



**UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE CONSTRUCCIÓN CIVIL**

**“UNIONES DE MADERA:  
PROPOSICIÓN DE UN NUEVO TIPO DE CONECTOR CON  
TUBO DE PVC”**

**TESIS PARA OPTAR AL TÍTULO DE  
INGENIERO CONSTRUCTOR.**

**PROFESOR GUÍA**

**SR. HERNÁN ARNÉS VALENCIA**

**INGENIERO CIVIL**

**MARCELA KARINA CASTILLO BUENO**

**2003**

**DEDICATORIA:**

A dos personas incondicionales, que siempre me dieron su apoyo, cariño y comprensión, compartiendo mis penas y alegrías, ellos: **Mis Padres.** Papá que en un momento de esta vida casi te pierdo pero luchaste con todas tus fuerzas y gracias a nuestro Dios hoy estás aquí conmigo viendo hacer realidad lo que siempre juntos soñamos. Mamá a ti que en todo momento me diste tus consejos y gracias a ellos mírame soy feliz. A ustedes dos les dedico este logro, los amo con todo mi corazón...

## **AGRADECIMIENTOS:**

### **A MIS PADRES:**

Les agradezco su tiempo, su trabajo, su esfuerzo, siempre estuvieron conmigo junto a mis esperanzas y junto a mi sueño más anhelado y que hoy se está realizando, también junto a mis errores, pero siempre conmigo. Gracias por todo los quiero tanto que no les podría cuantificar cuan agradecida y contenta me siento de poder decirles todo esto y que todo aquel que lea esto aprecie que ustedes son lo máximo en mi vida. Los amo.

### **A MIS PROFESORES:**

Ya muchos no se recordarán de mí, pero los que si me acuerdan y los que me conocen vaya a todos mis más infinitas gracias y si por algo nos recordamos es porque obtuve más de ustedes. Don Hernán a usted por su paciencia, ayuda y comprensión en este ultimo tiempo para realizar mi trabajo de tesis y por ser un gran profesor guía. Don Osvaldo como no dejar de agradecerle a mi director de escuela que siempre me considero como una gran alumna. A todos ustedes mil gracias.

### **A MI FAMILIA:**

Hay tanto que decir: a mi hermano, mis abuelos, tíos, primas, Rodri a todos muchas gracias, abuelito Manuel creo que se cumplió tu sueño de que alguien en la familia siga lo tuyo. Abue Lucy con tus ojitos de alegría en cada momento, ahora aparte de haberme visto crecer me ves realizar como persona. A mis abuelita Irma y José: tienen otra nieta grande y realizada. Tía Juani como olvidarme de usted y las peques, en muchos momentos fueron un pilar importante para mí. A Rodri gracias mi niño por tu tiempo, aunque sólo compartiste esto conmigo en el último paso, pero igual fuiste importante me ayudaste y apoyaste mucho. A mi hermanito sigue tus pasos y siempre lucha por lo que quieras en tu vida, eres muy inteligente, aprovéchalo. A todos los ustedes y a los que no he nombrado gracias muchas gracias todos fueron importantes para mí y lo seguirán siendo, siempre estarán en mi corazón, nunca los olvidaré. Los amo a todos...

# INDICE

## RESUMEN

## INTRODUCCION

### CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. - Objetivos .....	1
1.1.1.- Objetivo General .....	1
1.1.2.- Objetivos Específicos .....	1
1.2.- Metodología .....	2
1.3.- Propiedades Físicas y Mecánicas de la Madera .....	3
1.3.1.- Propiedades Físicas .....	3
1.3.1.1.- Estructura de la Madera .....	3
1.3.1.2.- Contenido de Humedad .....	4
1.3.1.3.- Peso Específico .....	6
1.3.1.4.- Estabilidad Dimensional.....	6
1.3.1.5.- Propiedades Térmicas .....	7
1.3.1.6.- Propiedades Acústicas .....	8
1.3.2.- Propiedades Mecánicas.....	9
1.3.2.1.- Tensiones Máximas .....	9
1.3.2.2.- Tensiones Básicas .....	9
1.3.2.3.- Tensiones Admisibles .....	10
1.3.2.4.- Factores de Modificación y Tensiones de Diseño .....	10

## **CAPITULO II: UNIONES DE MADERA**

2.1.- Normativa Vigente .....	12
2.1.1.- Generalidades .....	12
2.1.1.1.-Definiciones .....	12
2.1.1.1.1.- Elementos Mecánicos de Unión .....	12
2.1.1.1.2.- Carga Admisible .....	12
2.1.1.1.3.- Borde Cargado .....	13
2.1.1.1.4.- Espaciamientos .....	13
2.1.1.2.- Designaciones .....	13
2.1.1.3.- Ensamblado .....	14
2.1.2.- Uniones con Pernos y Barras de Acero .....	14
2.1.2.1.- Generalidades .....	14
2.1.2.2.- Pernos .....	14
2.1.2.3.- Barras de Acero .....	16
2.1.3.- Uniones con Tornillos .....	17
2.1.3.1.- Generalidades .....	17
2.1.4.- Uniones con Tirafondos .....	17
2.1.4.1.- Generalidades .....	17
2.1.5.- Uniones con Conectores de Anillo .....	20
2.1.5.1.- Generalidades .....	20
2.1.5.2.- Ejecución de Uniones .....	21
2.1.5.3.- Espaciamientos .....	22
2.1.6.- Uniones con Clavos .....	23

2.1.6.1. - Generalidades .....	23
2.1.6.2. - Clavos Lanceros .....	24
2.2.- Tipos de Uniones .....	25
2.2.1. - Generalidades .....	25
2.2.2.- Uniones Clavadas .....	26
2.2.2.1.-Disposiciones Generales .....	26
2.2.2.2. - Resistencia a la Extracción Directa .....	26
2.2.2.3. - Resistencia a la Extracción Lateral .....	27
2.2.3.- Uniones Apernadas .....	27
2.2.3.1. - Disposiciones Generales .....	27
2.2.3.2. - Cizalle Doble .....	28
2.2.3.3. - Cizalle Simple .....	28
2.2.3.4. - Cizalle Múltiple .....	29
2.2.4.- Uniones con Conectores .....	29
2.2.4.1. - Disposiciones Generales .....	29
2.2.4.2. - Cargas Admisibles .....	36
2.2.5.- Uniones en Obra .....	36
2.2.5.1. - Disposiciones Generales .....	36
2.3.- Uniones Comerciales .....	40
2.3.1.- Tipos de Conectores Disponibles .....	40
2.3.1.1. - Ángulos Multiusos .....	40
2.3.1.2. - Ángulos .....	41
2.3.1.3. - Anclaje Estructural Multiuso.....	41
2.3.1.4. - Abrazadera para Postes.....	42

