



# Universidad Austral de Chile

Facultad de Ciencias de la Ingeniería  
Escuela de Construcción Civil

## **“ESTUDIO EXPERIMENTAL EN EMPALMES DE ARMADURAS EN ELEMENTOS DE HORMIGÓN ARMADO SOMETIDOS A TRACCIÓN”**

Tesis para optar al título de:

**Constructor Civil**

Profesor Patrocinante:

**Sr. José Soto Miranda.**

Ingeniero Civil.

M. Sc. Eng. Civil

**RODRIGO ANDRES ARRIAGADA MEZA**

**VALDIVIA 2007**

*Dedicada a mis padres Rosa y José por el apoyo, el amor, la confianza y la paciencia que siempre depositaron en mí y a mi pequeña y preciosa hijita Fernanda Gabriela Arriagada Vera... donde yo esté, mi corazón estará siempre contigo mi amorcito, te amo mucho.*

## AGRADECIMIENTOS

*Primero que nada agradecer a Dios permitirme llegar al final de este gran peldaño de mi vida y acompañarme todo el tiempo, proporcionándome de su sabiduría y comprensión para poder hacer esto realidad.*

*Ahora, a quienes siempre me han dado su apoyo incondicional para que siga adelante, entregándome en cada momento unas palabras de aliento y su cariño para que todo me resultara bien, mis padres Rosita y Josesito, de verdad muchas gracias a los dos los quiero mucho pero mucho y sigan adelante. Además a Lorena y José Antonio decirles gracias también y que no flaqueen que se puede ante cualquier circunstancia.*

*Debo agradecer además a Don Ramón Vera y Don Tulio Vásquez quienes fueron las primeras personas en ayudarme a comenzar este proyecto realizando un fabuloso trabajo con las piezas metálicas. A Tía Hilda y Tío Manuel por contagiarme sus ganas de seguir adelante ante cualquier circunstancia o problema. Sole gracias por tu apoyo, amor, cariño y comprensión... pero tenme paciencia que todavía me faltan peldaños y pruebas donde te voy a necesitar. A todos muchas gracias por ayudarme de esa manera y darme el ánimo que necesite para poder terminar este trabajo.*

*Agradecer también a Mónica Vera Soto quien me ayudó y apoyó en innumerables ocasiones al inicio de este proyecto, además de compartir parte de nuestras vidas y la mas linda y maravillosa hija, que me contagia con su pequeñita y extraordinaria energía e inteligencia, me inspira también para seguir esforzándome y salir adelante, muchas gracias por todo Mony y cuida mucho de la Fernandita Gabriela... Hija, te amo, te amo y te extraño mucho.*

*Y como dejar fuera y olvidarme de los que siempre tenían su buena talla a flor de piel, o sus pequeños problemas, o sus enojos de repente y a veces un buen consejo, pero que sin pensarlo me estuvieron ayudando en muchos de los momentos complicados por los que pase, muchas gracias a todos mis amigos y compañeros, como no nombrar a Towers, Randy, Víctor, Krespo, Checho, Cona, Gonzalo, Leo, Boris, Pirulo, Gringo, Negro, Maicho, Iván, Cristian, Daniel, la Maite, Anita, Deny, Claudia, Jessica, Lissette, etc. y etc.*

## ÍNDICE DE MATERIAS

| CAPÍTULO            | TÍTULO  | PÁGINA    |
|---------------------|---|-----------|
|                     | DEDICATORIA.  | I         |
|                     | AGRADECIMIENTOS.  | II        |
|                     | ÍNDICE DE MATERIAS.   | III       |
|                     | ÍNDICE DE FIGURAS.  | VII       |
|                     | ÍNDICE DE TABLAS.   | IX        |
|                     | RESUMEN.  | XI        |
|                     | SUMMARY.  | XII       |
| <b>Capítulo I:</b>  | <b>INTRODUCCIÓN</b>   |           |
|                     | <b>1.1 Antecedentes Generales.</b> .....                                  | <b>1</b>  |
|                     | <b>1.2 Planteamiento del estudio a realizar.</b> .....                    | <b>2</b>  |
|                     | <b>1.3 Objetivos.</b> .....   | <b>3</b>  |
|                     | <b>1.4 Metodología.</b> .....   | <b>4</b>  |
| <b>Capítulo II:</b> | <b>TIPO DE EMPALMES Y SUS CARACTERÍSTICAS</b> .....                       | <b>5</b>  |
|                     | <b>2. EMPALMES DE BARRAS</b> .....  | <b>5</b>  |
|                     | <b>2.1 Empalmes por Solape o Traslapados.</b> .....                       | <b>5</b>  |
|                     | <b>2.1.1 Generalidades.</b> .....   | <b>5</b>  |
|                     | <b>2.1.2 Ventajas y desventajas.</b> .....                                | <b>6</b>  |
|                     | <b>2.2 Empalmes soldados.</b> .....                                       | <b>7</b>  |
|                     | <b>2.2.1 Generalidades.</b> .....   | <b>7</b>  |
|                     | <b>2.2.2 Cualidades y características.</b> .....                          | <b>7</b>  |
|                     | <b>2.3 Empalmes mecánicos.</b> .....                                      | <b>10</b> |
|                     | <b>2.3.1 Generalidades.</b> .....   | <b>10</b> |
|                     | <b>2.3.2 Tipos de Empalmes mecánicos y su</b><br><b>aplicación.</b> ..... | <b>11</b> |
|                     | <b>2.3.2.1 Lenton Con Rosca Cónica.</b> .....                             | <b>12</b> |
|                     | <b>2.3.2.2 Lenton Form Saver.</b> .....                                   | <b>15</b> |
|                     | <b>2.3.2.3 Cadweld Rebar.</b> .....                                       | <b>16</b> |

|  |    |
|--|----|
| 2.3.2.4 <i>Lenton Interlok</i> .....     | 18 |
| 2.3.2.5 <i>Lenton Quick-Wedge</i> .....  | 20 |
| 2.3.2.6 <i>Lenton Speed-Sleeve</i> ..... | 22 |
| 2.3.2.7 <i>Lenton Terminator</i> .....   | 24 |

|                      |   |    |
|----------------------|---|----|
| <b>Capítulo III:</b> | <b>EMPALMES DE ARMADURA SEGÚN</b>                 |    |
|                      | <b>CÓDIGO DE DISEÑO DE HORMIGÓN ARMADO,</b>       |    |
|                      | <b>NORMA CHILENA Y MANUAL DE ARMADURAS</b>        |    |
|                      | <b>DE REFUERZO PARA HORMIGON</b> .....            | 26 |
|                      | <b>NOTACIÓN</b> .....                             | 26 |
| <b>3.1</b>           | <b>SEGÚN CODIGO DE DISEÑO DE HORMIGON</b>         |    |
|                      | <b>ARMADO (Basado en ACI 318-95)</b> .....        | 27 |
| <b>3.1.1</b>         | <b>Empalmes de la armadura</b> .....              | 27 |
|                      | <i>3.1.1.1 Generalidades</i> .....                | 27 |
|                      | <i>3.1.1.2 Traslapes</i> .....                    | 27 |
|                      | <i>3.1.1.3 Empalmes soldados y uniones</i>        |    |
|                      | <i>mecánicas</i> .....                            | 27 |
| <b>3.1.2</b>         | <b>Empalmes de alambres y barras con</b>          |    |
|                      | <b>resaltes sometidas a tracción</b> .....        | 28 |
| <b>3.1.3</b>         | <b>Empalmes de barras con resaltes</b>            |    |
|                      | <b>sometidos a compresión</b> .....               | 30 |
|                      | <i>3.1.3.1 Empalmes de tope</i> .....             | 31 |
| <b>3.1.4</b>         | <b>Requisitos especiales de empalmes</b>          |    |
|                      | <b>para columnas</b> .....                        | 31 |
|                      | <i>3.1.4.1 Traslapes en columnas</i> .....        | 32 |
|                      | <i>3.1.4.2 Empalmes soldados o uniones</i>        |    |
|                      | <i>mecánicas en columnas</i> .....                | 32 |
|                      | <i>3.1.4.3 Empalmes de tope en columnas</i> ..... | 32 |
| <b>3.2</b>           | <b>SEGÚN NORMA CHILENA NCh 430.Ar86</b> .....     | 33 |
| <b>3.2.1</b>         | <b>Empalmes de armadura</b> .....                 | 33 |
|                      | <i>3.2.1.1 Generalidades</i> .....                | 33 |
|                      | <i>3.2.1.2 Empalmes traslapados</i> .....         | 33 |

|              |   |    |
|--------------|---|----|
| 3.2.1.3      | <i>Empalmes soldados y conexiones mecánicas.</i>                              | 33 |
| 3.2.2        | <b>Empalmes para barras y alambres con resaltes en tracción.</b>              | 34 |
| 3.2.3        | <b>Empalmes para barras con resaltes sujetas a compresión.</b>                | 35 |
| 3.2.3.1      | <i>Empalmes en apoyos de extremo</i>  | 36 |
| 3.2.4        | <b>Requisitos especiales para empalmes de columnas.</b>                       | 36 |
| 3.2.5        | <b>Empalmes de malla de alambre soldado con resaltes, sujetos a tracción.</b> | 37 |
| 3.2.6        | <b>Empalmes de malla de alambre soldado liso, sujetos a tracción.</b>         | 37 |
| 3.3          | <b>SEGÚN MANUAL DE ARMADURAS DE DE REFUERZO PARA HORMIGÓN</b>                 | 38 |
| 3.3.1        | <b>Empalmes de las barras</b>   | 38 |
| 3.3.1.1      | <i>Empalme por traslape de barras en tracción.</i>                            | 39 |
| 3.3.1.2      | <i>Empalme por traslape en barras en compresión.</i>                          | 46 |
| Capítulo IV: | <b>DISEÑO Y FABRICACIÓN DE VIGA DE ENSAYO</b>                                 | 48 |
| 4.1          | <b>Diseño de la viga (probeta).</b>   | 48 |
| 4.2          | <b>Elaboración de soportes metálicos.</b>                                     | 49 |
| 4.3          | <b>Construcción de moldajes.</b>  | 50 |
| 4.4          | <b>Elaboración de armaduras y empalmes.</b>                                   | 51 |
| 4.4.1        | <i>Empalmes traslapados o por solape.</i>                                     | 51 |
| 4.4.2        | <i>Empalmes soldados.</i>   | 52 |
| 4.4.3        | <i>Empalmes mecánicos.</i>  | 53 |
| 4.5          | <b>Hormigonado de probetas.</b>   | 54 |
| 4.6          | <b>Desmoldaje.</b>  | 55 |
| Capítulo V:  | <b>ENSAYO A TRACCIÓN</b>  | 57 |

|   |    |
|---|----|
| <b>Capítulo VI: RESULTADOS Y ANALISIS DE LOS ENSAYOS</b> .....    | 60 |
| <b>6.1 Generalidades</b> .....                                    | 60 |
| <b>6.2 Miembros de hormigón armado en tracción directa.</b> ..... | 60 |
| <b>6.3 Resultados de los ensayos</b> .....                        | 61 |
| <b>6.3.1 Ensayo de probetas con empalmes traslapados.</b> .....   | 62 |
| <b>6.3.2 Ensayo de probetas con empalmes soldados.</b> .....      | 65 |
| <b>6.3.3 Ensayo de probeta con empalmes mecánicos.</b> .....      | 67 |
| <br><b>Capítulo VII: COMENTARIOS Y CONCLUSIONES</b> .....         | 72 |
| <br><b>REFERENCIAS</b> .....                                      | 75 |

**ANEXOS**

|  |     |
|--|-----|
| <b>ANEXO A – DISEÑO, ENSAYO Y OBTENCIÓN DE RESULTADOS<br/>EN PROBETA A ESCALA 1:10.</b> .....                            | 77  |
| <b>ANEXO B – DISEÑO, FABRICACIÓN Y ENSAYO DE LA<br/>PRIMERA PROBETA REAL QUE RESULTO<br/>ERRÓNEA EN SU DISEÑO.</b> ..... | 79  |
| <b>ANEXO C – PROGRAMA Y CALIFICACIÓN DEL SISTEMA<br/>DE EMPALME PARA EMPALMES MECÁNICOS<br/>LENTON REBAR.</b> .....      | 82  |
| <b>ANEXO D – ACCEPTANCE CRITERIA FOR MECHANICAL<br/>CONNECTORS FOR STEEL BAR REINFORCEMENT</b> .....                     | 99  |
| <b>ANEXO E – EVALUATION REPORT:<br/>Reinforcing steel couplers and splices Erico, Inc.</b> .....                         | 103 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

| <b>FIGURA</b> |   | <b>PÁGINA</b> |
|---------------|---|---------------|
| 2.1.1.1       | <i>Empalme por solape.</i> .....  | 5             |
| 2.1.2.1       | <i>Congestión de armaduras en el lugar del empalme.</i> .....                   | 6             |
| 2.2.2.1       | <i>Soldadura realizada por personal calificado.</i> .....                       | 8             |
| 2.2.2.2       | <i>Tipos de empalmes soldados.</i> .....  | 9             |
| 2.2.2.3       | <i>Empalmes soldados y su longitud.</i> .....                                   | 9             |
| 2.3.1.1a      | <i>Coplas y manguitos (a).</i> .....  | 10            |
| 2.3.1.1b      | <i>Coplas y manguitos (b).</i> .....  | 11            |
| 2.3.1.2       | <i>Conectores de tope.</i> .....  | 11            |
| 2.3.2.1       | <i>Manguito de rosca cónica Lenton.</i> .....                                   | 12            |
| 2.3.2.1.1     | <i>Reducción de congestión de las armaduras en la obra.</i> .....               | 13            |
| 2.3.2.1.2     | <i>Máquina roscadora para enfierradura.</i> .....                               | 14            |
| 2.3.2.2.1     | <i>Sistema de empalme mecánico tipo Lenton Form Saber.</i> .....                | 15            |
| 2.3.2.2.2     | <i>Elementos del empalme Form Saber.</i> .....                                  | 16            |
| 2.3.2.3.1     | <i>Empalme mecánico tipo Cadweld Rebar.</i> .....                               | 17            |
| 2.3.2.3.2     | <i>Componentes empalme Cadweld.</i> .....                                       | 17            |
| 2.3.2.3.3     | <i>Algunas aplicaciones del empalme Cadweld.</i> .....                          | 18            |
| 2.3.2.4.1     | <i>Manguitos tipo Lenton Interlok.</i> .....                                    | 19            |
| 2.3.2.4.2     | <i>Elementos en la unión del empalme Interlok.</i> .....                        | 19            |
| 2.3.2.4.3     | <i>Material con el cual se realiza el empalme Interlok.</i> .....               | 20            |
| 2.3.2.5.1     | <i>Empalme mecánico Quick-Wedge.</i> .....                                      | 21            |
| 2.3.2.5.2     | <i>Instalación del empalme mecánico Quick-Wedge.</i> .....                      | 22            |
| 2.3.2.5.3     | <i>Máquina hidráulica móvil para instalación del empalme Quick-Wedge.</i> ..... | 22            |
| 2.3.2.6.1     | <i>Empalme mecánico para compresión Speed Sleeve.</i> .....                     | 23            |
| 2.3.2.6.2     | <i>Aplicación empalme Speed Sleeve.</i> .....                                   | 23            |
| 2.3.2.7.1     | <i>Empalme para anclajes Lenton Terminador.</i> .....                           | 24            |
| 2.3.2.7.2     | <i>Terminator, simplicidad para la puesta en obra.</i> .....                    | 25            |
| 3.1.2         | <i>Espaciamiento libre de barras traslapadas.</i> .....                         | 28            |
| 3.1.4         | <i>Requisitos especiales para empalmes en columnas.</i> .....                   | 31            |
| 3.3.1         | <i>Ejemplos de traslape de barras.</i> .....                                    | 39            |
| 4.1.1         | <i>Esquema diseño de sección de la viga a ensayar.</i> .....                    | 48            |

|         |  |    |
|---------|--|----|
| 4.2.1   | <i>Diseño previo de Soporte en AutoCad.</i>                              | 49 |
| 4.2.2   | <i>Vista de Soporte de Probetas en 3D.</i>                               | 50 |
| 4.3.1   | <i>Esquema de la variación del largo.</i>                                | 50 |
| 4.3.2   | <i>Moldaje de probetas.</i>  | 51 |
| 4.4.1   | <i>Distribución Empalmes por traslapo.</i>                               | 52 |
| 4.4.2   | <i>Distribución Empalmes soldados.</i>                                   | 52 |
| 4.4.3.1 | <i>Distribución de armaduras en viga con Manguitos con rosca cónica.</i> | 53 |
| 4.4.3.2 | <i>Distribución de armaduras en viga con Lenton Quick-Wedge.</i>         | 53 |
| 4.5.1   | <i>Moldajes listos para hormigonar.</i>                                  | 54 |
| 4.5.2   | <i>Moldajes con empalmes mecánicos para hormigonar.</i>                  | 54 |
| 4.6.1   | <i>Probetas sin moldajes.</i>  | 55 |
| 4.6.2   | <i>Doblaje y soldado de las barras sobresalientes.</i>                   | 56 |
| 4.6.3   | <i>Aplicaciones de contratuerca.</i>                                     | 56 |
| 5.1     | <i>Máquina Universal de Ensaye de Materiales.</i>                        | 57 |
| 5.2     | <i>Tenazas de la máquina tomando la probeta.</i>                         | 58 |
| 5.3     | <i>Fallas presentadas en la viga traccionada.</i>                        | 59 |
| 6.3.1   | <i>Diagrama de resultados para Empalmes solapados.</i>                   | 65 |
| 6.3.2.1 | <i>Armaduras Soldadas entre ellas.</i>                                   | 66 |
| 6.3.2.2 | <i>Diagrama de resultados para Empalmes soldados.</i>                    | 67 |
| 6.3.3.1 | <i>Primera fisura que presenta la viga.</i>                              | 68 |
| 6.3.3.2 | <i>Resto de fisuraciones presentadas por la viga.</i>                    | 68 |
| 6.3.3.3 | <i>Falla presentada en la pieza metálica soporte.</i>                    | 69 |
| 6.3.3.4 | <i>Diagrama de resultados para Empalmes Mecánicas.</i>                   | 69 |

## **ANEXO A**

|     |   |    |
|-----|---|----|
| A.1 | <i>Diagrama de resultados para probetas a escala.</i> | 78 |
| A.2 | <i>Probetas a escala después de ensayadas.</i>        | 78 |

## **ANEXO B**

|      |   |    |
|------|---|----|
| B.1  | <i>Probeta con perno adicional en extremos.</i>       | 79 |
| B.2a | <i>Falla presentada por las probetas.</i>             | 80 |
| B.2b | <i>Falla presentada por las probetas.</i>             | 80 |
| B.3  | <i>Diagrama de resultados para viga mal diseñada.</i> | 81 |

## ÍNDICE DE TABLAS

| <b>TABLA</b> |  | <b>PÁGINA</b> |
|--------------|--|---------------|
| 3.1.2        | <i>Empalmes traslapados en tracción.</i>   | 29            |
| 3.2.2        | <i>Empalmes traslapados en tracción.</i>   | 34            |
| 3.3.1.1.1    | <i>Longitud de Desarrollo para Barras con Resaltes en Tracción.</i>                                | 40            |
| 3.3.1.1.2    | <i>Factores de Modificación de la Longitud de Desarrollo para Barras con resaltes en Tracción.</i> | 41            |
| 3.3.1.1.3    | <i>Condiciones para la Clase de Empalme por Traslape – Barras con Resaltes en Tracción.</i>        | 42            |
| 3.3.1.1.4    | <i>Longitud Mínima Empalmes por Traslape Barras en Tracción CLASE A. Caso A (Acero A63-42H).</i>   | 42            |
| 3.3.1.1.5    | <i>Longitud Mínima Empalmes por Traslape Barras en Tracción CLASE A. Caso A (Acero A44-28H).</i>   | 43            |
| 3.3.1.1.6    | <i>Longitud Mínima Empalmes por Traslape Barras en Tracción CLASE A. Caso B (Acero A63-42H).</i>   | 44            |
| 3.3.1.1.7    | <i>Longitud Mínima Empalmes por Traslape Barras en Tracción CLASE A. Caso B (Acero A44-28H).</i>   | 44            |
| 3.3.1.1.8    | <i>Longitud Mínima Empalmes por Traslape Barras en Tracción CLASE B. Caso A (Acero A63-42H).</i>   | 44            |
| 3.3.1.1.9    | <i>Longitud Mínima Empalmes por Traslape Barras en Tracción CLASE B. Caso A (Acero A44-28H).</i>   | 45            |
| 3.3.1.1.10   | <i>Longitud Mínima Empalmes por Traslape Barras en Tracción CLASE B. Caso B (Acero A63-42H).</i>   | 45            |
| 3.3.1.1.11   | <i>Longitud Mínima Empalmes por Traslape Barras en Tracción CLASE B. Caso B (Acero A44-28H).</i>   | 45            |
| 3.3.1.2      | <i>Longitud Mínima Empalmes por Traslape Barras en Compresión.</i>                                 | 47            |
| 6.2.1        | <i>Tensión en el acero luego de la fisuración para diferentes cuantías <math>\rho</math></i>       | 61            |
| 6.3.1        | <i>Resultados probetas con empalmes solapados.</i>   | 62            |
| 6.3.2        | <i>Resultados probetas con empalmes soldados.</i>  | 65            |
| 6.3.3        | <i>Resultados probetas con empalmes mecánicos.</i>   | 67            |

**ANEXO A**

**A.1**            *Resultados probetas a escala*.....77

**ANEXO B**

**B.1**            *Resultados probetas con mal diseño de la viga*.....81

**ANEXO C**

**C.1**    *Control Bar (CB) Test Summary Table: ASTM A706 Grade 60  
For Lenton Standard couplers, A2 Series*..... 88

**C.2**    *Compression Test Summary Table: Lenton Standard Coupler EL16A2*..... 89

**C.3**    *Tension and Cyclic Test Summary Table: Lenton Standard Coupler EL16A2*..... 89

**C.4**    *Compression Test Summary Table: Lenton Standard Coupler EL20A2*..... 90

**C.5**    *Tension and Cyclic Test Summary Table: Lenton Standard Coupler EL20A2*..... 90

**C.6**    *Compression Test Summary Table: Lenton Standard Coupler EL22A2*..... 91

**C.7**    *Tension and Cyclic Test Summary Table: Lenton Standard Coupler EL22A2*..... 91

**C.8**    *Compression Test Summary Table: Lenton Standard Coupler EL25A2*..... 92

**C.9**    *Tension and Cyclic Test Summary Table: Lenton Standard Coupler EL25A2*..... 92

**C.10**    *Compression Test Summary Table: Lenton Standard Coupler EL28A2*..... 93

**C.11**    *Tension and Cyclic Test Summary Table: Lenton Standard Coupler EL28A2*..... 93

**C.12**    *Compression Test Summary Table: Lenton Standard Coupler EL32A2*..... 94

**C.13**    *Tension and Cyclic Test Summary Table: Lenton Standard Coupler EL32A2*..... 94

**C.14**    *Compression Test Summary Table: Lenton Standard Coupler EL36A2*..... 95

**C.15**    *Tension and Cyclic Test Summary Table: Lenton Standard Coupler EL36A2*..... 95

**C.16**    *Compression Test Summary Table: Lenton Standard Coupler EL43TA2*..... 96

**C.17**    *Tension and Cyclic Test Summary Table: Lenton Standard Coupler EL43TA2*..... 96

**C.18**    *Compression Test Summary Table: Lenton Standard Coupler EL57TA2*..... 97

**C.19**    *Tension and Cyclic Test Summary Table: Lenton Standard Coupler EL57TA2*..... 97

## RESUMEN

Esta tesis presenta los resultados de una investigación que consistió en la fabricación y posterior ensayo de probetas de hormigón armado sometidas a tracción, cuya característica principal es que todas las armaduras presentes en la probeta presentan algún tipo de empalme. Las vigas fueron sometidas a tracción en ensayos a esfuerzo controlado realizados en la Máquina Universal de Ensayo de Materiales, en la Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Austral de Chile, posteriormente se realiza un análisis con los resultados obtenidos. Además entre los contenidos presentes en esta tesis se incluye: tipos de empalmes y su elaboración, normas que los regulan y empresas que los fabrican (para el caso de los empalmes mecánicos). Se presentará además un Capítulo donde se muestran los resultados obtenidos en los ensayos, para terminar con algunas conclusiones y varios Anexos. Uno de éstos será un informe detallado de ensayos realizados en Laboratorios extranjeros a determinados tipos de empalmes mecánicos.

Tras la realización de los ensayos, los resultados obtenidos fueron los siguientes

- Con empalmes traslapados

Primera fisura a 390 kg.

Rotura a 420 kg.

- Con empalmes soldados

No se presentan fisuras pero si rotura a 520 kg. en la parte exterior de la probeta.

- Con empalmes mecánicos

Primera fisura a 9.600 kg.

Rotura a 12.500 kg.

## SUMMARY

This thesis investigation will expose a results that consisted in the manufacture and later trial of beams of reinforced concrete submitted to traction, and their principal characteristic is that all the reinforcements present they utilize some kind of splices. The beams were submitted to traction in tests to controlled effort. The tests were realized in The Machine Universal of Test of Materials, in the Faculty of Sciences of the Engineering of the Austral University of Chile, posterior an analysis with the obtained aftermaths was realized. Also it is included among the contained presents in this thesis: the splices kinds and their elaboration, standards that are regulated and companies that are manufactured (for mechanical splices). It will be shown also a chapter where they expose the obtained aftermaths in the tests, it will be finished with some conclusions and various anexes. One anexe will be about a detailed report of realized tests in foreign laboratories specific the mechanical splices fellows.

The obtained results were the following for each beam:

- With overlapped splices

First fissure to 390 kg.

Breaking to 420 kg.

- With welded splices

Did not present fissures, but, the breaking was to 520 kg. in the outward side of the beam.

- With mechanical sílices

First fissure to 9.600 kg.

Breaking to 12.500 kg.

## CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

### 1.1 ANTECEDENTES GENERALES

El hormigón presenta una buena resistencia a la compresión, pero, es relativamente débil y frágil en tracción ofreciendo poca resistencia, por lo tanto, resulta inadecuado para piezas que trabajan a tracción o flexión. Pero al reforzar el hormigón disponiendo de barras de acero en las zonas de tracción y reforzando las zonas de compresión, el material resultante conocido como “hormigón armado” está en condiciones de resistir los esfuerzos tanto de compresión como de flexo-tracción.

Por otra parte, en la obra, regularmente en elementos de hormigón armado, algunas veces deben realizarse empalmes de barras, lo que obliga a definir el tipo y las zonas donde es más conveniente realizar dichos empalmes.

En aquellos elementos de hormigón armado que trabajan como tirantes, los esfuerzos a tensión son absorbidos básicamente por las armaduras, y con el fin de minimizar los efectos de fisuración en la pieza de hormigón armado se dispone de una cantidad de armadura tal que la tensión de trabajo sea baja. Por lo anterior, es necesario definir qué tipo de empalme resulta más adecuado y qué comportamiento estructural puede tener la pieza de hormigón armado.

Considerando lo anterior resulta importante estudiar experimentalmente mediante probetas de Hormigón, el tipo de comportamiento de los distintos empalmes utilizados y su mecanismo de falla asociado.

Se destaca entre los empalmes existentes, los escogidos para la investigación, que fueron los empalmes traslapados, los soldados y los ahora más conocidos empalmes mecánicos. (Referencias 10, 11, 12, 13)

## **1.2 PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO A REALIZAR**

Se fabrican las probetas en taller y luego son trasladadas al Laboratorio de Ensaye de Materiales y Control de Calidad del Instituto Naval de la Universidad Austral, donde se utilizará la Máquina Universal para aplicarle tracción directa a la viga.

Las dimensiones de la viga están dadas por la capacidad de la máquina, las cuales son las mínimas para que nos permitan su traslado al laboratorio y posterior ensayo.

Uno de los inconvenientes para el ensayo es como simular el empotramiento de la viga en sus extremos, debido a la forma en que la máquina universal de ensayos toma las probetas que en ella se ensayan, las cuales son principalmente de acero, por lo que se diseñó una pieza que pudiera ser tomada por la máquina y a la vez, ésta, tomar la viga del extremo para poder someterla a tracción.

Como la información que se pudo recopilar en la literatura nacional e internacional no fue muy extensa, debido a los pocos estudios que se han realizado acerca del tema, se realizará una investigación que pretende mostrar lo que sucede con la tracción de una viga que presenta distintos tipos de empalmes en sus armaduras, sus características, ventajas y desventajas para cada tipo.

### 1.3 OBJETIVOS

- **Objetivo General:** Analizar experimentalmente el comportamiento de empalmes de armaduras sometidos a tracción a través de probetas de ensayo.
- **Objetivo Específico:** Fabricar y ensayar a tracción probetas con distintos tipos de empalmes en la Máquina Universal, utilizada en el Laboratorio de Ensaye de Materiales y Control de Calidad de la Universidad Austral de Chile.

## 1.4 METODOLOGIA

Primero se procedió a recopilar los antecedentes necesarios para la fabricación, o sea, materiales y componentes que conforman las probetas.

Seguido de esto se realizó una inspección de la Máquina Universal de ensaye de materiales para ver en que condiciones permite realizar los ensayos y cuales serán las limitaciones que esta presentará.

De la información que se obtuvo se decidió que las dimensiones de las probetas serían de 15x15 cm. y un largo de 50 cm. debido al reducido alargamiento que la máquina Universal permitía.

Después se procedió a la fabricación de estas probetas, en esta parte será donde se aplicará un empalme de distinto tipo a cada probeta de ensayo. Las armaduras se realizaron de 4 barras de  $\varnothing 6$  mm. en el caso de probetas con empalmes solapados y soldados, pero en las probetas con empalmes mecánicos se usaron 4  $\varnothing 12$  mm.. Todos los estribos se fabricaron de  $\varnothing 4,2$  mm. a 10 cm. y el recubrimiento de las probetas fue de 2 cm.

De esta manera cuando las probetas estaban ya preparadas se procedió a su ensayo en el Laboratorio de Ensaye de Materiales y Control de Calidad dependiente del Instituto Naval y a cargo del Docente Sr. Hector Legue, el cual estuvo encargado de manipular la Máquina en los ensayos.

Finalmente, se realiza un análisis de los resultados obtenidos, observando el comportamiento de la probeta y se llega a concluir acerca del experimento.

## CAPÍTULO II TIPO DE EMPALMES Y SUS CARACTERÍSTICAS

### 2. EMPALME DE BARRAS

La longitud mínima de los empalmes, expresada en cm., está dada básicamente por el tipo de sollicitación a que estén sometidas las barras, a la calidad del acero y a la clase del hormigón utilizado.

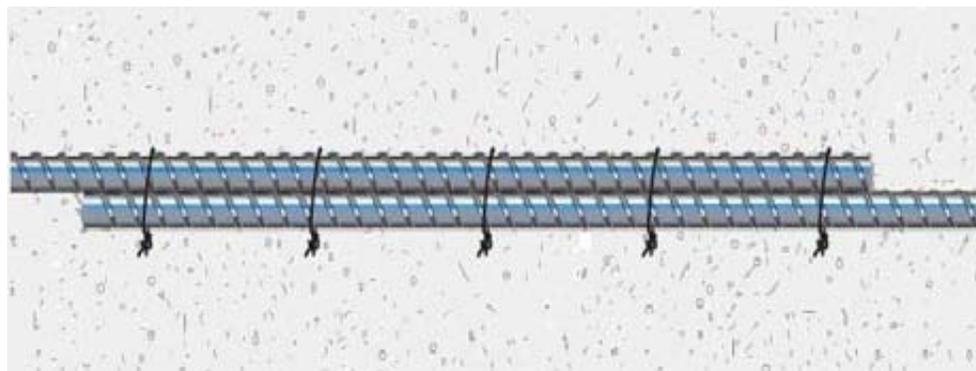
Dado que sólo se permite hacer empalmes cuando lo requieran o permitan los planos de cálculo y las especificaciones, es importante tomar la precaución de no tener varios empalmes en el mismo punto o proyección, tratando que ellos estén ubicados lejos de los puntos de máximo esfuerzo de tracción, sobre todo, porque habitualmente esto se realiza en terreno por la necesidad de largos y no siempre con el conocimiento del ingeniero calculista quién debe autorizar dicha operación.

Los empalmes pueden ser ejecutados mediante un traslapeo de las barras, utilizando conexiones mecánicas o soldadura.

#### 2.1 Empalmes por Solape o Traslapados

##### 2.1.1 Generalidades

En casi todas las estructuras de concreto reforzado deben traslaparse algunas barras de refuerzo (*Figura 1*). El largo de barra requerido puede ser mayor que el de las barras de acero en existencia, o la barra puede ser demasiado larga para transportarse convenientemente. En cualquiera de los casos, los que instalan las barras terminan con dos o más tramos de barra que deben empalmarse.



*Figura 2.1.1.1: Empalme por solape*

## 2.1.2 Ventajas y desventajas

Durante varios años, el método tradicional para conectar barras de armadura ha sido por empalmes traslapados. Sin embargo, varios ingenieros de estructuras, arquitectos, y especialistas han descubierto que los solapes tienen muy pocas ventajas y más desventajas.

### 2.1.2.1 Ventajas

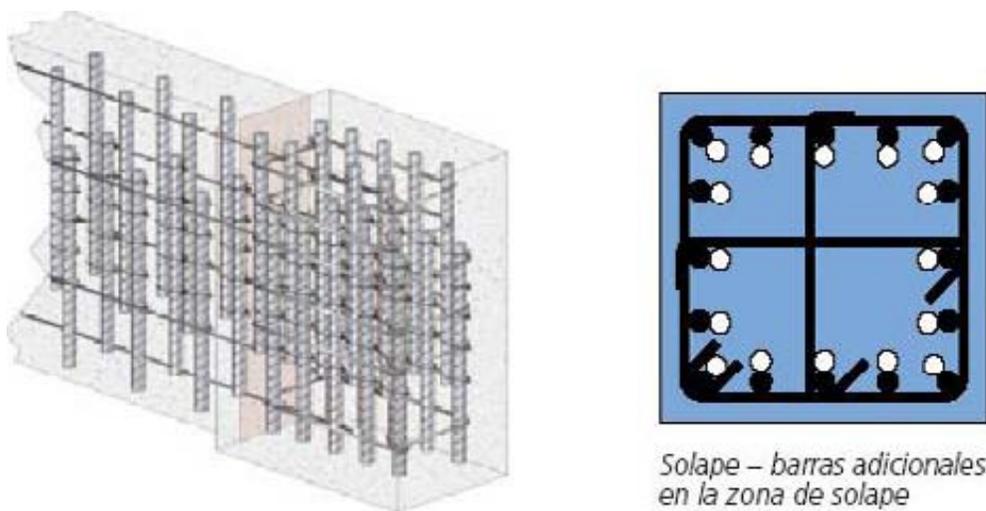
Desde que empezó a usarse el concreto reforzado, los empalmes por traslape han sido el método aceptado para unir las barras. Desde el punto de vista funcional, los empalmes se han comportado adecuadamente con barras de tamaño pequeño, límites de tensión relativamente bajos, y cuando los edificios raramente exceden los 15 pisos.

