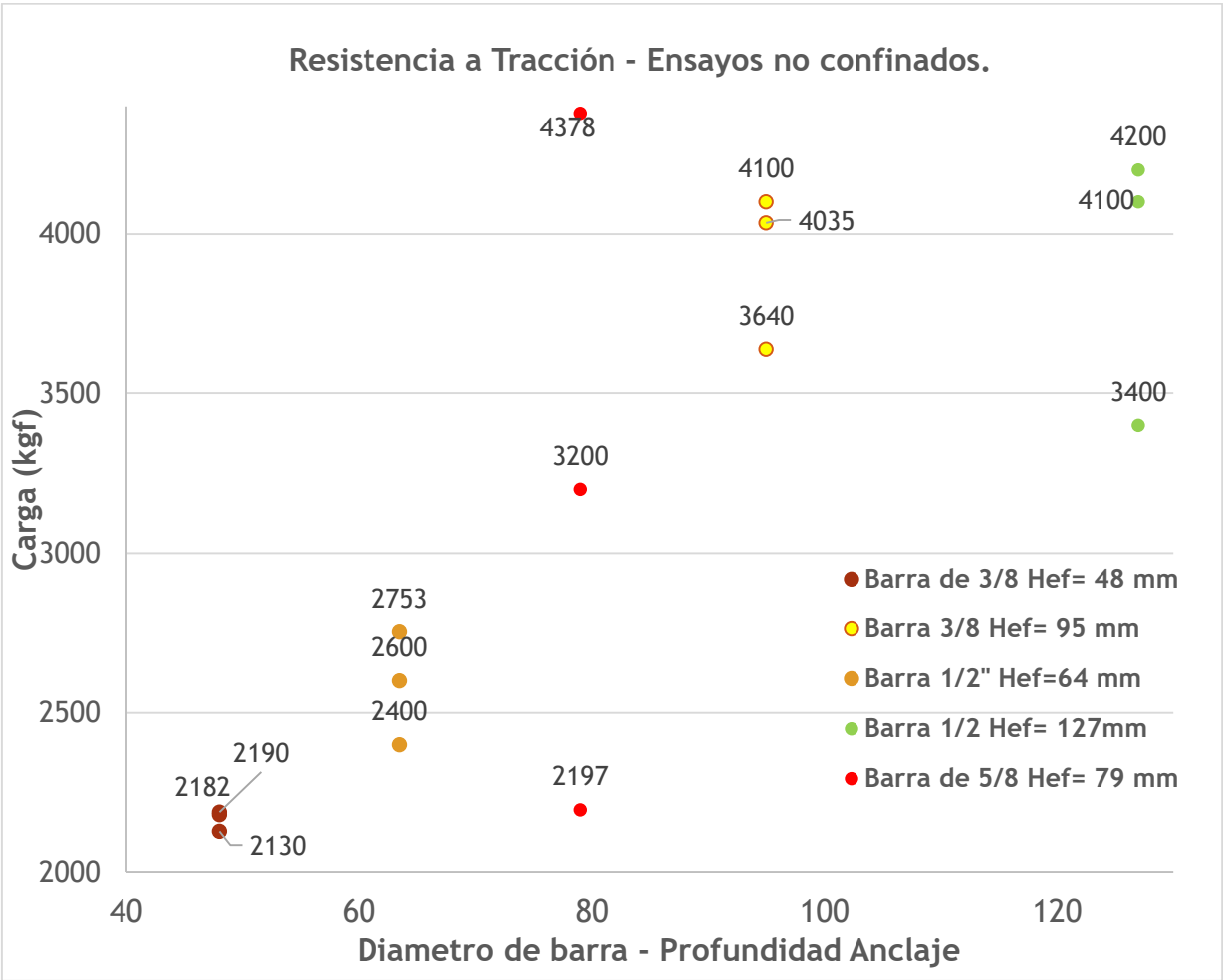
A continuación, se ilustra la carga obtenida para cada espécimen:

Tabla 18. Resultados de muestras sometidas a tracción no confinada.

*Fuente: Propia.

Ensayos a Tensión No confinada.						
M	Diámetro (Pulg)	Diámetro (mm)	Profundidad (mm)	Carga (Kgf)	Promedio	Modo de falla
1	3/8	95	48	2130	2167	Arrancamiento
2			48	2182		Arrancamiento
3			48	2190		Arrancamiento
4		95	95	3640	3925	Arrancamiento
5			95	4035		Arrancamiento
6			95	4100		Arrancamiento
7	1/2	12.7	64	2600	2584	Arrancamiento
8			64	2400		Arrancamiento
9			64	2753		Arrancamiento
10		12.7	127	4100	3900	Arrancamiento
11			127	4200		Arrancamiento
12			127	3400		Falla de borde-esquina
13	5/8	15.9	79	4378	3258	Arrancamiento
14			79	3200		Arrancamiento
15			79	2197		Arrancamiento

Por lo tanto, la carga tensión expresada por las distintas barras, en función de la profundidad de anclaje se ilustra:



Gráfica 9. Resistencia a Tracción para ensayos No confinados.
*Fuente: Propia.

9.2. ENSAYOS CONFINADOS A TRACCIÓN

Se ensayaron 6 especímenes para el diámetro de 3/8" a profundidades de 48 , 9.5 , 6 especímenes para el diámetro 1/2" a profundidades de 64 y 127 mm, 6 muestras de 5/8" a profundidades de 79 y 159 mm, en los cuales las modalidades de fallas son:

- Falla del acero:



Ilustración 31. Falla del acero.
*Fuente: Propia.

- Falla por Adherencia del Epóxico y falla epóxico + borde.



Ilustración 32. Falla por Adherencia y Falla adherencia + borde.
*Fuente: Propia.

- Falla de borde



Ilustración 33. Falla de borde.
*Fuente: Propia.

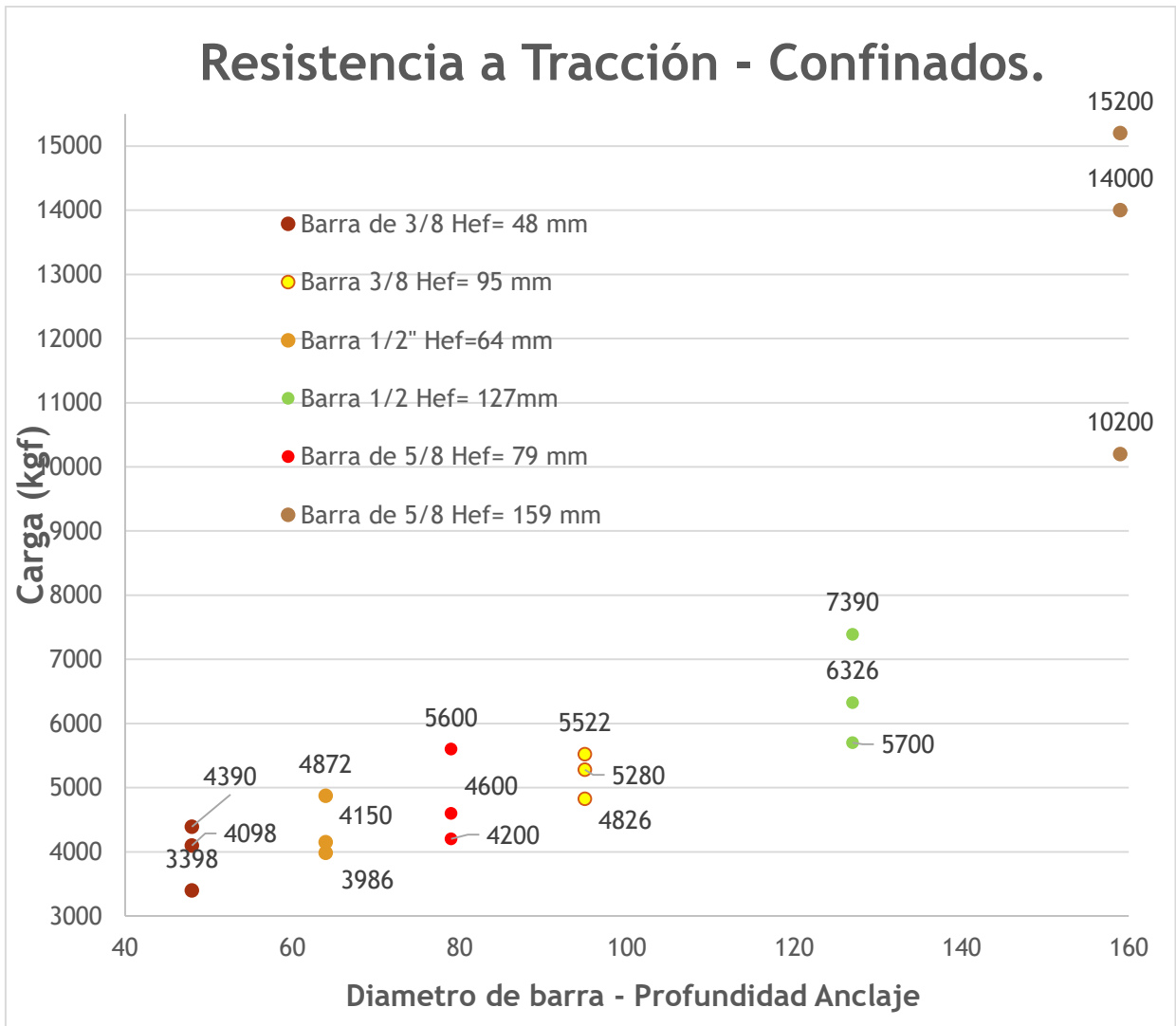
A continuación, se ilustra la carga obtenida para cada muestra del ensayo:

Ensayos a Tracción Confinados							
M	Diámetro (Pulg).	Diámetro (mm).	Tipo barra	Profundidad (mm)	Carga (Kgf)	Promedio (Kgf)	Tipo de Falla
1	3/8	9.5	Roscada	48	4390	3962	Adherencia - Borde
2			Roscada		4098		Adherencia
3			Roscada		3398		Adherencia
4			Roscada	95	5522	5209	Acero
5			Roscada		4826		Acero
6			Roscada		5280		Adherencia
7	1/2	12.70	Roscada	64	3986	4336	Adherencia
8			Roscada		4150		Adherencia
9			Roscada		4872		Adherencia
10			Roscada	127	6326	6472	Adherencia + Borde
11			Roscada		5700		Adherencia
12			Roscada		7390		Adherencia
13	5/8	15.90	Roscada	79	4600	4800	Adherencia
14			Roscada		5600		Adherencia
15			Roscada		4200		Adherencia
16			Roscada	159	14000	13133	Falla de borde
17			Roscada		15200		Acero
18			Roscada		10200		Acero

Tabla 19. Resultados de muestras a tracción del concreto confinado.

*Fuente: Propia.

A continuación, se ilustra la carga obtenida para cada espécimen del ensayo:



Grafica 10. Resultados de muestras sometidas a tracción confinada.
*Fuente: Propia.

9.3. ENSAYO A CORTANTE

Se ensayaron 4 anclaje de diámetro de 3/8" a profundidades de 100 mm y 3 anclajes de diámetro 1/2" a profundidad de 125mm, en los cuales las modalidades de fallas por espécimen son:

- BARRA DE 3/8

3.2.33 Muestra 1



Fotografía 20. Falla por arrancamiento del concreto.

**Fuente: Propia.*

3.2.34 Muestra 3



Fotografía 21. Falla por arrancamiento del concreto.
*Fuente: Propia.

3.2.35 Muestra 4



Fotografía 22. Falla por arrancamiento del concreto M 4.
*Fuente: Propia.

3.2.36 Muestra 6



Fotografía 23. Falla por arrancamiento del concreto M6.
*Fuente: Propia.

- BARRA DE ½

3.2.37 Muestra 1



Fotografía 24. Falla por arrancamiento del concreto M1- ½".
*Fuente: Propia.

3.2.38 Muestra 2



Fotografía 25. Falla por arrancamiento del concreto M2 – 1 / 2".
*Fuente: Propia.