2.3.1.5.- Abrazadera para Postes de Cercas.....	42
2.3.1.6.- Conector para Cercas .....	43
2.3.1.7.- Refuerzo de Angulo .....	43
2.3.1.8.- Anclaje Reforzado.....	43
2.3.1.9.- Anclaje Montante/Solera/Tirante .....	44
2.3.1.10.- Anclaje Solera/Tirante .....	44
2.3.1.11.- Anclaje Solera/Montante .....	44
2.3.1.12.- Anclaje de Refuerzo .....	45
2.3.1.13.- Anclaje de Fijación .....	45
2.3.1.14.- Anclaje de Fijación para Servicio Pesado .....	45
2.3.2.- Otros .....	46

### **CAPITULO III: CONECTORES DE PVC**

3.1.- Conectores de PVC .....	47
-------------------------------	----

### **CAPITULO IV: ENSAYOS**

4.1.- Descripción General .....	50
4.2.- Ensayo N°1 con 1 Conector .....	51
4.2.1.- Probeta N°1 .....	51
4.2.2.- Probeta N°2 .....	53
4.2.3- Probeta N°3 .....	55
4.3.- Ensayo N°2 con 2 Conectores .....	58
4.3.1.- Probeta N°1 .....	58
4.3.2.- Probeta N°2 .....	60

4.3.3.- Probeta N°3 .....	62
4.4.- Ensayo N°3 con 3 Conectores .....	65
4.4.1.- Probeta N°1 .....	65
4.4.2.- Probeta N°2 .....	67
4.4.3.- Probeta N°3 .....	69
4.5.- Ensayo N°4 con 4 Conectores .....	72
4.5.1.- Probeta N°1 .....	72
4.5.2.- Probeta N°2 .....	74
4.5.3.- Probeta N°3 .....	76
4.6.- Ensayo N°5 con 5 Conectores .....	79
4.6.1.- Probeta N°1 .....	79
4.6.2.- Probeta N°2 .....	81
4.6.3.- Probeta N°3 .....	83
4.7.- Ensayo N°6 con 6 Conectores .....	86
4.7.1.- Probeta N°1 .....	86
4.7.2.- Probeta N°2 .....	88
4.7.3.- Probeta N°3 .....	90

## **CAPITULO V: ANÁLISIS DE RESULTADOS**

5.1.- Carga de Rotura .....	93
5.2.- Recta Resultante .....	94
5.3.- Determinación de la recta de Diseño de uniones con Conectores de PVC .....	94
5.4.- Recta de Diseño Resultante .....	96

**CAPITULO VI: CONCLUSIONES**

.....97

**CAPITULO VII: BIBLIOGRAFÍA**

.....99

## **RESUMEN**

En este trabajo de titulación se ha propuesto introducir al rubro de la construcción un nuevo tipo de Uniones para madera: “ Un Conector de PVC relleno con mortero”, que pasa a sustituir a los antiguos conectores metálicos o de madera u otros tipos de fijaciones, los cuales poseen un mayor costo. La resistencia que se obtiene con este tipo de conectores es útil para la construcción de estructuras de techumbre de madera, además posee las características de flexibilidad, duración, y por sobre todo gran economía. Este trabajo aporta los conocimientos necesarios para la confección y utilización de estos conectores de PVC.

## **SUMMARY**

For this type of profesional qualification work it has been proposed to introduce to the construction busines a new type of unions for wood: “A PVC conector filled with mortar”, that would substitute the old metallic conectors or wooden ones or any other kind of fixings, wich are more expensive. The resistance that is obtained with this type of conectors is useful for the construction of wooden roof structures, besider it has the characteristics of flexibility, duration and above all great cost reduction. This work brings the necesary knowledge for the confection and utilization of these PVC conectors.

## INTRODUCCIÓN

Un tubo de PVC “Conduit” se utiliza para la canalización eléctrica dentro de la construcción.

Para este caso, se propone un nuevo uso: como conector en uniones de madera, proposición sencilla y de bajo costo si se compara con otro tipo de uniones que, en general, tienen mayor costo.

La idea es hacer estos conectores de PVC aprovechando los restos de materiales sobrantes en la canalización eléctrica de la misma construcción, o si se fabrican sean del menor costo posible.

Se practicarán ensayos de resistencia a uniones con este tipo de conectores para poder determinar las resistencias que poseerán estos conectores de PVC y determinar las cargas admisibles que permiten el diseño con estos conectores.

## **CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.1.- Objetivos**

#### **1.1.1.- Objetivo general**

El objetivo general es determinar la resistencia al corte de un tubo de PVC de 16 mm (Conduit) relleno con mortero, usándose como conector en uniones de madera y ensayarlas debidamente para obtener los resultados para su posible aplicación.

#### **1.1.2.- Objetivos específicos**

- Estudiar el comportamiento de un conector de PVC en una unión maderera comparándolo con otros tipos de uniones o conectores.
- Proponer la introducción de este tipo de conector como material de uso habitual en las construcciones Chilenas, impulsado por sus características sencillas y económicas.
- Teniéndose como antecedentes los resultados que se obtendrán en este trabajo de titulación, obtener algún método sencillo y practico para calcular el numero de conectores que se requieren para una carga determinada.
- Determinar las cargas admisibles que permitan al ingeniero calculista diseñar con este tipo de unión.