### 2.1.2.2 Desventajas

A medida que los edificios de concreto reforzado han ido ganando altura, se ha visto la necesidad de limitar el empleo de los empalmes de traslape en determinadas condiciones de la estructura.

La validez de un empalme por solape depende del hormigón por su resistencia, así que se crea en la construcción un punto de ruptura de su integridad y continuidad estructural.

La congestión causada por los empalmes de traslape duplica la relación acero/hormigón la cual debe ser menor al 8% según algunas normas o códigos (*Figura 2*), creando problemas no sólo al posicionar el acero de refuerzo, sino también durante la compactación del hormigón.



**Figura 2.1.2.1:** Congestión de armaduras en el lugar del empalme

Además también aumenta la congestión de las barras de refuerzo en la zona de solape y, ésta es una de las razones principales de la creación de huecos en el hormigón.

## **2.2 Empalmes soldados**

### **2.2.1 Generalidades**

En los empalmes soldados se requerirá considerar la soldabilidad del acero en cuanto a su composición química o índice de Carbono Equivalente (CE).

Aunque la norma chilena NCh 204 no hace referencia a la soldabilidad de las barras para hormigón, en casos especiales se especifican por ingeniería los empalmes soldados, siempre y cuando se obtenga la aprobación previa del IDIEM, DICTUC u otro organismo autorizado por el Estado y ésta operación sea realizada por personal calificado y adecuadamente controlada (*Figura 2.2.2.1*).

El artículo 12.14.3.3<sup>1</sup> del Código ACI especifica que todas las soldaduras de la armadura deben satisfacer los requisitos de ANSI/AWS D1.4 (Structural Welding Code - Reinforcing Steel). La Sección 3.5.2<sup>2</sup> exige que la armadura a soldar debe estar especificada en los planos, y que también se debe especificar el procedimiento de soldadura. Para poder satisfacer estos requisitos del Código correctamente, se recomienda que el ingeniero esté familiarizado con los requisitos de ANSI/AWS D1.4 y con las especificaciones ASTM para barras de armadura.

### **2.2.2 Cualidades y características**

Las especificaciones ASTM A 615 y A 617 no se ocupan de la soldabilidad del acero. Estas especificaciones no establecen límites para los elementos químicos que pueden afectar la soldabilidad del acero. Un parámetro fundamental de ANSI/AWS D1.4 es el carbono equivalente. Las temperaturas mínimas de precalentamiento especificadas en ANSI/AWS D1.4 se basan en el carbono equivalente y en el tamaño de las barras. Por este motivo, de acuerdo con lo especificado en el punto 3.5.2<sup>2</sup> y R3.5.2<sup>2</sup>, cuando es necesario soldar la armadura las especificaciones ASTM A615, A616 y A617 se deben suplementar exigiendo un informe de la composición química de las barras, para poder asegurar que el procedimiento de soldadura especificado sea compatible con las mismas.

---

<sup>1</sup> Código de Diseño H. A. basado en ACI 318: "Empalmes soldados y uniones mecánicas"

<sup>2</sup> Código de Diseño H. A. basado en ACI 318: "Acero de refuerzo"

Las barras de acero ASTM A706 son aptas para las soldaduras. La especificación ASTM A706 contiene límites para los diferentes componentes químicos, incluyendo el carbono, y limita el carbono equivalente a 0,55 por ciento. La composición química y el carbono equivalente deben ser informados. Al limitar el carbono equivalente a 0,55%, ANSI/AWS D1.4 requiere un nivel de precalentamiento bajo o nulo, por lo tanto, no será necesario que el ingeniero suplemente la especificación ASTM A706 cuando se han de soldar las barras. Sin embargo, antes de especificar barras de acero ASTM A706 se debería investigar su disponibilidad en el mercado local.

También es bueno destacar algunos requisitos importantes; tales como: la inspección en obra, la supervisión de los procedimientos de soldadura y el control de calidad de los empalmes soldados.

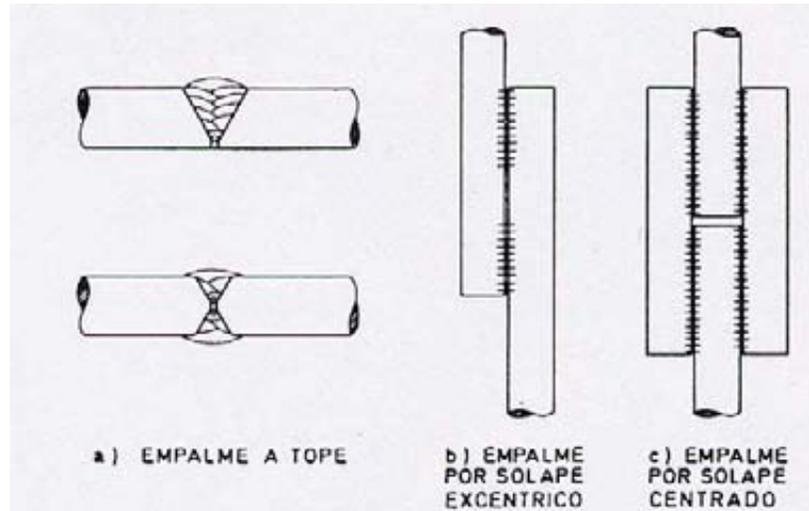
**Figura 2.2.2.1:**  
*Soldadura realizada por personal calificado.*



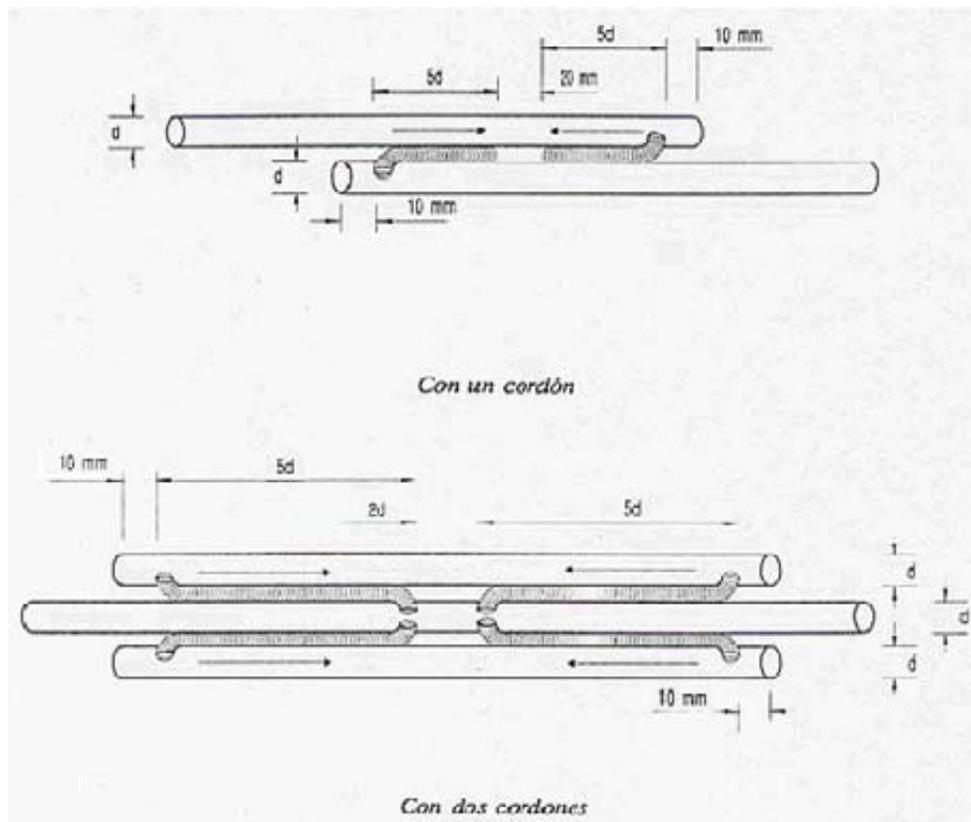
Condiciones:

- ✓ Superficie seca y libre de todo material.  
En casos de empalme a tope es conveniente preparar los bordes, y mejor simétricamente. ( $\phi$  grandes)
- ✓ Pueden ser:
  - Por solape excéntrico ( $\phi < 12$  mm)
  - Solape centrado ( $\phi$  pequeños) (Figura 2.2.2.2)
- ✓ Longitud de soldadura:
  - $> 10 \phi$ , en dos cordones, es decir, la longitud de soldadura no debe superar los 5 diámetros, para no concentrar excesivo calor (Figura 2.2.2.3).

- Si se divide en dos cordones separados:
  - 20mm si es excéntrico
  - Dos diámetros si es centrado



*Figura 2.2.2.2: Tipos de empalmes soldados.*



*Figura 2.2.2.3: Empalmes soldados y su longitud.*

## 2.3 Empalmes mecánicos

### 2.3.1 Generalidades

A medida que los edificios de hormigón armado han ido ganando altura, se ha visto la necesidad de limitar el empleo de los empalmes a traslape a determinadas condiciones de la estructura. Frente a éstos, los empalmes mecánicos ofrecen ventajas que no implican una diferencia significativa en cuanto a costos en obras de gran envergadura.

Con respecto a las conexiones mecánicas, aunque no son ampliamente utilizadas en la práctica chilena, básicamente, existen dos tipos de dispositivos para efectuar los empalmes de barras:

a) Coplas y manguitos:

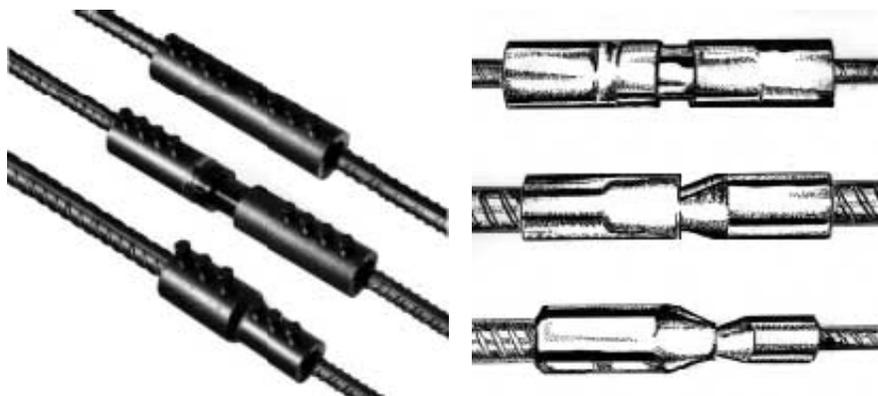
Usadas tanto para barras sometidas a tracción como a compresión.

*Figuras 2.3.1.1a y 2.3.1.1b.*

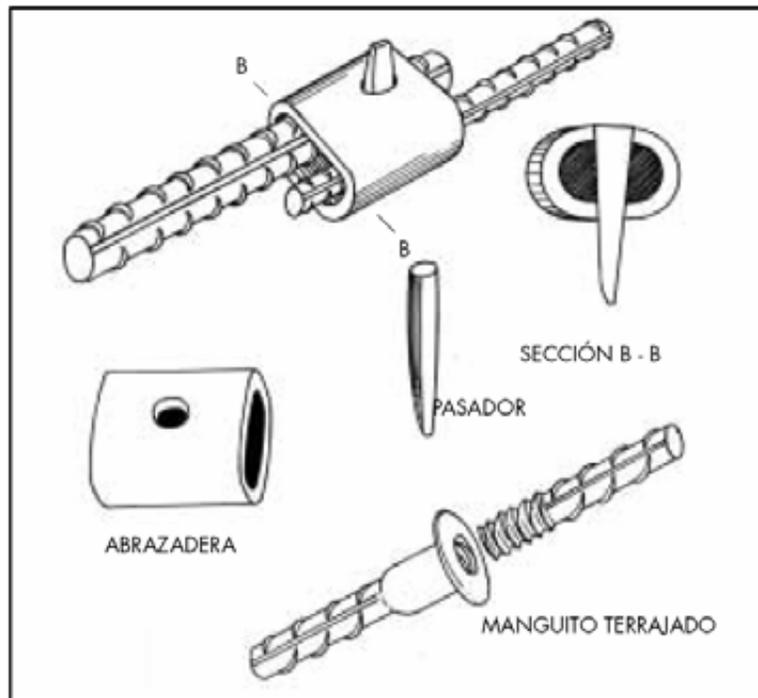
b) Conectores de tope:

Recomendados, solamente, como empalmes para esfuerzos de compresión. *Figura 2.3.1.2.*

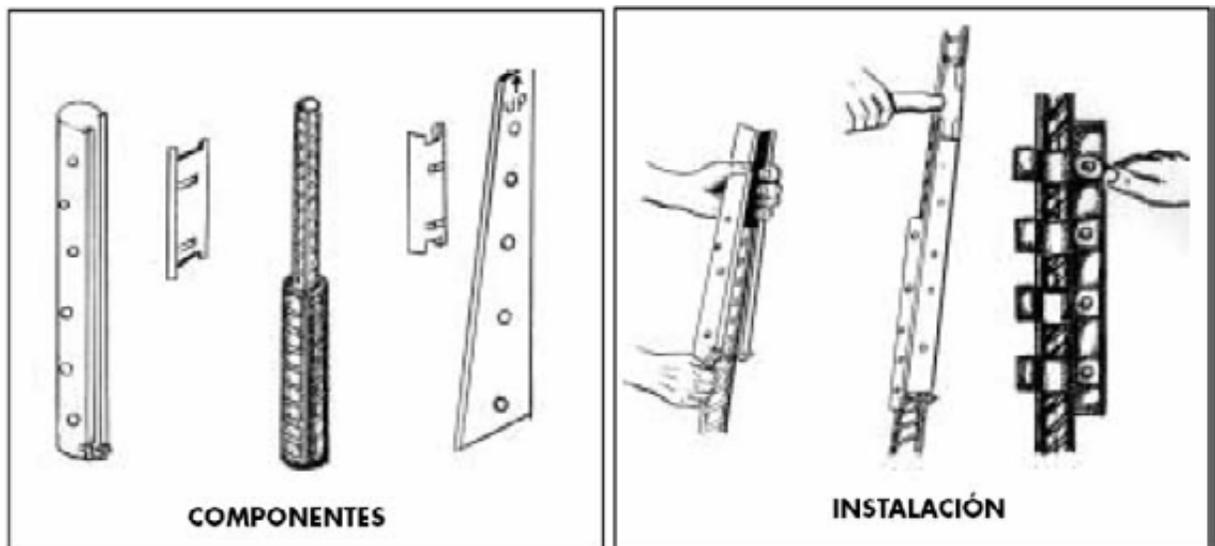
Como criterio básico, se debe considerar que la calidad del acero de las coplas, manguitos y de los conectores de tope debe ser, a lo menos, equivalente al de las barras, además que las uniones deben desarrollar a lo menos el 125% de la tensión de fluencia especificada para el acero de las barras empalmadas cuando la armadura se encuentre en zonas comprimidas o traccionadas.



*Figura 2.3.1.1a: Coplas y manguitos.*



*Figura 2.3.1.1b: Coplas y manguitos.*



*Figura 2.3.1.2: Conectores de tope.*

### 2.3.2 Tipos de Empalmes mecánicos y su aplicación

Para revisar más a fondo cada tipo de empalme mecánico se analizarán los productos de una empresa pionera y líder mundial en el diseño y realización de sistemas avanzados de empalmes mecánicos para barras de armaduras, la prestigiosa Empresa Internacional ERICO®. Ésta produjo una gama completa de sistemas de empalmes mecánicos, cada uno de éstos se concibió respetando determinados parámetros de conexión y cuyos productos se encuentran también en Chile gracias a PPE, empresa distribuidora en nuestro país de Erico.

Entre las conexiones mecánicas que esta empresa pone hoy a disposición del mercado nacional e internacional están las siguientes:

1. MANGUITOS CON ROSCA CÓNICA LENTON®
2. LENTON® FORM SAVER
3. CADWELD®
4. LENTON® INTERLOK
5. LENTON® QUICK-WEDGE
6. LENTON® SPEED-SLEEVE
7. LENTON® TERMINATOR

Cada uno de estos 7 empalmes mecánicos presenta un determinado diseño, una aplicación en particular y un método de instalación que a continuación se mencionarán más detalladamente.

#### *2.3.2.1 MANGUITOS CON ROSCA CÓNICA LENTON®*

Los empalmes por manguito LENTON son los más delgados en el mercado y su rosca cónica los convierte en los más fiables y fáciles en su instalación, realizando un óptimo balance coste/eficacia (*Figura 2.3.2.1*).

Los manguitos LENTON constituyen un sistema de empalme mecánico con rosca cónica que asegura una conexión cerrada positiva, proveyendo continuidad e integridad estructurales a construcciones en hormigón armado. Las barras empalmadas con manguitos LENTON se comportan como barras de refuerzo continuas ofreciendo buena resistencia en tensión, compresión y aplicaciones con esfuerzos invertidos.

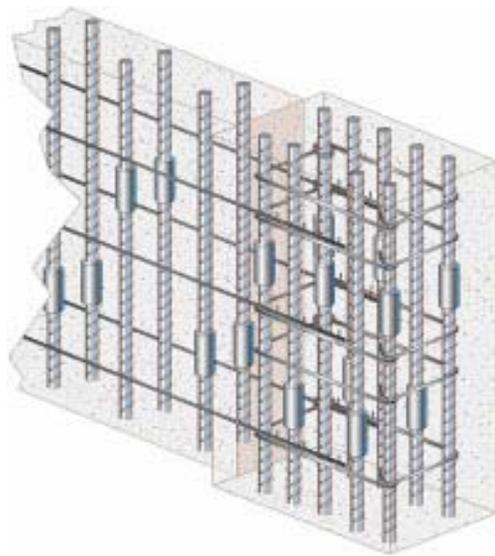


*Figura 2.3.2.1: Manguito de rosca cónica Lenton.*

El diseño cónico de la rosca auto-alineado asegura facilidad de instalación, consistencia de comportamiento y durabilidad. También desarrolla una resistencia a tensión mayor que la de un empalme por solape, proveyendo una transferencia total de las cargas a través del manguito.

#### 2.3.2.1.1 *Ventajas De Diseño*

- Permite utilizar la máxima sección de la barra.
- Su diámetro, el más pequeño en el mercado, reduce la necesidad de cobertura de hormigón y elimina la congestión de barras (*Figura 2.3.2.1.1*).
- Su tamaño compacto y delgado asegura la menor discontinuidad de rigidez.
- La resistencia del empalme es independiente de la deformación de la barra.
- Su rosca cónica de diseño especial no necesita tuercas adicionales y provee un cerramiento positivo, sin problemas de deslizamiento.
- Se puede empalmar mecánicamente cada largo, diámetro, forma o combinación de barras de refuerzo.



**Figura 2.3.2.1.1:**  
*Reducción de congestión de las armaduras en la obra.*

#### 2.3.2.1.2 *Ventajas De Instalación*

- Sirven aproximadamente cuatro vueltas para enroscar el manguito.
- Elimina el peligro de gripamientos de las roscas.
- Es el sistema más rápido para instalar ya que:
  - No se necesitan equipos especiales o mano de obra especializada
  - No se necesitan fuentes de energía exteriores
  - La inspección es sencilla y rápida

- Reduce el tiempo de movilización de grúas
- La máquina roscadora es muy sencilla y se puede instalar en la obra o en los talleres de acero.(Figura 2.3.2.1.2)
- Por estar una gran parte del trabajo ya hecha en taller, los programas de construcción son acelerados.

**Figura 2.3.2.1.2:**

*Máquina roscadora para enfierradura.*



#### 2.3.2.1.3 *Continuidad en la economía del diseño*

Con los manguitos LENTON mejora el balance acero/hormigón eliminando la mitad de las barras necesarias en la "zona de solape" de una columna.

La utilización del solape podría superar la fracción total acero/hormigón en muchas normativas internacionales. Con estos manguitos es más fácil diseñar columnas más delgadas, asegurando la superficie comercial máxima, y reduciendo los costes del encofrado.

#### 2.3.2.1.4 *Continuidad en calidad y resistencia*

Los manguitos de rosca cónica LENTON están hechos en acero de alta resistencia y calidad. Todos los procedimientos de diseño y manufactura son registrados ISO 9001-2000.

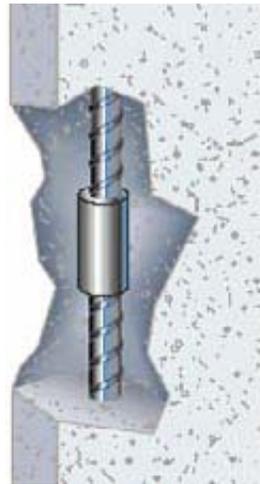
#### 2.3.2.1.5 *Consideraciones sísmicas*

Los solapes se arrancan durante los eventos sísmicos.

Los manguitos LENTON ofrecen más resistencia durante eventos sísmicos, naturales o de otro tipo, por su comportamiento independiente del hormigón alrededor.

También éstos permiten realizar diseños y construir estructuras en hormigón que cumplan o superen los parámetros restrictivos de normativas y estándares locales sobre construcciones en áreas sísmicas. Los manguitos LENTON ofrecen prestaciones superiores a los otros sistemas existentes de empalmes mecánicos en resistencia a eventos sísmicos, naturales o de otro tipo, proveyendo conexiones seguras entre las barras.

*Los manguitos LENTON se comportan como una barra continua independientemente de la condición del hormigón.*

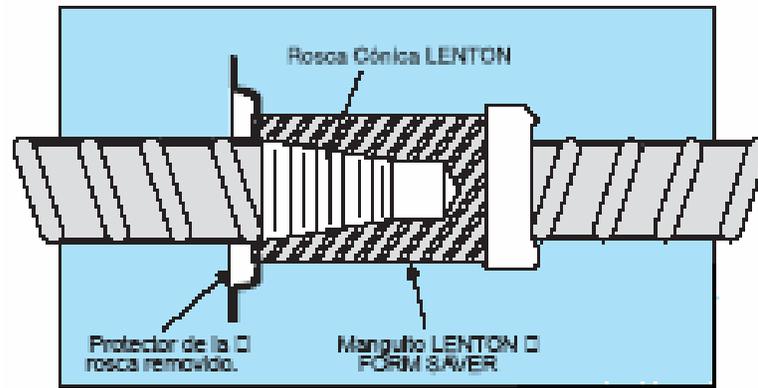


#### 2.3.2.2 LENTON® FORM SAVER

LENTON FORM SAVER es el sistema ideal para eliminar las barras salientes en caso de obras construidas por fases progresivas o en caso de aberturas temporales (*Figura 2.3.2.2.1*). Está diseñado con rosca cónica y fabricado con una protección de la rosca unida a una placa, para una aplicación sencilla y segura al encofrado (*Figura 2.3.2.2.2*).



*Figura 2.3.2.2.1: Sistema de empalme mecánico tipo Lenton Form Saver.*



*Figura 2.3.2.2.2: Elementos del empalme Form Saver.*

Este empalme soluciona el viejo problema de conectar las barras al encofrado. Por ser una extensión del sistema con rosca cónica, Lenton Form Saver ofrece las características del empalme LENTON con algunas ventajas adicionales.

#### 2.3.2.2.1 Características

- Ideal para encofrados, construcción en fases y escaleras, por citar algunas aplicaciones.
- Aumenta la seguridad en la obra por eliminar las barras en espera.
- Cumple con los parámetros de las normativas internacionales.
- Continuos ensayos de calidad durante la producción.
- Disponible en tamaño de 12mm. a 36mm.

Este sistema elimina:

- la necesidad de practicar agujeros en costosos encofrados.
- condiciones de calidad variable y poco segura en barras dobladas y enderezadas.
- ruptura de barras durante el enderezamiento.
- Grado de acero específico para la aplicación.

#### 2.3.2.3 CADWELD®

CADWELD Rebar, el primer sistema de empalme mecánico jamás realizado ofrece consistencia, versatilidad y flexibilidad. Los manguitos CADWELD se utilizan en el caso en que se exija una particular resistencia y solidez (*Figura 2.3.2.3.1*).

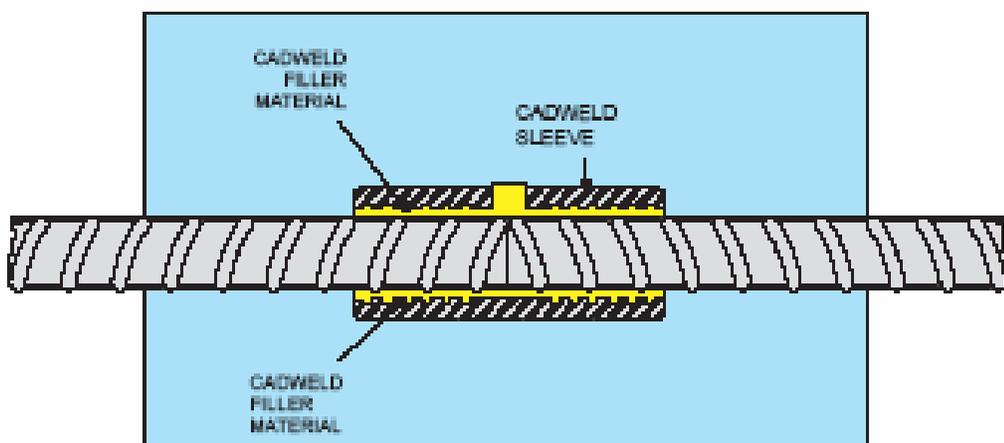


*Figura 2.3.2.3.1: Empalme mecánico tipo Cadweld Rebar.*

CADWELD Rebar es el sistema de empalme más utilizado a escala mundial para instalaciones nucleares, además se utiliza por no tener la exigencia de una preparación particular de las extremidades de las barras.

Para las aplicaciones más exigentes, el sistema de empalme mecánico CADWELD tiene reputación de manguito más resistente. La primera utilización de CADWELD está relacionada con estructuras críticas que pidan márgenes de seguridad mayores, como edificios resistentes a explosiones, tanques de gas en presión, o para conseguir resistencia a terremotos.

CADWELD es un sistema de empalme mecánico, y no una soldadura. Este sistema utiliza la superficie de su pared interna surcada combinada a las nervaduras de la barra. La carga se transfiere de barra en barra a través del manguito llenado con el material CADWELD (*Figura 2.3.2.3.2*), el cual se proporciona para este empalme. La conexión tiene una resistencia y consistencia sin iguales en la industria.



*Figura 2.3.2.3.2: Componentes empalme Cadweld.*

### 2.3.2.3.1 Características

- Llega sin problemas hasta la tensión última mínima de la barra.
- Excelente para conectar barras curvadas (*Figura 2.3.2.3.3*).
- Simplifica la aceleración de los programas de empalmes.
- Ideal para reparaciones por no necesitar previa preparación de las cabezas de las barras.
- Disponible en tamaños de 12 mm. a 57 mm.



**Figura 2.3.2.3.3:**  
*Algunas aplicaciones del empalme Cadweld.*

### 2.3.2.4 LENTON® INTERLOK

LENTON INTERLOK es un sistema de empalme para prefabricadores por estar diseñado para dar una continuidad estructural entre las barras de armaduras en elementos prefabricados (*Figura 2.3.2.4.1*).

El sistema LENTON INTERLOK tiene su máxima eficiencia en construcciones prefabricadas, donde contribuye a eliminar las líneas antiestéticas entre los elementos estructurales con resultados arquitectónicamente muy válidos.

Para construcciones prefabricadas, estos manguitos están diseñados para mantener integridad estructural entre elementos estructurales prefabricados como columnas, vigas y paredes. La conexión realizada cumple con los parámetros normativos de ACI.

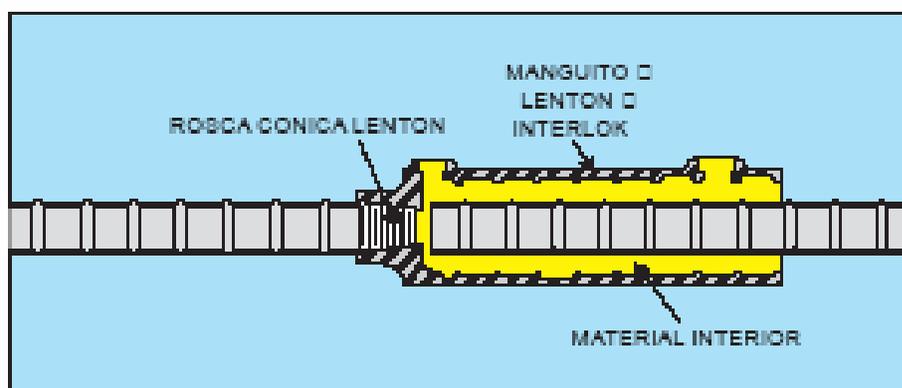


*Figura 2.3.2.4.1: Manguitos tipo Lenton Interlok.*

El sistema de empalme INTERLOK utiliza en una barra el sistema con rosca cónica ya reconocido hace dos décadas.

La otra cabeza se pone al interior del manguito (*Figura 2.3.2.4.2*), que luego se rellena en la obra con una pasta de cemento de fórmula química especial (*Figura 2.3.2.4.3*). La calidad de la conexión está asegurada por ser todo el sistema junto servido por la Empresa distribuidora.

Al contrario de las conexiones por solape, las cargas en tensión son transferidas a través de la barra y no dependen de la resistencia a compresión del hormigón.



*Figura 2.3.2.4.2: Elementos en la unión del empalme Interlok.*

**Figura 2.3.2.4.3:**

*Material con el cual se realiza el empalme Interlok.*



#### 2.3.3.4.1 Características

- Mantiene integridad estructural a través de elementos prefabricados. Las barras conectadas se portan como una barra única mas allá del 125% de la carga  $f_y$ .
- Al contrario de las conexiones por solape, las cargas de tensión se transfieren a través de las barras, y no dependen de la resistencia a compresión del hormigón.
- La conexión no crea problemas alrededor del hormigón, puesto que no hay producción de calor como en las soldaduras.
- No se necesitan más de costosas obras para disfrazar, por ser un sistema de acabado arquitectónicamente válido y agradable.
- Diseñado para todos los tamaños de barras desde 20 a 57mm.

#### 2.3.3.5 LENTON® QUICK-WEDGE

LENTON QUICK-WEDGE está diseñado principalmente para aplicaciones de empalme entre barras ya en obra y su aplicación es muy sencilla y rápida. Este empalme mecánico permite la eliminación de los costos y peligros de demolición de secciones de hormigón. Es un sistema extremadamente eficaz para ampliar viaductos, para mejorar estructuras en zonas sísmicas, para extensiones de pilares (*Figura 2.3.2.5.1*).



*Figura 2.3.2.5.1: Empalme mecánico Quick Wedge.*

El sistema de empalme mecánico QUICK-WEDGE está diseñado para proveer un rápido y fácil método para conexiones de barras desde 12 a 20mm.

El empalme QUICK-WEDGE ofrece una instalación rápida y permite cortar las barras aproximadamente en la medida de la conexión eliminando el problema de cortar las barras a una medida precisa. La conexión se realiza con un trozo de barra saliente solamente de 76mm. (Figura 2.3.2.5.2).

La instalación se hace en algunos instantes solapando las barras en el manguito de acero y luego insertando una cuña entre las barras mediante una máquina hidráulica móvil (Figura 2.3.2.5.3).

#### 2.3.2.5.1 Características

- El largo mínimo de barras en espera necesaria elimina el coste de quitar el hormigón en caso de reparaciones.
- La posibilidad de “solape” y la mínima dimensión de barra libre hace de QUICK-WEDGE el sistema más indicado para trabajos de reparaciones de puentes y carreteras y para cerrar huecos.
- El sistema ideal para agregar barras en acero mediante estribos en aplicaciones sísmicas.
- Cumple con los parámetros de los estándares normativos.
- Se pueden realizar más de 100 conexiones por hora.



**Figura 2.3.2.5.2:**  
*Instalación del empalme  
 Mecánico Quick Wedge.*

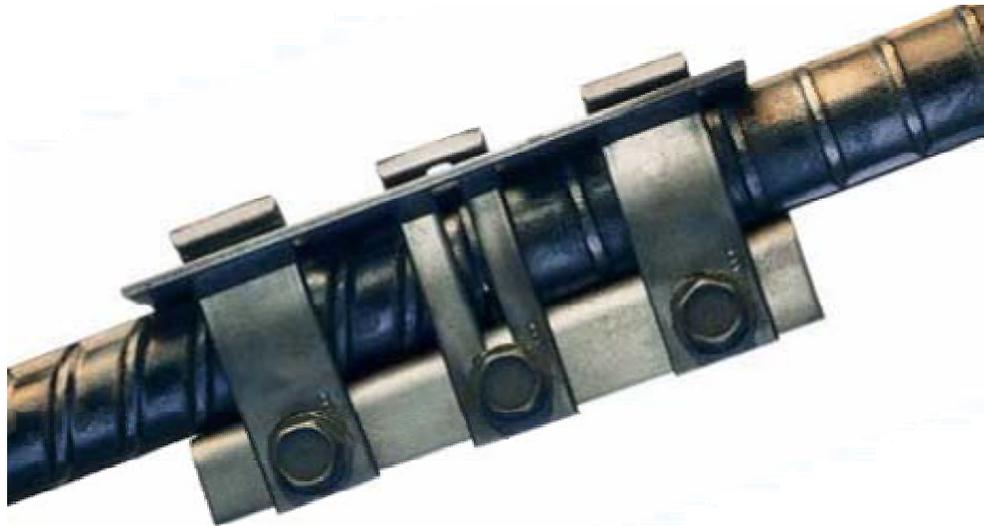


**Figura 2.3.2.5.3:** *Máquina hidráulica móvil para instalación del empalme Quick Wedge.*

### 2.3.2.6 LENTON® SPEED-SLEEVE

LENTON SPEED-SLEEVE es la primera elección de las empresas para aplicaciones solo a compresión (*Figura 2.3.2.6.1*).

Este empalme se ha diseñado para una rápida instalación y una inspección sencilla, solamente utilizando las extremidades de las barras escuadradas.



*Figura 2.3.2.6.1: Empalme mecánico para compresión Speed Sleeve.*

LENTON SPEED-SLEEVE está conforme a las normas internacionales de los empalmes solo a compresión.

Para aplicaciones de sola compresión, SPEED-SLEEVE es el sistema que está diseñado para permitir la transferencia de cargas de compresión mediante una alineación correcta de las cabezas de las barras (*Figura 2.3.2.6.2*).

SPEED-SLEEVE es un sistema atractivo en los casos en que hay que conectar una segunda barra a una barra en espera con el trabajo de una sola persona, también para instalar cajas prefabricadas.