3.2.39 Muestra 3



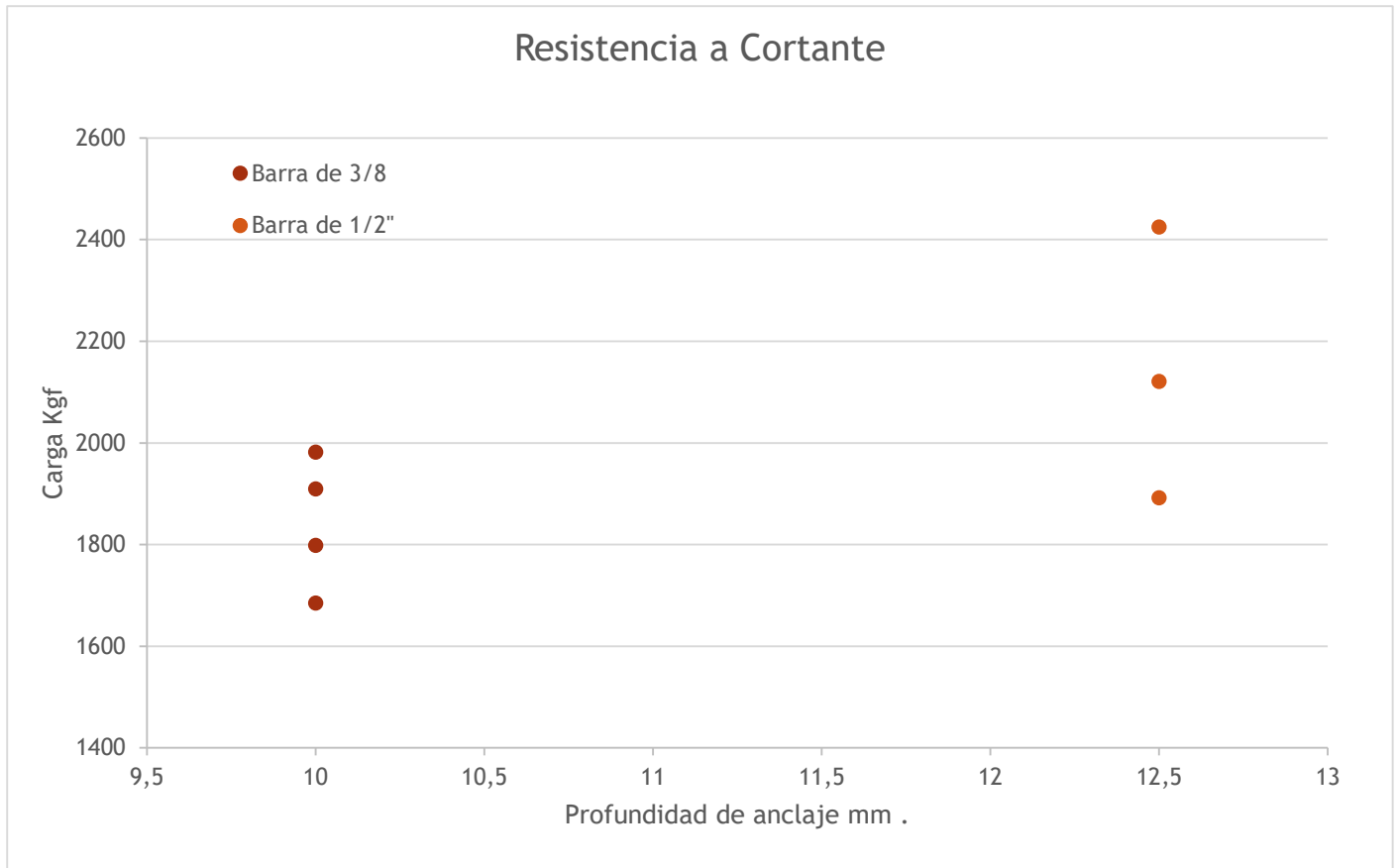
Fotografía 26. Falla por arrancamiento del concreto M3 – 1/2".
*Fuente: Propia.

A continuación, se ilustra la carga obtenida para cada muestra del ensayo:

Tabla 20. Ensayos de acero enroscado a cortante.
*Fuente: Propia.

Ensayos de acero Roscado a Cortante.							
M	Diámetro (Pulg)	Diámetro (mm)	Tipo	Profundidad (mm)	Carga (Kgf)	Promedio	Modo de falla
1	3/8	9.5	Roscada	10	1982	1843	Concreto
2		9.5	Roscada	10	1798		Concreto
3		9.5	Roscada	10	1685		Concreto
4		9.5	Roscada	10	1910		Concreto
5	1/2	12.7	Roscada	12.5	2121	2146	Concreto
6		12.7	Roscada	12.5	1892		Concreto
7		12.7	Roscada	12.5	2425		Concreto

A continuación, se ilustra la carga obtenida para cada espécimen del ensayo:



Gráfica 10. Resistencia al cortante en función del diámetro.
*Fuente: Propia.

10. COMPARACIONES CON OTRAS INVESTIGACIONES

Con el objetivo de analizar el comportamiento de anclajes post-instalados en concretos de alta resistencia y livianos de acero empernados como corrugados, se procede a extraer la información teórica como experimental, de las siguientes investigaciones de maestría:

10.1. COMPORTAMIENTO DE ANCLAJES POST-INSTALADOS EN CONCRETOS DE ALTA RESISTENCIA.

A continuación, se ilustrará los resultados experimentales del trabajo de investigación de ingeniero Humberto Morales (2018), cuyo trabajo fue “Comportamiento de anclajes post-instalados en concreto de alta resistencia, sometidos a tensión y cortante”, los cuales se comparan con los obtenidos en la presente investigación.

3.2.40 9.1.1 Tracción confinada en concretos de alta resistencia y concreto ligero.

Resultados de muestras sometidas a tracción confinada de concretos de alta resistencia y concreto ligero.

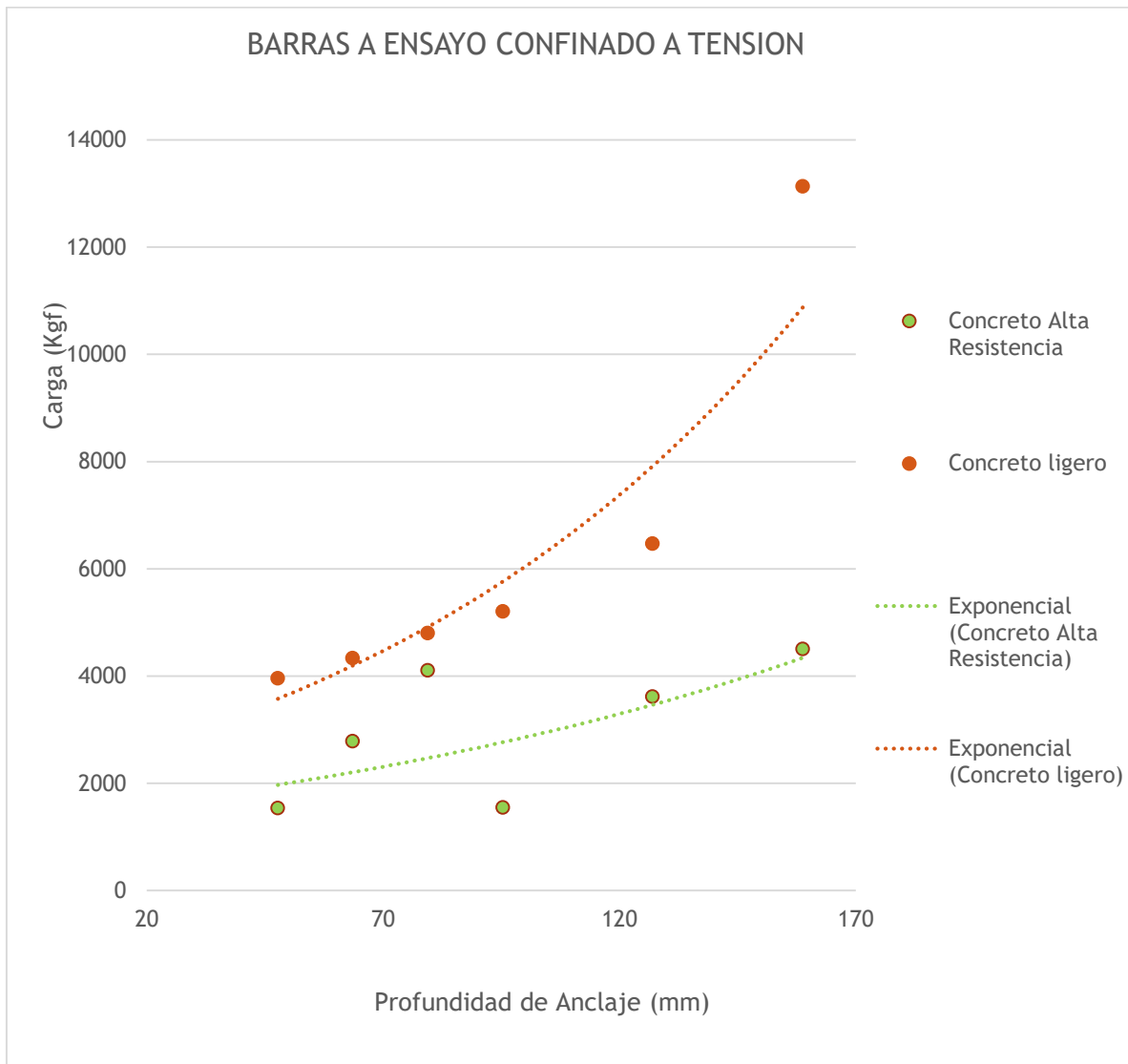
*Fuente: Morales Humberto (2018) “Comportamiento de anclajes post-instalados en concreto de alta resistencia, sometidos a tensión y cortante” y el autor.

ϕ BARRA (in)	PROFUNDIDAD mm	EXPERIMENTAL CONCRETO ALTA RESISTENCIA Kgf	TIPO DE FALLA	EXPERIMENTAL CONCRETO LIGERO Kgf	TIPO DE FALLA
3/8	47.7	1540	ACERO	3962	ADHERENCIA
3/8	95.3	1550	ACERO	5209	ACERO
1/2	63.5	2784	ACERO	4336	ADHERENCIA
1/2	127	3620	ACERO	6472	ADHERENCIA
5/8	79.4	4109	ACERO	4800	ADHERENCIA
5/8	158.8	4507	ACERO	13133	ACERO

Tabla 21. Paralelo de resultado de ensayos a tracción confinada en concretos de alta resistencia y concreto ligero.

De la tabla anterior y su respectiva gráfica, se identifica que, como consecuencia de la alta resistencia del concreto, es evidente que en estas probetas se presente la falla en el acero o adherencia y para el concreto ligero, por ser un ensayo confinado, se esperaba que la falla fuese en el adhesivo epoxico, pero dadas las características

del anclaje, para mayor diámetro y mayor profundidad la falla se responsabiliza del acero.



Gráfica 12. Comparativo de resultados de ensayo confinado a tensión, para concretos de alta resistencia y Concreto ligero.
*Fuente: Propia.

3.2.41 9.1.2. Tracción NO confinada en concretos de alta resistencia y concreto ligero.

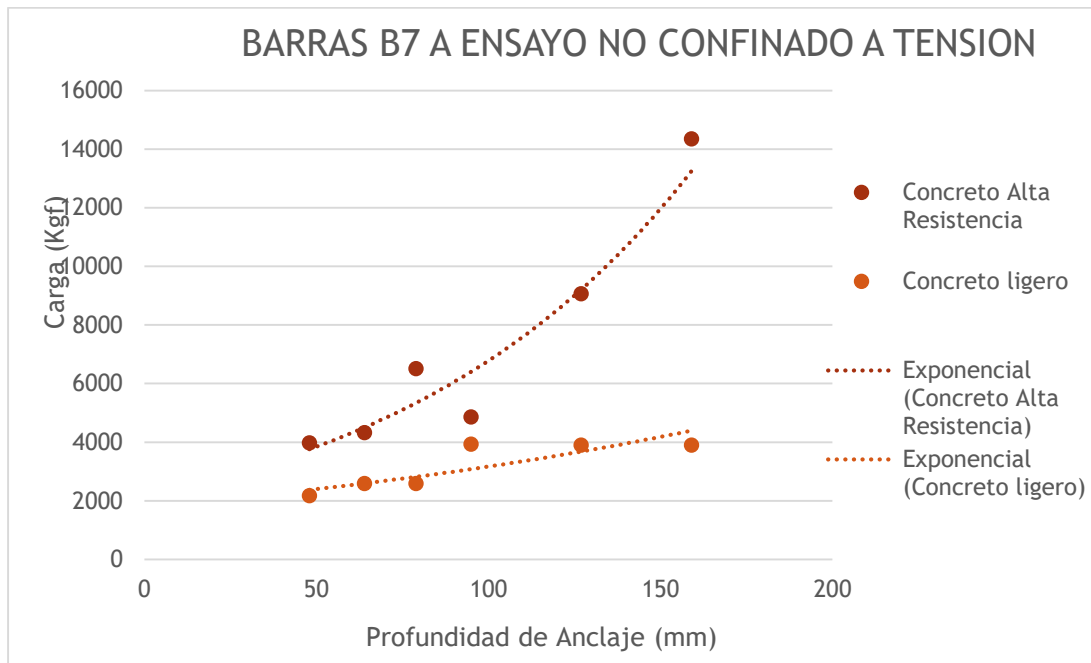
Resultados de muestras sometidas a tracción no confinada de concretos de alta resistencia y concreto ligero.