## **1.2.- Metodología**

- Construir uniones de madera con distintos números de conectores que van desde 1 a 6.
- Recopilar información para poder comparar los conectores de PVC con otro tipo de conectores y uniones, en relación a sus propiedades y costos.
- Realizar los ensayos en laboratorio aplicándoles carga hasta el colapso para probar su resistencia.
- Realizar las observaciones pertinentes de los ensayos realizados a los conectores de PVC y obtener las conclusiones del tema

### **1.3.- PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA MADERA**

#### **1.3.1.- Propiedades Físicas**

##### **1.3.1.1.- Estructura de la madera**

La madera es un material orgánico, no homogéneo, compuesto fundamentalmente por celulosa y lignina. La celulosa constituye la estructura de las paredes celulares entre sí. Las células de la madera, llamadas también fibras o grano (“grain”), son huecas, de longitud variable desde 1 a 8 mm aprox. y se encuentran distribuidas tanto vertical como horizontalmente. Esta estructura celular es, en gran medida, la responsable de las diferentes respuestas estructurales dadas por la madera según sea el sentido y características de la solicitación.

Al analizar la sección transversal de un árbol se distinguen zonas de distintas características:

- a) Corteza Exterior: que cumple una función de protección.
- b) Corteza interior: cuya labor fundamental es el transporte de savia elaborada desde follaje a las raíces.
- c) Cámbium: que es la zona en la cual se realiza el crecimiento del árbol, es decir, en ella se generan nuevas células.
- d) Albura: Zona de tejido vivo cuya función principal es el transporte de savia hacia las hojas y almacenamiento de sustancias y sales minerales.

- e) Duramen: Tejido inactivo, de coloración más oscura que la albura, que proporciona, fundamentalmente, la resistencia al árbol.
- f) Médula: Tejido inactivo en el árbol adulto.

Las propiedades mecánicas de la albura y el duramen son aproximadamente iguales, siendo, sin embargo, el duramen de mayor resistencia al ataque de hongos.

Las especies forestales se clasifican en dos grandes grupos: Latifoliadas y Coníferas.

Aun cuando la diferencia entre ambos grupos son de origen botánico, existe la creencia errónea que esta clasificación pueda ser aplicada al campo de las propiedades físicas y mecánicas. Entre las especies forestales chilenas existen coníferas con mejores propiedades mecánicas y físicas que muchas latifoliadas y viceversa.

#### **1.3.1.2.- Contenido de Humedad**

Se entiende por contenido de Humedad la masa de agua contenida en una pieza de madera, expresada como porcentaje de la masa de la pieza anhidra.

La madera es un material que absorbe o entrega agua según sean las condiciones de temperatura y humedad relativa del ambiente que la rodea. En una primera etapa la madera se encuentra con sus cavidades y paredes celulares llenas de agua (savia). Al iniciarse un proceso de pérdida de humedad, la madera entrega al ambiente el agua libre contenida en sus cavidades, hasta alcanzar un punto conocido como “Punto de Saturación de la Fibra”,

que corresponde a un estado en el cual se ha eliminado toda el agua libre y las paredes celulares permanecen saturadas.

El contenido de humedad en el punto de saturación de la fibra depende de diversos factores y varía entre las diferentes especies; sin embargo, se acepta un 28% como promedio para la madera en general. Por debajo del punto de saturación de la fibra y al continuar el proceso de evaporación, la madera cede el agua contenida en sus paredes celulares hasta alcanzar un punto en el cual el proceso se detiene. Este punto se conoce como “Humedad de equilibrio” de la madera y depende, fundamentalmente, de la especie, la temperatura y la humedad relativa del ambiente. La pérdida de humedad por debajo de este estado de equilibrio sólo podrá conseguirse por medio de tratamientos especiales de secado en hornos o estufas.

La NCh 1198 define como madera en estado verde la cual el contenido de humedad es superior al 30 % y como madera seca aquella cuyo contenido de humedad no es superior al 20 %. En general, no se recomienda el uso con fines estructurales de maderas cuyo contenido de humedad esté entre 20 y 30 %.

Es deseable que la madera contenga una humedad similar a la humedad de equilibrio del lugar en que se presten servicios.

### **1.3.1.3.- Peso Específico**

El peso específico de la madera es directamente proporcional al contenido de la humedad de ella. El peso específico del Pino Insigne es de 750 Kg/m<sup>3</sup> en estado verde y de 530 Kg/m<sup>3</sup> en estado seco.

### **1.3.1.4.- Estabilidad Dimensional**

**Contracción:** es la reducción de dimensiones de una pieza de madera, causada por la disminución del contenido de humedad, a partir del punto de saturación de las fibras. Esta contracción se debe a la disminución de tamaño experimentada por las paredes celulares y se conoce como “Contracción Normal”. Cuando la contracción se determina para una dirección particular, se denomina Contracción Lineal y cuando se determina la reducción de volumen se llama Contracción Volumétrica.

**Dilatación** (“Hinchamiento”): es el incremento dimensional producido en una madera seca al aumentar su contenido de humedad, se puede suponer que su comportamiento es regulado por las mismas relaciones que rigen a la contracción. -

La madera, al igual que otros materiales de construcción, se dilata y se contrae al aumentar y disminuir la temperatura; en elementos estructurales este efecto es de muy pequeña magnitud y las tensiones secundarias generadas por la dilatación y contracción resultan despreciables.

Cuando la variación del contenido de humedad se produce bajo el punto de saturación de la fibra (28%), el fenómeno origina un aumento o disminución de las dimensiones iniciales de la madera.

Durante la vida útil de una estructura de madera, ésta se encuentra sometida a contracciones e hinchamientos continuos debido a las variaciones de temperatura y humedad ambientales. Este fenómeno se conoce como “trabajo” o “juego” de la madera.

#### **1.3.1.5.- Propiedades Térmicas**

**a) Conductividad:** Es la transmisión de calor y está dada por el coeficiente de conductividad interna, el cual se define como aquella cantidad de calor que atraviesa por hora, en estado de equilibrio, en un cubo de 1 m de arista, desde una de sus caras a la opuesta, cuando entre éstas existe una diferencia de temperatura de 1°C.

La madera, además del aire, contiene en sus células agua fija y/o libre, que contribuye notablemente a la transmisión de calor. Por consiguiente, la conductividad calórica del agua ejerce su influencia correspondiente, complicando este fenómeno, dado que a eso hay que añadir la anisotropía de la madera.