*Figura 2.3.2.6.2: Aplicación empalme Speed Sleeve.*

### 2.3.2.6.1 Características

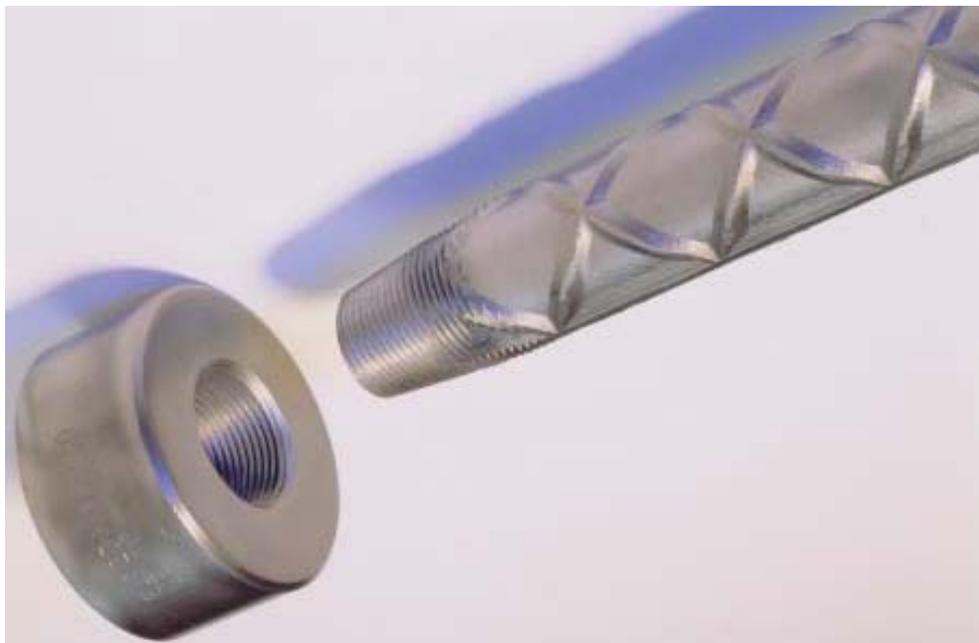
- Instalación hecha por una sola persona, con ahorro de costes de mano de obra.
- Conexiones entre barras de diámetro distinto se pueden realizar insertando un adaptador.
- La instalación se efectúa con el auxilio de una llave eléctrica o hidráulica.
- Diseñado para diámetros de 20 a 57mm.

### 2.3.2.7 LENTON® TERMINATOR

LENTON TERMINATOR es un anclaje con rosca cónica que se pone a la extremidad de una barra de armadura para realizar un anclaje más eficaz que de un anclaje hecho a través de una barra doblada (*Figura 2.3.2.7.1*). Este sistema simplifica el hueco de las armaduras, reduce la congestión y mejora la integridad estructural.

Los recientes cambios de normativas introdujeron un número mayor de barras, mientras al mismo tiempo, los ingenieros intentan conseguir elementos estructurales más compactos.

Todo esto lleva a un aumento significativo de congestión con problemas de puesta en obra. Suportado por los positivos ensayos sobre el anclaje, el empalme TERMINATOR es una solución a esos problemas, por eliminar la mayoría de las partes terminales dobladas de las barras y luego reducir tiempo y costes de puesta en obra.



*Figura 2.3.2.7.1: Empalme para anclajes Lenton Terminator.*

Por utilizar los principios de la teoría de distribución cónica de la carga<sup>3</sup> el empalme TERMINATOR está diseñado para su utilización con barras de cada diámetro (12mm. a 57mm.) y tipo. El empalme TERMINATOR incorpora el ya muchas veces testado y aprobado sistema de rosca cónica.

#### 2.3.2.7.1 Características

- 60% de reducción de congestión debida a barras dobladas.
- Cumple con todas las principales normativas minimizando el tamaño de los anclajes estándares.
- Simplifica la puesta en obra para una ejecución más eficaz (*Figura 2.3.2.7.2*).
- Ofrece una mayor flexibilidad de diseño, comparada a la dobladura estándar.
- Instalación más rápida con ahorro de coste de mano de obra.
- Las dimensiones estándares del producto exigen un menor detalle en el diseño.
- Simplifica y permite la extensión futura de la estructura.



*Figura 2.3.2.7.2: Terminator, simplicidad para la puesta en obra.*

---

<sup>3</sup> Método del Código ACI 355

**CAPÍTULO III      EMPALMES DE ARMADURA SEGÚN  
CÓDIGO DE DISEÑO DE HORMIGÓN ARMADO,  
NORMA CHILENA Y MANUAL DE ARMADURAS DE  
REFUERZO PARA HORMIGON**

**NOTACIÓN**

- $A_s$  : Área de la armadura no pretensada en tracción,  $mm^2$ .
- $A_v$  : Área de la armadura por corte en una distancia  $s$ ,  $mm^2$ .
- $b_w$  : Ancho del alma de la viga,  $mm$ .
- $CE$  : Índice de Carbono equivalente.
- $d_b$  : Diámetro nominal de la barra,  $mm$ .
- $f_c'$  : Resistencia especificada del hormigón,  $MPa$ .
- $f_y$  : Tensión de fluencia especificada para el acero de la armadura,  $MPa$ .
- $l_d$  : Longitud de desarrollo,  $mm$ .
- $l_{ep}$  : Longitud de empalme por traslape,  $mm$ .
- $s$  : Espaciamiento máximo de la armadura transversal dentro de  $l_d$ , medido de centro a centro,  $mm$ .
- $\alpha$  : Factor relativo a la ubicación de la armadura.
- $\beta$  : Factor por recubrimiento.
- $\lambda$  : Factor para hormigón con agregado liviano.

Este capítulo está principalmente constituido por extractos de la sección 12 del Código de Diseño de Hormigón Armado basado en el ACI 318-95 y editado por la Comisión de Diseño Estructural en Hormigón Armado y Albañilería el año 2002, la Norma Chilena NCh430.aR86 del Instituto Nacional de Normalización y el Manual de Armaduras de Refuerzo para Hormigón (Fabricación - Instalación - Protección) editado por Gerdau AZA S.A.

### 3.1 *SEGÚN CÓDIGO DE DISEÑO DE HORMIGÓN ARMADO*<sup>4</sup>

#### 3.1.1 **Empalmes de la armadura**

##### 3.1.1.1 *Generalidades*

En la armadura sólo se permite hacer empalmes cuando lo requieran o permitan los planos de cálculo, las especificaciones, o si lo autoriza el Ingeniero.

##### 3.1.1.2 *Traslapes*

Para las barras mayores de  $\phi 36$  no se deben utilizar traslapes, excepto para los casos indicados en la sección 12.16.2<sup>5</sup> y 15.8.2.3<sup>6</sup> del Código de Diseño.

Los empalmes traslapados de los paquetes de barras deben basarse en la longitud de traslapo indicada para cada barra de un paquete, aumentándose en un 20% para un paquete de 3 barras y en 33% para un paquete de 4 barras. Los empalmes de las barras individuales del paquete no deben sobreponerse. No deben traslaparse paquetes enteros.

En elementos sometidos a flexión las barras traslapadas que no quedan en contacto entre si no deben separarse transversalmente a más de 1/5 de la longitud de traslape requerida, ni más de 150mm.

##### 3.1.1.3 *Empalmes soldados y uniones mecánicas*

Se puede usar empalmes soldados u otras uniones mecánicas. Excepto en lo dispuesto por el código, todo lo referente a soldaduras se debe llevar a cabo de acuerdo con “Structural Welding Code-Reinforcing Steel” (ANSI/AWS D1.4).

Un empalme totalmente soldado debe desarrollar, por lo menos, un 125% de la tensión de fluencia especificada  $f_y$  de la barra.

Las conexiones totalmente mecánicas deben desarrollar en tracción o compresión, según se requiera, por lo menos un 125% de la tensión de fluencia especificada  $f_y$  de la barra.

Los empalmes soldados y las uniones mecánicas que no cumplan con los requisitos de tensión especificados anteriormente se permiten sólo para barras  $\phi 16$  o menores y de acuerdo con la sección 12.15.4<sup>7</sup> del Código de Diseño.

---

<sup>4</sup> Basado en el ACI 318-95

<sup>5</sup> Código de Diseño Hormigón Armado: “Empalmes de barras con resaltes sometidas a compresión”

<sup>6</sup> Código de Diseño Hormigón Armado: “Transmisión de esfuerzos en la base de columnas, muros o dados”

### 3.1.2 Empalmes de alambres y barras con resaltes sometidas a tracción

Los traslapes sometidos a tracción se clasifican como tipo A y B, en los cuales la longitud de traslape es un múltiplo de la longitud de desarrollo en tracción  $l_d$ .

La longitud mínima del traslape en tracción debe ser la requerida para empalmes clases A o B, pero no menor que 300mm., donde:

Traslape clase A.....  $1.0l_d$

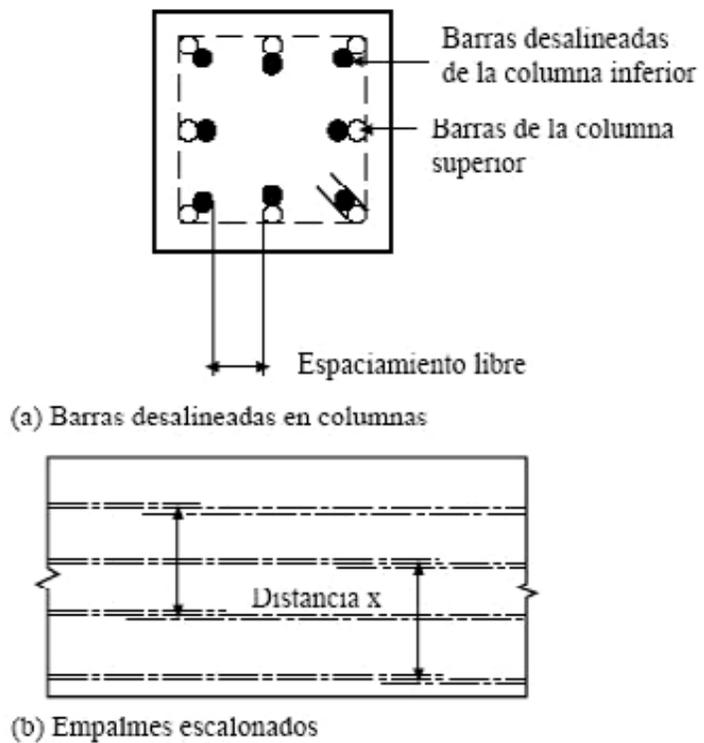
Traslape clase B.....  $1.3l_d$

Donde  $l_d$  es la longitud de desarrollo por tracción para la tensión de fluencia especificada  $f_y$ , de acuerdo con la sección 12.2<sup>8</sup> del código de Diseño y sin el factor de modificación de la sección 12.2.5<sup>9</sup>.

Cuando muchas barras se empalman en la misma sección, el espaciamiento libre es la distancia mínima entre las barras medida fuera de la longitud del empalme menos un diámetro de barra. Para traslapes en columnas con barras desalineadas, la Figura 3.1.2 (a) ilustra el espaciamiento libre que debe usarse. Para traslapes escalonados, el espaciamiento libre es la distancia entre barras de traslapes adyacentes [distancia x en la Figura 3.1.2 (b)] menos los diámetros de cualquier barra intermedia no empalmada.

**Figura 3.1.2:**

*Espaciamiento libre de barras traslapadas.*



<sup>7</sup> Código de Diseño Hormigón Armado: “Empalmes de alambres y barras con resaltes sometidas a tracción”

<sup>8</sup> Código de Diseño Hormigón Armado: “Desarrollo de barras con resalte y de alambres estriados sometidos a tracción”

<sup>9</sup> Código de Diseño Hormigón Armado: “Armadura en exceso”

Los traslapes de alambres y barras con resaltes sujetos a tracción deben ser traslapes clase B, excepto que se admiten traslapes de clase A cuando:

- (a) el área de armadura proporcionado es al menos el doble que el requerido por análisis a todo lo largo del traslape y
- (b) la mitad, o menos, de la armadura total está traslapada dentro de la longitud del traslape requerido.

Los requisitos para traslapes en tracción de la sección 3.1.2 fomentan la localización de los traslapes fuera de las zonas de altos esfuerzos de tracción, hacia donde el área del acero proporcionado en la localización del traslape sea por lo menos 2 veces la requerida por el análisis.

La Tabla 3.1.2 muestra los requisitos para traslapes tal y como presentaban en anteriores ediciones del Código de Diseño.

**Tabla 3.1.2: Empalmes traslapados en tracción**

| $\frac{A_s \text{ proporcionado}}{A_s \text{ requerido}}$ | Porcentaje máximo de $A_s$ traslapado en la longitud requerida para dicho traslape |         |
|---|--|---------|
|   | 50   | 100     |
| Igual o mayor que 2                                       | clase A  | clase B |
| menor que 2   | clase B  | clase B |

\* Razón entre el área de armadura proporcionado y la requerida por cálculo en la zona de traslape

Los empalmes soldados o las uniones mecánicas utilizados donde el área de armadura proporcionada es menor del doble de la requerida por el análisis, deben cumplir con los requisitos de la sección 12.14.3.3<sup>10</sup> o de la 12.14.3.4<sup>10</sup> (Sección 3.1.1.3).

Un empalme soldado o unión mecánica debe desarrollar, por lo menos, un 125% de la tensión de fluencia especificada cuando se encuentra localizado en regiones con elevadas tracciones en la armadura. Dichos empalmes o conexiones no necesitan estar escalonados, aunque este escalonamiento es aconsejable donde el área de armadura es menos del doble de la requerida por cálculo.

<sup>10</sup> Código de Diseño Hormigón Armado: "Empalmes soldados y uniones mecánicas"

Los empalmes soldados o las conexiones mecánicas que no cumplen con los requisitos de las secciones 12.14.3.3<sup>11</sup> ó 12.14.3.4<sup>11</sup> se permiten para barras  $\phi 16$  o menores cuando el área de armadura proporcionada es, por lo menos, el doble de la requerida por el análisis, y se cumplen los siguientes requisitos:

- Los empalmes deben estar escalonados cuando menos 600mm., de tal manera que desarrollen en cada sección, por lo menos, 2 veces la fuerza de tracción calculada en esa sección, pero no menos de 140MPa para el área total de armadura proporcionada.
- Al calcular las fuerzas de tracción desarrolladas en cada sección, evalúe la armadura empalmada con la resistencia especificada del traslape. La armadura no empalmada debe evaluarse con aquella fracción de  $f_y$  definida por la razón de la longitud de anclaje real más corta a  $l_d$  requerida para desarrollar la tensión de fluencia especificada  $f_y$ .

Los empalmes en “elementos de amarre en tracción” se deben hacer con un empalme completamente soldado o una unión mecánica completa, de acuerdo con las secciones 12.14.3.3<sup>11</sup> ó 12.14.3.4<sup>11</sup>, y los empalmes en las barras adyacentes deben estar escalonados por lo menos a 760mm.

Un elemento de amarre en tracción tal como lo considera el Comité ACI 318, tiene las siguientes características: un elemento que tiene una fuerza de tracción axial suficiente para crear tracción sobre la sección transversal; un nivel tal de esfuerzo en la armadura que todas las barras deben ser completa-mente efectivas; y un recubrimiento limitado de hormigón en todos sus lados. Algunos elementos que, como ejemplo, se pueden clasificar como elementos de amarre en tracción son tensores en arcos, colgadores que transmiten la carga a una estructura de soporte superior y elementos principales de tracción en una cercha.

### 3.1.3 Empalmes de barras con resaltes sometidas a compresión

La longitud de un traslape en compresión debe ser de  $0.07 f_y d_b$ , para  $f_y$  igual a 420 MPa o menor, o  $(0.13 f_y - 24)d_b$  para  $f_y$  mayor que 420 MPa, pero no debe ser menor que 300mm. Para  $f_c'$  menor que 20 MPa, la longitud del traslape debe incrementarse en 1/3.

Cuando se traslapan barras de diferente diámetro en compresión, la longitud del traslape debe ser mayor que: la longitud de desarrollo de la barra de tamaño mayor, o la longitud de traslape de la barra de diámetro menor. Se permite traslapar barras  $\phi 44$  y  $\phi 56$  con barras,  $\phi 36$  y de diámetro menor.

---

<sup>11</sup> Código de Diseño Hormigón Armado: “Empalmes soldados y uniones mecánicas”

Los empalmes soldados o las uniones mecánicas usadas en compresión deben cumplir con los requisitos de la sección 12.14.3.3<sup>11</sup> ó 12.14.3.4<sup>11</sup>.

### 3.1.3.1 Empalmes de tope

En las barras que se requieren sólo para compresión, se permite transmitir la tensión de compresión por apoyo directo a través de cortes a escuadra, mantenidos en contacto concéntrico por medio de un dispositivo adecuado.

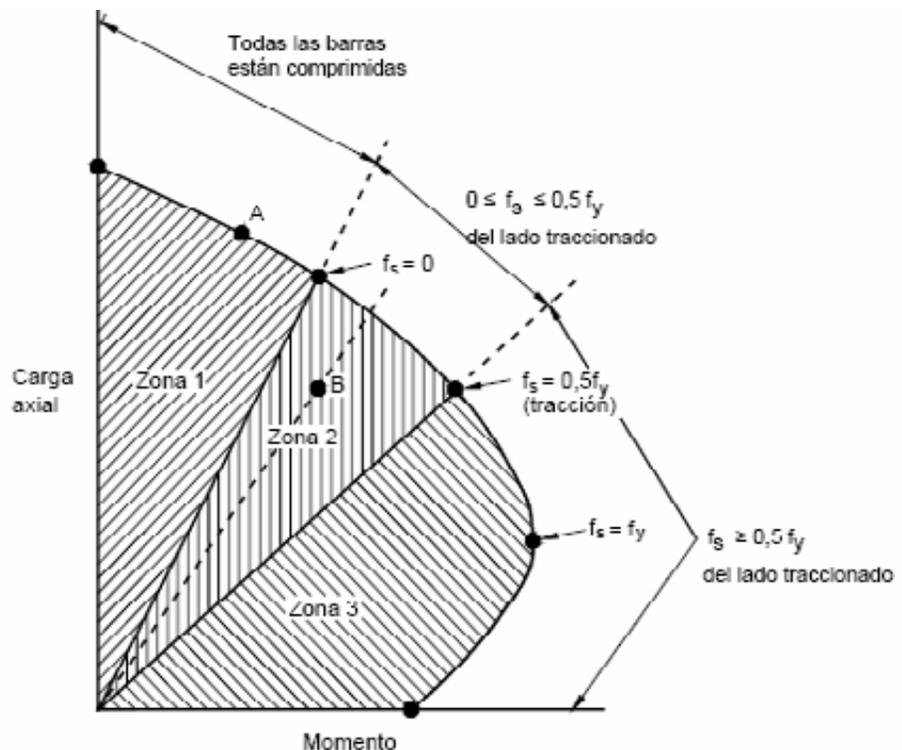
Los extremos de las barras deben terminar en superficies planas que formen un ángulo recto con el eje de la barra, con una tolerancia de 1.5°, y deben ser ajustadas con una tolerancia de 3° del apoyo completo después del ensamble.

Los traslapes de tope se deben usar únicamente en elementos que tengan estribos o amarras cerradas o zunchos.

### 3.1.4 Requisitos especiales de empalmes para columnas

Los traslapes, empalmes soldados a tope, conexiones mecánicas, o empalmes de tope deben usarse, con las limitaciones de las secciones 12.17.2<sup>12</sup> a la 12.17.4<sup>13</sup>. El empalme debe satisfacer los requisitos para todas las combinaciones de carga de la columna.

**Fig. 3.1.4:**  
*Requisitos especiales para empalmes en columnas.*



<sup>12</sup> Código de Diseño Hormigón Armado: "Traslapes en columnas"

<sup>13</sup> Código de Diseño Hormigón Armado: "Empalmes de tope en columnas"

### **3.1.4.1 Traslapes en columnas**

Cuando la tensión de las barras debido a las cargas mayoradas es de compresión, los traslapes deben cumplir con 12.16.1<sup>14</sup>, 12.16.2<sup>14</sup>, y cuando sea aplicable 12.17.2.4<sup>12</sup> o 12.17.2.5<sup>12</sup>.

Cuando la tensión de las barras debido a las cargas mayoradas es de tracción, y no excede  $0.5f_y$  en tracción, los traslapes por tracción deben ser clase B si más de la mitad de las barras se traslapan en cualquier sección, o traslapes por tracción de clase A si la mitad o menos de las barras están traslapadas en cualquier sección, y los traslapes alternos están escalonados en  $l_d$ .

Cuando la tensión de las barras debido a cargas mayoradas es mayor que  $0.5f_y$  en tracción, los traslapes por tracción deben ser clase B.

En elementos sujetos a compresión en que las amarras a lo largo de toda la longitud del traslape tengan un área efectiva no menor que  $0.0015hs$ , se permite multiplicar la longitud del traslape por 0.83, pero la longitud de traslape no debe ser menor que 300mm. Las ramas de la amarra perpendiculares a la dimensión  $h$  deben usarse para determinar el área efectiva.

En elementos sometidos a compresión con zunchos, se permite multiplicar la longitud del traslape de las barras dentro del suncho por 0.75, pero dicha longitud no debe ser menor de 300mm.

### **3.1.4.2 Empalmes soldados o uniones mecánicas en columnas**

Los traslapes soldados o las uniones mecánicas en columnas deben cumplir con los requisitos de la sección 12.14.3.3<sup>11</sup> ó 12.14.3.4<sup>11</sup>.

### **3.1.4.3 Empalmes de tope en columnas**

Se permite usar empalmes de tope que cumplan con la sección 12.16.4<sup>15</sup> para barras de columnas sometidas a tensiones de compresión con la condición de que los empalmes estén escalonados o que se especifiquen suples en las zonas de empalme. Las barras que continúan en cada cara de la columna deben tener una resistencia a la tracción, basada en la tensión de fluencia especificada  $f_y$ , no menor que  $0.25f_y$  veces el área de la armadura vertical en esa cara.

---

<sup>14</sup> Código de Diseño Hormigón Armado: “Empalmes de barras con resaltes sometidos a compresión”

<sup>15</sup> Código de Diseño Hormigón Armado: “Empalmes de tope”

## 3.2 *SEGÚN NORMA CHILENA NCh430.aR86*

### 3.2.1 **Empalmes de armadura**

#### 3.2.1.1 *Generalidades*

Se harán empalmes para armaduras únicamente cuando lo estipule o lo permitan los planos del diseño, las especificaciones o cuando así lo autorice el Ingeniero.

#### 3.2.1.2 *Empalmes traslapados*

En barras mayores que el N° 35 no se debe usar empalmes traslapados, excepto cuando lo estipule 12.16.2<sup>16</sup> y 15.8.2.4.

Los empalmes traslapados de los paquetes de barras deben basarse en la longitud de traslapo indicada para cada barra de un paquete, aumentándose en 20% para un paquete de 3 barras y en 33% para un paquete de 4 barras. Los empalmes de cada barra de un paquete no deben traslaparse.

Las barras traslapadas sin contacto en componentes a flexión no deben presentar espacios transversales de más de 1/5 de la longitud de traslapo estipulada, ni 150mm.

#### 3.2.1.3 *Empalmes soldados y conexiones mecánicas*

Se puede utilizar empalmes soldados y otras conexiones mecánicas.

Exceptuando lo dispuesto en este Código, todos los procedimientos de soldadura deben ceñirse a lo que se indica en el documento Structural Welding Code Reinforcing Steel (AWS D1.4).

Un empalme totalmente soldado debe tener barras soldadas a tope para desarrollar a la tracción por lo menos un 125% de la resistencia especificada a la fluencia  $f_y$  de la barra.

Una conexión totalmente mecánica en tracción o en compresión debe desarrollar por lo menos un 125% de la resistencia especificada a la fluencia  $f_y$  de la barra.

Se pueden usar empalmes soldados y conexiones mecánicas que no cumplan con los requisitos de 12.14.3.3<sup>17</sup> ó 12.14.3.4<sup>17</sup>, en conformidad con 12.15.4<sup>18</sup>.

<sup>16</sup> NCh430.aR86: "Empalmes para barras con resaltes sujetas a compresión"

<sup>17</sup> NCh430.aR86: "Empalmes soldados y conexiones mecánicas"

<sup>18</sup> NCh430.aR86: "Empalmes para barras y alambres con resaltes en tracción"

### 3.2.2 Empalmes para barras y alambres con resaltes en tracción

La longitud mínima del traslape para empalmes de traslapos sujetos a tensión debe ser la que se indica para los empalmes clase A, B o C, pero, no debe ser menos de 300mm en que:

|                  |           |
|------------------|-----------|
| Empalmes Clase A | 1,0 $l_d$ |
| Empalmes Clase B | 1,3 $l_d$ |
| Empalmes Clase C | 1,7 $l_d$ |

En que  $l_d$  es la longitud de anclaje por tracción para la resistencia especificada a la fluencia  $f_y$ , en conformidad con 12.2<sup>19</sup>.

Los empalmes traslapados para barras y alambres con resaltes en tensión deben cumplir con lo dispuesto en la Tabla 3.2.2.

**Tabla 3.2.2: Empalmes traslapados en tracción.**

| $A_s$<br>SUMINISTRADA*) | PORCENTAJE MÁXIMO DE $A_s$ EMPALMADO SEGÚN<br>LA LONGITUD DE TRASLAPE ESTIPULADA |         |         |
|-------------------------|--|---------|---------|
|                         | 50   | 75      | 100     |
| $A_s$ REQUERIDA         |  |         |         |
| Igual o mayor que 2     | Clase A  | Clase A | Clase B |
| Menor que 2             | Clase B  | Clase C | Clase C |

\*) Razón entre el área de armadura proporcionada y el área de armadura requerida por el cálculo en la ubicación del empalme.

Cuando el área de armadura proporcionada es menor que el doble estipulado por el cálculo, los empalmes soldados y las conexiones mecánicas deben cumplir con los requisitos de 12.14.3.3<sup>17</sup> ó 12.14.3.4<sup>17</sup>.

Cuando el área de armadura proporcionada es igual por lo menos al doble de la estipulada por el cálculo, los empalmes soldados y las conexiones mecánicas deben cumplir con lo siguiente:

<sup>19</sup> NCh430.aR86: "longitud de anclaje de barras y alambres con resaltes en tracción"

- Los empalmes deben colocarse en forma escalonada por lo menos cada 600mm de manera tal que puedan desarrollar en cada sección, por lo menos, dos veces la fuerza de tracción calculada para esa sección, pero no menos de 140Mpa para el área total de armadura proporcionada.
- Al calcular la fuerza de tracción desarrollada en cada sección, se puede evaluar la armadura traslapada en función de la resistencia del traslapo especificada. La armadura sin empalmes debe evaluarse a razón de esa fracción de  $f_y$  definida por la razón entre la longitud de anclaje real más corta y la  $l_d$  que se requiere para desarrollar la resistencia especificada a la fluencia  $f_y$ .
- Los empalmes en los componentes con cercos sujetos a tracción deben formarse utilizando un empalme totalmente soldado o una conexión totalmente mecánica en conformidad con 12.14.3.3<sup>17</sup> ó 12.14.3.4<sup>17</sup> y los empalmes de las barras adyacentes deben colocarse en forma escalonada por lo menos a 800mm.

### 3.2.3 Empalmes para barras con resaltes sujetas a compresión

La longitud mínima de un empalme traslapado a compresión debe ser la longitud de anclaje en compresión calculada según 12.3<sup>20</sup>, pero no debe ser menor que  $0,07f_y d_b$ , ni menor que  $(0,13f_y - 24)d_b$  cuando  $f_y$  es mayor que 400Mpa, ni tener menos de 300mm. Cuando  $f'_c$  es menor que 20Mpa, aumentar en 1/3 la longitud de traslapo.

Cuando hay barras de diferentes tamaños con empalmes traslapados sujetos a compresión, la longitud del empalme debe ser la mayor de: la longitud de anclaje de la barra de tamaño mayor o la longitud de anclaje de la barra de tamaño menor. Las barras del N° 45 y 55 pueden llevar empalmes traslapados a barras N° 35 y menores.

En componentes a compresión con cercos, donde los cercos tengan un área efectiva mínima de  $0,0015 h_s$ , comprendida toda la longitud del traslapo, la longitud de traslapo puede multiplicarse 0,83, pero no debe tener áreas de 300mm. Para determinar el área efectiva deben utilizarse las ramas de los estribos perpendiculares a la dimensión  $h$ .

En componentes con armadura en espiral, la longitud del empalme traslapado de las barras de la espiral puede multiplicarse por 0,75, pero la longitud del traslape no deben tener menos de 300mm.

Los empalmes soldados o las conexiones mecánicas usadas en compresión deben cumplir con los requisitos de 12.14.3.3<sup>17</sup> ó 12.14.3.4<sup>17</sup>.

---

<sup>20</sup> NCh430.aR86: "Longitud de anclaje de barras con resaltes sujetas a compresión"

### 3.2.3.1 *Empalmes en apoyos de extremo*

En las barras usadas sólo para compresión, la tensión de compresión se podrá transmitir apoyándose en los cortes a escuadra que se mantienen en contacto concéntrico mediante un dispositivo adecuado.

Los extremos de las barras deben terminar en superficies planas en ángulo recto de  $1\frac{1}{2}^\circ$  al eje de las barras, con una tolerancia de  $3^\circ$  del apoyo completo una vez montados.

Los empalmes en apoyos de extremo deben usarse únicamente en componentes que contengan cercos cerrados, estribos cerrados o espirales.

### 3.2.4 **Requisitos especiales para empalmes de columnas**

Cuando la tensión de carga mayorada en las barras longitudinales de una columna, calculada para diversas combinaciones de carga, varíe de  $f_y$  en compresión a  $\frac{1}{2} f_y$  o menos, en tracción, se pueden usar empalmes traslapados, empalmes soldados a tope, conexiones mecánicas o empalmes para apoyo de extremo. La resistencia total a la tracción proporcionada en cada cara de la columna por los empalmes solos o por una combinación de empalmes con barras continuas sin empalmes, a la resistencia a la fluencia especificada  $f_y$  debe ser por lo menos el doble e la tracción calculada en esa cara de la columna, pero no debe ser menor que la estipulada en 12.17.3<sup>21</sup>.

Cuando la tensión de carga mayorada en las barras longitudinales de una columna, calculadas para soportar cualquier combinación de carga, exceda  $\frac{1}{2} f_y$  en tracción, deben usarse empalmes traslapados calculados para desarrollar la resistencia especificada a la fluencia  $f_y$  en tracción, empalmes totalmente soldados o conexiones totalmente mecánicas en conformidad con 12.14.3.3<sup>17</sup> ó 12.14.3.4<sup>17</sup>.

En las secciones transversales horizontales de las columnas donde estén ubicados los empalmes, se debe proporcionar una resistencia mínima a la tracción en cada cara de la columna igual a  $\frac{1}{4}$  del área de la armadura vertical en esa cara multiplicada por  $f_y$ .

---

<sup>21</sup> NCh430.aR86: "Requisitos especiales para empalmes de columnas"

### 3.2.5 Empalmes de malla de alambre soldado con resaltes, sujetos a tracción

La longitud mínima del traslapo para los empalmes traslapados de la malla de alambre soldado con resaltes, medida entre los extremos de cada hoja de la malla, no debe ser menor que  $1,7 l_d$  ni tener menos de 200mm, y el traslapo medido entre los alambres transversales más distantes de la hoja de malla no debe tener menos de 50mm,  $l_d$  debe ser la longitud de anclaje para la resistencia especificada a la fluencia  $f_y$ , en conformidad con 12.7<sup>21</sup>.

Los empalmes traslapados de la malla de alambre soldado con resaltes, sin alambres cruzados dentro de la longitud de traslapo se deben determinar de la misma forma que para el alambre con resaltes.

### 3.2.6 Empalmes de malla de alambre soldado liso, sujetos a tracción

La longitud mínima de traslapo para los empalmes traslapados de la malla de alambre soldado liso debe regirse por las disposiciones siguientes:

- Cuando el área de armadura proporcionada sea menor que 2 veces el área estipulada por el cálculo de la ubicación del empalme, la longitud del empalme traslapado medida entre los alambres transversales que se encuentran más distantes de cada hoja de malla no debe ser menor que un espacio de los alambres transversales más 50mm, ni menor que  $1,5 l_d$  ni tener menos de 150mm,  $l_d$  debe ser la longitud de anclaje para la resistencia especificada a la fluencia  $f_y$  en conformidad con 12.8<sup>22</sup>.
- Cuando el área de armadura proporcionada sea por lo menos el doble de la estipulada por el cálculo en el punto de ubicación del empalme, la longitud del traslapo medida entre los alambres transversales más distantes de cada hoja de malla no debe ser menor que  $1,5 l_{d2}$ , ni tener menos de 50mm.  $l_d$  debe ser la longitud de anclaje para la resistencia especificada a la fluencia  $f_y$ , en conformidad con 12.8<sup>22</sup>.

---

<sup>22</sup> NCh430.aR86: “longitud de anclaje de la malla de alambre soldado liso, en tracción”

### 3.3 SEGÚN EL MANUAL DE ARMADURAS DE REFUERZO PARA HORMIGÓN

#### 3.3.1 Empalmes de las barras

Las longitudes para el empalme entre barras con resaltes, se clasifican según el tipo de sollicitación a la cual estén sometidas las barras, tracción o compresión, a la calidad del acero y grado del hormigón utilizado, se pueden efectuar mediante el traslape de las barras fijándolas con alambre, que es lo más habitual en Chile, o utilizando soldadura o conexiones mecánicas, si así lo permiten las especificaciones, los planos y el ingeniero responsable del proyecto.

*Condiciones generales:*

a) Aún cuando, la sección 12.14<sup>23</sup> del Código ACI 318-2002 permite el uso de un empalme mecánico para barras en tracción o compresión, este debe ser completo y desarrollar al menos un 125% de la tensión de fluencia  $f_y$  especificada de la barra.

b) Aunque la norma chilena NCh 204<sup>24</sup> no hace referencia a la soldabilidad de las barras con resaltes para hormigón, en casos muy especiales puede ser especificado por ingeniería el empalme soldado, siempre y cuando esté considerada la soldabilidad del acero en cuanto a su composición química o *índice de carbono equivalente* (CE), se obtenga la aprobación previa del IDIEM, DICTUC, u otro organismo autorizado por el estado, y que esta actividad sea realizada por personal calificado y adecuadamente controlado.

$$\%CE = \%C + \frac{\%M}{5} + \frac{\%Cu + \%Ni}{15} \leq 0,55\%$$

c) Dado que sólo se permite hacer empalmes cuando lo permitan los planos de cálculo y sus especificaciones, es importante tomar la precaución de no tener varios empalmes en el mismo punto o proyección, es decir deben estar escalonados (*Figura 3.3.1*).