*Fuente: Morales Humberto (2018) "Comportamiento de anclajes pos instalados en concreto de alta resistencia, sometidos a tensión y cortante" y el autor.

ϕ BARRA (in)	PROFUNDIDAD mm	CONCRETO ALTA RESISTENCIA Kgf	TIPO DE FALLA	BARRA ENROSCADA CONCRETO LIGERO Kgf	TIPO DE FALLA
3/8	48	3977	ADHERENCIA	2169	Arrancamiento
3/8	95	4854	ADHERENCIA	3925	Arrancamiento
1/2	64	4324	ADHERENCIA	2584	Arrancamiento
1/2	127	9065	ADHERENCIA	3900	Arrancamiento
5/8	79	6506	ADHERENCIA	3258	Arrancamiento

Tabla 22. Resultado de ensayos a tracción no confinada en concretos de alta resistencia y concreto ligero..

Dada las condiciones del trabajo del ingeniero Morales, los concretos de alta resistencia minimizan la generación de la falla al arrancamiento en los ensayos no confinados, trasladando la responsabilidad a la barra y el adhesivo, para este caso se usó barras ASTM A 193, grado B7, lo cual, al presentar mayores propiedades físicas y mecánicas de resistencia, traslada la responsabilidad al epoxico generando el tipo de falla por adherencia en los concretos de alta resistencia. Al contar en este caso, en la misma calidad de las barras usadas en los ensayos se identifica consecuentemente, una mayor resistencia a la tensión en los ensayos realizados en concretos de alta resistencia respecto a los concretos ligeros.



Gráfica 13. Comparativo de resultados de ensayo confinado a tensión, para concretos de alta resistencia y Concreto ligero. *Fuente: Propia.

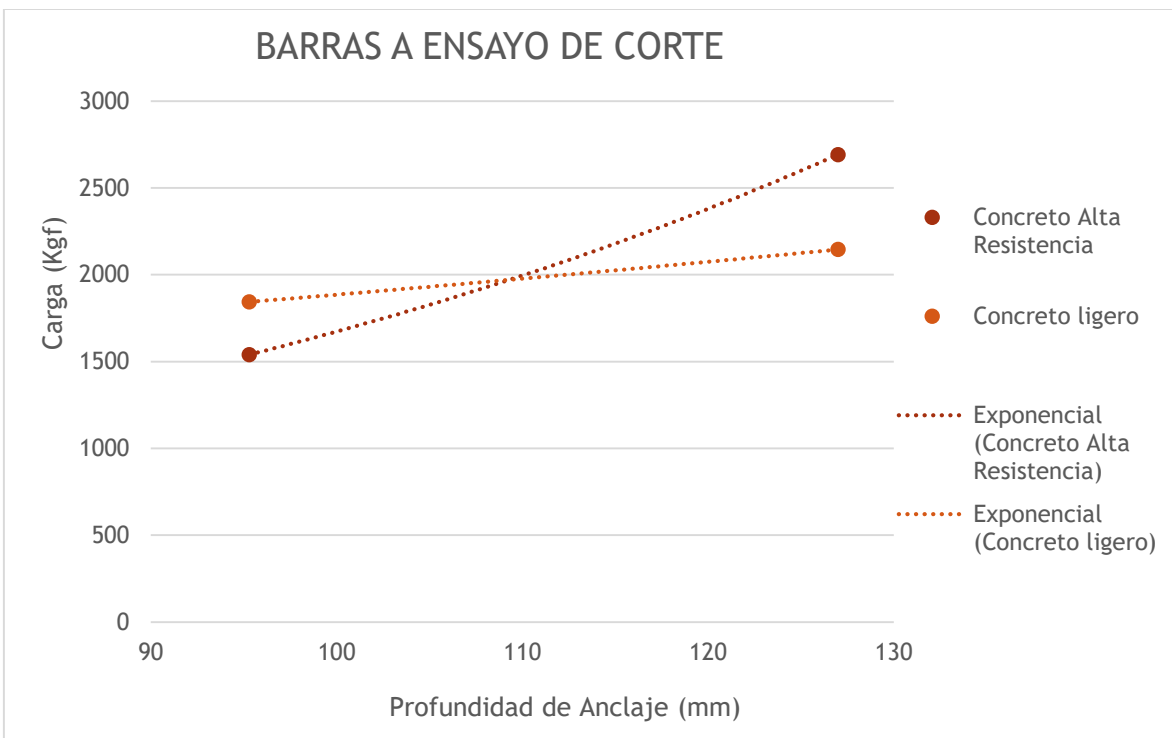
3.2.42 9.1.3 Ensayo a cortante en concretos de alta resistencia y concreto ligero

Resultados de muestras sometidas a cortante de concretos de alta resistencia y concreto ligero.

*Fuente: Morales Humberto (2018) "Comportamiento de anclajes pos instalados en concreto de alta resistencia, sometidos a tensión y cortante" y el autor.

ϕ BARRA (in)	PROFUNDIDAD mm	EXPERIMENTAL CONCRETO ALTA RESISTENCIA Kgf	TIPO DE FALLA	EXPERIMENTAL BARRA ROSCADA CONCRETO LIGERO Kgf	TIPO DE FALLA
3/8	95.3	1540	ACERO	1843	Corte en concreto
1/2	127	2692	ACERO	2146	Corte en concreto

Tabla 23. Resultado de ensayos cortante en concretos de alta resistencia y concreto ligero.



Gráfica 14. Comparativo de resultados de ensayo de corte, para concretos de alta resistencia y Concreto ligero. *Fuente: Propia.

9.2 ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE BARRAS CORRUGADAS DE ACERO POST-INSTALADAS CON ADHESIVO EPÓXICO EN CONCRETO LIGERO SOMETIDOS A TENSIÓN Y CORTANTE.

A continuación, se ilustrará los resultados experimentales del trabajo de investigación de la ingeniera Carolina Viasus (2020), cuyo trabajo fue “Análisis del comportamiento de barras corrugadas de acero post-instaladas con adhesivo epóxico en concreto ligero sometidos a tensión y cortante”, los cuales se comparan con los obtenidos en la presente investigación.

9.2.1 tracción confinada en concretos livianos con barra corrugada y barra enroscada.

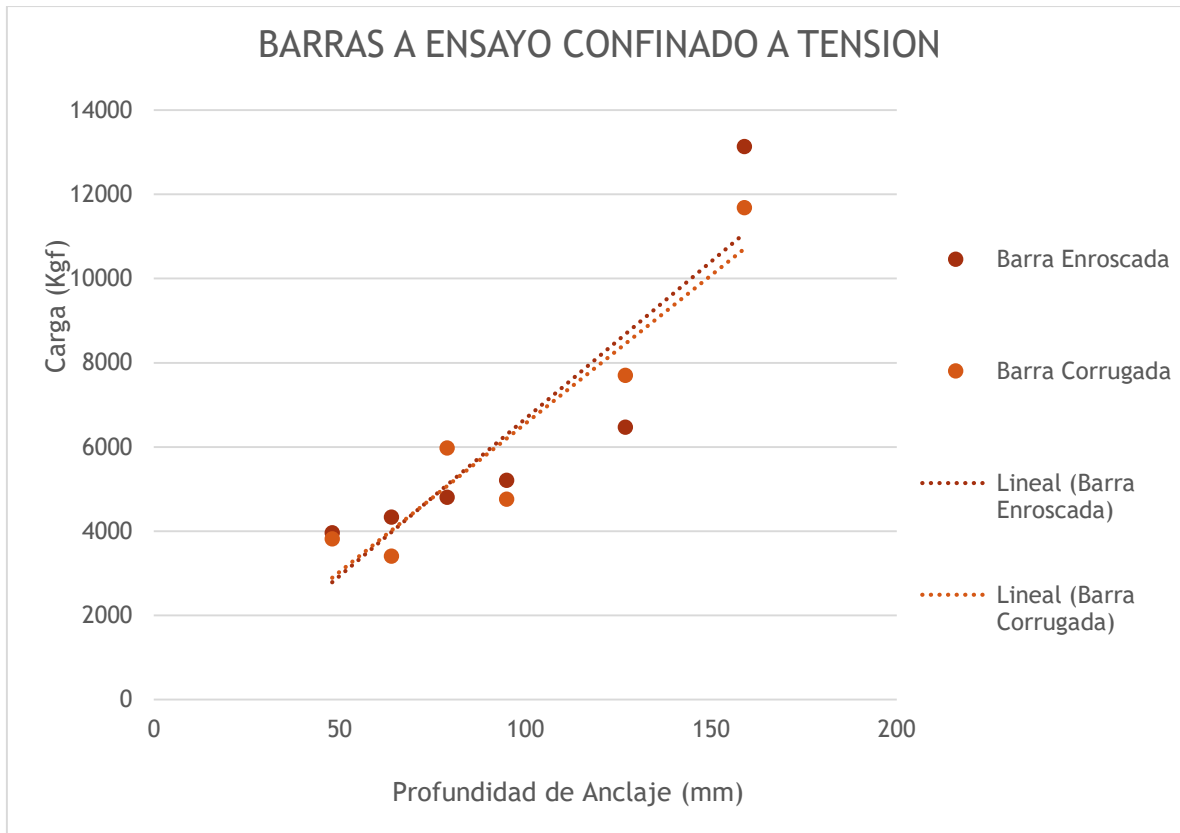
Resultados de muestras sometidas a tracción confinada anclajes con barras corrugadas y barras enroscadas en concreto ligero.

*Fuente: Carolina Viasus (2020) “ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE BARRAS CORRUGADAS DE ACERO POST-INSTALADAS CON ADHESIVO EPÓXICO EN CONCRETO LIGERO SOMETIDOS A TENSIÓN Y CORTANTE”. Y el autor.

ϕ BARRA (in)	PROFUNDIDAD mm	BARRA ENROSCADA Kgf	TIPO DE FALLA	BARRA CORRUGADA Kgf	TIPO DE FALLA
3/8	48	3962	ADHERENCIA	3817	ADHERENCIA
3/8	95	5209	ACERO	4755	ADHERENCIA
1/2	64	4336	ADHERENCIA	3405	ADHERENCIA
1/2	127	6472	ADHERENCIA	7700	ADHERENCIA
5/8	79	4800	ADHERENCIA	5975	ADHERENCIA
5/8	159	13133	ACERO	11686	ADHERENCIA

Tabla 24. Resultado de ensayos a tracción confinada en concretos livianos con barra corrugada y barra enroscada.

De los resultados obtenidos de la presente comparación se evidencia una correcta tendencia de falla por adherencia, dado que el ensayo realizado es a tracción confinado, de igual forma, se identifica que el concreto al contar con agregado grueso ligero, presenta buena resistencia a la adherencia, es decir, el agregado grueso responde de buena forma a las exigencias de agarre con el epoxico. En las barras roscadas se identifica que a mayor profundidad de anclaje la adherencia desarrolla mayor resistencia, trasladando la responsabilidad a la resistencia del acero. La tendencia de los resultados de las barras enroscadas y barras corrugadas para esta condición de ensayo, son muy similares.



Gráfica 15. Comparativo de resultados de ensayo confinado en concretos livianos con barra corrugada y barra enroscada. *Fuente: Propia.

9.2.2 tracción NO confinada en concretos livianos con barra enroscada y barra corrugada.

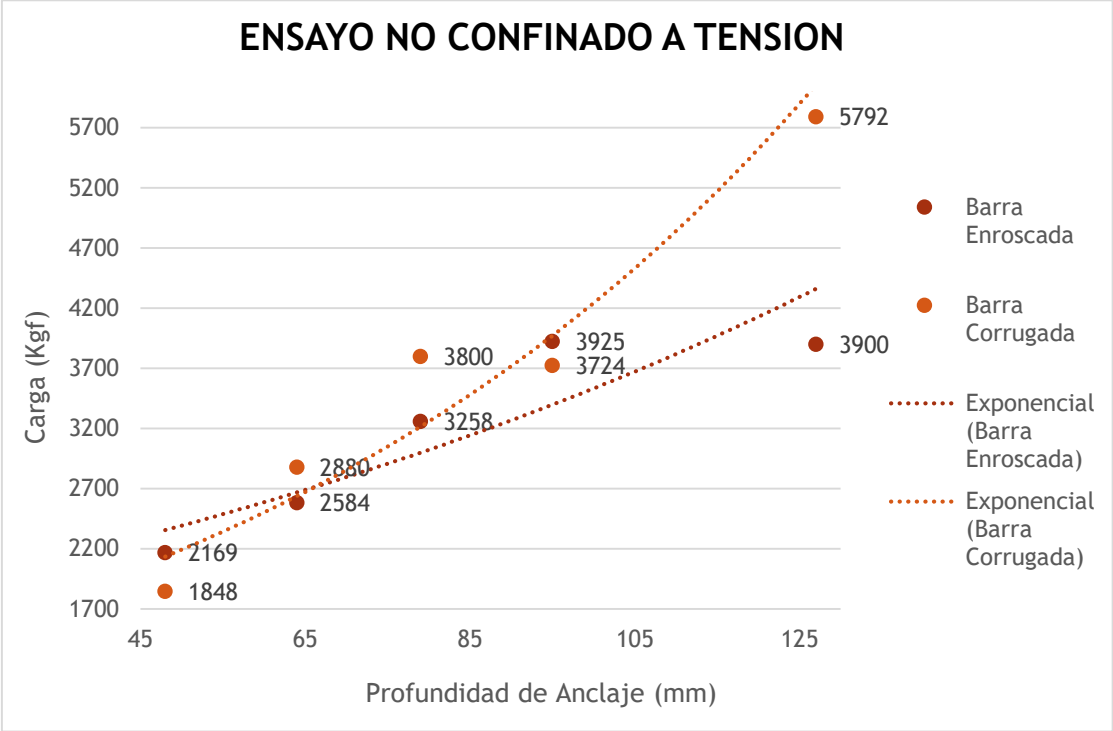
Resultados de muestras sometidas a tracción No confinada anclajes con barras corrugadas y enroscadas en concreto ligero.