**b) Calor específico:** Es la cantidad de calor necesario para aumentar en 1°C la temperatura de 1 Kg. de madera.

La madera tiene un calor específico muy elevado, es decir, requiere que se le suministre una mayor cantidad de calor que otros cuerpos para alcanzar una temperatura determinada.

El calor específico de la madera varía entre 0,4 y 0,7 Kcal/kg °C.

**c) Dilatación:** Es el incremento de volumen de la madera por cada grado que se eleva la temperatura.

La dilatación por temperatura en la madera es ínfima en comparación a los trastornos que provoca la humedad, motivo por el cual ella es despreciable.

#### **1.3.1.6.- Propiedades Acústicas**

La propagación del sonido a través de la madera es un fenómeno muy complejo, difícil de determinar. Por su constitución y características anisotrópicas la madera es un buen conductor del sonido, a pesar de su porosidad. La velocidad de propagación a lo largo de las fibras es casi igual a la de los metales. La absorción del sonido, es decir, la relación entre la energía sonora absorbida y la incidente es pequeña, a pesar de ser un material poroso.

La velocidad de propagación del sonido de la madera es de 4,180 m/seg.

### **1.3.2.- Propiedades Mecánicas**

#### **1.3.2.1.- Tensiones Máximas**

Las tensiones máximas se determinan a través del ensayo de probetas libres de efectos. Estos ensayos se realizan en estado verde y seco ( H = 12%) de acuerdo a las prescripciones de las Normas Chilenas correspondientes.

#### **1.3.2.2.- Tensiones básicas**

Las Tensiones básicas, tanto en estado verde como en estado seco, se establecen tomando como base la tensión de rotura máxima probable, modificada por un coeficiente o factor de seguridad que simultáneamente con llevar dicho valor a la zona elástica del material considera, entre otras, reducciones por acción prolongada de la carga.

Para el caso de las tensiones básicas correspondientes a la flexión, cizalle y compresión paralela, la tensión de rotura mínima probable se determina con un intervalo de confianza de 99 % , es decir, se acepta como razonable 1 en 100 una resistencia menor que la resistencia mínima probable. Para el caso de compresión normal a la fibra, se acepta una confiabilidad de un 60%. Con respecto al factor de seguridad, éste es variable de acuerdo con la sollicitación en estudio, adaptándose los siguientes valores:

Flexión, Cizalle y Compresión normal ....n = 2,25

Compresión Paralela .....n = 1,40

### **1.3.2.3.- Tensiones Admisibles**

La madera, en la práctica, presenta una serie de defectos (nudos, grietas, etc.) que reducen su capacidad resistente y por consiguiente se hace necesario modificar el valor de la tensión básica a través de un coeficiente que de alguna manera tome en consideración este hecho. Dicho coeficiente recibe el nombre de “Razón de Resistencia” y es igual al cociente entre la resistencia de la madera con defectos y la tensión básica (madera libre de defectos). Así, por ejemplo, una razón de resistencia de 40% significa madera con defectos tales que disminuyen su resistencia básica en 60%, permaneciendo disponible, el 40% de la misma.

De esta manera se conforma un conjunto de disposiciones o limitaciones para los defectos de la madera, que permite agrupar o clasificar el producto de acuerdo a su resistencia. Estas limitaciones constituyen las especificaciones de la madera que se utilizará en las construcciones.

### **1.3.2.4.- Factores de Modificación y Tensiones de Diseño**

En el proceso de obtención de las tensiones admisibles a partir de la tensión de rotura, se han hecho suposiciones de carácter muy general con respecto a las condiciones de carga y servicio a que se verá sometido el elemento, lo que se traduce en valores de la tensión admisible que a menudo resultan muy conservadores y que dan origen a diseños antieconómicos. Por otro lado, en muchos casos el calculista al diseñar un elemento determinado conoce de antemano las condiciones en que se desempeñará dicho elemento y por consiguiente es posible modificar el valor de la tensión admisible para conseguir una mejor aproximación a la realidad, impuesta por condiciones de carga y servicio bien

determinadas y específicas. El factor o los factores que expresan esta modificación se conocen con el nombre de “Factores de Modificación” y el valor así modificado recibe el nombre de “Tensión de Diseño”.

Se distinguen dos clases de factores de modificación:

- a) Factores de Modificación General, que son aquellos que se afectan por igual a todas las tensiones admisibles, cualquiera que sea el tipo de sollicitación.
- b) Factores de Modificación de Aplicación Particular, que dependen del tipo de sollicitación y afectan solamente a la tensión admisible correspondiente.

Factores de Modificación General:

- Factores de modificación por Duración de Carga.
- Factores de modificación por Peligro de Pudrición.
- Factores de modificación por Tratamiento de la Madera.
- Factores de modificación por Temperatura.
- Factores de modificación por Contenido de Humedad.

## **CAPITULO II : UNIONES DE MADERA**

### **2.1.- Normativa Vigente**

#### **2.1.1.-Generalidades**

Las disposiciones del presente capítulo se aplican al diseño estructural que hace uso de Elementos mecánicos, tales como: clavos, tirafondos, pernos, barras de acero, tornillos y conectores para madera.

#### **2.1.1.1.- Definiciones**

##### **2.1.1.1.1.- Elementos Mecánicos de Unión**

Son aquellos que, al quedar solicitados por fuerza de cizalle, admiten corrimientos relativos entre las piezas conectadas, los que se originan como consecuencia de las deformaciones por aplastamiento de la madera en la zona de contacto entre ella y el elemento de unión, y adicionalmente, en el caso de medios de unión de forma cilíndrica, por las deformaciones de flexión que ellos experimentan.

##### **2.1.1.1.2.- Carga admisible**

Capacidad de carga de un elemento de unión, que se deriva de un ensayo normalizado de una unión representativa, considerando un factor de ajuste 3 con respecto a la carga característica.

### 2.1.1.1.3.- Borde cargado

Borde de la pieza que se encuentra afectado por la acción de la fuerza que transmite el elemento de unión o por alguna de las componentes de esta fuerza, paralela o normal a la dirección de la fibra.