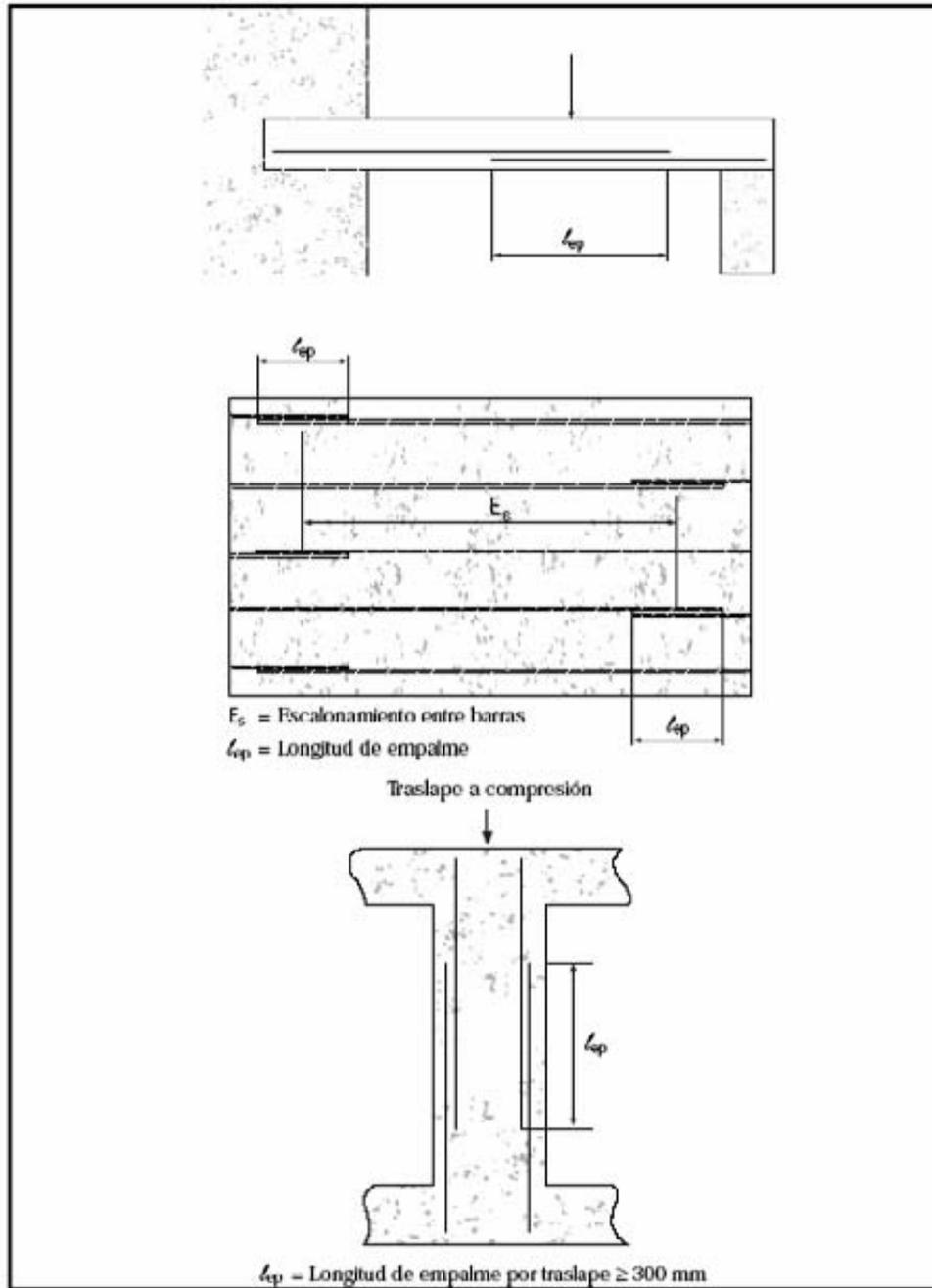
d) La longitud de desarrollo requerida para los empalmes por traslape de paquetes de barras, sometidas a tracción o compresión, debe ser aquella de la barra individual aumentada en un 20% para un paquete de 3 barras y en un 33% para un paquete de 4 barras.

e) Los traslapes de las barras individuales del paquete no deben superponerse y no deben traslaparse paquetes enteros.

<sup>23</sup> ACI 318-2002: "Empalmes de la armadura. Generalidades"

<sup>24</sup> NCh204.Of1977: "Acero – Barras laminadas en caliente para hormigón"

f) En los elementos sometidos a flexión, las barras individuales traslapadas que no queden en contacto entre sí, no deben separarse transversalmente a más de 1/5 de la longitud de traslape requerida, ni más de 150mm.



**Figura 3.3.1:** Ejemplos de traslape de barras <sup>25</sup>.

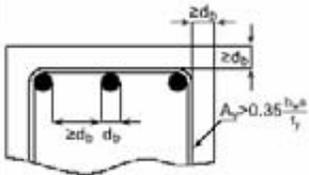
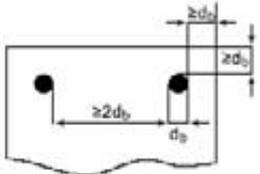
### 3.3.1.1 Empalme por Traslape de Barras en Tracción

#### Condiciones:

a) Los empalmes por traslape  $l_d$  de las barras con resaltes sometidas a tracción, se clasifican como clase A y B, y sus condiciones se señalan en la Tabla 3.3.1.1.3 siguiente.

<sup>25</sup> Manual de Armaduras de Refuerzo para Hormigón: "Sección 5.7: Empalmes de las Barras"

b) La longitud mínima de empalme por traslape para las barras con resaltes en tracción, requerida para los empalmes clase A y clase B, no deberá ser menor que 300mm.

| Tabla 3.3.1.1.1  |   |  |   |
|--|---|--|---|
| Longitud de Desarrollo para Barras con Resaltes en Tracción  |   |  |   |
| Casos y Condiciones  | Esquema de recubrimientos y separaciones mínimas                                    | Barras con resaltes $d_b$ 18 y menores   | Barras con resaltes $d_b$ 22 y mayores  |
| <p><b>Caso A</b></p> <p>Condición 1: Aplicable si <math>d_b</math> es mayor o igual que el recubrimiento y espaciamento libre entre las barras que están siendo desarrolladas o empalmadas. Además, es requisito para esta condición que los estribos o amarras a lo largo de <math>l_d</math> no sean inferiores al mínimo señalado.</p> <p>Condición 2: Aplicable si el espaciamento libre entre las barras que están siendo desarrolladas o empalmadas es mayor o igual a <math>2d_b</math>, y el recubrimiento libre es mayor o igual a <math>d_b</math>.</p>  |    | $l_d = \frac{12 d_b f_y \alpha \beta \lambda}{25 \sqrt{f_c}}$ <p>[5.3.2-1]</p> | $l_d = \frac{3 d_b f_y \alpha \beta \lambda}{5 \sqrt{f_c}}$ <p>[5.3.2-2]</p>  |
| <p><b>Caso B</b></p> <p>Otros casos<br/>(Diferentes a las Condiciones 1 y 2)</p>   |  | $l_d = \frac{18 d_b f_y \alpha \beta \lambda}{25 \sqrt{f_c}}$ <p>[5.3.2-3]</p> | $l_d = \frac{9 d_b f_y \alpha \beta \lambda}{10 \sqrt{f_c}}$ <p>[5.3.2-4]</p> |
| <p>Notación:</p> <p><math>l_d</math> : Longitud de desarrollo, mm<br/> <math>d_b</math> : Diámetro nominal de la barra, mm<br/> <math>A_v</math> : Área de la armadura por corte en una distancia <math>s</math>, mm<sup>2</sup><br/> <math>s</math> : Espaciamento entre estribos, mm<br/> <math>b_w</math> : Ancho del alma de la viga, mm<br/> <math>f_y</math> : Tensión de fluencia especificada para el acero de la armadura, MPa<br/> <math>f_c</math> : Resistencia especificada del hormigón, MPa<br/> <math>\alpha, \beta, \lambda</math> : Factores de modificación definidos en la tabla 3.3.1.1.2</p> |   |  |   |

\*Manual de Armaduras de Refuerzo para Hormigón: "SECCIÓN 5.3, Tabla 5.3.2.1"

| <b>Tabla 3.3.1.1.2</b>  |   |       |
|---|---|-------|
| <b>Factores de Modificación de la Longitud de Desarrollo para Barras con resaltes en Tracción</b> |   |       |
| Factor  | Condición   | Valor |
| $\alpha$ = factor por ubicación de la armadura  | Armadura horizontal ubicada de tal manera que se vierten más de 300 mm de hormigón fresco en el elemento, bajo la longitud de desarrollo o empalme en tracción. | 1,3   |
|   | Otras armaduras en tracción   | 1,0   |
| $\beta$ = factor por revestimiento de la armadura   | Barras revestidas con epóxico con recubrimientos menores que $3d_b$ , ó un espaciamiento libre menor a $6d_b$   | 1,5   |
|   | Todas las demás barras revestidas con epóxico   | 1,2   |
|   | Armadura sin revestimiento epóxico  | 1,0   |
| $\lambda$ = factor por agregado del hormigón  | Hormigón con agregado corriente   | 1,0   |
|   | Hormigón con agregado liviano   | 1,3   |

$d_b$  : Diámetro de la barra  
 $\alpha \cdot \beta$  : No es necesario que sea mayor a 1,7

*\*Manual de Armaduras de Refuerzo para Hormigón: "SECCIÓN 5.3, Tabla 5.3.2.2"*

c) La longitud mínima de empalme por traslape clase A, para las barras con resaltes en tracción, es igual a la longitud de desarrollo  $l_d$  definida en la Tabla 3.3.1.1.1, y sus valores calculados para los Casos A y B concernientes, se presentan en las tablas 3.3.1.1.4 a la 3.3.1.1.7 inclusive

d) La longitud de empalme por traslape clase A, para las barras con resaltes en tracción, está condicionada a la los factores de modificación  $\alpha$ ,  $\beta$  y  $\lambda$ , señalados en la Tabla 3.3.1.1.2, aplicables según sean las exigencias del caso.

e) Las longitudes mínimas de empalmes por traslape clase B, para las barras con resaltes en tracción, son equivalentes a  $1,3 * l_d$ , y sus valores calculados para los Casos A y B que pertenecen, se presentan en las tablas 3.3.1.1.8 a la 3.3.1.1.11 inclusive

f) Las longitudes de desarrollo  $l_d$  para el anclaje de barras con resaltes en tracción, que se consideran como base de las longitudes mínimas de los empalmes por traslape clase A y clase B, Casos A y B, no deben contemplar el factor  $A_s$  de corrección por exceso de armadura de la Tabla 5.3.3.1<sup>26</sup>.

<sup>26</sup> Manual de Armaduras de Refuerzo para Hormigón:  
 "Tabla 5.3.3.1 - Factores que Modifican el Desarrollo de los Ganchos Estándar en Tracción"

g) Los empalmes por traslape de barras con resaltes en tracción, deben ser clase B. Solo se admiten empalmes clase A, cuando:

1. El área de la armadura proporcionada, es al menos el doble que el requerido por el cálculo, a todo lo largo del traslape, o
2. Cuando la mitad o menos de la armadura total, está traslapada dentro de la longitud de traslape requerida.

h) Para barras en tracción, se recomienda un escalonamiento no menor a 600mm para el caso de barras amarradas con alambre y no menor de 750mm para empalmes con conexiones mecánicas, si están autorizados<sup>27</sup>.

| <b>Tabla 3.3.1.1.3</b><br>Condiciones para la Clase de Empalme por Traslape - Barras con Resaltes en Tracción |   |         |
|---|---|---------|
| A <sub>s</sub> proporcionado / A <sub>s</sub> requerido   | Porcentaje máximo de A <sub>s</sub> traslapado en la longitud requerida para dicho traslape |         |
|   | 50%   | 100%    |
| Igual o mayor que 2   | Clase A   | Clase B |
| Menor que 2   | Clase B   | Clase B |

A<sub>s</sub> = Área de la armadura en tracción. mm<sup>2</sup>

\*Manual de Armaduras de Refuerzo para Hormigón: "SECCIÓN 5.7, Tabla 5.7.1.1"

| <b>Tabla 3.3.1.1.4</b><br>Longitud Mínima Empalmes por Traslape Barras en Tracción CLASE A. Caso A |  | Acero A63-42H (f <sub>y</sub> = 420 MPa)<br>α = 1.0; β = 1.0; λ = 1.0 |     |     |     |     |      |      |      |      |      |
|--|--|---|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|
| Grado del hormigón<br>NCh 170.Of 85  | Resistencia especificada<br>f <sub>c</sub> (MPa) | Diámetro de la barra (mm)   |     |     |     |     |      |      |      |      |      |
|  |  | 8   | 10  | 12  | 16  | 18  | 22   | 25   | 28   | 32   | 36   |
| H20  | 16   | 403   | 504 | 605 | 806 | 907 | 1386 | 1575 | 1764 | 2016 | 2268 |
| H25  | 20   | 361   | 451 | 541 | 721 | 811 | 1240 | 1409 | 1578 | 1803 | 2029 |
| H30  | 25   | 323   | 403 | 484 | 645 | 726 | 1109 | 1260 | 1411 | 1613 | 1814 |
| H35  | 30   | 294   | 368 | 442 | 589 | 663 | 1012 | 1150 | 1288 | 1472 | 1656 |
| H40  | 35   | 273   | 341 | 409 | 545 | 613 | 937  | 1065 | 1193 | 1363 | 1533 |
| H45  | 40   | 255   | 319 | 383 | 510 | 574 | 877  | 996  | 1116 | 1275 | 1434 |
| H50  | 45   | 240   | 301 | 361 | 481 | 541 | 826  | 939  | 1052 | 1202 | 1352 |

\*Manual de Armaduras de Refuerzo para Hormigón: "SECCIÓN 5.7, Tabla 5.7.1.2"

<sup>27</sup> Manual de Armaduras de Refuerzo para Hormigón: "5.8.4 Conexiones Mecánicas"

| <b>Tabla 3.3.1.1.5</b>   |  | Acero A44-28H ( $f_y = 280$ MPa)           |     |     |     |     |     |      |      |      |      |
|--|--|--|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|
| Longitud Mínima Empalmes por Traslape Barras en Tracción CLASE A. Caso A |  | $\alpha = 1,0; \beta = 1,0; \lambda = 1,0$ |     |     |     |     |     |      |      |      |      |
| Grado del<br>hormigón<br>NCh 170.Of 85                                   | Resistencia<br>especificada<br>$f_c$ (MPa) | Diámetro de la barra (mm)                  |     |     |     |     |     |      |      |      |      |
|  |  | 8  | 10  | 12  | 16  | 18  | 22  | 25   | 28   | 32   | 36   |
| H20  | 16   | 269  | 336 | 403 | 538 | 605 | 924 | 1050 | 1176 | 1344 | 1512 |
| H25  | 20   | 240  | 301 | 361 | 481 | 541 | 826 | 939  | 1052 | 1202 | 1352 |
| H30  | 25   | 215  | 269 | 323 | 430 | 484 | 739 | 840  | 941  | 1075 | 1210 |
| H35  | 30   | 196  | 245 | 294 | 393 | 442 | 675 | 767  | 859  | 982  | 1104 |
| H40  | 35   | 182  | 227 | 273 | 363 | 409 | 625 | 710  | 795  | 909  | 1022 |
| H45  | 40   | 170  | 213 | 255 | 340 | 383 | 584 | 664  | 744  | 850  | 956  |
| H50  | 45   | 160  | 200 | 240 | 321 | 361 | 551 | 626  | 701  | 801  | 902  |

*\*Manual de Armaduras de Refuerzo para Hormigón: "SECCIÓN 5.7, Tabla 5.7.1.3"*

**Alcances:**

a) Los valores de las tablas que se presentan en forma destacada, deberán ser ajustados a las longitudes mínimas de 300mm de desarrollo, exigidas por el Código ACI 318-2002, incluso esto es necesario si son aplicados los factores de modificación  $\alpha$ ,  $\beta$  y  $\lambda$  de la Tabla 3.3.1.1.2, pero sin el factor  $A_S$  requerido /  $A_S$  proporcionado.

b) Los valores de estas tablas están condicionados a la aplicación de los factores de modificación  $\alpha$ ,  $\beta$  y  $\lambda$  de la Tabla 3.3.1.1.2, según lo requieran las especificaciones del caso, pero sin el factor  $A_S$  requerido /  $A_S$  proporcionado.

c) Cuando se forman paquetes de barras sometidas a tracción, es necesario aumentar la longitud de desarrollo de cada barra individual, en un 20% para un paquete de 3 barras y en un 33% para un paquete de 4 barras. Esta extensión es necesaria debido a que el agrupamiento hace más difícil generar resistencia de adherencia en el núcleo entre barras.

| Tabla 3.3.1.1.6  |   |                           |     |     |      |      |      |      |      |      | Acero A63-42H ( $f_y = 420$ MPa)           |
|--|---|---------------------------|-----|-----|------|------|------|------|------|------|--|
| Longitud Mínima Empalmes por Traslape Barras en Tracción CLASE A. Caso B |   |                           |     |     |      |      |      |      |      |      | $\alpha = 1,0; \beta = 1,0; \lambda = 1,0$ |
| Grado del hormigón<br>NCh 170.Of 85                                      | Resistencia especificada<br>$f_c$ (MPa) | Diámetro de la barra (mm) |     |     |      |      |      |      |      |      |  |
|  |   | 8                         | 10  | 12  | 16   | 18   | 22   | 25   | 28   | 32   | 36   |
| H20  | 16                                      | 605                       | 756 | 907 | 1210 | 1361 | 2079 | 2363 | 2646 | 3024 | 3402                                       |
| H25  | 20                                      | 541                       | 676 | 811 | 1082 | 1217 | 1860 | 2113 | 2367 | 2705 | 3043                                       |
| H30  | 25                                      | 484                       | 605 | 726 | 968  | 1089 | 1663 | 1890 | 2117 | 2419 | 2722                                       |
| H35  | 30                                      | 442                       | 552 | 663 | 883  | 994  | 1518 | 1725 | 1932 | 2208 | 2484                                       |
| H40  | 35                                      | 409                       | 511 | 613 | 818  | 920  | 1406 | 1597 | 1789 | 2045 | 2300                                       |
| H45  | 40                                      | 383                       | 478 | 574 | 765  | 861  | 1315 | 1494 | 1673 | 1913 | 2152                                       |
| H50  | 45                                      | 361                       | 451 | 541 | 721  | 811  | 1240 | 1409 | 1578 | 1803 | 2029                                       |

\*Manual de Armaduras de Refuerzo para Hormigón: "SECCIÓN 5.7, Tabla 5.7.1.4"

| Tabla 3.3.1.1.7  |   |                           |     |     |     |     |      |      |      |      | Acero A44-28H ( $f_y = 280$ MPa)           |
|--|---|---------------------------|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|--|
| Longitud Mínima Empalmes por Traslape Barras en Tracción CLASE A. Caso B |   |                           |     |     |     |     |      |      |      |      | $\alpha = 1,0; \beta = 1,0; \lambda = 1,0$ |
| Grado del hormigón<br>NCh 170.Of 85                                      | Resistencia especificada<br>$f_c$ (MPa) | Diámetro de la barra (mm) |     |     |     |     |      |      |      |      |  |
|  |   | 8                         | 10  | 12  | 16  | 18  | 22   | 25   | 28   | 32   | 36   |
| H20  | 16                                      | 403                       | 504 | 605 | 806 | 907 | 1386 | 1575 | 1764 | 2016 | 2268                                       |
| H25  | 20                                      | 361                       | 451 | 541 | 721 | 811 | 1240 | 1409 | 1578 | 1803 | 2029                                       |
| H30  | 25                                      | 323                       | 403 | 484 | 645 | 726 | 1109 | 1260 | 1411 | 1613 | 1814                                       |
| H35  | 30                                      | 294                       | 368 | 442 | 589 | 663 | 1012 | 1150 | 1288 | 1472 | 1656                                       |
| H40  | 35                                      | 273                       | 341 | 409 | 545 | 613 | 937  | 1065 | 1193 | 1363 | 1533                                       |
| H45  | 40                                      | 255                       | 319 | 383 | 510 | 574 | 877  | 996  | 1116 | 1275 | 1434                                       |
| H50  | 45                                      | 240                       | 301 | 361 | 481 | 541 | 826  | 939  | 1052 | 1202 | 1352                                       |

\*Manual de Armaduras de Refuerzo para Hormigón: "SECCIÓN 5.7, Tabla 5.7.1.5"

| Tabla 3.3.1.1.8  |   |                           |     |     |      |      |      |      |      |      | Acero A63-42H ( $f_y = 420$ MPa)           |
|--|---|---------------------------|-----|-----|------|------|------|------|------|------|--|
| Longitud Mínima Empalmes por Traslape Barras en Tracción CLASE B. Caso A |   |                           |     |     |      |      |      |      |      |      | $\alpha = 1,0; \beta = 1,0; \lambda = 1,0$ |
| Grado del hormigón<br>NCh 170.Of 85                                      | Resistencia especificada<br>$f_c$ (MPa) | Diámetro de la barra (mm) |     |     |      |      |      |      |      |      |  |
|  |   | 8                         | 10  | 12  | 16   | 18   | 22   | 25   | 28   | 32   | 36   |
| H20  | 16                                      | 524                       | 655 | 786 | 1048 | 1179 | 1802 | 2048 | 2293 | 2621 | 2948                                       |
| H25  | 20                                      | 469                       | 586 | 703 | 938  | 1055 | 1612 | 1831 | 2051 | 2344 | 2637                                       |
| H30  | 25                                      | 419                       | 524 | 629 | 839  | 943  | 1441 | 1638 | 1835 | 2097 | 2359                                       |
| H35  | 30                                      | 383                       | 478 | 574 | 766  | 861  | 1316 | 1495 | 1675 | 1914 | 2153                                       |
| H40  | 35                                      | 354                       | 443 | 532 | 709  | 797  | 1218 | 1384 | 1550 | 1772 | 1993                                       |
| H45  | 40                                      | 332                       | 414 | 497 | 663  | 746  | 1140 | 1295 | 1450 | 1658 | 1865                                       |
| H50  | 45                                      | 313                       | 391 | 469 | 625  | 703  | 1074 | 1221 | 1367 | 1563 | 1758                                       |

\*Manual de Armaduras de Refuerzo para Hormigón: "SECCIÓN 5.7, Tabla 5.7.1.6"

| <b>Tabla 3.3.1.1.9</b>   |  | Acero A44-28H ( $f_y = 280$ MPa)<br>$\alpha = 1.0; \beta = 1.0; \lambda = 1.0$ |     |     |     |     |      |      |      |      |      |
|--|--|--|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|
| Longitud Mínima Empalmes por Traslape Barras en Tracción CLASE B. Caso A |  |  |     |     |     |     |      |      |      |      |      |
| Grado del<br>hormigón<br>NCh 170.Of 85                                   | Resistencia<br>especificada<br>$f_c$ (MPa) | Diámetro de la barra (mm)  |     |     |     |     |      |      |      |      |      |
|  |  | 8  | 10  | 12  | 16  | 18  | 22   | 25   | 28   | 32   | 36   |
| H20  | 16   | 349  | 437 | 524 | 699 | 786 | 1201 | 1365 | 1529 | 1747 | 1966 |
| H25  | 20   | 313  | 391 | 469 | 625 | 703 | 1074 | 1221 | 1367 | 1563 | 1758 |
| H30  | 25   | 280  | 349 | 419 | 559 | 629 | 961  | 1092 | 1223 | 1398 | 1572 |
| H35  | 30   | 255  | 319 | 383 | 510 | 574 | 877  | 997  | 1116 | 1276 | 1435 |
| H40  | 35   | 236  | 295 | 354 | 473 | 532 | 812  | 923  | 1034 | 1181 | 1329 |
| H45  | 40   | 221  | 276 | 332 | 442 | 497 | 760  | 863  | 967  | 1105 | 1243 |
| H50  | 45   | 208  | 260 | 313 | 417 | 469 | 716  | 814  | 912  | 1042 | 1172 |

\*Manual de Armaduras de Refuerzo para Hormigón: "SECCIÓN 5.7, Tabla 5.7.1.7"

| <b>Tabla 3.3.1.1.10</b>  |  | Acero A63-42H ( $f_y = 420$ MPa)<br>$\alpha = 1.0; \beta = 1.0; \lambda = 1.0$ |     |      |      |      |      |      |      |      |      |
|--|--|--|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Longitud Mínima Empalmes por Traslape Barras en Tracción CLASE B. Caso B |  |  |     |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Grado del<br>hormigón<br>NCh 170.Of 85                                   | Resistencia<br>especificada<br>$f_c$ (MPa) | Diámetro de la barra (mm)  |     |      |      |      |      |      |      |      |      |
|  |  | 8  | 10  | 12   | 16   | 18   | 22   | 25   | 28   | 32   | 36   |
| H20  | 16   | 786  | 983 | 1179 | 1572 | 1769 | 2703 | 3071 | 3440 | 3931 | 4423 |
| H25  | 20   | 703  | 879 | 1055 | 1406 | 1582 | 2417 | 2747 | 3077 | 3516 | 3956 |
| H30  | 25   | 629  | 786 | 943  | 1258 | 1415 | 2162 | 2457 | 2752 | 3145 | 3538 |
| H35  | 30   | 574  | 718 | 861  | 1148 | 1292 | 1974 | 2243 | 2512 | 2871 | 3230 |
| H40  | 35   | 532  | 664 | 797  | 1063 | 1196 | 1827 | 2077 | 2326 | 2658 | 2990 |
| H45  | 40   | 497  | 622 | 746  | 995  | 1119 | 1709 | 1942 | 2176 | 2486 | 2797 |
| H50  | 45   | 469  | 586 | 703  | 938  | 1055 | 1612 | 1831 | 2051 | 2344 | 2637 |

\*Manual de Armaduras de Refuerzo para Hormigón: "SECCIÓN 5.7, Tabla 5.7.1.8"

| <b>Tabla 3.3.1.1.11</b>  |  | Acero A44-28H ( $f_y = 280$ MPa)<br>$\alpha = 1.0; \beta = 1.0; \lambda = 1.0$ |     |     |      |      |      |      |      |      |      |
|--|--|--|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|
| Longitud Mínima Empalmes por Traslape Barras en Tracción CLASE B. Caso B |  |  |     |     |      |      |      |      |      |      |      |
| Grado del<br>hormigón<br>NCh 170.Of 85                                   | Resistencia<br>especificada<br>$f_c$ (MPa) | Diámetro de la barra (mm)  |     |     |      |      |      |      |      |      |      |
|  |  | 8  | 10  | 12  | 16   | 18   | 22   | 25   | 28   | 32   | 36   |
| H20  | 16   | 524  | 655 | 786 | 1048 | 1179 | 1802 | 2048 | 2293 | 2621 | 2948 |
| H25  | 20   | 469  | 586 | 703 | 938  | 1055 | 1612 | 1831 | 2051 | 2344 | 2637 |
| H30  | 25   | 419  | 524 | 629 | 839  | 943  | 1441 | 1638 | 1835 | 2097 | 2359 |
| H35  | 30   | 383  | 478 | 574 | 766  | 861  | 1316 | 1495 | 1675 | 1914 | 2153 |
| H40  | 35   | 354  | 443 | 532 | 709  | 797  | 1218 | 1384 | 1550 | 1772 | 1993 |
| H45  | 40   | 332  | 414 | 497 | 663  | 746  | 1140 | 1295 | 1450 | 1658 | 1865 |
| H50  | 45   | 313  | 391 | 469 | 625  | 703  | 1074 | 1221 | 1367 | 1563 | 1758 |

\*Manual de Armaduras de Refuerzo para Hormigón: "SECCIÓN 5.7, Tabla 5.7.1.9"

### 3.3.1.2 Empalme por Traslape de Barras en Compresión

#### Condiciones:

a) La longitud de los empalmes por traslape  $l_d$  de las barras con resaltes en compresión, expresada en milímetros, debe ser:

$$0,07 f_y d_b \geq 300\text{mm. (Para } f_y \leq 420 \text{ MPa y } f'_c \geq 20 \text{ MPa)}$$

$$0,093 f_y d_b \geq 300\text{mm. (Para } f_y \leq 420 \text{ MPa y } f'_c < 20 \text{ MPa)}$$

b) La longitud mínima de empalme por traslape requerida para las barras con resaltes en compresión, no deberá ser menor que 300mm.

c) Cuando se traslapen barras con resaltes en compresión de diferentes diámetros, la longitud debe ser mayor que:

1. La longitud del desarrollo de la barra de tamaño mayor, o
2. La longitud de traslape de la barra de diámetro menor.

d) Para barras en tracción, se recomienda un escalonamiento no menor a 600mm para el caso de barras fijadas (o amarradas) con alambre y no menor de 750mm para empalmes con conexiones mecánicas y de tope.

e) Se permite el uso de dispositivos mecánicos para transmitir la tensión de compresión en barras verticales<sup>28</sup>.

f) Los traslapes de tope se deben usar únicamente en elementos que tengan estribos, amarras cerradas o zunchos.

---

<sup>28</sup> Manual de Armaduras de Refuerzo para Hormigón: “5.8.4 Conexiones Mecánicas”

| <b>Tabla 3.3.1.2</b>  |                                   |         |                                  |         |
|---|-----------------------------------|---------|----------------------------------|---------|
| <b>Longitud Mínima Empalmes por Traslape Barras en Compresión</b> |                                   |         |                                  |         |
| $d_b$ Barra<br>mm   | Grado del Hormigón (NCh 170.0f85) |         |                                  |         |
|   | $f_c < 20$ MPa<br>(H20)           |         | $f_c \geq 20$ MPa<br>(H25 a H50) |         |
|   | A63-42H                           | A44-28H | A63-42H                          | A44-28H |
| 8   | 314                               | 209     | 235                              | 157     |
| 10  | 392                               | 261     | 294                              | 196     |
| 12  | 470                               | 314     | 353                              | 235     |
| 16  | 627                               | 418     | 470                              | 314     |
| 18  | 706                               | 470     | 529                              | 353     |
| 22  | 862                               | 575     | 647                              | 431     |
| 25  | 980                               | 653     | 735                              | 490     |
| 28  | 1098                              | 732     | 823                              | 549     |
| 32  | 1254                              | 836     | 941                              | 627     |
| 36  | 1411                              | 941     | 1058                             | 706     |

*\*Manual de Armaduras de Refuerzo para Hormigón: "SECCIÓN 5.7, Tabla 5.7.2"*

Los valores de esta tabla que se presentan en forma destacada, deberán ser ajustados a la longitud mínima de 300mm exigida por el Código ACI 318-2002.

## CAPÍTULO IV DISEÑO Y FABRICACIÓN DE VIGA DE ENSAYO

En el siguiente capítulo se procede a describir el proceso de fabricación de las probetas, este proceso se comenzó una vez que estuvo definido el diseño de la viga.

Para el diseño y fabricación de las probetas que posteriormente serán ensayadas se definieron y ejecutaron los siguientes pasos:

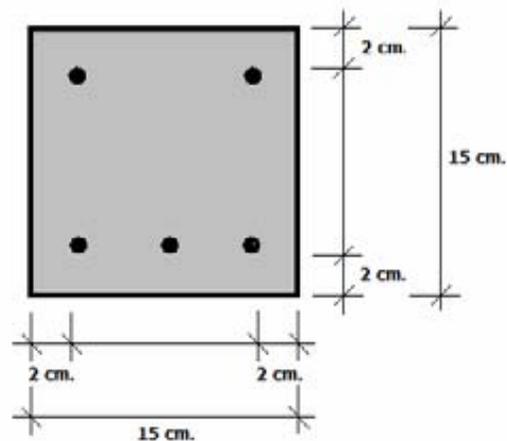
- Diseño de la viga (probeta)
- Elaboración de soportes metálicos
- Construcción de moldajes
- Elaboración de armaduras y empalmes
- Hormigonado de probetas y
- Desmoldaje.

### 4.1 Diseño de la viga (probeta)

Los datos para el diseño de la viga, es decir, la probeta de ensayo en este caso, fueron extraídos la gran mayoría de los límites impuestos por la Máquina Universal de ensayo de materiales. En el caso del largo, se consideró apropiado un largo de 50cm. ya que la máquina permitía un largo total de traccionamiento de 70cm. lo que concedía un margen de 20cm. En cuanto a la sección, se tomo en cuenta la comodidad en lo referente a transporte, la economía debido a la gran cantidad de materiales que se necesitaban por lo que se llegó a una sección de 15x15 cm. con distinta cantidad de armadura superior e inferior (excepto en algunas de las probetas que llevan igual cantidad de armadura, 2  $\phi$ 6mm. de armadura inferior y 2  $\phi$ 6mm. en la armadura superior) y un recubrimiento de 2cm. (Figura 4.1.1).

#### Sección Viga para probeta

**Figura 4.1.1:**  
*Esquema diseño de  
sección de la viga a ensayar.*



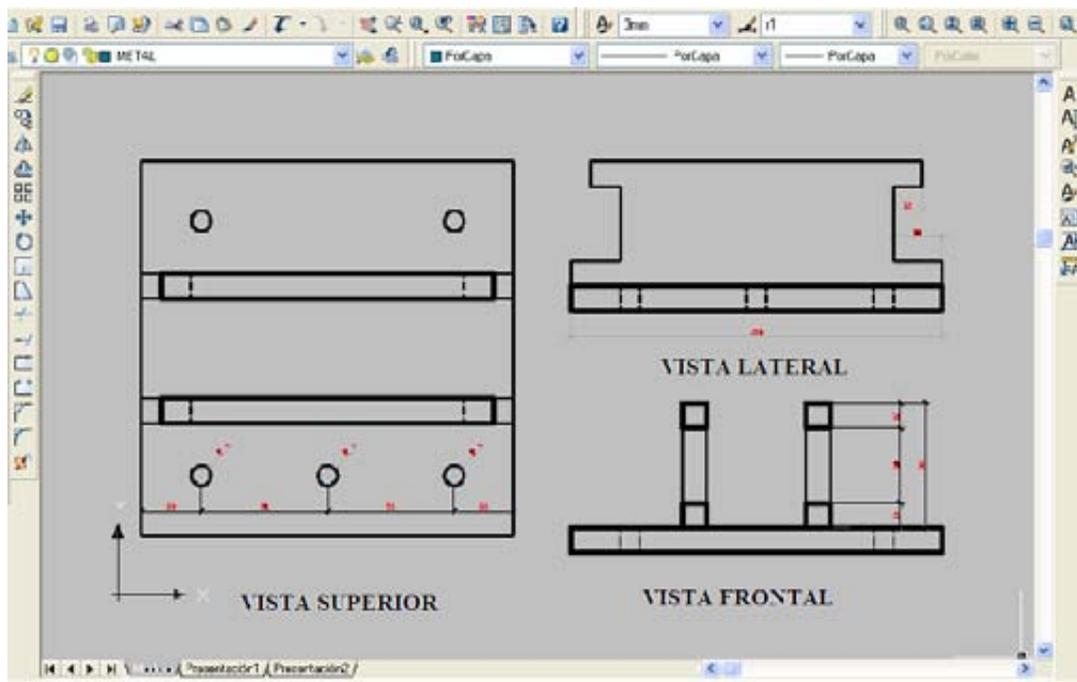
## 4.2 Elaboración de soportes metálicos

El soporte metálico al que se hace referencia es el que cumple la función de simular el empotrado de la viga desde ambos extremos para que esta pueda ser traccionada por la Máquina Universal de Ensayes. En esta etapa del proyecto para la fabricación de esta pieza que es fundamental para el desarrollo de la investigación, se procedió primero a analizar el tipo de pieza que se necesitaba para acoplarla a la máquina y tomar la probeta.