*Fuente: Carolina Viasus (2020) "ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE BARRAS CORRUGADAS DE ACERO POST-INSTALADAS CON ADHESIVO EPÓXICO EN CONCRETO LIGERO SOMETIDOS A TENSIÓN Y CORTANTE". Y el autor.

ϕ BARRA (in)	PROFUNDIDAD mm	BARRA ENROSCADA Kgf	TIPO DE FALLA	BARRA CORRUGADA Kgf	TIPO DE FALLA
3/8	48	2169	Arrancamiento	1848	Arrancamiento
3/8	95	3925	Arrancamiento	3724	Arrancamiento
1/2	64	2584	Arrancamiento	2880	Arrancamiento
1/2	127	3900	Arrancamiento	5792	Arrancamiento
5/8	79	3258	Arrancamiento	3800	Arrancamiento

Tabla 25. Resultado de ensayos a tracción no confinada en concretos livianos con barra corrugada.

Por las características del presente análisis, dado que es un ensayo no confinado, se obtiene el tipo de falla característico para este tipo de ensayo, arrancamiento del concreto. Mostrando que los resultados presentan una tendencia similar para el diámetro y la profundidad del anclaje.



Gráfica 16. Comparativo de resultados de ensayo NO confinado en concretos livianos con barra corrugada y barra enroscada. *Fuente: Propia.

9.2.3 Ensayo a cortante

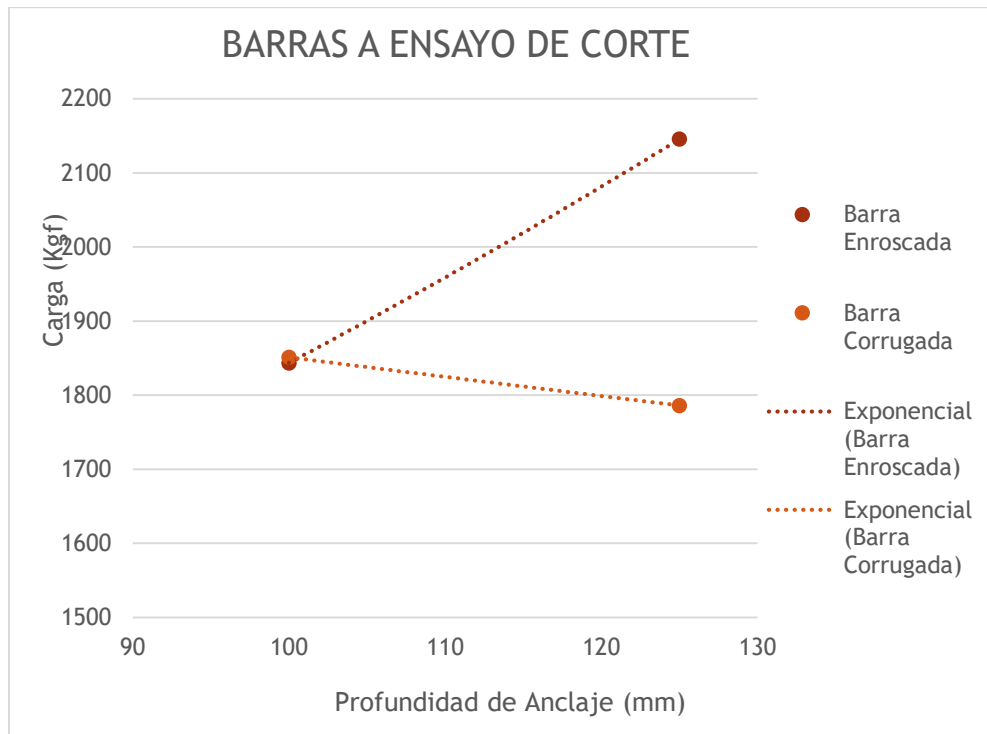
Resultados de muestras sometidas a cortante en anclajes con barras corrugadas y enroscadas en concreto ligero.

Fuente: Carolina Viasus (2020) "ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE BARRAS CORRUGADAS DE ACERO POST-INSTALADAS CON ADHESIVO EPÓXICO EN CONCRETO LIGERO SOMETIDOS A TENSIÓN Y CORTANTE", y el autor.

ϕ BARRA (in)	PROFUNDIDAD mm	BARRA ENROSCADA Kgf	TIPO DE FALLA	BARRA CORRUGADA Kgf	TIPO DE FALLA
3/8	100	1843	concreto corte	1851	concreto corte
1/2	125	2146	concreto corte	1786	concreto corte

Tabla 26. Resultado de ensayos a cortante en concretos livianos con barra enroscada y corrugada.

Del ensayo de corte, dadas las distancias de borde que se manejaron en los ensayos (relación 1 a 1Ca y no 1 a 1.5Ca), con el fin de inducir a que falle principalmente el concreto a corte y obtener valor experimental que permitan ir consolidando una base de resultados para su respectivo análisis junto con otras investigaciones, se logró dicho objetivo, del cual se identifica que las fallas en el concreto evidencian un ángulo de la trayectoria menor al teórico.



Gráfica 17. Comparativo de resultados de ensayo de corte en concretos livianos con barra corrugada y barra enroscada. *Fuente: Propia.

Tabla 27. Consolidado de resultados.
* Fuente Propia.

CONSOLIDADO DE RESULTADOS EXPERIMENTALES

AUTOR	TIPO DE ENSAYO	TIPO BARRA	φ BARRA (in)	PROFUNDIDAD mm	CARGA EXPERIMENTAL KGF	Tipo de falla	
HUMBERTO	CONFINADO A TENSION	AISI 1020	3/8	47.70	1540	ACERO	
HUMBERTO	CONFINADO A TENSION	AISI 1020	3/8	95.30	1550	ACERO	
HUMBERTO	CONFINADO A TENSION	AISI 1020	3/8	190.60	1581	ACERO	
HUMBERTO	CONFINADO A TENSION	AISI 1020	1/2	63.50	2784	ACERO	
HUMBERTO	CONFINADO A TENSION	AISI 1020	1/2	127.00	3620	ACERO	
HUMBERTO	CONFINADO A TENSION	AISI 1020	1/2	254.00	3671	ACERO	
HUMBERTO	CONFINADO A TENSION	AISI 1020	5/8	79.40	4109	ACERO	
HUMBERTO	CONFINADO A TENSION	AISI 1020	5/8	158.80	4507	ACERO	
HUMBERTO	CONFINADO A TENSION	AISI 1020	5/8	317.60	5078	ACERO	
HUMBERTO	NO CONFINADO A TENSION	B7	3/8	23.80	897	ADHERENCIA	
HUMBERTO	NO CONFINADO A TENSION	B7	3/8	47.70	3977	ADHERENCIA	
HUMBERTO	NO CONFINADO A TENSION	B7	3/8	71.50	4813	ADHERENCIA	
HUMBERTO	NO CONFINADO A TENSION	B7	3/8	95.30	4854	ADHERENCIA	
HUMBERTO	NO CONFINADO A TENSION	B7	1/2	31.80	1774	ADHERENCIA	
HUMBERTO	NO CONFINADO A TENSION	B7	1/2	63.50	4324	ADHERENCIA	
HUMBERTO	NO CONFINADO A TENSION	B7	1/2	95.30	7393	ADHERENCIA	
HUMBERTO	NO CONFINADO A TENSION	B7	1/2	127.00	9065	ADHERENCIA	
HUMBERTO	NO CONFINADO A TENSION	B7	5/8	39.70	1723	ADHERENCIA	
HUMBERTO	NO CONFINADO A TENSION	B7	5/8	79.40	6506	ADHERENCIA	
HUMBERTO	NO CONFINADO A TENSION	B7	5/8	119.10	14266	ADHERENCIA	
HUMBERTO	NO CONFINADO A TENSION	B7	5/8	158.80	14347	ADHERENCIA	
HUMBERTO	CORTE	AISI 1020	3/8	47.70	1438	ACERO	
HUMBERTO	CORTE	AISI 1020	3/8	95.30	1540	ACERO	
HUMBERTO	CORTE	AISI 1020	1/2	63.50	2631	ACERO	
HUMBERTO	CORTE	AISI 1020	1/2	127.00	2692	ACERO	
RAMIREZ	CONFINADO A TENSION	B7	3/8	48.00	3962	ADHERENCIA	
RAMIREZ	CONFINADO A TENSION	B7	3/8	95.00	5209	ACERO	
RAMIREZ	CONFINADO A TENSION	B7	1/2	64.00	4336	ADHERENCIA	
RAMIREZ	CONFINADO A TENSION	B7	1/2	127.00	6472	ADHERENCIA	
RAMIREZ	CONFINADO A TENSION	B7	5/8	79.00	4800	ADHERENCIA	
RAMIREZ	CONFINADO A TENSION	B7	5/8	159.00	13133	ACERO	
RAMIREZ	NO CONFINADO A TENSION	B7	3/8	48.00	2169	Arrancamiento	
RAMIREZ	NO CONFINADO A TENSION	B7	3/8	95.00	3925	Arrancamiento	
RAMIREZ	NO CONFINADO A TENSION	B7	1/2	64.00	2584	Arrancamiento	
RAMIREZ	NO CONFINADO A TENSION	B7	1/2	127.00	3900	Arrancamiento	
RAMIREZ	NO CONFINADO A TENSION	B7	5/8	79.00	3258	Arrancamiento	
RAMIREZ	CORTE	B7	3/8	100.00	1843	concreto corte	
RAMIREZ	CORTE	B7	1/2	125.00	2146	concreto corte	
VIASUS	CONFINADO A TENSION	A36	3/8	48.00	3817	ADHERENCIA	
VIASUS	CONFINADO A TENSION	A36	3/8	95.00	4755	ADHERENCIA	
VIASUS	CONFINADO A TENSION	A36	1/2	64.00	3405	ADHERENCIA	
VIASUS	CONFINADO A TENSION	A36	1/2	127.00	7700	ADHERENCIA	
VIASUS	CONFINADO A TENSION	A36	5/8	79.00	5975	ADHERENCIA	
VIASUS	CONFINADO A TENSION	A36	5/8	159.00	11686	ADHERENCIA	
VIASUS	NO CONFINADO A TENSION	A36	3/8	48.00	1848	Arrancamiento	
VIASUS	NO CONFINADO A TENSION	A36	3/8	95.00	3724	Arrancamiento	
VIASUS	NO CONFINADO A TENSION	A36	1/2	64.00	2880	Arrancamiento	
VIASUS	NO CONFINADO A TENSION	A36	1/2	64.00	2880	Arrancamiento	
VIASUS	NO CONFINADO A TENSION	A36	5/8	79.00	3800	Arrancamiento	
VIASUS	CORTE	A36	3/8	100.00	1851	concreto corte	
VIASUS	CORTE	A36	1/2	125.00	1786	concreto corte	
HUMBERTO	Humberto Morales Monroy		RAMIREZ				Ronald Camilo Ramírez Martínez
VIASUS	Carolina Viasús Arteaga						