### 2.1.1.1.4.- Espaciamientos

Espaciamento es la distancia entre centros de elementos de unión adyacentes o entre centros de elementos de unión vecinos a un borde y éste.

### 2.1.1.2.- Designaciones

- a) Espaciamento mínimo entre elementos de unión medido en dirección paralela a la fibra de la pieza:  $s_p$ .
- b) Espaciamento mínimo entre elementos de unión medido en dirección normal a la fibra de la pieza:  $s_n$ .
- c) Espaciamento mínimo entre un elemento de unión y un borde cargado medido en dirección paralela a la fibra de la pieza:  $s_{bcP}$ .
- d) Espaciamento mínimo entre un elemento de unión y un borde cargado medido en dirección normal a la fibra de una pieza:  $s_{bcn}$ .
- e) Espaciamento mínimo entre un elemento de unión y un borde descargado medido en dirección paralela a la fibra de la pieza:  $s_{bdP}$ .
- f) Espaciamento mínimo entre un elemento de unión y un borde descargado medido en dirección normal a la fibra de la pieza:  $s_{bdn}$ .

### **2.1.1.3.- Ensamblado**

Las uniones deben ensamblarse de modo que las superficies de las piezas queden en pleno contacto. Las estructuras que se construyen con madera verde o semiseca deben ser inspeccionadas regularmente en intervalos de tiempo que no excedan de 6 meses, hasta que resulte aparente que las contracciones en la madera son despreciables. En cada inspección se debe proceder a reapretar las uniones hasta que las superficies de las piezas vuelvan a quedar en estrecho contacto.

### **2.1.2.- Uniones con pernos y barras de acero**

#### **2.1.2.1.- Generalidades**

Las siguientes especificaciones son aplicables sobre elementos de unión cilíndricos de acero que atraviesan perpendicularmente los planos de cizalle de la unión y que quedan solicitados preponderantemente en flexión induciendo sobre la madera tensiones de aplastamiento.

#### **2.1.2.2.- Pernos**

- a) Estas especificaciones son aplicables a pernos que cumplen con la norma NCh 300 y asumen que los agujeros de los pernos se ejecutan con un diámetro que permite una colocación fácil de los mismos y que el centrado de los agujeros en el madero central y en las piezas laterales se realiza en forma cuidadosa y precisa.
- b) Los agujeros de los pernos deben mayorarse con respecto al diámetro de éstos, en una magnitud dependiente del tamaño del perno y de las condiciones de servicio, de acuerdo con lo establecido en la tabla 2.01.

**TABLA 2.01**  
**MAYORACIÓN DE LOS DIÁMETROS DE LOS AGUJEROS RESPECTO**  
**AL DIÁMETRO DEL PERNO, EN mm**

Diámetro del perno mm	Humedad de la madera en condiciones de servicio			
	H = 6%	H = 12%	H = 15 %	H > 20%
< 20	1,6	0,8	0,8	0,8
20 < D < 24	2,5	1,6	0,8	0,8
24 < D < 30	2,5	1,6	1,6	0,8

c) Para uniones estructurales se deben especificar arandelas (golillas) según tabla 2.02

**TABLA 2.02**  
**DIMENSIONES MÍNIMAS DE ARANDELAS PARA UNIONES APERNADAS**  
**ESTRUCTURALES**

Diámetro del perno	mm	10	12	16	20	>20
Espesor de arandela	mm	5	5	6	6	8
Diámetro Externo (arandela circular)	mm	50	55	65	75	95
Lado (arandela cuadrada)	mm	45	50	60	65	85

NOTA - Resulta recomendable preferir las arandelas cuadradas frente a las circulares, por ofrecer las primeras, una mayor resistencia al incrustamiento en la madera.

- d) El diámetro nominal de los pernos debe estar comprendido entre 10 y 30 mm, ambos valores inclusive.
- e) En cada unión estructural se exige una disposición mínima de dos pernos. Se exceptúa de esta cláusula a las uniones rotuladas en las que resulta suficiente un único perno, cuando éste no queda solicitado en un porcentaje superior al 50% de su capacidad de diseño.

### **2.1.2.3.- Barras de acero**

- a) Son barras cilíndricas de superficies lisas, con un extremo biselado, que se colocan en agujeros previamente perforados.
- b) Deben estar constituidas de acero cuyo límite de fluencia no sea inferior a 230 MPa.
- c) Los agujeros se perforan en la madera con el diámetro nominal de la barra. En uniones acero-madera, el diámetro de los agujeros en las piezas de acero puede ser hasta 1 mm mayor que el diámetro nominal. Ante una perforación simultánea de las maderas y las planchas de acero, el diámetro de la broca debe corresponder al diámetro de la barra de acero. Si las planchas de acero se disponen exteriormente, deben asegurarse en su posición por medio de pernos de sujeción.
- d) El rango de diámetros nominales sobre el que se aplican estas especificaciones varía entre 8 y 30 mm.
- e) Cada unión estructural debe incluir, a lo menos, cuatro secciones transversales de barra sometidas a cizalle. En todo caso se exige una disposición mínima de dos barras de acero por unión.

### **2.1.3.- Uniones con tornillos**

#### **2.1.3.1.- Generalidades**

Las siguientes especificaciones rigen para tornillos según norma ANSI B, con un diámetro nominal,  $d_n$  de al menos 4 mm.

Las uniones atornilladas estructurales deben trabajar en cizalle simple y constar de al menos cuatro tornillos cuando  $d_n < 10$  mm y de dos tornillos cuando  $d_n \geq 10$  mm.

En tornillos estructurales, la distancia máxima entre tornillos vecinos, medida según la dirección de la fibra de la madera y en cualquier dirección en tableros derivados de la madera, no debe exceder de  $40 d_n$

La distancia máxima entre tornillos estructurales vecinos, medida normal a la dirección de la fibra de la madera, no debe exceder de  $20 d_n$ .