Al revisar la máquina en cuestión se pudo rescatar que esta constaba de unos bordes los cuales permitían introducir una pieza en dirección horizontal, la cual debía calzar de forma exacta para producir el menor esfuerzo en estos dos soportes.

De esta inspección se obtuvo el diseño con una placa base de 15x15 cm. y 2 placas más pequeñas con la forma necesaria soldadas a ésta. La pieza se creó en Autocad (*Figura 4.2.1*) y luego se realizó un diseño 3D para poder tener una muestra tridimensional del soporte a fabricar (*Figura 4.2.2*).

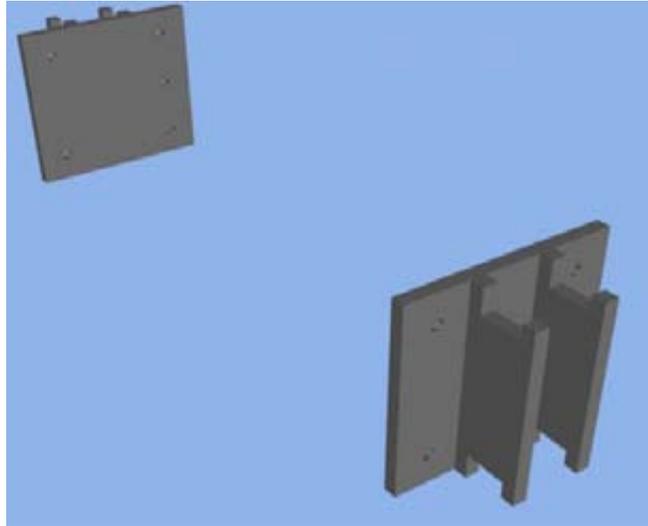
La pieza de soporte fue fabricada con una plancha de acero de 10mm. de espesor y cortada meticulosamente por personal especializado para que cada una de las medidas coincidiera de forma exacta con los extremos de la máquina.



*Figura 4.2.1: Diseño previo de Soporte en AutoCad.*

Después que cada parte fue cortada se aplicó una soldadura 70/18 punto azul para la unión de éstas, la cual debería resistir mejor las tensiones a las cuales iban a ser sometidas las piezas.

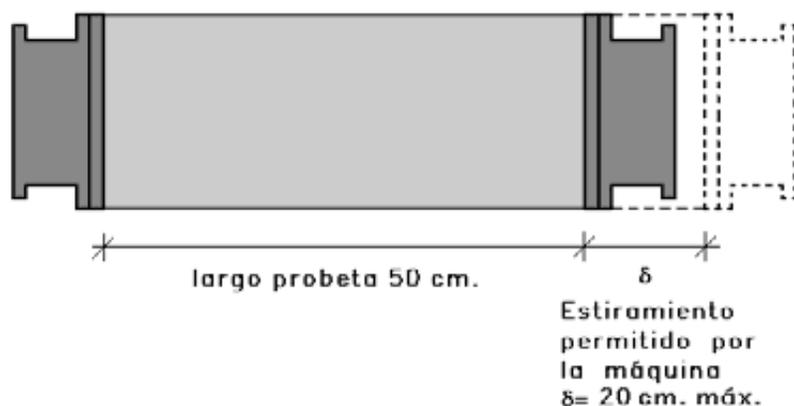
**Figura 4.2.2:**  
*Vista de Soporte de  
Probetas en 3D.*



### 4.3 Construcción de moldajes

Con los soportes ya fabricados se procedió a la fabricación de los moldajes, los cuales fueron diseñados también con un límite que fue impuesto por la Máquina Universal. La máquina permitía un largo total de 70cm. con la probeta ya traccionada, por lo que las probetas se fabricaron con un largo de 50cm. lo que nos dio un margen de 20cm. para que la probeta pudiera estirarse sin problemas (*Figura 4.3.1*).

La fabricación de los moldajes fue con madera de pino de 1x6 pulgadas con las cuales se diseñó moldajes donde fuera fácil montar los soportes y fácil desmoldarlos una vez fraguadas las probetas, para poder volver a usarlos para la fabricación de las siguientes probetas (*Figura 4.3.2*).



**Figura 4.3.1:** *Esquema de la variación del largo.*



*Figura 4.3.2: Moldaje de probetas.*

#### **4.4 Elaboración de armaduras y empalmes**

Para la elaboración de las armaduras se utilizó acero de construcción de 6mm liso del tipo A44-28H y de 12mm estriado tipo A63-42H, además acero de 4,2mm estriado para los estribos de las probetas. La distribución de la armadura y forma del empalme se mostrará según el tipo de empalme que se utilizó en cada probeta.

##### **4.4.1 Empalmes traslapados o por solape**

En las probetas de este caso se utilizó dos armaduras que se diferenciaban sólo en la cantidad de acero involucrado, en dos de las cuatro probetas se usaron 4  $\varnothing$ 6mm. con estribos  $\varnothing$ 4,2mm. a 10cm.; y en las otras dos probetas se utilizaron 5  $\varnothing$ 6mm. con estribos  $\varnothing$ 4,2mm. a 10cms.

En ambos casos se empalmaron todas las armaduras de la viga (4 y 5 empalmes respectivamente), los empalmes por traslape fabricados fueron de forma experimental con un  $l_{ep}$ <sup>29</sup> de 20cm. distribuidos todos en la posición que se consideró mas desfavorable, en el centro de la viga sin usar el escalonamiento recomendado por los códigos y normas entre los empalmes (*Figura 4.4.1*).

---

<sup>29</sup>  $l_{ep}$  = Longitud de empalme por traslape

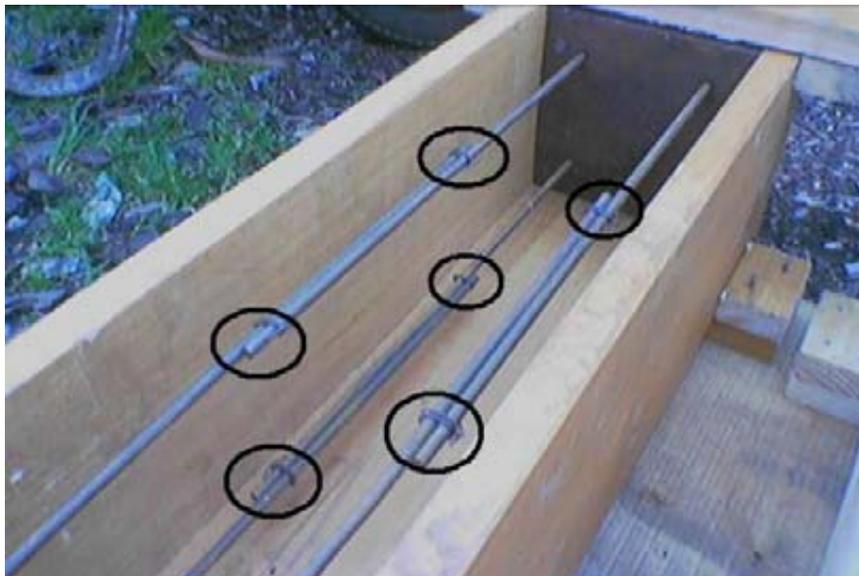


*Figura 4.4.1: Distribución Empalmes por traslapo.*

#### **4.4.2 Empalmes soldados**

En este caso al igual que en el caso de los empalmes por solape se utilizaron 4 probetas con su empalme también en el centro de la viga, pero, como los empalmes son soldados se le realizó un empalme por solape excéntrico como se mostró en secciones anteriores, a éste se le aplicó una soldadura de 2cm. de largo en cada extremo de la unión, repitiendo el procedimiento para el resto de las barras empalmadas.

Con respecto a la distribución de las armaduras en cada una de las cuatro probetas no se uso escalonamiento en los empalmes, al igual que en el caso 4.4.1, existían dos probetas con mayor cantidad de armadura, 5  $\varnothing 6\text{mm}$ . y estribos  $\varnothing 4,2\text{mm}$ . a 10cm. y las otras dos, 4  $\varnothing 6\text{mm}$ . y estribos  $\varnothing 4,2\text{mm}$ . a 10cm. (*Figura 4.4.2*).



*Figura 4.4.2: Distribución Empalmes soldados.*

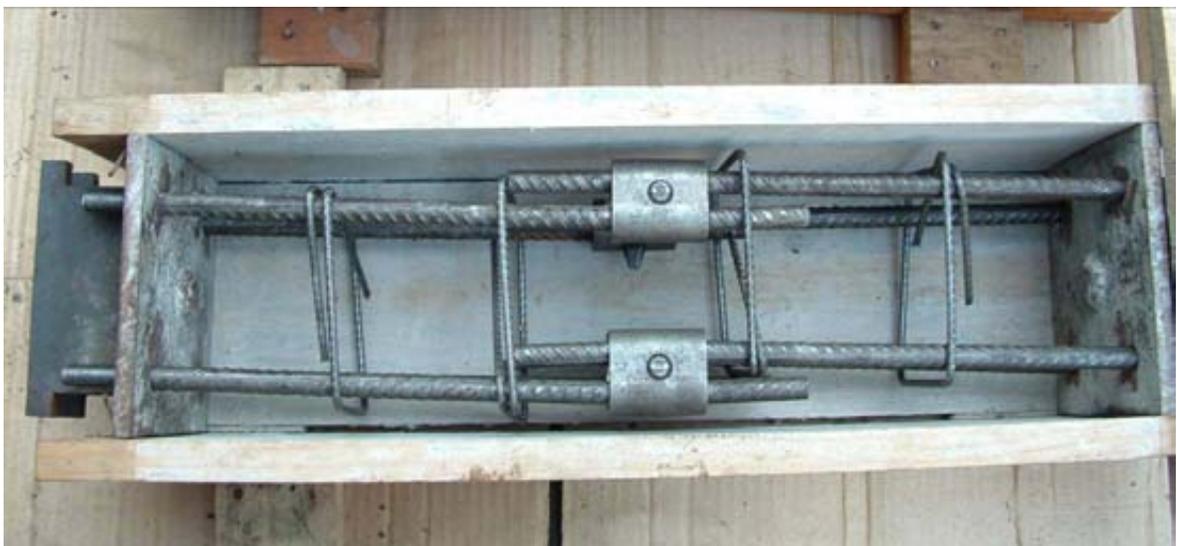
#### 4.4.3 Empalmes mecánicos

Para la fabricación de estas dos probetas se utilizaron 2 tipos de empalmes mecánicos, los cuales son fabricados por la Empresa Erico y distribuidos en Chile por la empresa de productos especiales PPE, estos fueron del tipo Manguito con Rosca cónica Lenton (Sección 2.3.2.1) y Lenton Quick-Wedge (Sección 2.3.2.5). Se utilizaron 4 empalmes mecánicos de cada tipo como se muestra en las *Figuras 4.4.3.1 y 4.4.3.2*.

Debido al alto costo que presenta la compra e instalación de empalmes mecánicos en Chile, solamente se realizaron 2 ensayos. Se destaca la gran gentileza y ayuda de la Empresa PPE, quienes donaron estas conexiones mecánicas para la realización de este proyecto.



*Figura 4.4.3.1: Distribución armaduras en viga con Manguitos con Rosca cónica.*



*Figura 4.4.3.2: Distribución de armaduras en viga con Lenton Quick-Wedge.*

La distribución de las armaduras en estas dos probetas consistió en 4  $\phi$ 12mm. estriado y estribos  $\phi$ 4,2mm. a 10cm. (Figura 4.4.3.1 y 4.4.3.2 ) en cada viga, con la única diferencia que en la primera viga se utilizó empalmes tipo manguito con Rosca cónica y en la segunda Lenton Quick-Wedge, en estas probetas tampoco se realizó escalonamiento de los empalmes.

#### 4.5 Hormigonado de probetas

Para el hormigonado de las probetas se fabricó un hormigón con una dosificación de 2 es a 1 (2 de áridos por 1 de cemento), aproximadamente 400 kgs/cem/m<sup>3</sup>.

Para los áridos se utilizó del tipo rodado con un tamaño máximo de 1,5 pulgadas para permitir un llenado más fácil de los moldajes (Figura 4.5.1 y 4.5.2) a través de las armaduras de la probeta o viga.

**Figura 4.5.1:**

*Moldajes listos para hormigonar.*



**Figura 4.5.2:** *Moldajes con empalmes mecánicos para hormigonar.*

En el momento del vibrado, este se realizó de forma manual tratando de que el hormigón ocupara cada espacio de la viga.

Una vez llenados los moldajes se les repasó con una espátula en la superficie para darle a la probeta una mejor terminación, y luego todas las probetas fueron colocadas en un taller para dejarlas fraguar por 14 días mínimo.

#### 4.6 Desmoldaje

Las probetas se dejaron fraguar entre 14 y 21 días aproximadamente, pero el moldaje de estas fue quitado 5 días después de fabricadas las probetas (*Figura 4.6.1*).



*Figura 4.6.1: Probetas sin moldajes.*

Una vez quitado el moldaje y después de una semana de secado, se procedió al doblado de cada barra que sobresalía de los soportes metálicos, en el caso de las probetas con empalmes solapados y armaduras  $\varnothing 6\text{mm}$ . Este doblado tomando como ejemplo la armadura superior se realizó en el sentido de la otra barra superior y se le colocó un hilo de soldadura entre ellas, para así producir el efecto de empotramiento que se necesitaba (*Figura 4.6.2*).

Pero en el caso de las probetas con empalmes mecánicos y que fueron armadas con barras de  $\varnothing 12\text{mm}$ . estriado, lo que se le hizo en los extremos sobresalientes fue tornarles hilo y aplicarles una contratuerca (*Figura 4.6.3*).

Con esto se pretendía que solamente la armadura de las probetas hiciera el esfuerzo una vez comenzara a traccionarse la probeta.



*Figura 4.6.2: Doblaje y soldado de las barras sobresalientes.*



*Figura 4.6.3: Aplicación de contratuerca.*

## CAPÍTULO V      ENSAYO A TRACCIÓN

Con el objetivo de mostrar el comportamiento de los empalmes en las armaduras de un elemento estructural al ser sometido a tracción, se efectuaron ensayos a un número determinado de probetas representando una viga de sección 15x15cm. y cuyas armaduras presentaban algún tipo de empalme, éstos ubicados en el centro de la viga.

Estos ensayos se llevaron a cabo en el Laboratorio de Ensaye de Materiales y Control de Calidad, el cual está a cargo del Instituto Naval de la Universidad Austral de Chile. Este laboratorio consta de variada maquinaria entre las que se encuentra la Máquina Universal de ensaye de materiales, ésta es utilizada para ensayar probetas de acero y fue la que se usó para realizar los ensayos de esta memoria (*Figura 5.1*).

La máquina es capaz de aplicar cargas de tracción y compresión llegando a más de 20 toneladas, además, estas cargas pueden ser aplicadas con una variación de velocidad en la aplicación.



*Figura 5.1: Máquina Universal de Ensaye de Materiales.*

En el ensayo se tomó la viga de ambos extremos y se aplicó la carga que se fue incrementando hasta lograr que la viga presente daños estructurales visibles y posteriormente la rotura si era posible (*Figura 5.2*). Con esto se pretendió simular el esfuerzo a tracción que sufre un elemento estructural frente a ciertas circunstancias reales, como un sismo o ante un impacto, por ejemplo.



*Figura 5.2: Tenazas de la máquina tomando la probeta.*

Con la aplicación de una carga considerable en los extremos de la viga y debido a que el ensayo se realizó a esfuerzo controlado se observó fácilmente en el centro de la probeta algunas fallas debido al desprendimiento de los empalmes presentes en la armadura (*Figura 5.3*). Luego se trató de incrementar la carga hasta producir la rotura total de la probeta pero esto no fue posible, ya que la capacidad de estiramiento o longitud total de la máquina es de aproximadamente 80 centímetros. Sin embargo, en la mayoría de los casos se llegó a un punto en que la carga aplicada disminuyó rápidamente sin mostrar resistencia.



*Figura 5.3: Fallas presentadas en la viga traccionada.*

En la *Figura 5.3* la viga esta fabricada con empalmes mecánicos del tipo Lenton Quick-Wedge y las fallas son visibles, así sucedió también en el ensayo realizado a las probetas con empalmes traslapados. Pero en los empalmes soldados y empalmes Lenton con Rosca Cónica se presentaron fallas en los soportes metálicos a cargas muy superiores a las máximas presentadas por los empalmes traslapados y Lenton Quick-Wedge, pero, sin presentarse señales de fisuración en las probetas.

## CAPÍTULO VI RESULTADOS Y ANALISIS DE LOS ENSAYOS

### 6.1 Generalidades

Los resultados serán entregados en el orden que fueron realizados los ensayos. Además se mostrarán algunos resultados adicionales como los obtenidos en una probeta de ensayo a escala en el Anexo A y los resultados obtenidos en una probeta que presento problemas en el diseño de la viga con empalmes traslapados, por lo que estos datos obtenidos no son considerados pero si entregados en el Anexo B.

### 6.2 Miembros de hormigón armado en tracción directa<sup>30</sup>

Los miembros y estructuras de hormigón que transmiten cargas principalmente por tracción directa antes que por flexión son por ejemplo: los silos, tanques, cáscaras, tirantes de arcos, cerchas para cubiertas, puentes y pórticos arriostrados. Algunos miembros tales como las losas de piso y cubierta, muros o revestimientos de túneles también pueden estar sujetos a tracción directa como resultado de la restricción de los cambios de volumen.

Las fuerzas axiales provocadas por las cargas aplicadas generalmente se pueden calcular usando procedimientos de análisis habituales, particularmente si la estructura es estáticamente determinada. Si la estructura es estáticamente indeterminada, las fuerzas en los miembros se ven afectadas por los cambios de rigidez provocados por la fisuración.

Hay fisuración en un miembro cuando la tensión de tracción en el hormigón llega a la resistencia a la tracción de éste. La carga que soportaba el hormigón antes de fisurarse se transfiere a la armadura que atraviesa la fisura. Para un miembro simétrico, la fuerza en éste en el momento de la fisuración es:

$$P = (1 - \rho + n\rho)A_g f'_t \quad (6.1)$$

Donde:

$A_g$  = sección bruta

<sup>30</sup> ACI 224.2 R-92: "Fisuración de Miembros de Hormigón en Tracción Directa" – REFERENCIA N° 4

$A_s$  = sección de acero

$f'_t$  = resistencia a la tracción del hormigón

$n$  = relación entre el módulo de elasticidad del acero y el del hormigón

$\rho$  = cuantía de armadura =  $\frac{A_s}{A_g}$

Luego de la fisuración, si la fuerza aplicada permanece constante, la tensión en el acero en una fisura es:

$$f_s = \frac{\rho}{A_s} = \left( \frac{1}{\rho} - 1 + n \right) f'_t \quad (6.2)$$

Para  $n = 10$ ,  $f'_t = 500$  psi (3,45 MPa). La tabla 2.1 da la tensión en el acero luego de la fisuración para un rango de cuantías  $\rho$ , asumiendo que no se ha superado la resistencia a la fluencia del acero  $f_y$ .

**Tabla 6.1:** Tensión en el acero luego de la fisuración para diferentes cuantías  $\rho$

| $\rho$ | $\frac{1}{\rho} - 1 + n$ | $f_s, *$  |
|--------|--------------------------|-----------|
| 0,005  | 209                      | 105 (724) |
| 0,010  | 109                      | 55 (379)  |
| 0,030  | 42                       | 21 (145)  |
| 0,050  | 29                       | 15 (103)  |

\* Se asume  $f_s < f_y$

Para bajas cuantías de armadura, dependiendo del grado del acero, si la fuerza en el miembro permanece constante se produce fluencia inmediatamente después de la fisuración.

### 6.3 Resultados de los ensayos

Los ensayos fueron realizados en el orden siguiente y de esta forma también se mostrarán los resultados obtenidos:

- Empalmes Solapados o por Traslape

- Empalmes Soldados
- Empalmes mecánicos

### 6.3.1 Ensayo de probetas con empalmes por solape o empalmes traslapados

*Tabla 6.3.1: Resultados probetas con empalmes solapados*

| RESISTENCIAS DE LAS PROBETAS |                 |                 |                         |                         |
|------------------------------|-----------------|-----------------|-------------------------|-------------------------|
| PROBETA                      | Carga Primera   | Carga de        | CARACTERISTICAS PROBETA |                         |
|                              | Fisura<br>[kgf] | Rotura<br>[kgf] | Nº de<br>Armaduras      | Diametro barra<br>ø[mm] |
| 1                            | 370             | 400             | 1                       | 6                       |
| 2                            | 390             | 420             | 4                       | 6                       |
| 3                            | 420             | 432             | 5                       | 6                       |
| 4                            | 420             | 520             | 5                       | 6                       |

#### **Probeta N° 1:**

Se nota un claro desprendimiento en uno de los extremos de la probeta con el soporte metálico a los 370kg. de carga aplicada, pero, ésta sigue aumentando hasta los 400kg. donde el desplazamiento de las barras de refuerzo a través del hormigón se produce cediendo el empalme en la viga seguido de la disminución brusca de la carga soportada, la armadura sale desprendida por el extremo de la viga.

#### **Probeta N° 2:**

En esta probeta se muestra un desprendimiento leve de los extremos de la viga con respecto al soporte metálico, la carga soportada sigue aumentando hasta los 390kg. donde aparece una clara fisuración en el centro de la probeta en una de las caras y posteriormente en las 4 caras de la viga. Sin embargo, después de la fisuración aumenta la carga hasta los 420kg. donde hay indicios claros de la falla de los empalmes de la armadura, desprendiéndose la armadura en el centro de la probeta y disminuye bruscamente la carga.

#### **Probeta N° 3:**

Aquí aparece un desprendimiento leve en los extremos de la probeta a los 420kg., aumentando ésta hasta los 432kg. donde el desprendimiento de los empalmes es evidente debido a la brusca disminución de la carga que soporta la viga, claro que no se presentó ninguna fisuración en la probeta.

**Probeta N° 4:**

Se presenta un desprendimiento en los extremos a 420kg. de carga, luego a los 480kg. se detiene el aumento de carga, pero, unos segundos después comienza a aumentar nuevamente hasta llegar a los 520kg. donde se nota desprendimiento de las armaduras en la viga, disminuyendo la carga definitivamente sin presentar resistencia alguna.

**Alcance:**

Como mostraron los resultados, los empalmes solapados de estas probetas perdieron adherencia entre ellos fácilmente, además de perderla también con el hormigón, esto en parte al uso de armaduras lisas.

Sólo en la probeta N° 2 se presentaron fisuraciones a la altura del empalme, o sea, en la parte central de la viga, por lo tanto, se hará un análisis del esfuerzo realizado por la armadura inmediatamente después de la fisuración para ver la cantidad de tensión  $f_s$  soportada por ésta, y se le comparará con el  $f_y$  de la barra.

Para obtener la tensión  $f_s$  de las barras presentes en la viga, inmediatamente después de la fisuración se tendrá según la ecuación 6.2 que

$$f_s = \left( \frac{1}{\rho} - 1 + n \right) f'_t \quad (6.2)$$

Pero antes se debe obtener la tracción en el hormigón  $f'_t$  de la ecuación

$$P = (1 - \rho + n\rho) A_g f'_t \quad (6.1)$$

Si la cuantía geométrica está dada por  $\rho = \frac{A_s}{A_g}$

Donde  $A_s$  para  $4\phi 6$  mm. es

$$A_s = 4(\pi * 0,3^2) = 4 * 0,283 = 1,131 [cm^2]$$

Y el correspondiente  $A_g$  para la sección de 15x15 cm. es

$$A_g = 15^2 - 1,131 = 223,87 [cm^2]$$

Así la cuantía será

$$\rho = \frac{1,131}{223,87}$$

$$\boxed{\rho = 0,0051}$$

En éste caso la probeta resistió una carga  $P = 390$  kg. al momento de fisurarse, además se tiene una relación entre los módulos de elasticidad  $n = \frac{E_s}{E_h} = 10$  ( $E_h = 210 \left[ \frac{T}{m^2} \right]$  y  $E_s = 2100 \left[ \frac{T}{m^2} \right]$ ), por lo que, se tiene

$$390 = (1 - 0,0051 + 10 * 0,0051) * 223,87 * f'_t$$

$$f'_t = \frac{390}{1,0459 * 223,87}$$

$$f'_t = 1,67 \left[ \frac{kg}{cm^2} \right]$$

Ahora la tensión  $f_s$  en el acero será

$$f_s = \left( \frac{1}{0,0051} - 1 + 10 \right) * 1,67 \left[ \frac{kg}{cm^2} \right]$$

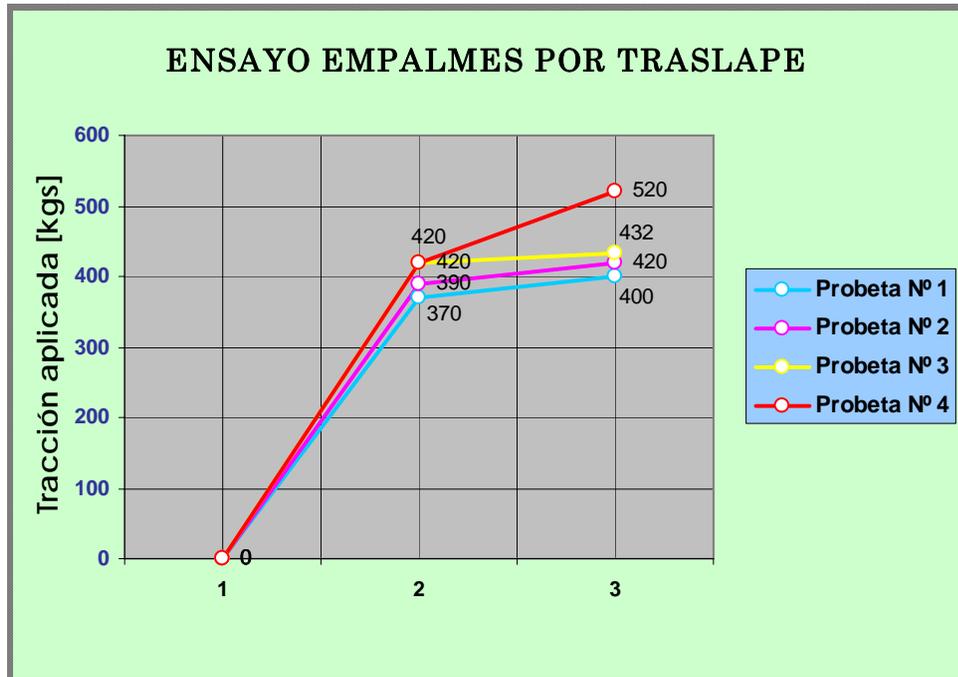
$$f_s = 205,1 * 1,67 \left[ \frac{kg}{cm^2} \right]$$

$$f_s = 342,52 \left[ \frac{kg}{cm^2} \right]$$

, en las barras al momento de la fisuración.

Como el acero utilizado en éstas armaduras fue A44-28H, con un  $f_y = 2.800 \left[ \frac{kg}{cm^2} \right]$  se tiene que  $f_s = 0,1223 f_y$  en el momento de la fisuración, o sea, las armaduras alcanzaron el 12,23% de la fluencia  $f_y$  de la barra; pero, como la carga soportada por las armaduras después de la fisuración llegó a 420kg., la tensión máxima soportada por las armaduras llegó al 13,14% de la fluencia  $f_y$  de la barra antes de disminuir la carga soportada por la viga.

En el gráfico de la *Figura 6.3.1* se muestra un diagrama que muestra en parte lo que pasa con la resistencia de cada viga ensayada.



*Figura 6.3.1:* Diagrama de resultados para Empalmes solapados.  
(Según Tabla 6.3.1)

### 6.3.2 Ensayo de probetas con empalmes soldados

*Tabla 6.3.2:* Resultados probetas con empalmes soldados

| RESISTENCIAS DE LAS PROBETAS |                            |                       |                         |                            |
|------------------------------|----------------------------|-----------------------|-------------------------|----------------------------|
| PROBETA                      | Carga Primera Fisura [kgf] | Carga de Rotura [kgf] | CARACTERISTICAS PROBETA |                            |
|                              |                            |                       | Nº de Armaduras         | Diametro barra $\phi$ [mm] |
| 1                            | 275                        | 495                   | 4                       | 6                          |
| 2                            | 310                        | 520                   | 4                       | 6                          |
| 3                            | 345                        | 593                   | 5                       | 6                          |
| 4                            | 375                        | 635                   | 5                       | 6                          |

#### **Alcance:**

En estos ensayos todas las probetas mostraron una falla similar y resultados también semejantes. La Tabla 6.3.2 muestra en la columna “Primera Fisura” las cargas de las distintas probetas, a la cual cada una de las respectivas probetas presentó el desprendimiento de la pieza

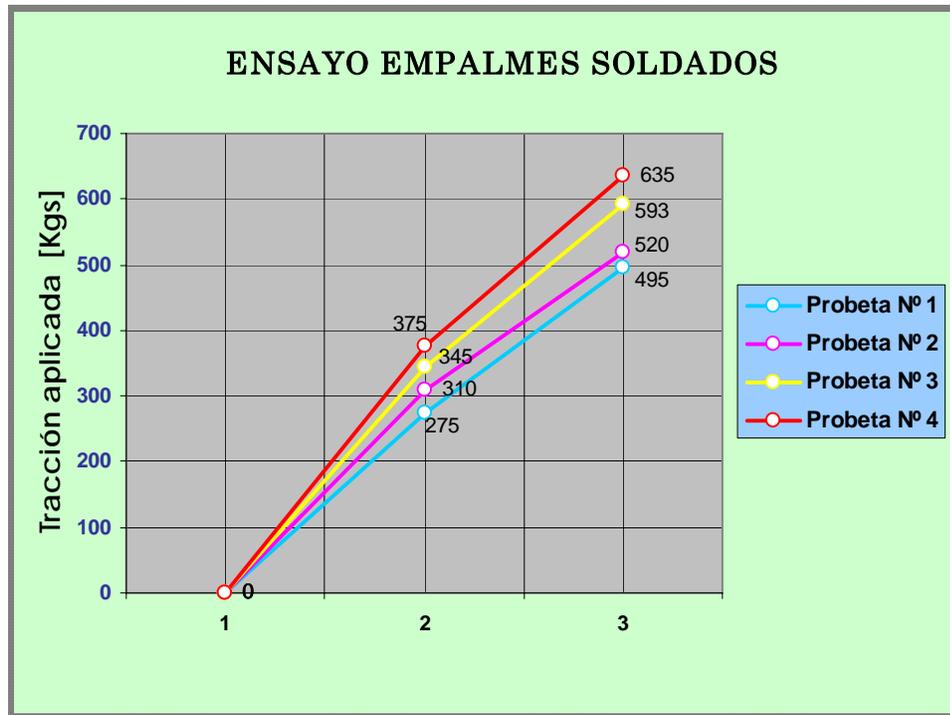
metálica que las soporta, una vez desprendidas, sólo la armadura comienza a trabajar, por lo que los resultados mostrados en la columna “Carga de Rotura” son las cargas a las que se presentó la rotura de las armaduras por la parte exterior de las piezas metálicas en los extremos de las probetas. Hay que decir que no se presentó fisura alguna o muestra de posible falla en ninguna de las probetas a nivel de los empalmes hasta la falla de las uniones con los soportes metálicos.

La *Figura 6.3.2.1* muestra las armaduras sobresalientes de las piezas metálicas que soportan la viga, las cuales se doblaron en dirección interior y soldadas entre ellas, es aquí donde se presentó la rotura de la cual se habló anteriormente.



*Figura 6.3.2.1: Armaduras Soldadas entre ellas.*

En el gráfico se muestra los puntos donde la probeta primero se desprende de los soportes y luego las armaduras de la probeta se cortan, sin señal alguna de falla en el empalme soldado (*Figura 6.3.2.2*).



*Figura 6.3.2.2: Diagrama de resultados para Empalmes soldados.  
(Según Tabla 6.3.2)*

### 6.3.3 Ensayo de probeta con empalmes mecánicos

*Tabla 6.3.3: Resultados probetas con empalmes mecánicos*

| RESISTENCIAS DE LAS PROBETAS |                 |                 |               |                         |                  |
|------------------------------|-----------------|-----------------|---------------|-------------------------|------------------|
| PROBETA                      | Carga Primera   | Carga de        | Deformación   | CARACTERÍSTICAS PROBETA |                  |
|                              | Fisura<br>[kgf] | Rotura<br>[kgf] | Total<br>[mm] | Nº de<br>Armaduras      | Diámetro<br>[mm] |
| Quick-Wedge                  | 9600            | 12500           | 4             | 4                       | 12               |
| Rosca Cónica                 | -               | 13400           | 4             | 4                       | 12               |

#### *Probeta con empalme mecánico Quick-Wedge:*

El mecanismo de falla observado en esta viga comienza con una fisuración horizontal a nivel o en la zona del empalme mecánico a los 9.600kg., produciéndose primero en una cara (*Figura 6.3.3.1*) y luego se va propagando hacia las demás caras y uniones mecánicas de la viga (*Figura 6.3.3.2*) a medida que fue aumentando la carga.

Cuando la viga alcanza una carga de 12.500kg. mostrando fisuración en todas sus caras se produce una falla en la pieza metálica que sujeta la probeta, por lo que se detiene el ensayo (*Figura 6.3.3.3*).