11. ANÁLISIS DE RESULTADOS

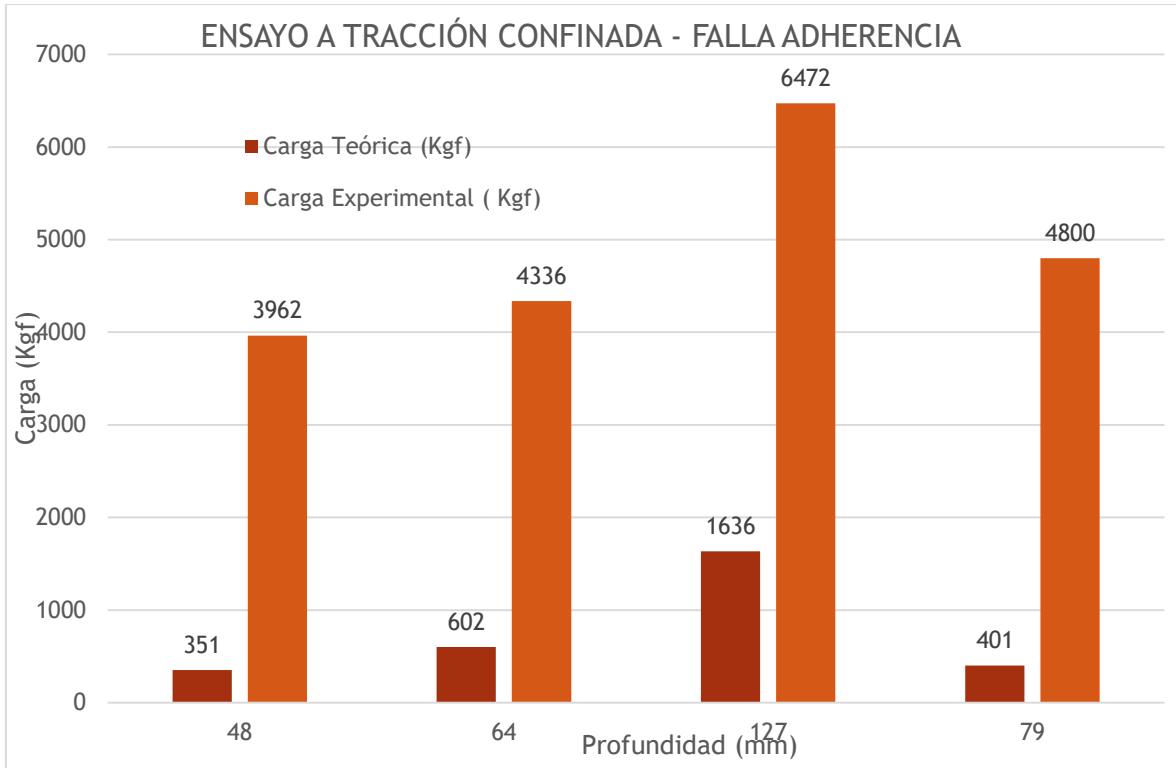
Se procede a comparar los resultados teóricos, calculados por el método de análisis simplificado expuesto en el ACI 318-14, con los obtenidos experimentalmente expuestos en el capítulo 7.

11.1. ENSAYO A TRACCIÓN CONFINADO

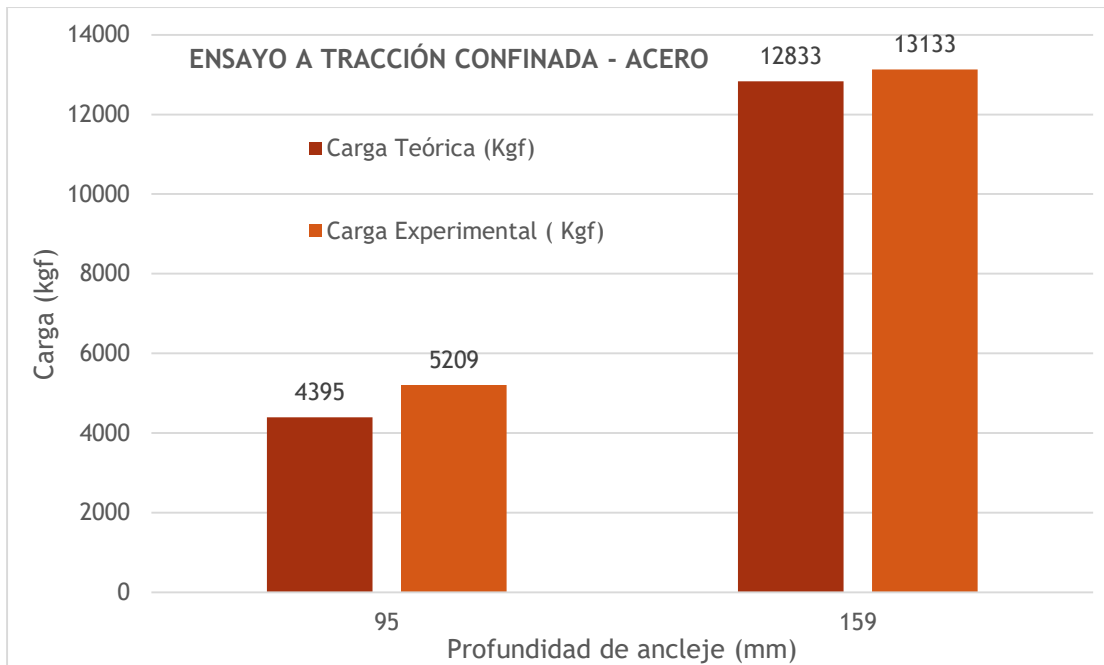
Se realiza un paralelo entre los resultados de carga teórica y los resultados obtenidos en los ensayos del presente estudio, calculando el porcentaje de variación para su respectivo análisis.

Tabla 28. Comparación de ensayos de tensión confinadas teórico y experimental
Fuente: Propia

Ensayos a Tracción Confinada					
Barra (in)	Profundidad (mm)	Concretos Livianos		Coeficiente de Variación	Tipo de Falla
		Carga Teórica (Kgf)	Carga Experimental (Kgf)		
3/8	48	351	3962	11.29	Adherencia
	95	4395	5209	1.19	Acero
1/2	64	602	4336	7.20	Adherencia
	127	1636	6472	3.96	Adherencia
5/8	79	401	4800	11.97	Adherencia
	159	12833	13133	1.02	Acero



Gráfica 11. Comparación Falla por adherencia, Teórico y Experimental.
*Fuente: Propia.



Gráfica 124. Comparación de resultados teóricos y experimentales. Falla acero.
*Fuente: Propia.

Al analizar los resultados se puede establecer:

- Pese a que la falla de borde no fue predominante en este ensayo, la distancia a los bordes de la placa fue un factor determinante dado que, en dos casos puntuales, los anclajes que se encontraban cercanos al borde (manteniendo la distancia normativa) presentaron este tipo de falla, pese a ser un ensayo confinado.
- La falla de adherencia de epóxico, se identifica una mayor carga experimental respecto a la carga teórica, esto se evidencia en los anclajes de menor longitud de anclaje, factor determinante en el cálculo de la resistencia teórica por adherencia.

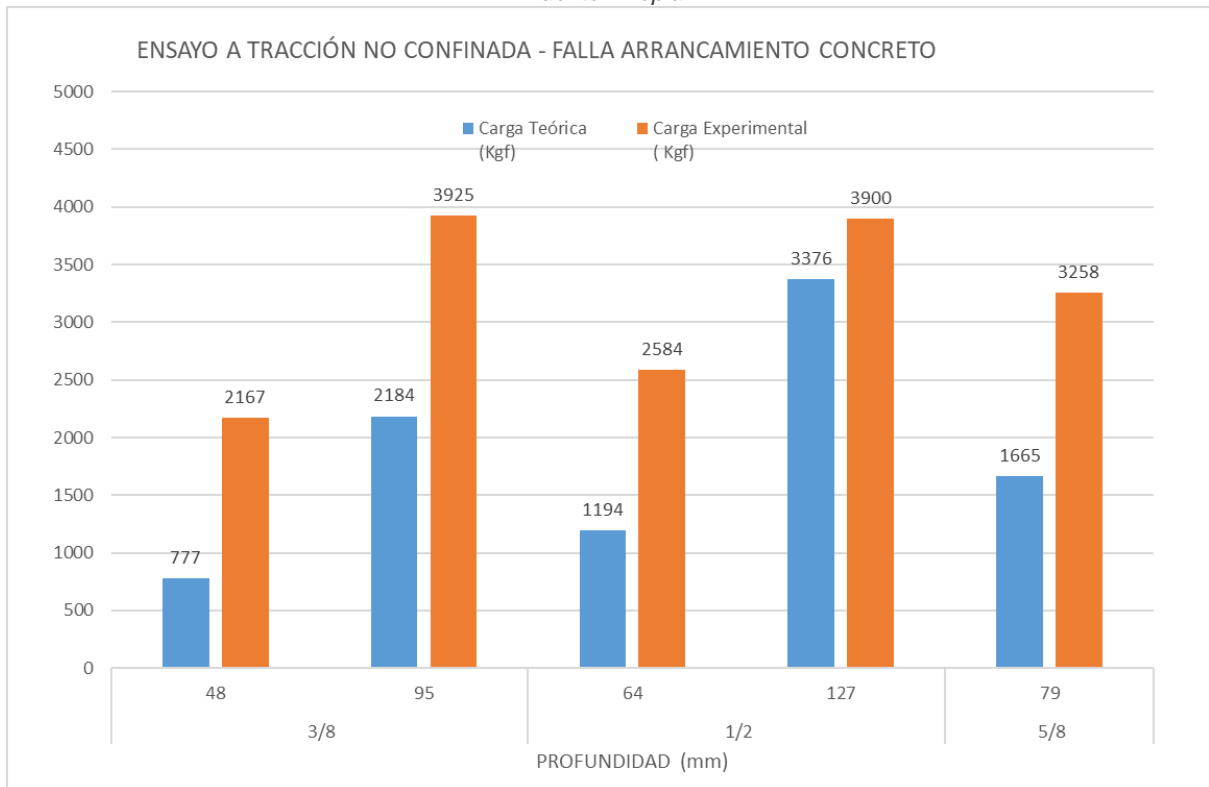
11.2. NO CONFINADO A TRACCIÓN

Ensayos a Tracción No Confinada - arrancamiento concreto					
Barra (in)	Profundidad (mm)	Concretos Livianos		Coeficiente de Variacion	Tipo de Falla
		Carga Teórica (Kgf)	Carga Experimental (Kgf)		
3/8	48	777	2167	2.79	Arrancamiento
	95	2184	3925	1.80	Arrancamiento
1/2	64	1194	2584	2.16	Arrancamiento
	127	3376	3900	1.16	Arrancamiento
5/8	79	1665	3258	1.96	Arrancamiento

Tabla 29. Comparación de ensayos de tensión no confinadas teórico y experimental.

Gráfica 13. Comparación teórica y experimental de arrancamiento del concreto.

*Fuente: Propia



- De los resultados anteriores, se identifica que el tipo de falla presentado para este ensayo es la de arrancamiento del concreto, identificando una menor variación en tre los resultados experimentales y los teóricos en los anclajes de mayor diámetro.
- Es de resaltar, que para las menores longitudes de anclaje (5 veces el diámetro) y los diámetros de $3/8$ " y $1/2$ ", se presentan variaciones por encima de 2.
- A mayor diámetro y mayor longitud de anclaje, se presenta menor variación entre los resultados teóricos y los experimentales.
- A menor diámetro y menor longitud de anclaje, se presenta mayor variación entre los resultados teóricos y experimentales.

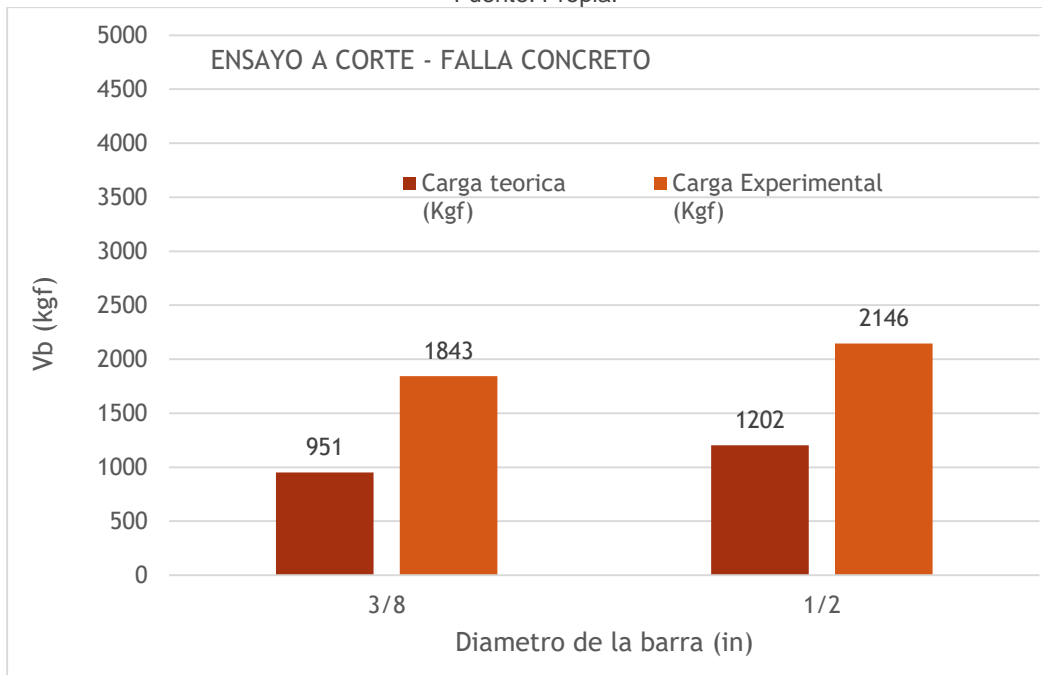
11.3. CORTANTE

Diámetro (in)	Diámetro (mm)	Profundidad (mm)	Carga teórica (Kgf)	Carga Experimental (Kgf)	Coefficiente de Variación	Modo de falla
3/8	9.5	10.00	951	1843	1.94	Concreto
1/2	12.7	12.5	1202	2146	1.78	Concreto

Tabla 30. Comparación teórica y experimental de ensayos a cortante.