### **2.1.4.- Uniones con tirafondos**

#### **2.1.4.1.- Generalidades**

Los tirafondos deben ser instalados en perforaciones guías con las siguientes características:

- i) El agujero en donde se alojará el vástago del tirafondo debe tener el mismo diámetro “D” de dicho vástago y una profundidad igual a la longitud “V” de la zona sin rosca del tirafondo.

ii) El agujero para la zona con rosca del tirafondo debe tener una profundidad de al menos igual a la longitud de la zona roscada del tirafondo R-P y un diámetro comprendido entre:

- 40% - 70% del diámetro del vástago para las especies del grupo A de la tabla 2.03
- 60% - 75% de dicho diámetro para las especies del grupo B;
- 65% - 85% para las de los grupos C y D.

**TABLA 2.03**

**GRUPOS DE ESPECIES, SEGÚN SU DENSIDAD ANHIDRA, A SER CONSIDERADOS EN EL DISEÑO DE UNIONES CON TIRAFONDOS.**

<b>Grupo</b>	<b>Densidad anhidra, Po, valor medio en Kg/m<sup>3</sup></b>
A	Po < 400
B	400 < Po < 500
C	500 < Po < 600
D	600 < Po

Para tirafondos de diámetros iguales o mayores que 3/4": ocupar los porcentajes del límite superior de los intervalos señalados.

Cuando los tirafondos con diámetros menores o iguales a 3/8" colocados en maderas del grupo A y B son sometidos a extracción directa, se puede evitar la perforación guía si los espaciamientos entre tirafondos si cumple con los espaciamientos mínimos dados por norma.

La zona con rosca debe ser colocada en la perforación guía con una llave de tuerca. Se prohíbe la aplicación de golpes de martillo en esta operación.

Para facilitar la introducción y evitar daños en el tirafondo se acepta el empleo de lubricantes en la rosca o en la perforación.

El diseño debe evitar la sollicitación a extracción directa de tirafondos colocados con su eje paralelo a las fibras de la madera. Si ello no fuese posible se debe considerar una carga admisible igual al 75% de aquella calculada para tirafondos colocados con su eje normal a las fibras de la madera.

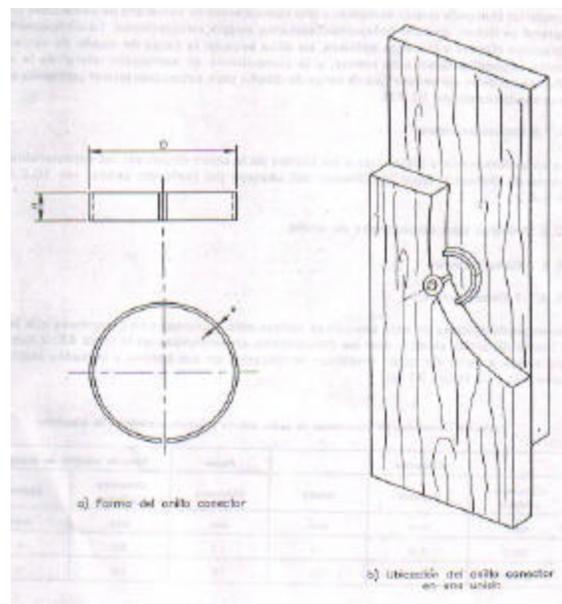


Fig. 2.1 Unión con conectores de anillo.

## 2.1.5.- Uniones con conectores de anillo

### 2.1.5.1.- Generalidades

Las especificaciones de esta sección se aplican sólo a uniones con conectores que tengan la forma de anillo abierto, con las dimensiones especificadas en la tabla 2.04, y que sean fabricados a partir de tubos metálicos rectificadas en sus bordes y cortados según una generatriz.

**TABLA 2.04**  
**TAMAÑOS DE CONECTORES DE ANILLO ABIERTO Y**  
**TAMAÑOS MÍNIMOS DE ARANDELAS**

Conector			Perno	Tamaño mínimo de arandela	
Diámetro Exterior	Espesor	Altura	Diámetro	Diámetro o lado	Espesor
mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.
66,5	3,5	19	12	50	4
108,5	4,5	25	16	75	5

Se deben insertar golillas cuadradas o redondas entre la cabeza del perno o la tuerca y la madera.

### 2.1.5.2.- Ejecución de uniones

La perforación de los agujeros debe realizarse siguiendo uno de los dos procedimientos que se establecen, a continuación:

- a) fijar las piezas que integran la unión en su posición definitiva por medio de un prensado y posteriormente perforar los agujeros en forma simultánea a través de todos los maderos.
- b) perforar los agujeros en cada una de las piezas individuales empleando plantillas o moldes que aseguren la correcta posición de los agujeros.

La ubicación efectiva de los agujeros de los pernos no debe diferir en más de 2 mm con respecto a la ubicación especificada en los planos.

Las superficies de contacto entre las piezas deben ranurarse de acuerdo a las exigencias geométricas establecidas en tabla 2.05.

**TABLA 2.05**  
**DIMENSIONES DE RANURAS CIRCULARES PARA**  
**CONECTORES DE ANILLO**

	Dimensión de ranuras	
	Anillo de 66,5 mm	Anillo de 108,5 mm
Díámetro interior, mm	67,5	110,5
Ancho, mm	4,6	5,3
Profundidad, mm	9,5	12,5
Área a descontar, mm <sup>2</sup> /ranura	729	1514

### 2.1.5.3.- Espaciamientos

**Espaciamientos básicos:** distancias que permiten utilizar las capacidades admisibles de los conectores definidas en este capítulo, que dependen del diámetro de éstos y del ángulo formado por las direcciones de la fuerza solicitante y la fibra de la madera.