*Figura 6.3.3.1: Primera fisura que presenta la viga.*



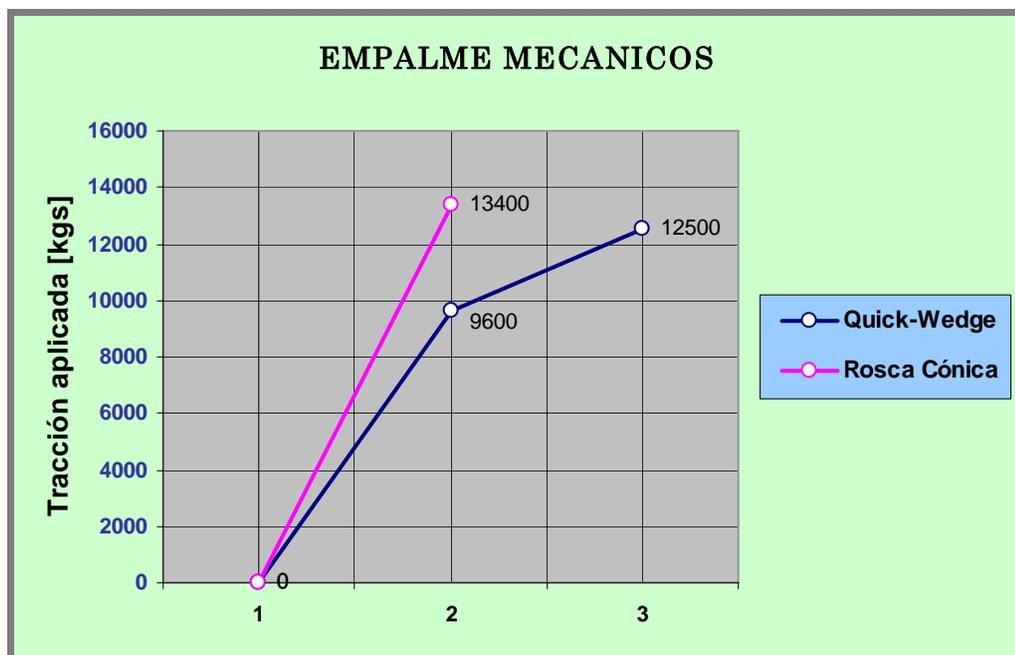
*Figura 6.3.3.2: Resto de fisuraciones presentadas por la viga.*

***Probeta con empalme mecánico Lenton con Rosca Cónica<sup>31</sup>:***

La probeta que presenta empalmes mecánicos del tipo Rosca cónica, no muestra indicios de falla alguna llegando a alcanzar una carga de 13.400kg., es aquí donde se presenta la falla, pero, no en la viga sino en la pieza metálica que la soporta, como pasó en la probeta con empalmes Quick-Wedge (*Figura 6.3.3.3*).



***Figura 6.3.3.3: Falla presentada en la pieza metálica soporte.***



***Figura 6.3.3.4: Diagrama de resultados para Empalmes Mecánicos.  
(Según Tabla 6.3.3)***

<sup>31</sup> "LENTON@ Rebar A2"

**Alcance:**

En estos dos ensayos, de los resultados obtenidos sólo analizaremos el ensayo de la viga que presentaba empalmes Quick-Wedge por ser la única en mostrar fisuración a una carga de 9.600 kg., en el caso de la probeta con Rosca Cónica, no se presentó ningún tipo de falla a una carga muy por encima de la viga anterior, alrededor de 13.400 kg.

Entonces tomando la viga con empalmes Quick-Wedge se tendrá:

$$\text{Si } P = 9600[\text{kg}]$$

$$n = 10$$

$$A_s = 4(\pi * 0,6^2) = 4,524[\text{cm}^2] \quad , \text{ para } 4 \phi 12 \text{ mm.}$$

$$A_g = 15^2 - 4,524 = 220,48[\text{cm}^2] \quad , \text{ para una sección de } 15 \times 15 \text{ cm.}$$

La cuantía geométrica es

$$\rho = \frac{A_s}{A_g} = \frac{4,524}{220,48}$$

$$\boxed{\rho = 0,021}$$

Luego usando la ecuación 6.1 se tiene

$$9600 = (1 - 0,021 + 10 * 0,021) * 220,48 * f'_t$$

$$f'_t = \frac{9600}{1,189 * 220,48}$$

$$\boxed{f'_t = 36,62 \left[ \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right]}$$

Por lo tanto ahora la tensión  $f_s$  en el acero será según 6.2

$$f_s = \left( \frac{1}{0,021} - 1 + 10 \right) * 36,62 \left[ \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right]$$

$$f_s = 56,62 * 36,62 \left[ \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right]$$

$$f_s = 2073,42 \left[ \frac{kg}{cm^2} \right]$$

, en las barras al momento de la fisuración.

El acero utilizado en estas armaduras fue A63-42H, con  $f_y = 4.200 \left[ \frac{kg}{cm^2} \right]$  se tiene que  $f_s = 0,494 f_y$ , con lo que se determina que las armaduras de la viga con empalme mecánico Quick-Wedge alcanzan un 49,4% de la fluencia  $f_y$  de la barra en el momento de la fisuración de la viga.

Tomando en cuenta que las armaduras después de la fisuración alcanzaron una resistencia de 12.500 kg., carga a la que falló la pieza metálica, se puede decir, que la tensión máxima que alcanzaron las armaduras fue alrededor de 64,28% de la fluencia  $f_y$  de la barra.

## CAPÍTULO VII COMENTARIOS Y CONCLUSIONES

- Durante el desarrollo de esta investigación se comprobaron las dificultades para la creación y ensayo de probetas sometidas a tracción directa, como por ejemplo la aplicación de tracción directa a un miembro de hormigón armado (probeta). Además, la normativa e investigación nacional referente a esta materia es escasa, no así a nivel internacional, donde existen instituciones dedicadas especialmente a este tipo de investigaciones. Sería bueno darle mayor consideración a este tipo de indagaciones, y así, desarrollar y proporcionar muchos más datos experimentales adecuados, que aporten a la hora de tomar decisiones en el diseño de miembros estructurales que están sometidos a tracción.
  
- Se debe destacar que, el análisis de este trabajo se centro específicamente en ensayar empalmes para armaduras con dimensiones de barras  $\varnothing 6\text{mm}$ . para los empalmes traslapados y soldados, barras  $\varnothing 12\text{mm}$ . para los empalmes mecánicos.
  
- Basado en los resultados obtenidos tras los ensayos se puede concluir que:
  - ✓ Para las probetas con empalmes traslapados en sus armaduras (4 barras  $\varnothing 6\text{mm}$ . liso y tipo de acero A44-8H), se puede destacar que el rango de cargas máximas soportadas fluctuó entre los 400 y 520 kg. para su rotura, resultados mostrados en la Tabla 6.3.1 del Capítulo VI, cuya rotura se presentó por la rápida pérdida de adherencia de las barras con el hormigón y entre las barras del empalme propiamente tal. En este caso la adherencia mostrada entre las barras que componen los empalmes al estar solamente traslapadas no es lo suficiente, siendo el empalme en gran parte el responsable de la baja resistencia a las cargas de tracción. La carga soportada aumenta de forma lineal hasta llegar al punto donde cede el empalme y comienza la disminución de la carga hasta llegar a la rotura de la probeta, sólo en estos ensayos se presenta este comportamiento.
  
  - ✓ En el caso de las probetas con empalmes soldados (4 barras  $\varnothing 6\text{mm}$ . liso y tipo de acero A44-8H), los cuales fueron por solape excéntrico con 2cm. de soldadura en cada extremo del empalme; los resultados para la rotura estuvieron entre los 495 y 635 kg. según la Tabla 6.3.2 del Capítulo VI, pero, cabe destacar que la rotura en estos ensayos se

presentó en el doblaje que se le fabricó a las armaduras en los extremos de las probetas, por lo que los resultados no reflejan muy bien el comportamiento de los empalmes. Sin embargo, la carga soportada hasta antes de la rotura de las armaduras ya superaba alrededor de un 20% a las cargas soportadas por los empalmes traslapados, pudiendo esta diferencia ser aún mayor. Por esta razón, y a pesar de no ser muy recomendados o utilizados por los Ingenieros debido a las posibles modificaciones de las propiedades mecánicas de la barra por la temperatura de soldado y sus limitaciones para ciertas dimensiones de barras, se puede decir que los empalmes soldados están capacitados para soportar cargas de tracción menores.

- ✓ Los ejemplares de los ensayos empalmados utilizando los sistemas mecánicos Lenton rosca cónica y Lenton quick-wedge (4 barras  $\phi 12\text{mm}$ . estriado y tipo de acero A63-42H), mostraron una gran resistencia a la tracción, existiendo una diferencia notable con los ensayos anteriores. El empalme Quick-wedge presentó una falla a 9.600 kg. y alcanzó una carga de 12.500 kg. sin mostrar rotura como se muestra en la Tabla 6.3.3 del Capítulo VI. Este empalme no está diseñado para ser utilizado en tracción pura, sin embargo, los resultados reflejaron que su capacidad de resistencia a la tracción es bastante considerable, alcanzando casi un 65% de la fluencia de la barra. En el caso del empalme con rosca cónica, llegó a soportar una carga de 13.400 kg. alcanzando casi un 70% del  $f_y$  de la barra sin mostrar ningún tipo de falla a nivel estructural de la probeta. En ambos casos, estos resultados pudieron ser aún mayores si no se presenta la rotura de la pieza metálica que soportaba las probetas. Se debe considerar además, que en esta investigación se utilizaron las condiciones más desfavorables, como empalmar todas las barras de la probeta y ubicar estos en la zona de mayor esfuerzo sin usar el escalonamiento entre empalmes exigido por las normas. Esto modificaría de forma positiva los resultados, posiblemente incrementando la capacidad de carga de las probetas, y por lo tanto, la resistencia de un elemento estructural sometido a tracción.
- Según estos resultados cabe destacar que, si fuera necesario realizar empalmes en elementos de hormigón armado sometidos a tracción directa, como por ejemplo: tanques, tirantes de arcos, pórticos arriostrados, etc., el empalme recomendable y que mayor resistencia proporcionaría a la estructura es sin duda un empalme mecánico del tipo rosca cónica, ya que, fue el que mostró la mayor resistencia a un esfuerzo de tracción. Quizás el costo de este tipo de empalme es bastante considerable todavía, además, de la mano de

obra especializada que se necesita, todos, puntos importantes para construcciones de poca envergadura. Pero, cada vez estos elementos son más utilizados y demandados por las grandes empresas e Ingenieros que confían en la capacidad de carga que proporcionan a una estructura.

Algunas obras en las cuales se han utilizado estas uniones mecánicas en el mundo son por ejemplo: Nationale Nederlanden – Róterdam, Torre de Control del Aeropuerto Schiphol – Ámsterdam, Trianon – Frankfurt, La Défence – Paris en Francia, Storebaelt Westbridge – Denmark, Messeturm – Frankfurt, Skydome – Toronto en Canada. Todas, obras de gran envergadura y muy conocidas internacionalmente. En Chile la empresa contratista PPE dedicada a la importación e instalación de los empalmes, ha realizado trabajos de empalme en las nuevas construcciones de algunos supermercados Líder y Jumbo, además de algunos centros comerciales.

- Otro punto importante a considerar, es que en el caso del hormigón, se había considerado despreciar su resistencia a la tracción en la probeta, pero, los resultados mostraron que éste colabora con la armadura en la resistencia hasta el punto donde se produce la fisuración, ya que, después de la aparición de la primera fisura, la carga en la que colaboraba el hormigón con las armaduras se transfiere directamente a éstas.

## REFERENCIAS

1. COMISIÓN de Diseño Estructural en Hormigón Armado y Albañilerías, Cámara Chilena de la Construcción. *Código de Diseño de Hormigón Armado* (Basado en el ACI 318 - 95). Santiago, Chile. 1995. 575 p.
2. GERDAU AZA S.A. *Manual de Armaduras de refuerzo para Hormigón (Fabricación – Instalación – Protección)*, 1ra Edición. Renca, Santiago – Chile. Julio, 2005. 290 p. Disponible en: < [http://www.gerdauaza.cl/Assets/PDFs/Manual\\_Armaduras.pdf](http://www.gerdauaza.cl/Assets/PDFs/Manual_Armaduras.pdf) >
3. INSTITUTO Nacional de Normalización (Chile). *Hormigón Armado – II Parte, Longitudes de anclaje y empalmes de la armadura*. NCh430.aR86. Santiago, Chile. 14 p.
4. AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. *Fisuración de Miembros de Hormigón en Tracción Directa*. ACI 224.2 R-92. Farmington Hills 48333-9094, Mishigan, USA. 13 p.
5. GUARDIOLA, Gómez de Terreros y RODRIGUEZ, Calama. *Construcción de estructuras de hormigón armado*. Sevilla. 1998.
6. DA FONSECA, Alejandra. *Estudio Experimental sobre comportamiento de los empalmes en albañilerías armadas*. Tesis (Memoria para optar al Título de Ingeniero Civil). Santiago, Chile. Universidad de Chile, Departamento de Ingeniería Civil, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. Abril 2002.
7. ASTROZA I., Maximiliano y SILVA S., David. *Longitud de empalme por traslape de barras de refuerzo vertical de muros de albañilería armada*. Informe Congreso, N° A12-07. Universidad de Concepción, Departamento de Ingeniería Civil y Asociación Chilena de Sismología e Ingeniería Antisísmica. Disponible en: < [ssn.dgf.uchile.cl/home/informe/congreso/A12-07.pdf](http://ssn.dgf.uchile.cl/home/informe/congreso/A12-07.pdf) >
8. LLOPIZ, Carlos Ricardo. *Anclajes y Empalmes*. Cátedra: Hormigón I. Mendoza, Argentina. Universidad Nacional Cuyo, Facultad de Ingeniería. 2002.

9. JIMÉNEZ M., Pedro, GARCÍA M., Álvaro y MORÁN C., Francisco. *Hormigón Armado* (Ajustada al código Modelo y al Eurocódigo).
10. ERICO, Internacional Corporation. *LENTON - Sistemas de Empalmes Mecánicos para barras de armaduras*. Solon, Ohio, USA. 2003. 20 p. Disponible en:  
< <http://www.erico.com> >
11. ERICO, Internacional Corporation. *LENTON - Sistemas de Empalmes Mecánicos con Rosca Cónica para barras de armaduras*. Solon, Ohio, USA. 2004. 20 p. Disponible en:  
< <http://www.erico.com> >
12. ERICO, Internacional Corporation. *LENTON - TERMINATOR Anclaje de barras*. Solon, Ohio, USA. 2004. 8 p. Disponible en: < <http://www.erico.com> >
13. ERICO, Internacional Corporation. *LENTON - SPEED SLEEVE Unión para Compresión*. Solon, Ohio, USA. 2004. 4 p. Disponible en: < <http://www.erico.com> >
14. CAGLEY, James R. y APPLE, Richard. *Ventajas comparativas de empalmes a tope y empalme de traslape*. BOLETIN N° 15 “Construcción y Tecnología”. Febrero 1999. 3 p. Disponible en: < <http://www.revistabit.cl> >

## ANEXO A

**DISEÑO, ENSAYO Y OBTENCION DE RESULTADOS EN PROBETA A ESCALA 1:10****1. Diseño de probeta a escala**

Para poder tener en cuenta las condiciones en que se trabajaría en el Laboratorio, o los posibles problemas con las probetas en el ensayo con la máquina Universal, se realizó un ensayo a 2 probetas a escala 1:10, que simularían a una viga de dimensiones 20x40 cm. y un largo de 2,5 metros con 5 barras  $\varnothing$ 12mm sin empalmar como armadura y estribos a 10 cm. (2 superiores y 3 inferiores).

Esta probeta a escala se fabricó de hormigón compuesto por árido fino, las armaduras estaban compuestas por alambre de 1,5 mm. y los estribos del mismo alambre, quedando una probeta pequeña de dimensiones transversales 20x40 mm. y de 25cm. de largo.

Para poder tomar la probeta de los extremos con la máquina se diseñó una pieza metálica, la cual, pretendía dar las condiciones de empotramiento que tiene una viga en obra.

Esta pieza metálica fue tomada por la máquina con las tenazas (semejante a la punta de un taladro), las cuales son adicionadas a cada plataforma en los extremos de la máquina.

La forma de unión que tiene esta tenaza con la máquina es la que se copió para la realización de las piezas metálicas de las probetas que posteriormente se realizaron y ensayaron.

**2. Ensayo de viga a escala y resultados**

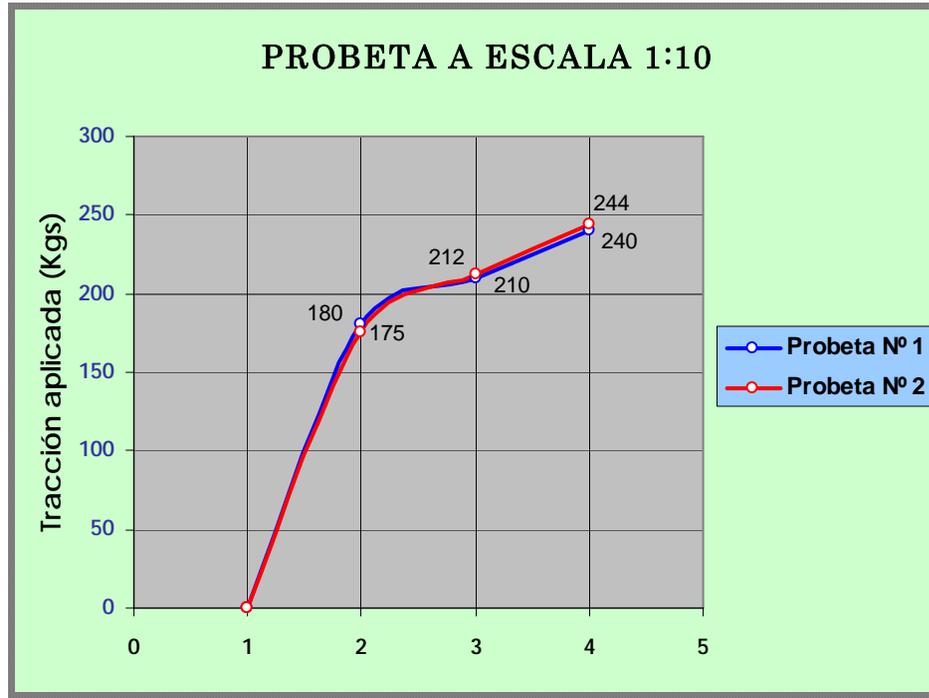
*Tabla A.1: Resultados probetas a escala*

| RESISTENCIAS DE LAS PROBETAS |                 |                 |                 |                         |                                      |
|------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-------------------------|--------------------------------------|
| PROBETA                      | Carga Primera   | Carga Múltiples | Carga de        | CARACTERISTICAS PROBETA |                                      |
|                              | Fisura<br>[kgf] | Fisuras<br>[mm] | Rotura<br>[kgf] | Nº de<br>Armaduras      | Diametro barra<br>$\varnothing$ [mm] |
| 1                            | 180             | 210             | 240             | 5                       | 1,5                                  |
| 2                            | 175             | 212             | 244             | 5                       | 1,5                                  |

En los resultados que se muestran en la tabla tenemos que tanto la probeta 1 como la 2 presentaron su primera fisura a los 180 kg. y 175 kg. respectivamente, la carga aumenta hasta los 210 kg. en el caso de la probeta 1 y a 212 kg. en el caso de la probeta 2 donde se presentan múltiples fisuraciones a nivel de los extremos de las probetas, llegando a las cargas de 240 kg.

y 244 kg. respectivamente donde se produce la rotura total de las probetas. Estos 3 puntos donde se presentaron fallas y rotura se presentan también en la *Figura A.1* en los puntos 2, 3 y 4 del diagrama.

También se muestra en la *Figura A.2* una imagen con las probetas después de realizado su ensayo.



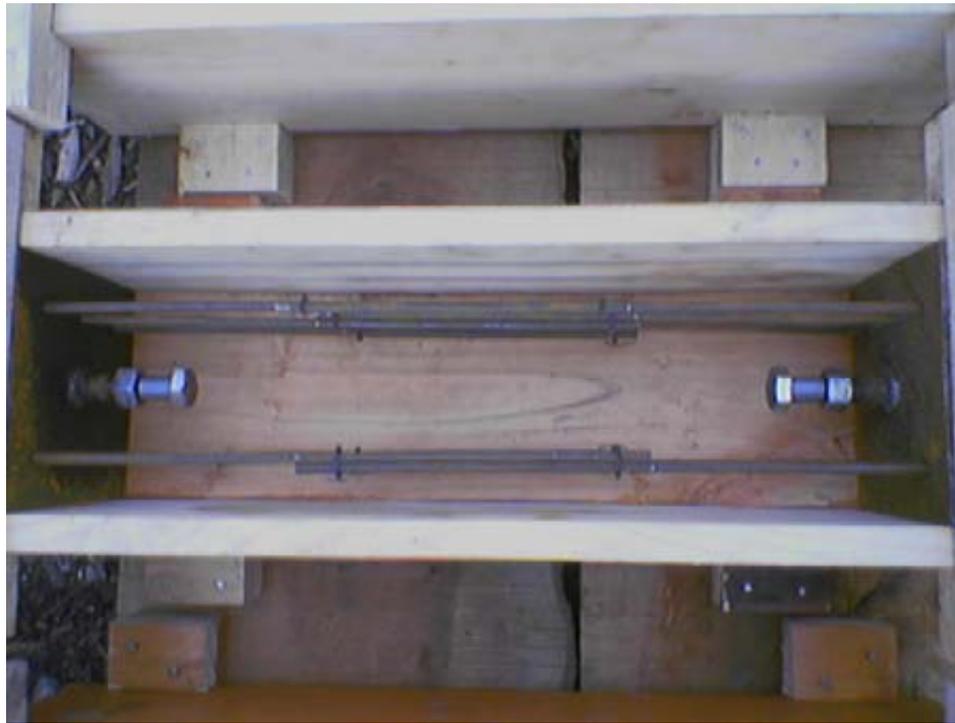
*Figura A.1:* Diagrama de resultados para probetas a escala.  
(Según Tabla A.1)



*Figura A.2:* Probetas a escala después de ensayadas.

**ANEXO B*****DISEÑO, FABRICACIÓN Y ENSAYO DE LA PRIMERA PROBETA REAL QUE RESULTÓ ERRONEA EN SU DISEÑO.*****1. Diseño y fabricación de la probeta**

El diseño de esta probeta es el mismo que se utilizó en las demás, de 15 x 15cm. y un largo de 50cm. presentando 4 y 5 armaduras de  $\varnothing 6\text{mm}$ . y estribos  $\varnothing 4,2\text{mm}$ . a 10cm., con la diferencia que en el soporte metálico de esta probeta se adicionó un perno por la parte interior de la pieza metálica (*Figura B.1*). Este perno se adicionó con la intención de que simulara en cierta forma el empotramiento que tiene una viga en sus extremos en obra.



***Figura B.1: Probeta con perno adicional en extremos.***

**2. Ensayo de la probeta**

Una vez fabricada la probeta y con un fraguado entre los 14 y 21 días se procedió al ensayo de esta viga, en el ensayo, ésta mostró muy poca resistencia a la aplicación de la carga y aparición de fisuraciones con muy poca carga aplicada, cuyas fisuras se presentaron todas en ambos extremos de la viga a nivel de la ubicación del perno (*Figura B.2a y B.2a*). Estas fallas fueron las que exhibieron todas las probetas.



*Figura B.2a: Falla presentada por las probetas.*

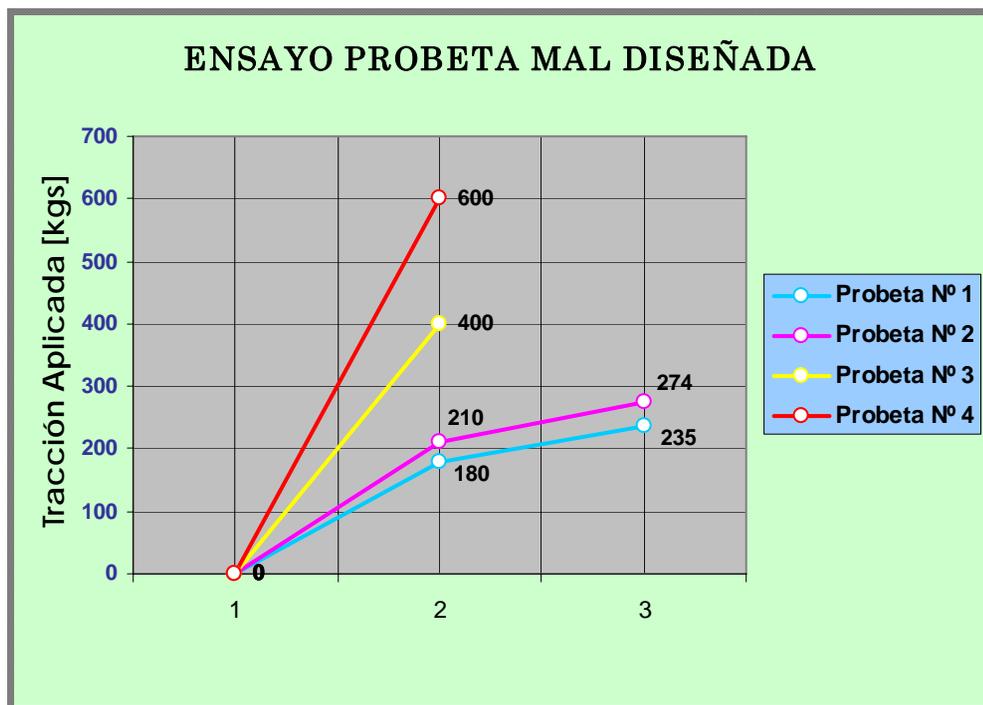


*Figura B.2b: Falla presentada por las probetas.*

A continuación en la Tabla B.1 se dan a conocer los resultados que se obtuvieron en los ensayos a las 4 probetas, en esta se muestran las cargas donde se presenta la primera fisura a nivel del perno y su rotura en los dos primeros casos, en los otros 2 el ensayo se detuvo después de la aparición de la primera fisura. También se realizó un diagrama con los resultados obtenidos (*Figura B.3*).

*Tabla B.1: Resultados probetas con mal diseño de la viga*

| RESISTENCIAS DE LAS PROBETAS |                                  |                             |                         |                               |
|------------------------------|----------------------------------|-----------------------------|-------------------------|-------------------------------|
| PROBETA                      | Carga Primera<br>Fisura<br>[kgf] | Carga de<br>Rotura<br>[kgf] | CARACTERISTICAS PROBETA |                               |
|                              |                                  |                             | Nº de<br>Armaduras      | Diametro barra<br>$\phi$ [mm] |
| 1                            | 180                              | 235                         | 4                       | 6                             |
| 2                            | 210                              | 274                         | 4                       | 6                             |
| 3                            | 400                              | -                           | 5                       | 6                             |
| 4                            | 600                              | -                           | 5                       | 6                             |



*Figura B.3: Diagrama de resultados para viga mal diseñada.  
(Según Tabla B.1)*

**ANEXO C**

El presente Anexo contiene un Informe de ensayo preparado por los Laboratorios de Pruebas Stork Herron para *ICBO Servicio de Evaluación Internacional*, estas pruebas están dirigidas a Erico Internacional y por medio del cual se obtuvo el reconocimiento de ICBO para el empalme mecánico tipo LENTON® Rebar A2, utilizando barras de refuerzo para hormigón ASTM A706 y en conformidad al ICBO A133 – 2002 “Criterio de aceptación de Empalmes Mecánicos en barras de Acero de Refuerzo”.

***PROGRAMA DE ENSAYOS Y CALIFICACIÓN DEL SISTEMA DE EMPALME  
PARA EMPALMES MECÁNICOS LENTON REBAR.***

Preparado para:

*ICBO SERVICIO DE EVALUACIÓN, INC.  
5360 Workman Mill Road  
Whittier, California 90601-2299  
Teléfono: (562) 699-0543 Fax: (562) 695-4694*

Preparado por:

*STORK HERRON LABORATORIOS DE PRUEBAS, INC.  
5405 E. Schaaf Road  
Cleveland, Ohio 44131  
Teléfono: (216) 524-1450 Fax: (216) 524-1459*

Pruebas Dirigidas a:

*ERICO, Inc.  
34600 Solon Road  
Solon, Ohio 44139  
Teléfono: (440) 248-0100 Fax: (440) 248-1451*

## TABLA DE CONTENIDOS

|      |   |    |
|------|---|----|
|      | Tabla de Contenidos.....                  | 83 |
|      | Notaciones.....                           | 84 |
| I.   | Objetivos del Ensayo.....                 | 85 |
| II.  | Selección de Materiales.....              | 85 |
| III. | Equipo de Ensaye.....                     | 85 |
| IV.  | Procedimientos de Ensaye.....             | 86 |
| V.   | Resumen Tablas.....                       | 88 |
|      | I           Control de Barra no empalmada |    |
|      | II           LENTON A2 Prueba resumida    |    |
| VI.  | Conclusiones.....                         | 98 |

## ANEXOS

- A.    Reporte Experimental individual
  - Barra de control Lenton A2
  - Pruebas Lenton A2
  
- B.    Fotografías
  - Barra de control Lenton A2
  - Pruebas Lenton A2
  
- C.    Certificación
  - Acero de refuerzo
  - MTS Máquina de Tensión
  - Extensómetro
  - Calibradores
  
- D.    Fotografías
  - MTS Máquina de Tensión
  - Extensómetro
  
- E.    ICBO
  - AC133-Abril 2002

**NOTACIONES*****YIELD (Fluencia):***

|            |   |   |
|------------|---|---|
| <b>fy</b>  | = | Actual Yield Stress<br>(Tensión de fluencia real)                               |
| <b>fyk</b> | = | Specified Minimum Yield Stress<br>(Tensión de fluencia mínima especificada)     |
| <b>Fy</b>  | = | Actual Yield Strength<br>(Límite de Elasticidad real)                           |
| <b>Fyk</b> | = | Specified Minimum Yield Strength<br>(Límite de elasticidad mínimo especificado) |
| <b>Ey</b>  | = | Actual Yield Strain<br>(Módulo de Elasticidad Real)                             |

***TENSILE (Tracción):***

|            |   |   |
|------------|---|---|
| <b>fu</b>  | = | Actual Tensile Stress<br>(Tensión de Tracción real)                           |
| <b>fuk</b> | = | Specified Minimum Tensile Stress<br>(Tensión de Tracción Mínima Especificada) |
| <b>Fu</b>  | = | Actual Ultimate Tensile Load<br>(Última Carga Real de Tracción)               |
| <b>Fuk</b> | = | Specified Minimum Tensile Load<br>(Carga de Tracción Mínima especificada)     |

***UNIDADES:***

|            |   |                             |
|------------|---|-----------------------------|
| <b>in</b>  | = | Pulgadas                    |
| <b>lbs</b> | = | Libras                      |
| <b>psi</b> | = | Libras por pulgada cuadrada |
| <b>ksi</b> | = | 1000 psi                    |

***ALARGAMIENTO:***

|            |   |          |
|------------|---|----------|
| <b>Agt</b> | = | Pulgadas |
|------------|---|----------|

## **I. OBJETIVOS DEL ENSAYO:**

El objetivo de este programa de ensayo es obtener reconocimiento de ICBO para ERICO, Inc.: para su copla LENTON<sup>®</sup> Rebar A2 sistema de empalme usando barras de refuerzo para concreto ASTM A706 en conformidad con el ICBO AC133-2002 "Criterio de aceptación de Empalmes Mecánicos en barras de Acero de Refuerzo", para empalmes tipo 1 y tipo 2.

## **II. SELECCIÓN DE MATERIAL:**

### *CONECTORES MECÁNICOS:*

Todos los conectores fueron seleccionados al azar por ERICO de su inventario. El número de parte y de lote, fue timbrado en el cuerpo del empalme, están incluidos en una lista en este reporte.

### *ACERO REFORZADO:*

Todos los empalmes están armados empleando el acero reforzado disponible comercialmente, conforme a las normas ASTM A615-01 o A706-01. El nombre del fabricante de la barra, además de la Certificación de Fabrica está adjunto en el presente reporte. Las dimensiones individuales de una barra son a partir de un acero reforzado a la misma temperatura. En el momento de recibo, a las barras apropiadas le fue fabricada la rosca con el equipo estándar de roscado LENTON. Cada extremo de la barra fue inspeccionado para garantizar conformidad a ERICO en la calidad del hilo. Las barras fueron sujetas al empalme o copla usando una llave mecánica estándar de Inspección LENTON. Las barras fueron apretadas con la llave especificada y ésta ajustada, tal como establecen las referencias en el Reporte Número 3967 de ICBO (1 de enero, 2001).

## **III. EQUIPO DE ENSAYE:**

### *MTS MÁQUINA DE TRACCION:*

La prueba fue realizada usando una Máquina de Tracción MTS para 250 Toneladas localizada en el Laboratorio de ingeniería de ERICO. La calibración de la Máquina MTS fue verificada antes de comenzar el programa de prueba. Los ejemplares traccionados eran de aproximadamente 38 pulgadas de largo. La temperatura ambiental mientras se dirigían estas pruebas fue mantenida aproximadamente a 70 ° F.

*EL EXTENSÓMETRO:*

Un extensómetro(s) electrónico fue fijado al acero reforzado a no más de un diámetro de barra en cada término de la zona de empalme efectiva para establecer esfuerzo a través del empalme. Además, un “esfuerzo” calibrado fue fijado directamente al Rebar para la medida de tensión (distanciado del empalme). Estos fueron hechos en conformidad a AC133 (2002). El mismo largo calibrado fue usado para probar la barra sin empalmar.

**IV. PROCEDIMIENTOS DE ENSAYE:**

Stork Herron Testing Laboratorios, Inc., Servicios de Evaluación ICBO No TL-161, personal de instalación reportado por ERICO, Inc. en Solon, Ohio para presenciar el ensamblaje de los empalmes LENTON. Los ejemplares para la prueba fueron seleccionados al azar e inspeccionados por los Procedimientos de Garantía de Calidad ERICO. Se usaron calibradores para verificar conformidad de ambos hilos externos para la rosca así como también los hilos internos de los empalmes LENTON. Antes del inicio del programa de prueba, personal de Herron realizó una evaluación extensiva de la prueba de instalación ERICO, incluyendo al personal de ERICO y el equipo de prueba. Todas las pruebas fueron presenciadas por el personal de Laboratorios de Ensayos Stork Herron, Inc. Los resultados son reportados por los Laboratorios de Ensayos Stork Herron, Inc. La prueba fue dirigida en conformidad a las exigencias de AC133 – Abril de 2002.