Gráfica 14. Comparación teórica y experimental de resistencia al arrancamiento del concreto en cortante.

*Fuente: Propia.



Al analizar los resultados se puede establecer:

- En este ensayo, en los especímenes de concreto se realizaron inicialmente respetando la profundidad del anclaje como $1.5 C_a$, encontrando que la falla se presentaba en el corte del acero, motivo por el cual se redujo a una relación aproximada de 1 a $1C_a$, con lo cual se consiguió que la falla a corte se presentara en el concreto.
- Ahora bien, de los resultados obtenidos y la tendencia de la figuración presentada durante la falla se identifica que el ángulo de inclinación de la fisura originada en la práctica fue en promedio de 20° , ángulo menor al generado por la relación de C_a y $1.5C_a$ (formando un ángulo de 33.7°). De lo anterior, se genera una mayor área resistente al desgarramiento del concreto lo cual se ve reflejado en un mayor valor de los resultados experimentales vs los teóricos.

12. CONCLUSIONES

- Los ensayos presentados, no son suficientes para establecer un comportamiento o desarrollar las ecuaciones de diseño y factores de reducción, por lo tanto, se debe contar con un número considerable de resultados que permitan calcular acertadamente la resistencia de los anclajes en concretos ligeros.
- La resistencia en concreto ligero, para anclajes confinados con barra roscada post-instalados con epóxico, se incrementa (en función de la profundidad de anclaje) a tal punto que se traslada la falla al acero de tracción.
- En el ensayo de tracción confinado donde se presenta falla por acero, el coeficiente de variación (Experimental vs Teórico - ACI-318-14) es muy cercano a la unidad, lo que evidencia que las barras usadas están acordes con las especificaciones técnicas y que la resistencia desarrollada en el ensayo muestra que los anclajes fueron bien elaborados.
- En los ensayos confinados a tracción en concreto ligero, donde predomina la falla por adherencia, es evidente una gran diferencia entre los resultados teóricos - ACI-318-14 y los experimentales, debido a los coeficientes de reducción utilizados por método simplificado.
- En los ensayos no confinados a tracción, predominó la falla por arrancamiento del concreto ligero, identificando que, a mayor diámetro y mayor profundidad, los resultados experimentales se acercaron más a los resultados teóricos – expuestos en el método simplificado ACI-318-14, a su vez, a menor diámetro y menor profundidad de anclaje, se presenta un mayor valor experimental respecto al teórico – ACI-318-14.
- En los ensayos a corte, en los especímenes de concreto ligero se realizaron inicialmente respetando la profundidad del anclaje como 1.5 Ca, encontrando que la falla se presentaba en el corte del acero, motivo por el cual se redujo a una relación aproximada de 1 a 1Ca, con lo cual se consiguió que la falla a corte se presentara en el concreto. Ahora bien, de los resultados obtenidos y la tendencia de la fisuración presentada durante la falla se identifica que el ángulo de inclinación de la fisura originada en la práctica fue en promedio de 20°, ángulo menor al generado por la relación de Ca y 1.5Ca (formando un ángulo de 33.7°). De lo anterior, se genera una mayor área resistente al desgarramiento del concreto ligero lo cual se ve reflejado en un mayor valor de los resultados experimentales vs los teóricos – ACI-318-14.
- En concreto ligero, para ensayos con barras enroscadas y corrugadas, los resultados muestran similitud entre ellos con bajos porcentajes de variación y similitud en el tipo de falla.

- De los resultados del concreto ligero con concreto de alta resistencia, si se identifica en el ensayo no confinado a tensión, donde contamos con la variable acero, es la misma para los ensayos, pese a que las fallas son de diferente tipo, se identifica que para los concretos de alta resistencia la falla por desgarramiento del concreto no es una limitante y que si entra a ser determinante la falla por adherencia (como era de esperarse, dadas las características del concreto y del acero, B7).
- Caso contrario en el concreto ligero, al contar con un concreto de resistencia normal, pero con características diferentes en el agregado grueso y con un acero de buenas especificaciones técnicas, B7; se traslada la responsabilidad al adhesivo epóxico y al concreto, del cual se logró resultados de resistencia de los concretos livianos el cual era uno de los objetivos del presente trabajo. Datos experimentales que aportaran a futuro las investigaciones de este tipo.

13. RECOMENDACIONES

- Evitar realizar los anclajes de barras ya sean enroscadas o corrugadas en ensayos a tracción no confinadas y cortantes, en esquinas de borde y a distancias menores de 10 cm entre barras, con el de generar un adecuado tipo de falla. A menos que se busque estudiar la falla de borde.
- Como recomendación en la estructuración o dimensionamiento de las probetas, se pide aumentar la separación de los anclajes por encima de las distancias teóricas, con el fin de evitar afectaciones por fallas cercanas (arranque de concreto de gran dimensión o prolongación de fisuras).
- Para los ensayos a corte, se recomienda realizar probetas individuales por ensayo, debido al comportamiento de las fisuras generadas (afectan los anclajes cercanos). O en su defecto, realizar la caracterización de los ensayos a realizar, se predimensionan y se fallan para analizar la posible tendencia de las fisuras y de esta forma dimensionar correctamente la probeta.

10. BIBLIOGRAFÍA

- Brencich, A. (2015). A post-installed insert for pull-out tests on concrete up to 70 MPa. *Construction and Building Materials*, 95, 788–801. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.07.055>
- CORONA, CONSTRUCTORA CONCRETO. Livitek. FT – LIV001. Versión 3. Año 2019. Colombia.
- Epachachi, S., Esmaili, O., Mirghaderi, S. R., & Behbahani, A. A. T. (2015). Behavior of adhesive bonded anchors under tension and shear loads. *Journal of Constructional Steel Research*, 114, 269–280. <https://doi.org/10.1016/j.jcsr.2015.07.022>
- González, F., Fernández, J., Agranati, G., & Villanueva, P. (2018). Influence of construction conditions on strength of post installed bonded anchors. *Construction and Building Materials*, 165, 272–283. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.12.144>
- Morales Monroy, H. (2018). Comportamiento de anclajes postinstalados en concreto de alta resistencia, sometidos a carga de tensión y corte. Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito. Retrieved from <https://catalogo.escuelaing.edu.co/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=21183>
- Nemes, R., & Lublój, É. (2011). Application of anchors under special concrete conditions. *Periodica Polytechnica Civil Engineering*, 55(1), 73–79. <https://doi.org/10.3311/pp.ci.2011-1.09>
- Páez Moreno, D. F., & Hamón Caicedo, J. (2018). Estudio de la resistencia a tracción en anclajes estructurales post-instalados con adhesivo epóxico. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 17(33), 57–70. <https://doi.org/10.22395/rium.v17n33a3>
- Ruda Arias, Y. M., & Paez Moreno, D. F. (2017). Anclajes post-instalados en concretos de alta resistencia. *Ciencia E Ingeniería Neogranadina*, 27(2), 137–156. <https://doi.org/10.18359/rcin.2208>

Tayeh, B. A., EL dada, Z. M., Shihada, S., & Yusuf, M. O. (2017). Pull-out behavior of post installed rebar connections using chemical adhesives and cement based binders. *Journal of King Saud University - Engineering Sciences*, 31(4), 332–339. <https://doi.org/10.1016/j.jksues.2017.11.005>

Wang, D., Wu, D., He, S., Zhou, J., & Ouyang, C. (2015). Behavior of post-installed large-diameter anchors in concrete foundations. *Construction and Building Materials*, 95, 124–132. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.07.129>

Wang, D., Wu, D., Ouyang, C., & Zhai, M. (2016). Performance and design of post-installed large diameter anchors in concrete. *Construction and Building Materials*, 114, 142–150. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.03.167>

14.1. FICHA TÉCNICA AGREGADOS



1. Producto



Agregado termo-expandido liviano

2. Descripción

La arcilla expandida es un material aligerante y aislante obtenido mediante un proceso industrial de expansión y sinterización de arcillas naturales. Está naturalmente exento de materia orgánica y es altamente estable en el tiempo, inerte y compatible con los materiales comúnmente usados en la construcción, tales como cemento, agregados finos y gruesos de densidad normal, y aditivos, entre otros.

Usos

Los materiales aligerantes pueden usarse para:

- Aligeramiento de concretos mediante la sustitución parcial o total del agregado.
- En nivelación de pisos puede usarse para realizar afinados, recibos o recrecidos de losa cuando se usa como material suelto. Se puede usar como parte de un sistema de instalación de piso cuando se utiliza mezclado con cemento, de tal

forma que se obtenga un conglomerado de baja densidad.

- Fabricación de capas de revestimiento aislante para las cubiertas de las edificaciones y los techos de las viviendas, como aislante térmico y acústico. También puede usarse para la fabricación de concreto aislante.
- En geotecnia para llenos de terraplenes, muros de contención, estribos de puentes, estructuras enterradas, cimentaciones mediante compensación de cargas, elaboración de filtros y drenajes y estabilización de taludes
- En agro puede usarse como sustrato vegetal, en hidroponía, jardinería, horticultura, invernaderos, para el mejoramiento y aireamiento del suelo y raíces, como material drenante, entre otros.

3. Ventajas y atributos

Algunos atributos del material son:

- Único material en Colombia que cumple los requisitos de la Norma Sismo-Resistente para la elaboración de concreto liviano estructural.
- Según la dosificación empleada, se pueden obtener concretos porosos no estructurales desde 600 kg/m³; concretos estructurales desde 1.660 kg/m³, en comparación con los concretos tradicionales que son mayores de 2.200 kg/m³.
- Al disminuir la densidad respecto a los concretos tradicionales, en el diseño de las edificaciones se puede lograr la disminución en la cantidad de acero de refuerzo, tamaño de columnas, vigas, fundaciones.
- Aumenta la resistencia al fuego, aislamiento acústico y térmico del concreto.

Desarrollado por:



- Menores costos de transporte para elementos prefabricados aligerados.
- Disminuye el calor al interior de la vivienda (se han alcanzado disminuciones en la temperatura interior hasta de 7°C).
- Reducción de empuje y carga muerta en los terrenos donde se hagan llenos con arcilla expandida.
- Fácil aplicación, mayor velocidad y limpieza en obra.

4. Presentación y almacenamiento

La arcilla expandida se presenta en:

- Big Bag de 1 m³
- Sacos de 50 litros
- Granel

El almacenamiento del material puede hacerse en ambiente exterior, sobre una superficie que impida la contaminación con otros materiales.

5. Propiedades

Las principales características físicas de la arcilla expandida son:

Propiedad	Unidad	Referencia
Absorción	%	30
Pérdidas por ignición	%	<1
Conductividad térmica	W/m ² °K	<0,18

Referencias y tamaños	Densidad (kg/m ³)	
	Suelta	Aparente
Livitek® Mortero (< 6 mm)	600 ± 50	900 ± 50
Livitek® Concreto liviano (6 – 12 mm)	450 ± 50	750 ± 50
Livitek® Nivelación (12 – 18 mm)	350 ± 50	650 ± 50
Livitek® Geotecnia (> 18 mm)	250 ± 50	550 ± 50

Notas:

- Para calcular las cantidades de los pedidos de ARX debe usarse la densidad de arrume o suelta.
- Para la formulación de mezclas de concreto y prefabricados, debe tomarse la densidad aparente.

6. Composición química

En la siguiente tabla se observa la composición química promedio del material

Compuesto	%	Compuesto	%
SiO ₂	65,6	Na ₂ O	0,8
Al ₂ O ₃	18,1	K ₂ O	1,6
Fer ₂ O ₃	10,0	BaO	0,0
TiO ₂	0,9	MnO	0,1
CaO	0,4	P ₂ O ₅	0,1
MgO	2,5	SO ₃	0,0

*Valores promedio

Nota:

Características del producto sujetas a modificaciones. Favor referirse siempre a la ficha técnica vigente.