**Espaciamientos mínimos:** menor distancia aceptada, entre conectores y a los bordes, cuyo uso exige la aplicación de un factor de modificación sobre la carga admisible

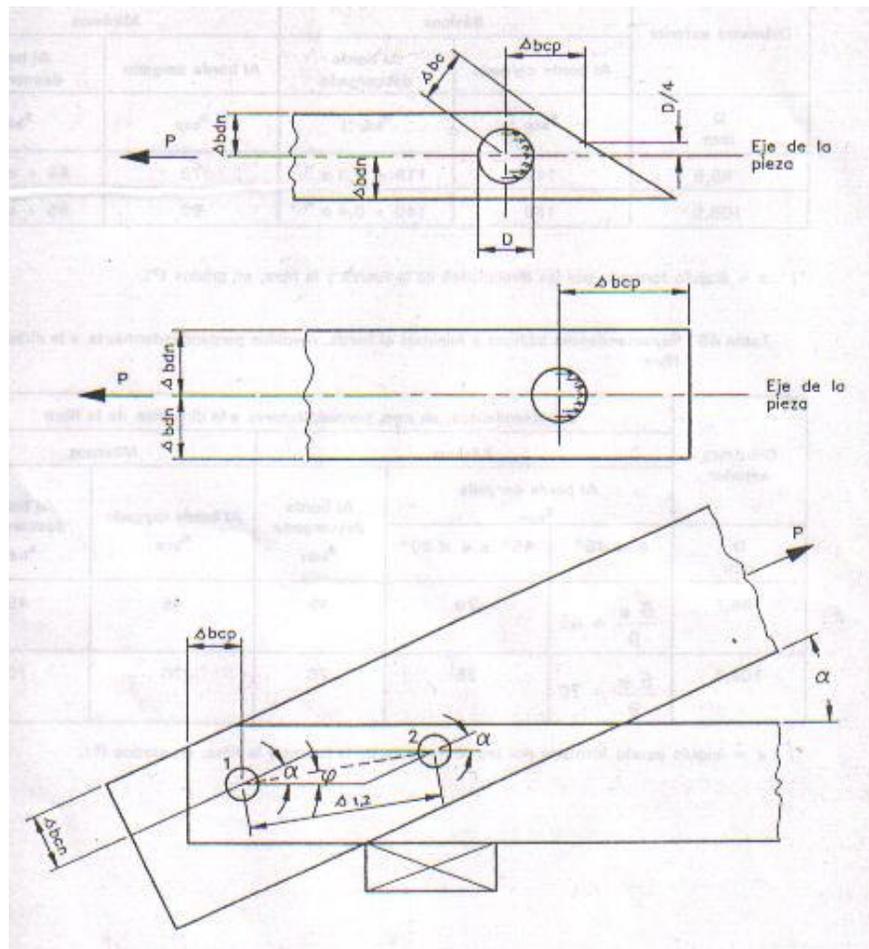


Fig. 2.2 distancia al extremo, al borde y espaciamiento de conectores.

$\phi_{i,j}$  = espaciamiento

$\alpha$  = ángulo formado por la dirección de la carga y la fibra de la madera.

$\phi_{bc}$  = distancia al borde cargado.

$\phi_{bcp}$  = distancia al borde cargado medio en la dirección paralela a la fibra.

$\phi_{bdp}$  = distancia al borde descargado medio en la dirección paralela a la fibra.

D = diámetro del conector.

$\phi$  = Ángulo formado por la línea que une el centro de 2 conectores y la fibra de la madera

$\phi_{bdn}$  = distancia al borde descargado medio en la dirección normal a la fibra.

$\phi_{bcn}$  = distancia al borde cargado medio en la dirección normal a la fibra.

## **2.1.6.- Uniones con clavos**

### **2.1.6.1.- Generalidades**

Las presentes especificaciones para uniones clavadas en construcciones de madera rigen para el empleo de los tipos de clavos fabricados.

Se permite el uso de uniones con clavos especiales si la aptitud y resistencia de éstas se puede comprobar por medio de un certificado de ensayo emitido por una institución oficial de ensayo de resistencia de materiales.

Para espesores de madera "e" menores que 6 D, las capacidades admisibles de carga,  $P_{cl,ad}$ , deben ser afectadas por el factor de modificación,  $K_{cpg}$  siguiente:

$$K_{cpg} = \frac{e}{6D}$$

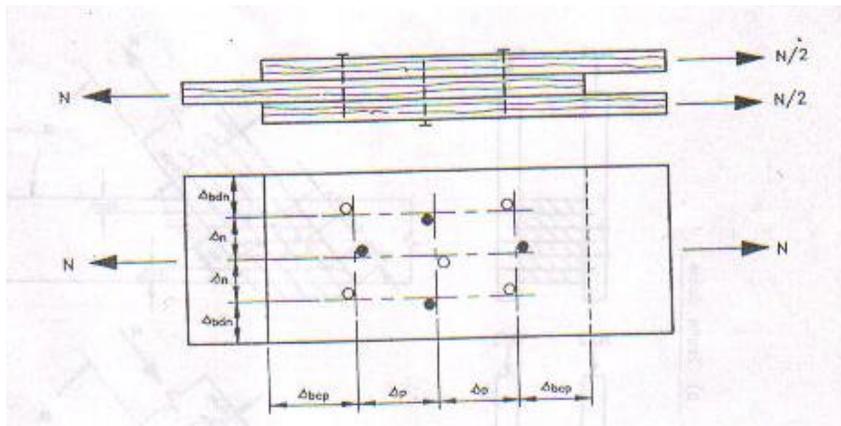


Fig. 2.3.- Disposición de clavado.

### 2.1.6.2.- Clavos lanceros

Se da el nombre de clavos lanceros a los que se colocan de modo que el eje del clavo forme un ángulo de  $30^\circ$  con la pieza donde quedará la cabeza del clavo y a una distancia aproximadamente igual a un tercio del largo del clavo, medida a contar del extremo de dicha pieza según se indica en la figura:

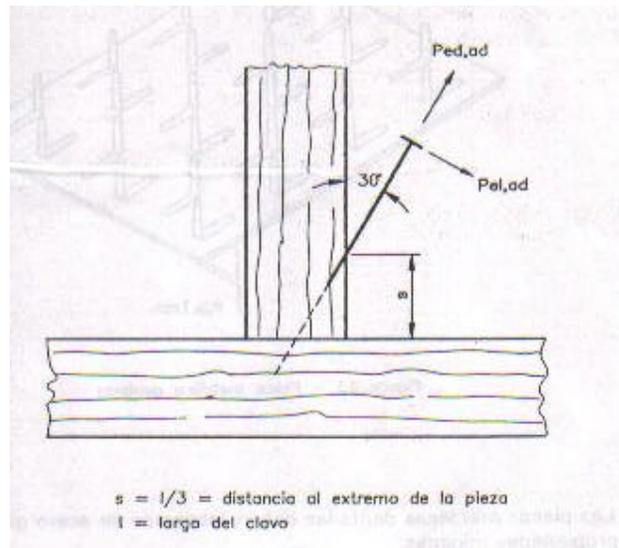


Fig 2.4.-correcta forma de colocar un clavo lancero.