*REBAR NO EMPALMADO:*

Una barra sin empalmar del mismo lote, fue probada a tracción para determinar las características físicas del material original. Cada dimensión de rosca fue sometida a una carga de tracción hasta la falla. La siguiente información está incluida en estos informes:

- 1) Límite de elasticidad ( $F_y$ )
- 2) Carga Última ( $U_t$ )
- 3) Gráficos Tensión/Deformación
- 4) Modo de Falla

*PRUEBA DE COMPRESIÓN:*

Cinco ejemplares de cada dimensión de empalme fueron sometidos a una carga de compresión. Debido a que las mandíbulas de la máquina experimental de tracción/compresión son accionadas hidráulicamente, los empalmes fueron ensamblados hasta tener 1 pulgada de rosca expuesta a partir de la cara de los empalmes. Los ejemplares fueron entonces instalados

verticalmente en la máquina experimental entre dos placas de acero. Las pruebas de compresión fueron detenidas cuando una tensión mínima de compresión del 125% del rendimiento especificado fue alcanzada. La siguiente información está incluida en estos informes:

- 1) Carga de compresión
- 2) Tensión/Torsión

**EXPERIMENTANDO CICLO/TENSIÓN:**

Los ejemplares fueron instalados verticalmente en la máquina experimental de tracción y asegurados por medio de mandíbulas de accionado hidráulico. Un extensómetro(s) electrónico fue fijado al acero reforzado a no más de un diámetro de barra en cada término de la zona de empalme efectiva para establecer esfuerzo a través del empalme. Además, un “esfuerzo” calibrado fue fijado directamente al Rebar para la medida de tensión (distanciado del empalme). El mismo largo calibrado que estaba establecido para los ejemplares empalmados fuera también usado para el ejemplar no empalmado. Los empalmes fueron ensamblados a la misma temperatura del acero como la barra de refuerzo no empalmada. Cada ejemplar fue reciclado después de registrado. Con ya sea el ejemplar probado cíclico o un ejemplar independiente, fue entonces aplicada una carga estática a una proporción de carga en conformidad a los Métodos de Prueba de ASTM A 370-97. Las curvas carga/alargamiento y total de alargamientos para últimas cargas fueron registrados. Un mínimo de cinco empalmes de cada dimensión fueron evaluados bajo las siguientes condiciones:

| ETAPA | TENSIÓN   | COMPRESIÓN | CICLOS    |
|-------|-----------|------------|-----------|
| 1     | $0.95f_y$ | $0.5f_y$   | 20        |
| 2     | $2E_y$    | $0.5f_y$   | 4         |
| 3     | $5E_y$    | $0.5f_y$   | 4         |
| 4     | Por Carga | Tensión    | Por falla |

**Notas:**

1.  $f_y$  es el límite de elasticidad especificado de la barra de refuerzo.
2.  $E_y$  es el esfuerzo de la barra de refuerzo a tensión de fluencia. (Esto fue derivado de la tensión real en la barra empalmada).
3. Con algunos ejemplares, en la etapa 4 la carga por tensión se usó para satisfacer los requerimientos de ensayo de tensión estática como se afirma en la sección 3.2.1.1 del ICBO AC133.

## V. RESUMEN TABLAS:

- I Resumen de ensayo para barra sin empalmar.
- II Resumen de ensayo a LENTON A2

**STORK®**

**Herron Testing Laboratories**

5405 E. Schaaf Rd. Cleveland, OH 44131  
(216) 524-1450, Fax: (216) 524-1459

**Control Bar (CB) Test Summary Table: ASTM A706 Grade 60  
for Lenton Standard Couplers, A2 Series**

| Test_No | Size | Mfg.  | Type      | Grade | Def. Pattern   | Heat No. | ERICO No.<br>Rebar ID No. | TENSILE Ult. Load |         |
|---------|------|-------|-----------|-------|----------------|----------|---------------------------|-------------------|---------|
|         |      |       |           |       |                |          |                           | (Lbs)             | (Mpa)   |
| TH9565  | 5    | TAMCO | ASTM A706 | 60    | Bamboo         | 20295    | CPB277                    | 27,591            | 89,003  |
| TH9559  | 6    | TAMCO | ASTM A706 | 60    | Bamboo         | 12706    | CPB278                    | 43,622            | 99,141  |
| TH9552  | 7    | TAMCO | ASTM A706 | 60    | Bamboo         | 21236    | CPB279                    | 55,551            | 92,585  |
| TH8964  | 8    | TAMCO | ASTM A706 | 60    | Bamboo         | 10823    | CPB266                    | 75,010            | 94,949  |
| TH9493  | 8    | TAMCO | ASTM A706 | 60    | Bamboo         | 10823    | CPB233                    | 76,931            | 97,381  |
| TH8965  | 9    | TAMCO | ASTM A706 | 60    | Bamboo         | 11968    | CPB267                    | 90,670            | 90,670  |
| TH9501  | 9    | TAMCO | ASTM A706 | 60    | Bamboo         | 11968    | CPB234                    | 93,777            | 93,777  |
| TH8966  | 10   | TAMCO | ASTM A706 | 60    | Bamboo         | 10685    | CPB268                    | 125,710           | 98,984  |
| TH9512  | 10   | TAMCO | ASTM A706 | 60    | Bamboo         | 10685    | CPB231                    | 128,617           | 101,273 |
| TH8968  | 11   | TAMCO | ASTM A706 | 60    | Bamboo         | 04412    | CPB269                    | 155,220           | 99,500  |
| TH9523  | 11   | TAMCO | ASTM A706 | 60    | Bamboo         | 04412    | CPB232                    | 156,743           | 100,476 |
| TH8967  | 14   | TAMCO | ASTM A706 | 60    | Diag., Uniform | 10441    | CPB270                    | 220,980           | 98,213  |
| TH9535  | 14   | TAMCO | ASTM A706 | 60    | Diag., Uniform | 10441    | CPB241                    | 223,762           | 99,450  |
| TH9546  | 18   | TAMCO | ASTM A706 | 60    | Bamboo         | 02534    | CPB271                    | 379,577           | 94,894  |

All test conducted per AC133 (4/1)

La información y declaraciones en este reporte están derivadas del material, información y/o especificaciones proporcionadas por el cliente y exceptuando cualquiera garantías expresadas o insinuadas en lo que se refiere a la adaptabilidad de material probado o analizado para cualquier propósito particular o cualquier uso. Este reporte es propiedad confidencial de nuestro cliente y no puede ser usado para propósitos publicitarios. Este reporte no será reproducido sin la aprobación completa, y sin la aprobación escrita de este laboratorio.

La grabación de declaraciones falsas, ficticias o fraudulentas o acceso en este documento puede ser castigada como un delito mayor bajo las Leyes Federales incluyendo la Ley Federal Título 18, Capítulo 47.

Los retazos de muestra están vigentes para un mínimo de 30 días de la emisión de los siguientes resultados del ensayo, en el punto que ellos serán descartados a menos que sea notificado por escrito por el cliente.

STORK®

Herron Testing Laboratories

5405 E. Schaaf Rd. Cleveland, OH 44131  
(216) 524-1450, Fax: (216) 524-1459**Compression Test Summary Table: Lenton Standard Coupler EL16A2**

ref. Rebar Material:

| Size | Mfg.  | Type      | Grade | Def. Pattern | Heat No. | ERICO Rebar ID No. |
|------|-------|-----------|-------|--------------|----------|--------------------|
| 5    | TAMCO | ASTM A706 | 60    | Bamboo       | 20295    | CPB277             |

| Test_No | TENSILE Ult. Load |         |        | ACI, IBC Type 1<br>(-1.25Fyk) | ACI, IBC Type 2<br>(-1.25Fyk) | Mode of Failure |
|---------|-------------------|---------|--------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------|
|         | (Lbs)             | (Psi)   | (Mpa)  |                               |                               |                 |
| TH9138  | -25,733           | -83,010 | -572.4 | Passed                        | Passed                        | Test Stopped    |
| TH9139  | -25,611           | -82,616 | -569.6 | Passed                        | Passed                        | Test Stopped    |
| TH9140  | -25,465           | -82,145 | -566.4 | Passed                        | Passed                        | Test Stopped    |
| TH9141  | -23,902           | -77,103 | -531.6 | Passed                        | Passed                        | Test Stopped    |
| TH9142  | -27,174           | -87,658 | -604.4 | Passed                        | Passed                        | Test Stopped    |

All test conducted per AC133 2002 (4/1)

**Tension and Cyclic Test Summary Table: Lenton Standard Coupler EL16A2**

ref. Rebar Material:

| Size | Mfg.  | Type      | Grade | Def. Pattern | Heat No. | ERICO Rebar ID No. |
|------|-------|-----------|-------|--------------|----------|--------------------|
| 5    | TAMCO | ASTM A706 | 60    | Bamboo       | 20295    | CPB277             |

| Test_No | TENSILE Ult. Load |        |       | ACI, IBC Type 1<br>(1.25Fyk) | ACI, IBC Type 2<br>(1.25Fyk) and (Fuk) | Type 1 and 2, Cyclic<br>(#of) | Type 1 and 2, Cyclic<br>(Result) | Mode of Failure |                                |
|---------|-------------------|--------|-------|------------------------------|--|-------------------------------|----------------------------------|-----------------|--------------------------------|
|         | (Lbs)             | (Psi)  | (Mpa) |                              |  |                               |                                  |                 |                                |
| TH9569  | 25,194            | 81,271 | 560.4 | Passed                       | Passed                                 | Passed                        | 28                               | Passed          | Bar Pull-out (B) Bar Mat Shear |
| TH9570  | 25,306            | 81,632 | 562.9 | Passed                       | Passed                                 | Passed                        | 28                               | Passed          | Bar Pull-out (A) Bar Mat Shear |
| TH9577  | 25,997            | 83,861 | 578.2 | Passed                       | Passed                                 | Passed                        | 28                               | Passed          | Bar Pull-out (B) Bar Mat Shear |
| TH9578  | 25,438            | 82,058 | 565.8 | Passed                       | Passed                                 | Passed                        | 28                               | Passed          | Bar Pull-out (B) Bar Mat Shear |
| TH9579  | 26,388            | 85,123 | 586.9 | Passed                       | Passed                                 | Passed                        | 28                               | Passed          | Bar Pull-out (A) Bar Mat Shear |

All test conducted per AC133 2002 (4/1)

**STORK®****Herron Testing Laboratories**5405 E. Schaaf Rd. Cleveland, OH 44131  
(216) 524-1450, Fax: (216) 524-1459**Compression Test Summary Table: Lenton Standard Coupler EL20A2**

ref. Rebar Material:

| Size | Mfg.  | Type      | Grade | Def. Pattern | Heat No. | ERICO Rebar ID No. |
|------|-------|-----------|-------|--------------|----------|--------------------|
| 6    | TAMCO | ASTM A706 | 60    | Bamboo       | 12706    | CPB278             |

| Test_No | TENSILE Ult. Load |         |        | ACI, IBC Type 1<br>(-1.25Fyk) | ACI, IBC Type 2<br>(-1.25Fyk) | Mode of Failure |
|---------|-------------------|---------|--------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------|
|         | (Lbs)             | (Psi)   | (Mpa)  |                               |                               |                 |
| TH9143  | -34,303           | -77,961 | -537.6 | Passed                        | Passed                        | Test Stopped    |
| TH9144  | -35,621           | -80,957 | -558.2 | Passed                        | Passed                        | Test Stopped    |
| TH9145  | -35,939           | -81,680 | -563.2 | Passed                        | Passed                        | Test Stopped    |
| TH9146  | -35,719           | -81,180 | -559.7 | Passed                        | Passed                        | Test Stopped    |
| TH9147  | -33,717           | -76,630 | -528.4 | Passed                        | Passed                        | Test Stopped    |

All test conducted per AC133 2002 (4/1)

**Tension and Cyclic Test Summary Table: Lenton Standard Coupler EL20A2**

ref. Rebar Material:

| Size | Mfg.  | Type      | Grade | Def. Pattern | Heat No. | ERICO Rebar ID No. |
|------|-------|-----------|-------|--------------|----------|--------------------|
| 6    | TAMCO | ASTM A706 | 60    | Bamboo       | 12706    | CPB278             |

| Test_No | TENSILE Ult. Load |        |       | ACI, IBC Type 1<br>(1.25Fyk) | ACI, IBC Type 2<br>(1.25Fyk) and (Fuk) | Type 1 and 2, Cyclic<br>(#of) | (Result) | Mode of Failure |                            |
|---------|-------------------|--------|-------|------------------------------|--|-------------------------------|----------|-----------------|----------------------------|
|         | (Lbs)             | (Psi)  | (Mpa) |                              |  |                               |          |                 |                            |
| TH9560  | 41,903            | 95,234 | 656.7 | Passed                       | Passed                                 | Passed                        | 28       | Passed          | Bar Break (A) Coupler Face |
| TH9561  | 41,989            | 95,430 | 658.0 | Passed                       | Passed                                 | Passed                        | 28       | Passed          | Bar Break (B) Coupler Face |
| TH9562  | 39,113            | 88,893 | 612.9 | Passed                       | Passed                                 | Passed                        | 28       | Passed          | Bar Break (A) Coupler Face |
| TH9563  | 41,019            | 93,225 | 642.8 | Passed                       | Passed                                 | Passed                        | 28       | Passed          | Bar Break (B) Coupler Face |
| TH9564  | 41,107            | 93,425 | 644.2 | Passed                       | Passed                                 | Passed                        | 28       | Passed          | Bar Break (A) Coupler Face |

All test conducted per AC133 2002 (4/1)

STORK®

Herron Testing Laboratories

5405 E. Schaaf Rd. Cleveland, OH 44131  
(216) 524-1450, Fax: (216) 524-1459**Compression Test Summary Table: Lenton Standard Coupler EL22A2**

ref. Rebar Material:

| Size | Mfg.  | Type      | Grade | Def. Pattern | Heat No. | ERICO Rebar ID No. |
|------|-------|-----------|-------|--------------|----------|--------------------|
| 7    | TAMCO | ASTM A706 | 60    | Bamboo       | 21256    | CPB279             |

| Test_No | TENSILE Ult. Load |         |        | ACI, IBC Type 1<br>(•1.25Fyk) | ACI, IBC Type 2<br>(•1.25Fyk) | Mode of Failure |
|---------|-------------------|---------|--------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------|
|         | (Lbs)             | (Psi)   | (Mpa)  |                               |                               |                 |
| TH9148  | -48,219           | -80,365 | -554.1 | Passed                        | Passed                        | Test Stopped    |
| TH9149  | -46,559           | -77,598 | -535.1 | Passed                        | Passed                        | Test Stopped    |
| TH9150  | -51,808           | -86,347 | -595.4 | Passed                        | Passed                        | Test Stopped    |
| TH9151  | -46,437           | -77,395 | -533.6 | Passed                        | Passed                        | Test Stopped    |
| TH9152  | -47,291           | -78,818 | -543.5 | Passed                        | Passed                        | Test Stopped    |

All test conducted per AC133 2002 (4/1)

**Tension and Cyclic Test Summary Table: Lenton Standard Coupler EL22A2**

ref. Rebar Material:

| Size | Mfg.  | Type      | Grade | Def. Pattern | Heat No. | ERICO Rebar ID No. |
|------|-------|-----------|-------|--------------|----------|--------------------|
| 7    | TAMCO | ASTM A706 | 60    | Bamboo       | 21256    | CPB279             |

| Test_No | TENSILE Ult. Load |        |       | ACI, IBC Type 1<br>(1.25Fyk) | ACI, IBC Type 2<br>(1.25Fyk) and (Fuk) | Type 1 and 2, Cyclic<br>(#of) | (Result) | Mode of Failure                 |
|---------|-------------------|--------|-------|------------------------------|--|-------------------------------|----------|---------------------------------|
|         | (Lbs)             | (Psi)  | (Mpa) |                              |  |                               |          |                                 |
| TH9553  | 52,528            | 87,547 | 603.6 | Passed                       | Passed                                 | 28                            | Passed   | Bar Break (A) Coupler Face      |
| TH9554  | 51,388            | 85,647 | 590.5 | Passed                       | Passed                                 | 28                            | Passed   | Bar Pull-out (B) Bar Matl Shear |
| TH9555  | 52,316            | 87,193 | 601.2 | Passed                       | Passed                                 | 28                            | Passed   | Bar Break (B) Coupler Face      |
| TH9557  | 51,501            | 85,835 | 591.8 | Passed                       | Passed                                 | 28                            | Passed   | Bar Break (A) Coupler Face      |
| TH9558  | 52,008            | 86,680 | 597.7 | Passed                       | Passed                                 | 28                            | Passed   | Bar Pull-out (B) Bar Matl Shear |

All test conducted per AC133 2002 (4/1)

STORK®

Herron Testing Laboratories

5405 E. Schaaf Rd. Cleveland, OH 44131  
(216) 524-1450, Fax: (216) 524-1459**Compression Test Summary Table: Lenton Standard Coupler EL25A2****ref. Rebar Material:**

| Size | Mfg.  | Type      | Grade | Def. Pattern | Heat No. | ERICO Rebar ID No. |
|------|-------|-----------|-------|--------------|----------|--------------------|
| 8    | TAMCO | ASTM A706 | 60    | Bamboo       | 10823    | CPB266             |

| Test_No | TENSILE Ult. Load |         |        | ACI, IBC Type 1<br>(-1.25Fyk) | ACI, IBC Type 2<br>(-1.25Fyk) | Mode of Failure |
|---------|-------------------|---------|--------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------|
|         | (Lbs)             | (Psi)   | (Mpa)  |                               |                               |                 |
| TH9153  | -60,622           | -76,737 | -529.1 | Passed                        | Passed                        | Test Stopped    |
| TH9154  | -60,793           | -76,953 | -530.6 | Passed                        | Passed                        | Test Stopped    |
| TH9155  | -60,329           | -76,366 | -526.6 | Passed                        | Passed                        | Test Stopped    |
| TH9156  | -61,599           | -77,973 | -537.6 | Passed                        | Passed                        | Test Stopped    |
| TH9157  | -61,159           | -77,416 | -533.8 | Passed                        | Passed                        | Test Stopped    |

All test conducted per AC133 2002 (4/1)

**Tension and Cyclic Test Summary Table: Lenton Standard Coupler EL25A2****ref. Rebar Material:**

| Size | Mfg.  | Type      | Grade | Def. Pattern | Heat No. | ERICO Rebar ID No. |
|------|-------|-----------|-------|--------------|----------|--------------------|
| 8    | TAMCO | ASTM A706 | 60    | Bamboo       | 10823    | CPB233             |

| Test_No | TENSILE Ult. Load |        |       | ACI, IBC Type 1<br>(1.25Fyk) | ACI, IBC Type 2<br>(1.25Fyk) and (Fuk) | Type 1 and 2, Cyclic<br>(#of) | Type 1 and 2, Cyclic<br>(Result) | Mode of Failure |                                 |
|---------|-------------------|--------|-------|------------------------------|--|-------------------------------|----------------------------------|-----------------|---------------------------------|
|         | (Lbs)             | (Psi)  | (Mpa) |                              |  |                               |                                  |                 |                                 |
| TH9494  | 73,904            | 93,549 | 645.0 | Passed                       | Passed                                 | Passed                        | 28                               | Passed          | Bar Pull-out (B) Bar Matl Shear |
| TH9496  | 72,585            | 91,880 | 633.5 | Passed                       | Passed                                 | Passed                        | 28                               | Passed          | Bar Pull-out (B) Bar Matl Shear |
| TH9497  | 74,172            | 93,889 | 647.4 | Passed                       | Passed                                 | Passed                        | 28                               | Passed          | Bar Pull-out (B) Bar Matl Shear |
| TH9498  | 74,807            | 94,692 | 652.9 | Passed                       | Passed                                 | Passed                        | 28                               | Passed          | Bar Pull-out (B) Bar Matl Shear |
| TH9499  | 74,807            | 94,692 | 652.9 | Passed                       | Passed                                 | Passed                        | 28                               | Passed          | Bar Pull-out (A) Bar Matl Shear |

All test conducted per AC133 2002 (4/1)

**STORK®****Herron Testing Laboratories**5405 E. Schaaf Rd. Cleveland, OH 44131  
(216) 524-1450, Fax: (216) 524-1459**Compression Test Summary Table: Lenton Standard Coupler EL28A2**

ref. Rebar Material:

| Size | Mfg.  | Type      | Grade | Def. Pattern | Heat No. | ERICO Rebar ID No. |
|------|-------|-----------|-------|--------------|----------|--------------------|
| 9    | TAMCO | ASTM A706 | 60    | Bamboo       | 11968    | CPB267             |

| Test_No | TENSILE Ult. Load |         |        | ACI, IBC Type 1<br>(-1.25Fyk) | ACI, IBC Type 2<br>(-1.25Fyk) | Mode of Failure |
|---------|-------------------|---------|--------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------|
|         | (Lbs)             | (Psi)   | (Mpa)  |                               |                               |                 |
| TH9158  | -77,200           | -77,200 | -532.3 | Passed                        | Passed                        | Test Stopped    |
| TH9159  | -76,101           | -76,101 | -524.7 | Passed                        | Passed                        | Test Stopped    |
| TH9160  | -77,786           | -77,786 | -536.3 | Passed                        | Passed                        | Test Stopped    |
| TH9161  | -77,615           | -77,615 | -535.2 | Passed                        | Passed                        | Test Stopped    |
| TH9162  | -77,444           | -77,444 | -534.0 | Passed                        | Passed                        | Test Stopped    |

All test conducted per AC133 2002 (4/1)

**Tension and Cyclic Test Summary Table: Lenton Standard Coupler EL28A2**

ref. Rebar Material:

| Size | Mfg.  | Type      | Grade | Def. Pattern | Heat No. | ERICO Rebar ID No. |
|------|-------|-----------|-------|--------------|----------|--------------------|
| 9    | TAMCO | ASTM A706 | 60    | Bamboo       | 11968    | CPB234             |

| Test_No | TENSILE Ult. Load |        |       | ACI, IBC Type 1<br>(1.25Fyk) | ACI, IBC Type 2<br>(1.25Fyk) and (Fuk) | Type 1 and 2, Cyclic<br>(#of) | (Result) | Mode of Failure |                                 |
|---------|-------------------|--------|-------|------------------------------|--|-------------------------------|----------|-----------------|---------------------------------|
|         | (Lbs)             | (Psi)  | (Mpa) |                              |  |                               |          |                 |                                 |
| TH9502  | 88,992            | 88,992 | 613.6 | Passed                       | Passed                                 | Passed                        | 28       | Passed          | Bar Pull-out (A) Bar Matl Shear |
| TH9503  | 87,210            | 87,210 | 601.3 | Passed                       | Passed                                 | Passed                        | 28       | Passed          | Bar Pull-out (B) Bar Matl Shear |
| TH9504  | 85,623            | 85,623 | 590.4 | Passed                       | Passed                                 | Passed                        | 28       | Passed          | Bar Pull-out (B) Bar Matl Shear |
| TH9505  | 84,841            | 84,841 | 585.0 | Passed                       | Passed                                 | Passed                        | 28       | Passed          | Bar Pull-out (A) Bar Matl Shear |
| TH9506  | 86,380            | 86,380 | 595.6 | Passed                       | Passed                                 | Passed                        | 28       | Passed          | Bar Pull-out (A) Bar Matl Shear |

All test conducted per AC133 2002 (4/1)

STORK®

Herron Testing Laboratories

5405 E. Schaaf Rd. Cleveland, OH 44131  
(216) 524-1450, Fax: (216) 524-1459

---

**Compression Test Summary Table: Lenton Standard Coupler EL32A2**


---

ref. Rebar Material:

| Size | Mfg.  | Type      | Grade | Def. Pattern | Heat No. | ERICO Rebar ID No. |
|------|-------|-----------|-------|--------------|----------|--------------------|
| 10   | TAMCO | ASTM A706 | 60    | Bamboo       | 10685    | CPB268             |

| Test_No | TENSILE Ult. Load |         |        | ACI, IBC Type 1<br>(-1.25Fyk) | ACI, IBC Type 2<br>(-1.25Fyk) | Mode of Failure |
|---------|-------------------|---------|--------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------|
|         | (Lbs)             | (Psi)   | (Mpa)  |                               |                               |                 |
| TH9163  | -96,561           | -76,032 | -524.3 | Passed                        | Passed                        | Test Stopped    |
| TH9164  | -96,585           | -76,051 | -524.4 | Passed                        | Passed                        | Test Stopped    |
| TH9165  | -96,658           | -76,109 | -524.8 | Passed                        | Passed                        | Test Stopped    |
| TH9166  | -96,683           | -76,128 | -524.9 | Passed                        | Passed                        | Test Stopped    |
| TH9167  | -96,707           | -76,147 | -525.0 | Passed                        | Passed                        | Test Stopped    |

---

All test conducted per AC133 2002 (4/1)

---

**Tension and Cyclic Test Summary Table: Lenton Standard Coupler EL32A2**

ref. Rebar Material:

| Size | Mfg.  | Type      | Grade | Def. Pattern | Heat No. | ERICO Rebar ID No. |
|------|-------|-----------|-------|--------------|----------|--------------------|
| 10   | TAMCO | ASTM A706 | 60    | Bamboo       | 10685    | CPB231             |

| Test_No | TENSILE Ult. Load |        |       | ACI, IBC Type 1<br>(1.25Fyk) | ACI, IBC Type 2<br>(1.25Fyk) and (Fuk) | Type 1 and 2, Cyclic<br>(#of) | Cyclic<br>(Result) | Mode of Failure |                                     |
|---------|-------------------|--------|-------|------------------------------|--|-------------------------------|--------------------|-----------------|-------------------------------------|
|         | (Lbs)             | (Psi)  | (Mpa) |                              |  |                               |                    |                 |                                     |
| TH9513  | 119,193           | 93,853 | 647.1 | Passed                       | Passed                                 | Passed                        | 28                 | Passed          | Bar Pull-out (B) Bar Matl Shear     |
| TH9514  | 115,140           | 90,661 | 625.1 | Passed                       | Passed                                 | Passed                        | 28                 | Passed          | Bar Pull-out (B) Coupler Matl Shear |
| TH9515  | 118,973           | 93,680 | 645.9 | Passed                       | Passed                                 | Passed                        | 28                 | Passed          | Bar Pull-out (A) Bar Matl Shear     |
| TH9516  | 119,169           | 93,834 | 647.0 | Passed                       | Passed                                 | Passed                        | 28                 | Passed          | Bar Pull-out (B) Bar Matl Shear     |
| TH9517  | 121,244           | 95,468 | 658.3 | Passed                       | Passed                                 | Passed                        | 28                 | Passed          | Bar Pull-out (A) Bar Matl Shear     |

---

All test conducted per AC133 2002 (4/1)

---

**STORK®****Herron Testing Laboratories**5405 E. Schaaf Rd. Cleveland, OH 44131  
(216) 524-1450, Fax: (216) 524-1459**Compression Test Summary Table: Lenton Standard Coupler EL36A2**

ref. Rebar Material:

| Size | Mfg.  | Type      | Grade | Def. Pattern | Heat No. | ERICO Rebar ID No. |
|------|-------|-----------|-------|--------------|----------|--------------------|
| 11   | TAMCO | ASTM A706 | 60    | Bamboo       | 04412    | CPB269             |

| Test_No | TENSILE Ult. Load |         |        | ACI, IBC Type 1<br>(-1.25Fyk) | ACI, IBC Type 2<br>(-1.25Fyk) | Mode of Failure |
|---------|-------------------|---------|--------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------|
|         | (Lbs)             | (Psi)   | (Mpa)  |                               |                               |                 |
| TH9168  | -118,461          | -75,937 | -523.6 | Passed                        | Passed                        | Test Stopped    |
| TH9169  | -118,680          | -76,077 | -524.6 | Passed                        | Passed                        | Test Stopped    |
| TH9170  | -118,485          | -75,952 | -523.7 | Passed                        | Passed                        | Test Stopped    |
| TH9171  | -118,436          | -75,921 | -523.5 | Passed                        | Passed                        | Test Stopped    |
| TH9172  | -118,583          | -76,015 | -524.1 | Passed                        | Passed                        | Test Stopped    |

All test conducted per AC133 2002 (4/1)

**Tension and Cyclic Test Summary Table: Lenton Standard Coupler EL36A2**

ref. Rebar Material:

| Size | Mfg.  | Type      | Grade | Def. Pattern | Heat No. | ERICO Rebar ID No. |
|------|-------|-----------|-------|--------------|----------|--------------------|
| 11   | TAMCO | ASTM A706 | 60    | Bamboo       | 04412    | CPB232             |

| Test_No | TENSILE Ult. Load |        |       | ACI, IBC Type 1<br>(1.25Fyk) | ACI, IBC Type 2<br>(1.25Fyk) and (Fuk) | Type 1 and 2, Cyclic<br>(#of) | Cyclic<br>(Result) | Mode of Failure |                                 |
|---------|-------------------|--------|-------|------------------------------|--|-------------------------------|--------------------|-----------------|---------------------------------|
|         | (Lbs)             | (Psi)  | (Mpa) |                              |  |                               |                    |                 |                                 |
| TH9525  | 145,830           | 93,481 | 644.6 | Passed                       | Passed                                 | Passed                        | 28                 | Passed          | Bar Pull-out (B) Bar Matl Shear |
| TH9526  | 148,784           | 93,374 | 657.6 | Passed                       | Passed                                 | Passed                        | 28                 | Passed          | Bar Pull-out (B) Bar Matl Shear |
| TH9527  | 146,587           | 93,966 | 647.9 | Passed                       | Passed                                 | Passed                        | 28                 | Passed          | Bar Pull-out (A) Bar Matl Shear |
| TH9528  | 147,978           | 94,858 | 654.1 | Passed                       | Passed                                 | Passed                        | 28                 | Passed          | Bar Pull-out (B) Bar Matl Shear |
| TH9529  | 149,321           | 95,719 | 660.0 | Passed                       | Passed                                 | Passed                        | 28                 | Passed          | Bar Pull-out (B) Bar Matl Shear |

All test conducted per AC133 2002 (4/1)

STORK®

Herron Testing Laboratories

5405 E. Schaaf Rd. Cleveland, OH 44131  
(216) 524-1450, Fax: (216) 524-1459**Compression Test Summary Table: Standard Lenton Coupler EL43TA2**

ref. Rebar Material:

| Size | Mfg.  | Type      | Grade | Def. Pattern | Heat No. | ERICO Rebar ID No. |
|------|-------|-----------|-------|--------------|----------|--------------------|
| 14   | TAMCO | ASTM A706 | 60    | Bamboo       | 10441    | CPB270             |

| Test_No | TENSILE Ult. Load |         |        | ACI, IBC Type 1<br>(-1.25Fyk) | ACI, IBC Type 2<br>(-1.25Fyk) | Mode of Failure |
|---------|-------------------|---------|--------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------|
|         | (Lbs)             | (Psi)   | (Mpa)  |                               |                               |                 |
| TH9173  | -169,463          | -75,317 | -519.3 | Passed                        | Passed                        | Test Stopped    |
| TH9174  | -170,830          | -75,924 | -523.5 | Passed                        | Passed                        | Test Stopped    |
| TH9175  | -170,122          | -75,610 | -521.3 | Passed                        | Passed                        | Test Stopped    |
| TH9176  | -169,341          | -75,263 | -518.9 | Passed                        | Passed                        | Test Stopped    |
| TH9177  | -170,879          | -75,946 | -523.7 | Passed                        | Passed                        | Test Stopped    |

All test conducted per AC133 2002 (4/1)

**Tension and Cyclic Test Summary Table: Lenton Standard Coupler EL43TA2**

ref. Rebar Material:

| Size | Mfg.  | Type      | Grade | Def. Pattern   | Heat No. | ERICO Rebar ID No. |
|------|-------|-----------|-------|----------------|----------|--------------------|
| 14   | TAMCO | ASTM A706 | 60    | Diag., Uniform | 10441    | CPB241             |

| Test_No | TENSILE Ult. Load |        |       | ACI, IBC Type 1<br>(1.25Fyk) | ACI, IBC Type 2<br>(1.25Fyk) and (Fuk) | Type 1 and 2, Cyclic<br>(#of) | Type 1 and 2, Cyclic<br>(Result) | Mode of Failure |                                 |
|---------|-------------------|--------|-------|------------------------------|--|-------------------------------|----------------------------------|-----------------|---------------------------------|
|         | (Lbs)             | (Psi)  | (Mpa) |                              |  |                               |                                  |                 |                                 |
| TH9536  | 211,847           | 94,154 | 649.2 | Passed                       | Passed                                 | Passed                        | 28                               | Passed          | Bar Pull-out (A) Bar Matl Shear |
| TH9537  | 214,850           | 95,489 | 658.4 | Passed                       | Passed                                 | Passed                        | 28                               | Passed          | Bar Pull-out (A) Bar Matl Shear |
| TH9538  | 215,094           | 95,597 | 659.2 | Passed                       | Passed                                 | Passed                        | 28                               | Passed          | Bar Pull-out (B) Bar Matl Shear |
| TH9539  | 210,114           | 93,384 | 643.9 | Passed                       | Passed                                 | Passed                        | 28                               | Passed          | Bar Pull-out (B) Bar Matl Shear |
| TH9540  | 208,014           | 92,451 | 637.5 | Passed                       | Passed                                 | Passed                        | 28                               | Passed          | Bar Pull-out (A) Bar Matl Shear |

All test conducted per AC133 2002 (4/1)

**STORK®****Herron Testing Laboratories**5405 E. Schaaf Rd. Cleveland, OH 44131  
(216) 524-1450, Fax: (216) 524-1459**Compression Test Summary Table: Lenton Standard Coupler EL57TA2**

ref. Rebar Material:

| Size | Mfg.  | Type      | Grade | Def. Pattern | Heat No. | ERICO Rebar ID No. |
|------|-------|-----------|-------|--------------|----------|--------------------|
| 18   | TAMCO | ASTM A706 | 60    | Bamboo       | 02534    | CPB271             |

| Test_No | TENSILE Ult. Load |         |        | ACI, IBC Type 1<br>(-1.25Fyk) | ACI, IBC Type 2<br>(-1.25Fyk) | Mode of Failure |
|---------|-------------------|---------|--------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------|
|         | (Lbs)             | (Psi)   | (Mpa)  |                               |                               |                 |
| TH9178  | -301,157          | -75,289 | -519.1 | Passed                        | Passed                        | Test Stopped    |
| TH9179  | -301,523          | -75,381 | -519.8 | Passed                        | Passed                        | Test Stopped    |
| TH9180  | -302,451          | -75,613 | -521.4 | Passed                        | Passed                        | Test Stopped    |
| TH9181  | -301,718          | -75,430 | -520.1 | Passed                        | Passed                        | Test Stopped    |
| TH9182  | -303,037          | -75,759 | -522.4 | Passed                        | Passed                        | Test Stopped    |

All test conducted per AC133 2002 (4/1)

**Tension and Cyclic Test Summary Table: Lenton Standard Coupler EL57TA2**

ref. Rebar Material:

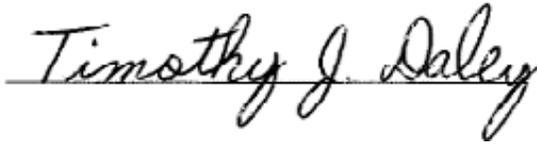
| Size | Mfg.  | Type      | Grade | Def. Pattern | Heat No. | ERICO Rebar ID No. |
|------|-------|-----------|-------|--------------|----------|--------------------|
| 18   | TAMCO | ASTM A706 | 60    | Bamboo       | 02534    | CPB271             |

| Test_No | TENSILE Ult. Load |        |       | ACI, IBC Type 1<br>(1.25Fyk) | ACI, IBC Type 2<br>(1.25Fyk) and (Fuk) | Type 1 and 2, Cyclic<br>(#of) | Type 1 and 2, Cyclic<br>(Result) | Mode of Failure |                                 |
|---------|-------------------|--------|-------|------------------------------|--|-------------------------------|----------------------------------|-----------------|---------------------------------|
|         | (Lbs)             | (Psi)  | (Mpa) |                              |  |                               |                                  |                 |                                 |
| TH9547  | 343,028           | 85,757 | 591.3 | Passed                       | Passed                                 | Passed                        | 28                               | Passed          | Bar Pull-out (A) Bar Matl Shear |
| TH9548  | 338,145           | 84,536 | 582.9 | Passed                       | Passed                                 | Passed                        | 28                               | Passed          | Bar Pull-out (A) Bar Matl Shear |
| TH9549  | 331,602           | 82,901 | 571.6 | Passed                       | Passed                                 | Passed                        | 28                               | Passed          | Bar Pull-out (B) Bar Matl Shear |
| TH9550  | 355,016           | 88,754 | 612.0 | Passed                       | Passed                                 | Passed                        | 28                               | Passed          | Bar Pull-out (A) Bar Matl Shear |
| TH9551  | 333,213           | 83,303 | 574.4 | Passed                       | Passed                                 | Passed                        | 28                               | Passed          | Bar Pull-out (B) Bar Matl Shear |

All test conducted per AC133 2002 (4/1)

**VI. CONCLUSIONES:**

Basado en los resultados de los ensayos de este programa de ensayo, los ejemplares del ensayo empalmados usando el sistema de empalme mecánico LENTON A2 Rebar, para barras ASTM A706 Grado 60 dimensiones # 5, # 6, # 7, # 8, # 9, # 10, # 11, # 14, y # 18, fueron ensayados los empalmes Tipo 1 y Tipo 2 comprobándose que están en conformidad con ICBO AC133, Abril 2002 (IBC, ACI 318-02).