Desarrollado por:



corona

14.2. FICHA TÉCNICA EPOXICO



HOJA TECNICA DE PRODUCTO

Sika AnchorFix-3001

ADHESIVO EPÓXICO DE 2 COMPONENTES PARA ANCLAJES, DE ALTO DESEMPEÑO,
PARA USO EN CONCRETO FISURADO Y NO FISURADO.

DESCRIPCIÓN	El Sika AnchorFix-3001 es un adhesivo epóxico de dos componentes para el anclaje de barras corrugadas y pernos roscados. Fabricado con una tecnología de alta calidad y libre de estireno, el Sika AnchorFix-3001 ha sido específicamente diseñado para proveer una alta resistencia para uso en condiciones secas, húmedas e inundadas en numerosos materiales de base. Es apropiado para cargas medianas y altas en aplicaciones estructurales y no estructurales.
USOS	<ul style="list-style-type: none">• Anclaje de barras corrugadas y pernos roscados en materiales sólidos (concreto, piedra, bloques rellenos con grout).• Para aplicaciones horizontales, verticales y sobre cabeza (referirse a Limitaciones), en donde el fraguado lento permite un tiempo de manejabilidad extendido.• Para anclajes en perforaciones más profundas o en aplicaciones que no deban ponerse en servicio de manera rápida.• Para aplicaciones en ambientes externos, sujetas a cargas dinámicas y vibraciones.• Para anclaje de acero estructural al concreto, barandas de seguridad, balcones, cubiertas corredizas (canopies), vallas, pasamanos, estantes, maquinaria, soportes en mampostería, asientos de escenarios deportivos, barras de acero.
VENTAJAS	<ul style="list-style-type: none">• Producto versátil que permite aplicaciones como un adhesivo y como anclaje.• Fragua en condiciones secas, húmedas e inundadas.• Cura sin exhibir presiones de expansión.• El tiempo gel y el tiempo abierto extendidos sirven para hacer anclajes profundos.• Permite hacer anclajes cerca de los bordes libres.• Para anclaje de barras corrugadas y pernos roscados.• Para anclajes en concreto fisurado y no fisurado.• Resistente a un amplio rango de químicos, que incluyen soluciones acuosas de cloruro de aluminio, nitrato de aluminio al 10% de concentración, combustible de avión, diesel, petróleo doméstico y muchas otras sustancias a 75°C reteniendo al menos el 80% de sus propiedades físicas.• Soporta cargas grandes. <p>Aprobaciones</p> <ul style="list-style-type: none">• Aprobado según IAPMO/ICC-ES. Según AC308 ESR para concreto fisurado y no fisurado. Ver el reporte ESR-3608 del ICC-ES.• Aprobado para el contacto con agua potable según ANSI/NSF estándar 61.• TRA (The Road Authority) que cumple con la especificación MI-120 del Ministry of Transportation of Ontario (MTO): Evaluation of Pull-out testing of Epoxy Coated Dowels in Concrete Using Grouts and Epoxies. ISBN 0-7729-4236-6.• Aprobado según el Ministère des Transports du Québec.
DATOS TECNICOS	Empaque: Cartucho de 600 ml. Color: Bronce

Hoja Técnica de Producto
Sika AnchorFix-3001
Versión: 01/2015

Vide en el recipiente 24 meses si es almacenado en su empaque original, sin abrirse, en un ambiente fresco y en condiciones secas, lejos de los rayos directos del sol a una temperatura entre 5°C y 20°C. Precondicione el producto por encima de 10°C para facilitar su aplicación cuando se usen pistolas manuales y cuando se trabaja a bajas temperaturas.

Relación de mezcla A:B = 1:1 en volumen.
 Propiedades a 20°C (68°F) y 50% R.H. (Si no se especifica otra cosa)
 Densidad ASTM D1875 : 1.7 kg/L

Aplicación

Temperatura de la resina y el sustrato	Tiempo de manejabilidad	Tiempo de Carga
0° 5°C (32° 41°F)		72 hrs
5° 10°C (41° 50°F)	30 min	30 hrs
10° 15°C (50° 59°F)	20 min	12 hrs
15° 20°C (59° 68°F)	15 min	8 hrs
20° 25°C (68° 77°F)	11 min	7 hrs
25° 30°C (77° 86°F)	8 min	6 hrs
30° 35°C (86° 95°F)	6 min	5 hrs
35° 40°C (95° 104°F)	4 min	4 hrs
40°C (104°F)	3 min	3 hrs

*Adhesivo mantenido a 5°C como mínimo

Resistencia a la compresión ASTM D695

24 horas	59 MPa (8500 psi)
7 días	85 MPa (12 300 psi)

Módulo de elasticidad a compresión ASTM D695

7 días	5 GPa
--------	-------

Resistencia a la tensión ASTM D638

1 día	18 MPa (2610 psi)
7 días	23.5 MPa (3400 psi)

Resistencia a la tensión ASTM D638

(Elongación de rotura)	
1 día	6.6%
7 días	5.9%

Módulo de elasticidad a la tensión ASTM D638

1 día	5.7 GPa
7 días	5.5 GPa

Esfuerzo a flexión ASTM D790

24 horas	45 MPa (6525 psi)
----------	-------------------

Temperatura de deflexión ASTM - D790

7 días	49°C (120°F)
--------	--------------

Conductividad eléctrica/Disipación

	5.1E+09 Ωcm @ 500 V
	5.4E+09 Ωcm @ 1000 V
	5.3E+09 Ωcm @ 2000 V
	5.0E+09 Ωcm @ 4000 V

VOC (SCAQMD Rule 1168)

	4.5 g/L
--	---------

Las propiedades del producto son valores promedio típicamente, obtenidos en condiciones de laboratorio. Se pueden esperar variaciones razonables en la obra debido a factores locales incluyendo condiciones ambientales, preparación, aplicación, curado y métodos de prueba.

MODO DE EMPLEO

Preparación de la superficie:

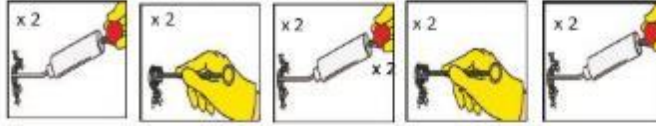
La superficie debe estar limpia y sana. Las superficies/perforaciones pueden estar secas, húmedas o inundadas. Quite el polvo, lechada grasa, agentes curadores, impregnaciones, ceras, partículas extrañas y material suelto.

La resistencia del sustrato puede verificarse, con ensayos de tensión directa (pull-off) si se desconoce su valor.

Aplicación: Sustrato sólido.



1. Taladre la perforación con el diámetro y profundidad correctos, usando un taladro roto-percutor y una broca de tungsteno.



2. Limpie totalmente la perforación según la secuencia indicada arriba. Use un soplador (o un compresor) desde el fondo de la perforación y soplo 2 veces. El aire a presión debe estar libre de aceite y agua y con una presión de mínimo 6 bares (90 psi).
3. Seleccione un cepillo de cerdas metálicas, asegurándose que esté en buenas condiciones y con el diámetro adecuado para caber en la perforación. Introduzca el cepillo adentro de la perforación y sáquelo/métalo haciendo un movimiento de rotación para retirar todo el material suelto. Repita de nuevo esta operación.



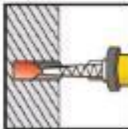
4. Seleccione la boquilla de mezclado y la pistola adecuadas.



5. Desenrosque y quite la tapa protectora. Coloque la boquilla de mezclado en el cartucho. Monte el cartucho en la pistola y accione el gatillo hasta que el producto salga con un color y consistencia uniformes.

Nota: La boquilla de mezclado Q2 se compone de 2 secciones. Una sección contiene los elementos de mezclado y la otra sección es una extensión. Conecte las dos secciones empujándolas firmemente hasta ajustarlas.

Cuando sea necesario, corte una manguera de extensión con la profundidad de la perforación y colóquela en la punta de la boquilla mezcladora. Para barras de 16mm (5/8 pulgada) de diámetro ó superior, ajuste el retenedor de resina correcto al final de la manguera de extensión.



6. Inserte la punta de la boquilla mezcladora (detenedor de resina/manguera de extensión, si es del caso) hasta el fondo de la perforación. Empiece a aplicar la resina con una presión constante y uniforme, sacando lentamente la boquilla de la perforación. Llene la perforación aproximadamente de 3/4 de su profundidad y retire la boquilla mezcladora.

Nota: Si suspende la colocación de la resina, restablezca la consistencia de la misma antes de continuar. Cuando esté utilizando una pistola manual, quite

la presión de los pistones presionando con el pulgar la platina detrás de ellos cada vez que haga una pausa.



7. Inserte el perno roscado o la barra corrugada (ambos deben estar libres de óxido, aceite o cualquier agente extraño) hasta el fondo de la perforación haciendo un movimiento de atrás / adelante y rotando, asegurándose que toda la barra/perno quede embebido. Puede ajustar la posición dentro del tiempo de manejabilidad del producto.

El exceso de resina debe salir de manera uniforme alrededor de la barra/perno indicando que la perforación está llena. Se debe retirar este exceso de resina antes de que endurezca.



8. No mueva la barra/perno hasta que se llegue al tiempo de carga, el cual dependerá de las condiciones del sustrato y la temperatura ambiente.

Limpieza

Recoja con un material absorbente. Elimíne de acuerdo con las regulaciones locales. El producto que no ha curado puede retirarse con Colmasolvente Epóxico. El material ya curado solo puede retirarse por medios mecánicos.

Limitaciones

- El Sika AnchorFix-3001 no es un producto con fines decorativos o estéticos y cuando es usado en sustratos porosos o piedra reconstituida, puede manchar. Si esto es una preocupación, se recomienda consultar al Departamento Técnico de Sika, o que se hagan ensayos antes de usar el producto.
- Almacene y precondicione el producto por encima de los 10°C para facilitar la aplicación cuando se utilizan pistolas manuales; a mayor temperatura será más fácil colocar el producto (se recomienda no almacenar a una temperatura mayor a 22°C ya que el tiempo de manejabilidad se reduce significativamente).
- La edad mínima del concreto deberá ser de 28 días, dependiendo de las condiciones de curado.
- No diluir con solventes, ya que no curará de manera apropiada.
- La calidad de la pistola afectará la aplicación. Asegúrese que la pistola esté en buenas condiciones, que los pistones estén alineados de manera correcta para que apliquen la presión de manera uniforme.
- No debe aplicarse el Sika AnchorFix-3001 en sustratos congelados.
- La instalación de anclajes horizontales o sobre-cabeza que deben resistir cargas sostenidas debe realizarse por personal calificado, certificados de acuerdo a un programa según el ACI 318 D.9.2.2 ó D.9.2.3.
- Remítirse a la sección 5 del reporte #3608 del ICC-ES para ver las condiciones de uso. Este reporte está disponible en la página web del ICC, ó si se solicita a Sika Colombia.
- Temperatura mínima de aplicación: 4°C.
- Temperatura máxima de aplicación: 40°C.

NOTA: El Sika AnchorFix-3001 ha sido calificado para soportar cargas sostenidas según el ensayo de creep del ICC-ES AC308, en donde un anclaje es cargado y monitoreado en el tiempo. De acuerdo al AC308, los anclajes que pasan el creep test son adecuados para resistir cargas de tensión sostenidas.

Especificación de instalación

Propiedad	Símbolo	Unidad							
Perno Roscado Diámetro	d_r	pulg	3/8	1/2	5/8	3/4	7/8	1	1-1/4
Diámetro de perforación	d_p	pulg	1/2	9/16	3/4	7/8	1	1-1/8	1-3/8
Tipo de boquilla	-	-	Q	Q	Q/Q2	Q2	Q2	Q2	Q2
Se requiere manguera de extensión?	-	-	$Y1 > 3.5^*h_{ij}$	$Y1 > 3.5^*h_{ij}$	$Y2 > 10^*h_{ij}$	$Y2 > 10^*h_{ij}$	$Y2 > 10^*h_{ij}$	$Y2 > 10^*h_{ij}$	$Y2 > 10^*h_{ij}$
Requiere retenedor de resina?	-	-	NO	NO	RS18 > 10^*h _{ij}	RS18 > 10^*h _{ij}	RS22 > 10^*h _{ij}	RS22 > 10^*h _{ij}	RS30 > 10^*h _{ij}
Barra Diámetro	d_b	pulg	#3	#4	#5	#6	#7	#8	#10
Diámetro perforación	d_p	pulg	9/16	5/8	3/4	7/8	1	1-1/8	1-3/8
Tipo de Boquilla	-	-	Q	Q	Q/Q2	Q2	Q2	Q2	Q2
Se requiere manguera de extensión?	-	-	$Y1 > 3.5^*h_{ij}$	$Y1 > 3.5^*h_{ij}$	$Y2 > 10^*h_{ij}$	$Y2 > 10^*h_{ij}$	$Y2 > 10^*h_{ij}$	$Y2 > 10^*h_{ij}$	$Y2 > 10^*h_{ij}$
Se requiere retenedor de resina?	-	-	NO	NO	RS18 > 10^*h _{ij}	RS18 > 10^*h _{ij}	RS22 > 10^*h _{ij}	RS22 > 10^*h _{ij}	RS30 > 10^*h _{ij}
Máximo Torque	T_{max}	kg m	2.1	4.2	8.3	13.8	17.3	20.8	27.7

Y1: requiere una manguera de extensión de 3/8" (9 mm) de diámetro en la punta de la boquilla tipo Q.