Timothy J. Daley

Técnico

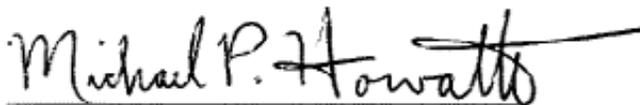
Operador Máquina de Tracción/Coordinador de Proyecto – ERICO, Inc.



Bob Stewart

Ingeniero Desarrollador

Ingeniero de Proyecto – ERICO, Inc.



Michael P. Horvath

Técnico Especialista de Proyectos – Laboratorios de Ensayos Herron, Inc.

ICBO EVALUATION SERVICE, INC.

Evaluate ■ Inform ■ Protect



5360 Workman Mill Road ■ Whittier, CA 90601 USA

866.4.ICBOES (442.2637) toll free

562.699.0543 local ■ 562.695.4694 fax

www.icboes.org web site ■ es@icboes.org e-mail

May 17, 2002

**TO: PROPONENTS OF EVALUATION REPORTS ON MECHANICAL CONNECTORS FOR STEEL BAR REINFORCEMENT, TESTING LABORATORIES AND OTHER INTERESTED PARTIES**

**SUBJECT: Acceptance Criteria for Mechanical Connectors for Steel Bar Reinforcement, Subject AC133-0402-0402-R1 (RK/CH)**

Dear Madam or Sir:

Revisions to the enclosed ICBO ES Acceptance Criteria for Mechanical Connectors for Steel Bar Reinforcement were approved at the April 5, 2002, ICBO ES Evaluation Committee hearing with an October 1, 2002, effective date. The revised criteria is attached.

If you have any questions, please contact Russ Krivchuk, P.E., senior staff engineer, at (562) 699-0543, extension 3204, or the undersigned at extension 3260. You may also reach us by e-mail at es@icboes.org.

Yours very truly,

A handwritten signature in cursive script that reads "Brian C. Gerber".

Brian C. Gerber, S.E.  
Principal Staff Engineer

BCG/RK/II

Enclosure

cc: Evaluation Committee

ICBO EVALUATION SERVICE, INC.

Evaluate ■ Inform ■ Protect



5360 Workman Mill Road ■ Whittier, CA 90601 USA

866.4.ICBOES (442.2637) toll free

562.699.0543 local ■ 562.695.4694 fax

www.icboes.org web site ■ es@icboes.org e-mail

## ACCEPTANCE CRITERIA FOR MECHANICAL CONNECTORS FOR STEEL BAR REINFORCEMENT

AC133

April 2002

(Effective October 1, 2002)

Previously issued January 2001, January 1998

### PREFACE

Evaluation reports issued by ICBO Evaluation Service, Inc. (ICBO ES), are based upon performance features of the Uniform family of codes and the International family of codes. Section 104.2.8 of the 1997 *Uniform Building Code*<sup>™</sup> (UBC), Section 104.11 of the 2000 *International Building Code*<sup>®</sup> (IBC) and Section R104.11 of the 2000 *International Residential Code*<sup>™</sup> (IRC) are the primary charging sections upon which evaluation reports are issued. Section 104.2.8 of the UBC reads as follows:

The provisions of this code are not intended to prevent the use of any material, alternate design or method of construction not specifically prescribed by this code, provided any alternate has been approved and its use authorized by the building official.

The building official may approve any such alternate, provided the building official finds that the proposed design is satisfactory and complies with the provisions of this code and that the material, method or work offered is, for the purpose intended, at least the equivalent of that prescribed in this code in suitability, strength, effectiveness, fire resistance, durability, safety and sanitation.

The building official shall require that sufficient evidence or proof be submitted to substantiate any claims that may be made regarding its use. The details of any action granting approval of an alternate shall be recorded and entered in the files of the code enforcement agency.

Similar provisions are contained in Sections 104.11 and R104.11 of the IBC and IRC, respectively.

The attached acceptance criteria has been issued to provide all interested parties with guidelines on implementing performance features of the applicable code(s) referenced in the acceptance criteria. The criteria was developed and adopted following public hearings conducted by the ICBO ES Evaluation Committee and is effective on the date shown above. All reports issued or reissued on or after the effective date must comply with this criteria, while reports issued prior to this date may be in compliance with this criteria or with the previous edition. If the criteria is an updated version from a previous edition, a solid vertical line (|) in the margin within the criteria indicates a technical change, addition, or deletion from the previous edition. A deletion indicator (°) is provided in the margin where a paragraph has been deleted if the deletion involved a technical change. This criteria may be further revised as the need dictates.

ICBO ES may consider alternate criteria, provided the proponent submits valid data demonstrating that the alternate criteria are at least equivalent to the attached criteria and otherwise meet the applicable performance requirements of the codes. Notwithstanding that a material, type or method of construction, or equipment, meets the attached acceptance criteria, or that it can be demonstrated that valid alternate criteria are equivalent and otherwise meet the applicable performance requirements of the codes, if the material, product, system or equipment is such that either unusual care with its installation or use must be exercised for satisfactory performance, or malfunctioning is apt to cause unreasonable property damage or personal injury or sickness relative to the benefits to be achieved by the use thereof, ICBO ES retains the right to refuse to issue or renew an evaluation report.

Copyright © 2002

# ACCEPTANCE CRITERIA FOR MECHANICAL CONNECTORS FOR STEEL BAR REINFORCEMENT

## 1.0 INTRODUCTION

The purpose of this criteria is to provide procedures for recognition by ICBO Evaluation Service, Inc., of Type 1 and Type 2 mechanical connectors for steel bar reinforcement under Sections 1912.14.3, 1912.15.3, 1912.15.4.3, 1912.16.3 and 1921.2.6.1.2 of the *Uniform Building Code*™ (UBC). This criteria is also applicable to Types 1 and 2 mechanical connectors under Section 21.2.6.1 of ACI 318-99, referenced in Section 1901.2 of the *International Building Code*® (IBC) and Section R612 of the *International Residential Code*™ (IRC).

## 2.0 BASIC INFORMATION

### 2.1 Description:

Description must be reported, including dimensions, designations and material specifications.

### 2.2 Packaging and Identification:

The method of packaging and identification must be reported. The packaging information must include the manufacturer's name and address, model (style), size, and the applicable ICBO ES evaluation report number. Each connector must be identified by the manufacturer's mark or logo, and must indicate whether the connector is intended for a Type 1 or Type 2 splice connection.

The Type 1 or Type 2 identification shall be spelled out or indicated by a symbol to be identified in the ICBO ES evaluation report.

### 2.3 Installation Instructions:

Complete installation instructions for the mechanical connections must be provided. The installation instructions must include the required information noted in UBC Section 1921.2.6.1.2 for use under the UBC, and as noted in Section 21.2.6.2 of ACI 318-99 for use under the IBC and IRC.

### 2.4 Testing Laboratories and Reports of Tests:

**2.4.1** Testing laboratories shall comply with the ICBO ES Acceptance Criteria for Laboratory Accreditation (AC89).

**2.4.2** Test reports shall comply with the ICBO ES Acceptance Criteria for Test Reports and Product Sampling (AC85). These reports shall include sampling procedures, test specimen preparation, test procedures, and results of all tests. Where indicated, photographs must be included in the report.

### 2.5 Required Testing:

**2.5.1** The manufacturer has the option of qualifying his connectors for use in either Type 1 or Type 2 mechanical connection splices. UBC Section 1921.2.6.1.2 describes permitted uses for each type of splice under the UBC. Section 21.2.6.2 of ACI 318-99 describes permitted uses for each type of splice under the IBC and IRC.

**2.5.2** For all mechanical connection testing done in accordance with Section 3.0 of this criteria, an unspliced control reinforcing bar of each bar size to be recognized is to be tested in tension to establish the actual yield and actual ultimate stress values, and strain in the bar at actual yield stress. For any bar group, the control bars and bars tested with connectors shall be from the same heat.

**2.5.3** For all mechanical connection testing conducted in accordance with Section 3.0 of this criteria, elongation across the connection must be recorded and load-elongation plots provided in the test report. Elongation is to be

measured between two gage points located on the reinforcing bars, one gage point beyond either end of the mechanical connector. A gage point is not to be located on the connection itself, nor within the affected zone (see Section 2.5.5) of the reinforcing bar. Each gage point must be located not more than one bar diameter away from an end of the mechanical connector or end of the affected zone. Alternatively, for specimens tested in monotonic compression, the specimens can be gripped at the gage point with the test machine crosshead or piston movement monitored as the elongation measurement.

**2.5.4** For all tension and cyclic testing conducted in accordance with Section 3.0 of this criteria, a reference strain is to be recorded and load-strain plots provided. The reference strain is to be measured at a reference point on the reinforcing bar, remote from the splice and outside of the affected zone. The reference strain shall be used in the first cycle of both stages 2 and 3 to determine the tensile loads to be applied in the second through fourth cycles of Stages 2 and 3. The tensile loads in Stages 2 and 3 of the cyclic testing shall be based on the first cycle load that results in a  $2\epsilon_y$  and  $5\epsilon_y$  strain in the bar, respectively. The zero strain, baseline strain, reading is to be taken at zero applied load prior to the start of the test on a specimen and is not to be zeroed during the test. The reference strain shall be recorded throughout Stages 1, 2 and 3, and as far into Stage 4 as practicable.

**2.5.5** The affected zone is defined as that portion of the reinforcing bar where any property of the bar, including physical, metallurgical or material characteristics, has been altered by manufacture, fabrication and/or installation of the splice. Examples include, but are not limited to, heat affected zones, bar upset zones, sections of the bar affected by threading or other machining, and significant sharp marks or notches left in the bar by gripping during manufacture fabrication or installation of the mechanical connector.

## 3.0 MECHANICAL CONNECTION TESTS

### 3.1 Type 1 Splice:

**3.1.1 Static Tension and Compression Tests:** Mechanical connections must be tested in all reinforcing bar sizes for which recognition is sought. All bar transition connectors must be tested. For each bar size, a minimum three connections in each load direction must be tested. Each connection must develop, in tension and compression, at least 125 percent of the specified yield strength, of the bar.

**3.1.2 Cyclic Tension and Compression Tests:** Mechanical connections must be tested in all reinforcing bar sizes for which recognition is sought. All bar transition connectors must be tested. For each bar size, a minimum three connections must be tested. The cyclic testing procedure is as noted in the following table:

| STAGE | TENSION                    | COMPRESSION | CYCLES |
|-------|----------------------------|-------------|--------|
| 1     | $0.95f_y$                  | $0.5f_y$    | 20     |
| 2     | $2\epsilon_y$              | $0.5f_y$    | 4      |
| 3     | $5\epsilon_y$              | $0.5f_y$    | 4      |
| 4     | Load in tension to failure |             |        |

#### Notes:

$f_y$  is the specified yield strength of the reinforcing bar.  
 $\epsilon_y$  is the strain of reinforcing bar at actual yield stress.

**ACCEPTANCE CRITERIA FOR MECHANICAL CONNECTORS FOR STEEL BAR REINFORCEMENT**

Each connector must sustain Stages 1 through 3 without failure. If the load at failure of each connector under Stage 4 testing complies with the conditions of acceptance of Section 3.1.1, the static tension testing of Section 3.1.1 may be omitted.

**3.2 Type 2 Splice:**

**3.2.1 Static Tension and Compression Tests:**

**3.2.1.1 Static Tension Test:** Mechanical connections must be tested in all reinforcing bar sizes for which recognition is sought. All bar transition connectors must be tested. For each bar size, a minimum of five connections in each load direction must be tested. For use under the UBC, each mechanical connection must develop in tension the lesser of 95 percent of the actual ultimate tensile strength or 160 percent of the specified yield strength,  $f_y$ , of the bar. For use under the IBC, each connection, in tension, must develop 100 percent of the specified tensile strength,  $f_u$ , of the bar, and 125 percent of the specified yield strength,  $f_y$ , of the bar.

**3.2.1.2 Static Compression Test:** All requirements noted in Section 3.2.1.1 of this criteria apply to compression tests, except that each connection in compression need only develop at least 125 percent of the specified yield strength,  $f_y$ , of the bar.

**3.2.2 Cyclic Tension and Compression Tests:** Mechanical connections must be tested in all reinforcing bar sizes for which recognition is sought. All bar transition connectors must be tested. For each bar size, a minimum of five connections must be tested. The cyclic testing procedure is as noted in the following table:

| STAGE | TENSION                    | COMPRESSION | CYCLES |
|-------|----------------------------|-------------|--------|
| 1     | $0.95f_y$                  | $0.5f_y$    | 20     |
| 2     | $2\varepsilon_y$           | $0.5f_y$    | 4      |
| 3     | $5\varepsilon_y$           | $0.5f_y$    | 4      |
| 4     | Load in tension to failure |             |        |

**Notes:**

$f_y$  is the specified yield strength of the reinforcing bar.  
 $\varepsilon_y$  is the strain of reinforcing bar at actual yield stress.

Each connector must sustain Stages 1 through 3 without failure. If the load at failure of each connector under Stage 4 testing complies with the conditions of acceptance of Section 3.2.1.1, the static tension tests of Section 3.2.1.1 may be omitted.

**4.0 QUALITY CONTROL**

The manufacturer must maintain an in-house quality control program documented in a quality control manual. The manual must be submitted to ICBO ES. The quality control manual must comply with Section 2.2 of the ICBO ES Acceptance Criteria for Quality Control Manuals (AC10).

**5.0 REFERENCES**

- 5.1 1997 *Uniform Building Code*™, International Conference of Building Officials.
- 5.2 2000 *International Building Code*®, International Code Council.
- 5.3 2000 *International Residential Code*®, International Code Council.
- 5.4 American Society for Testing and Materials (1997), ASTM A370-97, Test Methods and Definitions for Mechanical Testing of Steel Products, West Conshohocken, Pennsylvania.
- 5.5 American Society for Testing and Materials (1996), ASTM E8-96a, Test Methods for Tension Testing of Metallic Materials.
- 5.6 ASTM E 9-89 (1995), Standard Test Methods of Compression Testing of Materials at Room Temperature, American Society for Testing and Materials.
- 5.7 American Concrete Institute (1997), ACI Manual of Concrete Practice, Part 3, ACI 439.3R-91, Farmington Hills, Michigan.
- 5.8 Japan Concrete Institute, Standard for Performance Evaluation of Rebar Joints. Seminar on Precast Concrete Construction in Seismic Zones, JCI-CIOE, Volume 2, Tokyo, Japan, October 27-31, 1986. ■



# ICBO Evaluation Service, Inc.

5360 WORKMAN MILL ROAD • WHITTIER, CALIFORNIA 90601-2299

A subsidiary corporation of the International Conference of Building Officials

Accredited by the  
American National Standards Institute

## EVALUATION REPORT

Copyright © 2001 ICBO Evaluation Service, Inc.

ER-3967

Reissued January 1, 2001

Filing Category: DESIGN—Concrete (038)

### REINFORCING STEEL COUPLERS AND SPLICES

ERICO, INC.  
34600 SOLON ROAD  
SOLON, OHIO 44139

#### 1.0 SUBJECT

Reinforcing Steel Couplers and Splices.

#### 2.0 DESCRIPTION

##### 2.1 LENTON Couplers:

**2.1.1 General:** LENTON couplers are designed to mechanically butt-splice No. 4 [ $1\frac{1}{2}$ -inch (12.7 mm) diameter] through No. 18 [ $2\frac{1}{4}$ -inch (57 mm) diameter] Grade 40 or 60 reinforcing steel (rebar) conforming to ASTM A 615 and ASTM A 706 specifications. Rebar may be galvanized in accordance with ASTM A 767 or epoxy-coated in accordance with either ASTM A 775 or ASTM A 934. Couplers are available in four basic styles: Standard, Transition, Position and Terminator. All styles have interior-tapered threads for joining the reinforcing bars.

The couplers are manufactured from steels listed in Table 1. All steel grades conform to ASTM A 576 specifications. Recognized part numbers and corresponding rebar sizes are described in Table 2.

Ends of uncoated rebar are normally threaded in the shop with automated equipment, but can also be threaded at the jobsite. The threads are right-handed and tapered to match the accompanying coupler. Quality control checks are performed using gauges supplied by the manufacturer. The bar-end gauge controls the end diameter, which automatically controls the thread length. The profile gauge determines the correct profile and depth. Prior to quality control checks, all threads are visually inspected for cleanliness and damage. Damaged threads are removed by saw cutting, and the bar is then remachined using the LENTON bar threader. Prior to shipping, the threads are protected to ensure damage-free bar ends at the jobsite.

##### 2.1.2 Design:

**2.1.2.1 ASTM A 615 Rebar:** When splicing rebar conforming to ASTM A 615, the systems, classified Type 1 in accordance with Section 1921.2.6.1.2 of the code, can develop in tension or compression 125 percent of specified yield strength in accordance with Sections 1912.14.3.4 and 1921.2.6.1.2 of the code. The systems are also classified Type 2 in accordance with Section 1921.2.6.1.2 of the code, and can develop in tension the lesser of 95 percent of the ultimate tensile strength and 160 percent of the specified yield strength in accordance with Section 1921.2.6.1.2 of the code.

**2.1.2.2 ASTM A 706 Rebar:** When joining bars conforming to ASTM A 706, the systems, classified Type 1 in accordance with Section 1921.2.6.1.2 of the code, can develop in tension

or compression 125 percent of specified yield strength in accordance with Section 1912.14.3.4 of the code.

**2.1.3 Installation:** The splice locations must be detailed on plans approved by the building official. All required distances, spacings and coverages described in Sections 1907.6 and 1907.7 and Table 7-A of the code must be measured from the outside of the sleeves. Splices made in tension-tie members must be staggered from adjacent bars in accordance with Section 1912.15.5 of the code. As Type 2 splices, the couplers are permitted in any location within a member, for all seismic zones. The couplers are permitted to develop compression in a column-face strong connection in Seismic Zones 2, 3 and 4 in accordance with Section 1921.2.7.5 of the code.

**2.1.4 Standard Coupler:** The Standard coupler is used to join straight bars where at least one rebar end is free to rotate. For field installation of the standard coupler, the thread protector is removed from the threaded bar end, which is inspected for cleanliness and damage. In some cases, the coupler is fastened to the bar at the fabrication facility, to protect the threads. A wire brush is used to remove rust and concrete. The coupler is then screwed onto the threaded end of a bar to be spliced, and is tightened by hand. The second bar is inserted into the coupler and is rotated until hand-tight. A pipe wrench or LENTON inspection wrench is used to complete the connection. The wrench is attached to the second bar, and is tightened to the required setting listed in Table 2; a "click" in the handle can be felt, as well as heard, when the desired torque has been attained.

**2.1.5 Transition Couplers:** Transition couplers are similar to the Standard coupler, except the coupler is designed to accommodate bars of different sizes. Installation procedures are the same as those for the standard couplers discussed in Sections 2.1.3 and 2.1.4. The wrench is set for the smaller of the two bar sizes. See Table 2.

**2.1.6 Position Couplers:** Position couplers are used to join curved or bent bars that must be held in a predetermined position during the joining process. The couplers can also be used where neither bar is free to rotate. All position couplers are manufactured to only allow the coupler to rotate. Installation differs from that of all other LENTON couplers. Refer to Figure 1 for proper installation procedures.

**2.1.7 Terminators:** LENTON Terminators are embedment-style couplers designed as an alternate to bent sections of reinforcing steel in reinforced concrete construction. The coupler is machined with a LENTON tapered thread. The coupler area is at least four times the nominal area of the reinforcement bars. Installation is similar to that for LENTON Standard couplers, except that the bar is held stationary while the coupler is fastened using a pipe wrench or LENTON inspection wrench. See Table 2 for wrench settings.

*Evaluation reports of ICBO Evaluation Service, Inc., are issued solely to provide information to Class A members of ICBO, utilizing the code upon which the report is based. Evaluation reports are not to be construed as representing aesthetics or any other attributes not specifically addressed nor as an endorsement or recommendation for use of the subject report.*

*This report is based upon independent tests or other technical data submitted by the applicant. The ICBO Evaluation Service, Inc., technical staff has reviewed the test results and/or other data, but does not possess test facilities to make an independent verification. There is no warranty by ICBO Evaluation Service, Inc., express or implied, as to any "Finding" or other matter in the report or as to any product covered by the report. This disclaimer includes, but is not limited to, merchantability.*

## 2.2 LENTON Form Saver Assemblies:

**2.2.1 General:** The LENTON Form Saver assemblies are designed to splice No. 5 through No. 7 reinforcing bars where concrete form work prevents the use of one, continuous bar. Assemblies consist of a reinforcing bar factory-attached to a coupler, and a separate coated or uncoated reinforcing bar, with uncoated external threads, that subsequently screws into the coupler. Disc Style Form Savers have a factory-installed mounting plate swaged to the coupler. The Twist-Lok version is also available with a detachable mounting plate. Form Saver couplers are manufactured from steel conforming to ASTM A 576, grade designation AISI C1117. The reinforcing steel (rebar) is Grade 60 conforming to ASTM A 615. Rebar may also be galvanized in accordance with ASTM A 767 or epoxy-coated in accordance with either ASTM A 775 or ASTM A 934. All couplers have LENTON internal threads for joining the reinforcing bars on one end, with the opposite end either threaded or machined in preparation for friction forging. The No. 5 through No. 7 bars are factory-attached to couplers by friction forging. This manufacturing process attaches the reinforcing bar to the coupler by forcing the components together while the coupler is revolving at a specified rate.

The mating externally threaded bars are machined by automated equipment either by the manufacturer at the manufacturer's plant or by the rebar fabricator. The threads are right-handed and tapered to match the coupler. Quality control checks of the threaded parts are conducted by the manufacturer or fabricator, using gauges provided by the manufacturer. The bar-end gauge controls the end diameter, which controls the thread length. The profile gauge determines the correct profile and depth. Threads not conforming to the manufacturer's standards are removed, and the bar is then re-machined. The weld quality is verified by statistical sampling of assemblies, which are then tested for tensile strength. Prior to shipment, both the threaded rebar and the coupler are protected. Recognized part numbers and wrench settings are described in Table 3.

**2.2.2 Design:** The system, classified Type 1 in accordance with Section 1921.2.6.1.2 of the code, can develop in tension or compression 125 percent of the specified yield strength in accordance with Sections 1912.14.3.4 and 1921.2.6.1.2 of the code. The system is also classified Type 2 in accordance with Section 1921.2.6.1.2 of the code, and can develop in tension the lesser of 95 percent of the ultimate tensile strength and 160 percent of the specified yield strength in accordance with Section 1921.2.6.1.2 of the code.

### 2.2.3 Installation:

**2.2.3.1 General:** The splice locations must be detailed on plans approved by the building official. All required distances, spacings and coverages described in Sections 1907.6 and 1907.7 and Table 7-A of the code must be measured from the outside of the sleeves. Splices made in tension-tie members must be staggered from adjacent bars in accordance with Section 1912.15.5 of the code. As Type 2 splices, the couplers are permitted in any location within a member, in any seismic zone. The couplers are permitted to develop compression in a column-face strong connection in Seismic Zones 2, 3 and 4 in accordance with Section 1921.2.7.5 of the code.

**2.2.3.2 Twist-Lok Style Form Saver:** To install the Twist-Lok Form Saver assembly, the mounting plate is nailed, independent of the remaining assembly, to the form with the two half circles at the "twelve-o'clock" position. The coupler-bar subassembly is inserted into the mounting plate and rotated 30 degrees, causing a locking action between the coupler-bar subassembly and plate. The coupler-bar subassembly and the plate can be assembled prior to their attachment to the formwork. For long pieces, tie wire must be used to support the opposite end of the bar. Upon removal of the formwork,

the protectors are removed from both the bar and coupler, and the threads are inspected for cleanliness and damage. A hand-held (manual) wire brush is used to remove rust and concrete. The bar is screwed into the exposed end of the coupler, and is tightened by hand; a pipe wrench or the LENTON inspection wrench is then used for tightening to the value shown in Table 3.

**2.2.3.3 Disc Style Form Saver:** Installation of the Disc Style Form Saver is similar to that for the Twist-Lok style, except the mounting plate is factory-installed on the Disc Style Form Saver.

### 2.3 Special Inspection:

Continuous special inspection is required in accordance with Section 1701.5.4 of the code. The inspector's duties include sampling of grout cubes, and verifying grade and size of reinforcement bars, coupler and sleeve identification, thread quality of bars, position of couplers and sleeves, installation of couplers and sleeves to bars.

### 2.4 Identification:

All couplers and splices are packaged with labels bearing the manufacturer's name (ERICO, Inc.) and address, part number, model, size and evaluation report number (ICBO ES ER-3967). Each LENTON coupler is permanently stamped with the catalog number, the size, the heat number, and the name "LENTON."

A shipping tag is attached to each bundle, pallet or skid of each LENTON Form Saver shipment, and bears the manufacturer's name (ERICO, Inc.); the part number; and the logo of the quality control agency, Professional Service Industries Inc., Pittsburgh Testing Laboratory Division.

## 3.0 EVIDENCE SUBMITTED

Data in accordance with the ICBO ES Acceptance Criteria for Mechanical Connectors for Steel Bar Reinforcement (AC133), dated January 1998.

## 4.0 FINDINGS

**That the Reinforcing Steel Couplers and Splices described in this report comply with the 1997 *Uniform Building Code*<sup>™</sup>, subject to the following conditions:**

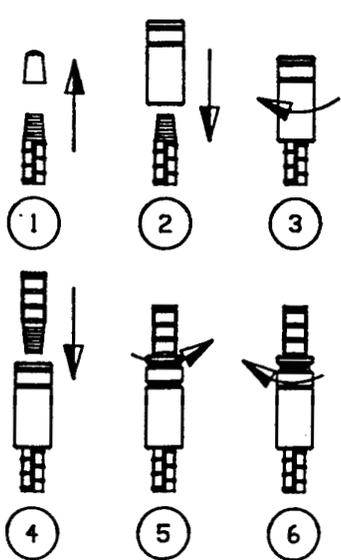
- 4.1 The couplers and splices are installed in accordance with the manufacturer's instructions and this report.
- 4.2 Splice locations comply with the code and are noted on plans approved by the building official.
- 4.3 When bars act in tension where a fire-resistive rating is required, the concrete cover specified in Table 7-A of the code must be measured to the outside of the connecting device.
 

When bars act in compression only, the connecting device may project  $\frac{1}{2}$  inch (12.7 mm) into the required cover. However, in no case may the cover be less than  $\frac{3}{4}$  inch (19.1 mm).
- 4.4 Special inspection in accordance with Section 1701 of the code is required. Additional details are in Section 2.3 of this report.
- 4.5 The steel reinforcing bar of the Form Saver assemblies must be of sufficient length to permit splices of reinforcement in accordance with Section 1912 of the code.
- 4.6 Couplers and splices are limited to splice types summarized in Table 4.
- 4.7 Lenton Form Saver assemblies are manufactured in Solon, Ohio, with inspections by Professional Service Industries Inc., Pittsburgh Testing Laboratory Division (AA-660).

This report is subject to re-examination in two years.

TABLE 1—LENTON COUPLER MATERIAL SPECIFICATIONS

| COUPLER STYLE | PART NUMBER SUFFIX | REBAR SIZES          | AISI GRADE |
|---------------|--------------------|----------------------|------------|
| Standard      | A2                 | No. 4 through No. 7  | C1117      |
| Standard      | A2                 | No. 8 through No. 18 | C11L37     |
| Transition    | A2                 | No. 3 through No. 7  | C1117      |
| Transition    | A2                 | No. 8 through No. 18 | C11L37     |
| Position      | P9                 | All                  | C1141      |
| Terminator    | D6                 | No. 8 through No. 18 | C1141      |

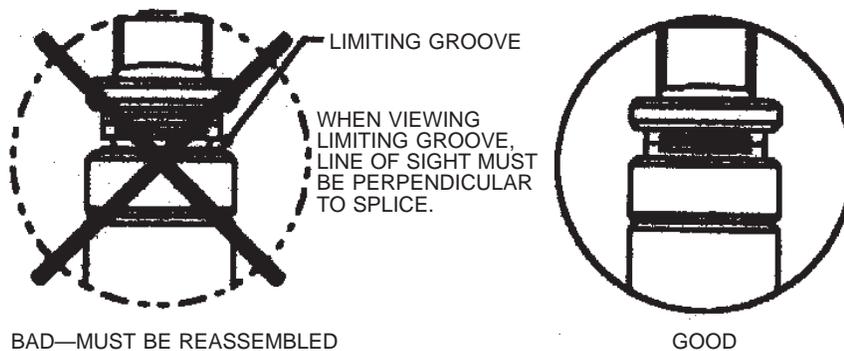


**P9 POSITION COUPLERS  
INSTALLATION INSTRUCTIONS**

- STEP 1 – Remove bar end protector (if present). Visually inspect threaded end, making sure threads are undamaged and free of concrete, rust, and other contaminants. Use of a wire brush may be required.
- STEP 2 – Check part number on coupler to verify it is the correct size for the bars being spliced (see chart). Insert the coupler onto the bar, and rotate it clockwise until hand-tight (approximately 4 to 4 1/2 turns).
- STEP 3 – Using a standard pipe wrench, securely tighten the coupler to the matching tapered threaded rebar.
- STEP 4 – Refer to STEP 1 for bar cleanliness. Insert second bar into the coupler.
- STEP 5 – While holding the “upper bar”, using a standard pipe wrench, rotate the connector end of the coupler in a counter-clockwise direction to tighten the assembly.
- STEP 6 – Using a standard pipe wrench, tighten the jam nut against the body.
- STEP 7 – Verify that the limiting groove is not visible.

| BAR SIZE | PART NUMBER | INSPECTION WRENCH SETTING |
|----------|-------------|---------------------------|
| #8       | EL25P9      | 200                       |
| #9       | EL28P9      | 200                       |
| #10      | EL32P9      | 200                       |
| #11      | EL36P9      | 200                       |
| #14      | EL43P9      | 200                       |
| #18      | EL57P9      | 200                       |

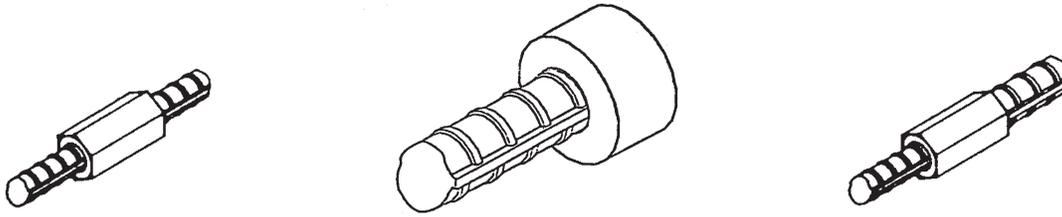
FIGURE 1



NOTE: LIMITING GROOVE MUST NOT BE VISIBLE AFTER CONNECTOR END HAS BEEN TIGHTENED.

FIGURE 2

TABLE 2—LENTON COUPLER CATALOG NUMBER AND REQUIRED INSTALLATION SETTINGS



| BAR SIZE NO. | STANDARD COUPLER |                | TERMINATOR          |                | TRANSITION COUPLER |                    |                |
|--------------|------------------|----------------|---------------------|----------------|--------------------|--------------------|----------------|
|              | Catalog Part No. | Wrench Setting | Catalog Part Number | Wrench Setting | Catalog Part No.   | Rebar Sizes Joined | Wrench Setting |
| 4            | EL 12 A2         | 30             | —                   | —              | —                  | —                  | —              |
| 5            | EL 16 A2         | 90             | —                   | —              | —                  | —                  | —              |
| 6            | EL 20 A2         | 130            | —                   | —              | EL 2220 A2         | 6 to 7             | 130            |
| 7            | EL 22 A2         | 160            | —                   | —              | EL 2522 A2         | 7 to 8             | 160            |
| 8            | EL 25 A2         | 200            | EL 25 D6            | 200            | EL 2825 A2         | 8 to 9             | 200            |
| 9            | EL 28 A2         | 200            | EL 28 D6            | 200            | EL 3228 A2         | 9 to 10            | 200            |
| 10           | EL 32 A2         | 200            | EL 32 D6            | 200            | EL 3632 A2         | 10 to 11           | 200            |
| 11           | EL 36 A2         | 200            | EL 36 D6            | 200            | EL 43T36 A2        | 11 to 14           | 200            |
| 14           | EL 43 TA2        | 200            | EL 43 TD6           | 200            | EL 57T43T A2       | 11 to 18           | 200            |
| 18           | EL 57 TA2        | 200            | EL 57 TD6           | 200            | EL 57T43T A2       | 14 to 18           | 200            |

TABLE 3—LENTON FORM SAVER CATALOG NUMBER AND INSTALLATION SETTINGS (friction weld)



| BAR SIZE NO. | CATALOG PART NO. |            | COLOR CODE | WRENCH SETTING |
|--------------|------------------|------------|------------|----------------|
|              | Twist-Lok        | Disc-Style |            |                |
| 5            | EL 16 FS         | FS5F       | Black      | 90             |
| 6            | EL 20 FS         | FS6F       | Yellow     | 130            |
| 7            | EL 22 FS         | FS7F       | Blue       | 160            |

TABLE 4—PERMITTED SPLICE TYPES

| COUPLER OR SPLICE                                    | REBAR GRADE           |                |
|--|-----------------------|----------------|
|  | A 615                 | A 706          |
|  | Permitted Splice Type |                |
| Lenton Standard, Transition, Position and Terminator | Type 1<br>Type 2      | Type 1         |
| Lenton Form Saver                                    | Type 1<br>Type 2      | Not Recognized |