Y2: requiere una manguera de extensión de 9/16" (14 mm) de diámetro en la punta de la boquilla tipo Q2.

RS18: requiere un retenedor de resina(resin stopper) de 18 mm de diámetro.

RS22: requiere un retenedor de resina(resin stopper) de 22 mm de diámetro.

RS30: requiere un retenedor de resina(resin stopper) de 30 mm de diámetro.

h_{ij} : Profundidad de anclaje

* El ingeniero diseñador del proyecto es el responsable por la interpretación de estos datos.

Resistencia admisible para barras de acero

Tipo de barra	Acero al carbón ASTM A 615 Grade 40	
	Tensión admisible, N_u	Cortante admisible, V_u
#3	lb	2,178
	kN	9.7
#4	lb	3,960
	kN	17.2
#5	lb	6,138
	kN	27.3
#6	lb	8,712
	kN	38.7
#7	lb	11,880
	kN	52.8
#8	lb	15,642
	kN	69.6
#10	lb	25,146
	kN	111.9

Tensión: $0.33 \times f_u \times \text{área de la barra}$. - Cortante: $0.17 \times f_u \times \text{área de la barra}$

f_u : esfuerzo último de la barra

* El ingeniero diseñador del proyecto es el responsable por la interpretación de estos datos.

Resistencia admisible para barras de acero

Tipo de barra		Acero al carbón ASTM A 615 Grade 60	
		Tensión admisible, N_u	Cortante admisible, V_u
#3	lb	3,280	1,690
	kN	14.6	7.5
#4	lb	5,831	3,004
	kN	25.9	13.4
#5	lb	9,111	4,693
	kN	40.5	20.9
#6	lb	13,121	6,759
	kN	58.4	30.1
#7	lb	17,859	9,200
	kN	79.4	40.9
#8	lb	23,326	12,016
	kN	103.8	53.4
#10	lb	37,623	19,381
	kN	167.4	86.2

Tensión: $0.33 \times f_u \times \text{área de la barra}$

Cortante: $0.17 \times f_u \times \text{área de la barra}$

f_u : esfuerzo último de la barra

* El ingeniero diseñador del proyecto es el responsable por la interpretación de estos datos.

Temperatura de servicio	Factor de Reducción
5°C	1.0
20°C	1.0
43°C	0.9
54°C	0.7
66°C	0.5
76°C	0.4
80°C	0.3

Para temperaturas intermedias, se permite interpolar.

Resistencia admisible para pernos roscados

Diámetro perno (in)	Acero al carbón ASTM F 1554 Grade 36 (A307Gr.C)		Acero al carbón ASTM A193 B7		Acero Inoxidable ASTM F 593 CW		Acero Inoxidable ASTM F 593 SH		
	Tensión Admisible, N_u	Cortante Admisible, V_u	Tensión Admisible, N_u	Cortante Admisible, V_u	Tensión Admisible, N_u	Cortante Admisible, V_u	Tensión Admisible, N_u	Cortante Admisible, V_u	
3/8"	lb	2,110	1,080	4,550	2,345	3,360	1,870	4,190	2,160
	kN	9.4	4.8	20.2	10.4	16.1	8.3	18.6	6.9
1/2"	lb	3,750	1,930	8,100	4,170	6,470	3,330	7,450	3,840
	kN	16.7	8.6	36.0	18.5	28.8	14.8	33.1	17.1
5/8"	lb	5,870	3,030	12,655	6,520	10,130	5,220	11,640	6,000
	kN	26.1	13.5	56.3	29.0	45.1	23.2	51.8	26.7
3/4"	lb	8,460	4,360	18,220	9,390	12,400	6,390	15,300	7,880
	kN	37.6	19.4	81.0	41.8	55.2	28.4	68.1	35.1
7/8"	lb	11,500	5,930	24,800	12,780	16,860	8,680	20,830	10,730
	kN	51.2	26.4	110.3	56.8	75.0	38.6	92.7	47.7
1"	lb	15,020	7,740	32,400	16,690	22,020	11,340	27,210	14,020
	kN	66.8	34.4	144.1	74.2	97.9	50.4	121.0	62.4
1-1/4"	lb	23,480	12,100	50,640	26,070	34,420	17,730	38,470	19,820
	kN	104.4	53.8	225.1	116.0	153.1	78.9	171.1	88.2

Tensión admisible: $N_u = 0.33 \times f_u \times \text{área del perno}$

Cortante admisible: $V_u = 0.17 \times f_u \times \text{área del perno}$

f_u : esfuerzo último del perno

* El ingeniero diseñador del proyecto es el responsable por la interpretación de estos datos.

Diámetro Barra	Profundidad		Capacidad admisible del concreto/adherencia					
			Tensión (lb)			Cortante (lb)		
			$f'_c=2,500\text{psi}$	$f'_c=4,000\text{psi}$	$f'_c=8,000\text{psi}$	$f'_c=2,500\text{psi}$	$f'_c=4,000\text{psi}$	$f'_c=8,000\text{psi}$
3/8" ó #3	2-3/8"	6.0	1,939	2,032	2,178	2,585	2,710	2,904
	4-15/16"	12.5	4,031	4,225	4,528	5,375	5,633	6,038
	7-1/2"	19.0	6,123	6,418	6,878	8,164	8,557	9,171
1/2" ó #4	2-3/4"	7.0	2,527	2,649	2,839	3,369	3,531	3,785
	6-3/8"	16.2	5,858	6,140	6,581	7,811	8,187	8,774
	10"	25.4	9,186	9,631	10,323	12,252	12,842	13,764
5/8" ó #5	3-1/8"	7.9	3,889	4,076	4,368	5,185	5,434	5,824
	7-13/16"	19.8	9,722	10,189	10,921	12,962	13,586	14,561
	12-1/2"	31.8	15,555	16,303	17,473	20,739	21,737	23,298
3/4" ó #6	3-3/4"	9.5	5,200	5,450	5,841	6,933	7,267	7,788
	9-3/8"	23.8	13,000	13,625	14,603	17,333	18,167	19,471
	15"	38.1	20,799	21,800	23,365	27,732	29,067	31,153
1" ó #8	4"	10.2	8,407	8,811	9,444	11,209	11,749	12,592
	12"	30.5	25,221	26,434	28,332	33,628	35,246	37,776
	20"	50.8	42,035	44,057	47,219	56,046	58,743	62,959
1-1/4" ó #10	5"	12.7	10,529	11,036	11,828	14,039	14,715	15,771
	15"	38.1	31,588	33,108	35,484	42,117	44,144	47,312
	25"	63.5	52,646	55,180	59,140	70,195	73,573	78,853

- Los valores arriba mostrados representan valores últimos promedio y cargas de trabajo admisibles. Las cargas de trabajo admisibles han sido reducidas usando un factor de seguridad de 4 para tensión y 3 para cortante, sin embargo en algunos casos, como en seguridad de vida (life safety) pueden ser necesarios factores de seguridad de 10 ó más.
- Las cargas admisibles deben compararse con la capacidad del acero. Controla el valor más bajo.
- Los datos tabulados son aplicables a anclajes aislados en concreto normal no afectados por factores de reducción por distancia al borde ó espaciamiento entre barras. Los valores son válidos para anclajes instalados en concreto seco en perforaciones hechas con taladro roto-percutor y broca de tungsteno (ANSI carbide drill bit).
- Se pueden interpolar datos.

* El ingeniero diseñador del proyecto es el responsable por la interpretación de estos datos.

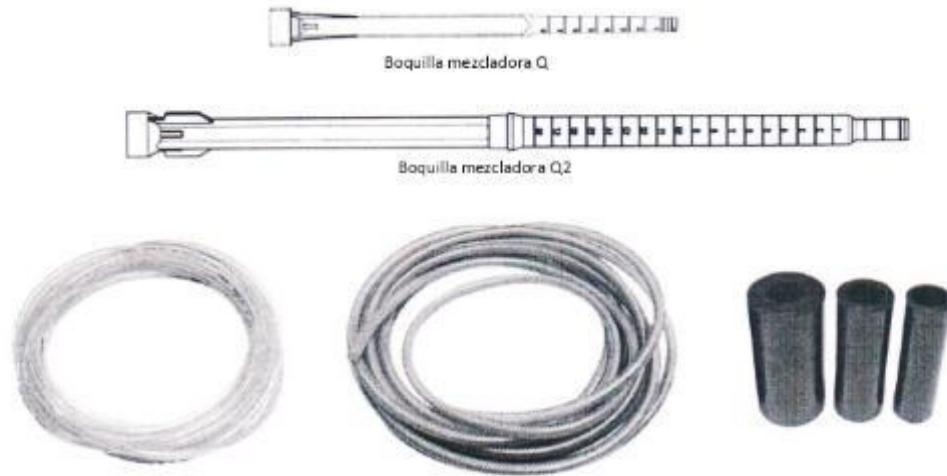
Rendimiento

Diámetro barra:	Pulg	5/16	3/8	1/2	5/8	3/4	1	1 1/4	
Diámetro perforación:	Pulg	3/8	1/2	9/16	3/4	7/8	1 1/8	1 3/8	
Profundidad:	cm	6.0	6.0	7.0	7.9	9.5	10.2	12.7	
Número de anclajes estimados	Volúmen Cartucho	600 ml	176	99	67	33	20	11	6

* Se asume un desperdicio del 30% en la extrusión inicial y en la perforación llena 3/4 de su profundidad.

Diámetro barra:	Pulg	5/16	3/8	1/2	5/8	3/4	1	1 1/4	
Diámetro perforación:	Pulg	3/8	1/2	9/16	3/4	7/8	1 1/8	1 3/8	
Profundidad:	cm	7.9	9.5	12.7	15.9	19.0	25.4	31.8	
Número de anclajes estimados	Volúmen Cartucho	600 ml	134	62	37	16	10	4	2

* Se asume un desperdicio del 30% en la extrusión inicial y en la perforación llena 3/4 de su profundidad.



De izquierda a derecha: manguera de extensión 3/8" (9 mm), manguera de extensión 9/16" (14 mm), retenedor de resina RS 18 (18 mm), RS22 (22 mm) y RS30 (30 mm).

NOTA LEGAL

La información y en particular las recomendaciones sobre la aplicación y uso final de los productos Sika son proporcionados de buena fe, basados en el conocimiento y experiencia actuales de Sika respecto a sus productos, siempre y cuando éstos sean adecuadamente almacenados y manipulados, así como aplicados en condiciones normales de acuerdo a las recomendaciones Sika. En la práctica, las diferencias en los materiales, sustratos y condiciones de la obra son tan particulares que de esta información, cualquier recomendación escrita o cualquier otro consejo no se puede deducir ninguna garantía respecto a la comercialización o adaptabilidad del producto a una finalidad en particular, así como ninguna responsabilidad que surja de cualquier relación legal. El usuario del producto debe probar la conveniencia del mismo para un determinado propósito. Sika se reserva el derecho de cambiar las propiedades de sus productos. Se debe respetar los derechos de propiedad de terceros. Todas las órdenes de compra son aceptadas de acuerdo con nuestras actuales condiciones de venta y despacho. Los usuarios deben referirse siempre a la edición más reciente de la Hoja Técnica local, cuyas copias serán facilitadas a solicitud del cliente.

Sika Ecuatoriana S.A. dispone de un sistema de gestión de la calidad y ambiental certificado de acuerdo a las normas ISO 9001:2015 e ISO 14001:2015 respectivamente, por SGS.

Sika Ecuatoriana S.A. <http://ecu.sika.com>
 Durán.- Km. 3 1/2 vía Durán - Tambo (Casilla 10093) PBX (593-4) 2812700 Fax (593-4) 2801229
 Quito.- Av. Naciones Unidas entre Inaquito y Núñez de Vela. Edificio Metropolitan. PBX (593-4) 2812700
 Cuenca.- Av. Ordoñez Lasso y Los Claveles. Edif. Palermo Tel: +5937 4 089725 - 4102829