## 2.2- Tipos de Uniones

### 2.2.1.- Generalidades

Para cada elemento de unión se deberá verificar que la carga de trabajo sea a lo sumo Igual a la carga de diseño correspondiente.

$$\underline{P_{tr}} < 1.0$$

**Pdis**

Cuando se usen piezas con anchos mayores que 150 mm se deberá tener presente el efecto de rajaduras que se puedan presentar en la unión, a medida que la pieza reduce su contenido de humedad.

Se aceptará que los elementos de unión que se sometan a un proceso anticorrosivo tienen la misma resistencia que aquellos elementos no tratados.

### **2.2.2.-Uniones clavadas.**

#### **2.2.2.1. Disposiciones Generales**

Las disposiciones que siguen se aplicarán sólo a uniones con clavos redondos, de cabeza plana, de alambre común y colocados con su eje formando ángulo recto con la superficie de la madera.

Cuando se use una perforación guía inicial cuyo diámetro no supere el 75% del diámetro del clavo a usar, se aplicarán cargas admisibles que establezcan las expresiones para la extracción directa y lateral.

#### **2.2.2.2. Resistencia a la Extracción Directa.**

El diseño estructural deberá evitar el uso de clavos sometidos a la extracción directa.

Cuando esto no sea posible, deberán aplicarse las disposiciones que siguen.

##### Si se cumple que:

- a) Los clavos son colocados con su eje perpendicular a las fibras de la madera.
- b) La madera está verde y se mantendrá en ese estado, o la madera está seca y no alterará su contenido de humedad mientras dure la unión.

El diseño estructural deberá eliminar las solicitudes de extracción directa en clavos colocados con su eje paralelo a las fibras de la madera.

### **2.2.2.3.- Resistencia a la Extracción lateral**

Las cargas de extracción lateral soportadas por clavos ubicados normalmente a la fibra de madera seca y que atraviesan totalmente los elementos o piezas que se unen.

Los valores de resistencia se aplicarán sólo cuando las respectivas densidades de los elementos que constituyen la unión sean aproximadamente semejantes. Cuando los elementos tienen densidades diferentes, el diseño queda determinado por la especie de densidad más baja.

### **2.2.3.- Uniones Apernadas**

#### **2.2.3.1.- Disposiciones Generales**

Las siguientes disposiciones se aplicarán sólo a uniones con pernos corrientes. Las cargas admisibles establecidas se aplicarán cualquiera sea el grado de calidad de la madera usada, pues se ha demostrado que los defectos de la madera no inciden significativamente en las uniones con pernos.

Las cargas admisibles que se establecen se aplicarán a madera acondicionada a un contenido de humedad aproximadamente igual al que tendrá la unión durante su vida en servicio.

### 2.2.3.2. -Cizalle Doble.

Las cargas tubulares se deben aplicar cuando los espesores de los elementos laterales ( $t_1, t_2$ ) son cada uno de ellos mayores o iguales a la mitad del espesor del elemento central ( $t_c$ ).

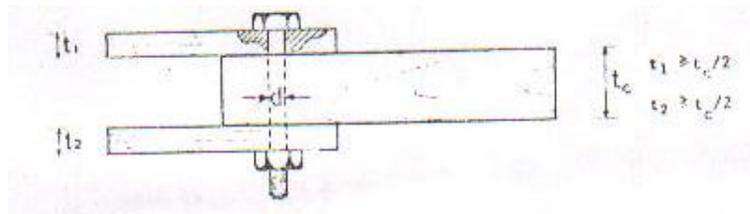


Fig.2.6 Elementos en una unión de cizalle doble.

### 2.2.3.3.-Cizalle Simple

El esfuerzo admisible de una unión de cizalle simple será igual al 50% de la carga admisible que le correspondería a una unión de cizalle doble (con 3 elementos), con un perno del mismo diámetro ( $d$ ) y un espesor ( $t'$ ) del elemento central igual al doble del espesor menor ( $t_1$ ) de la unión de cizalle simple. Ver Figura 2.7.

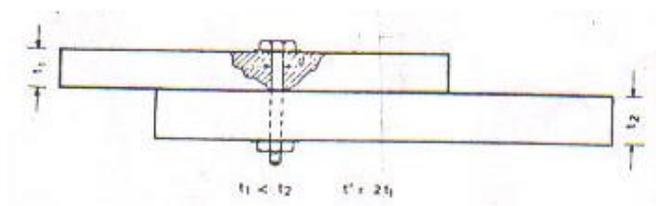


Fig. 2.7. Unión de Cizalle Simple.

### 2.2.3.4.- Cizalle Múltiple

La carga admisible de una unión de cizalle múltiple será igual a la suma de la resultante de considerar cada plano de cizalle como una unión de cizalle simple. Ver Figura 2.8.

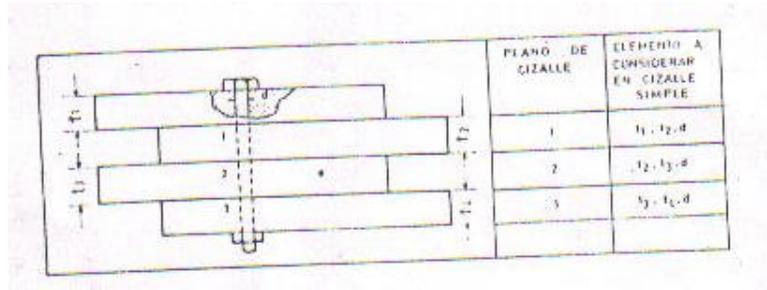


Fig. 2.8. Unión de Cizalle múltiple.

### 2.2.4.- Uniones con Conectores.

#### 2.2.4.1.- Disposiciones Generales

En los ensambles de madera estructural, en los cuales las cargas se transmiten de un miembro a otro, el diseño de las juntas requiere de una atención especial. En el pasado, el tamaño de los elementos estructurales se determinaban con frecuencia por el tipo de unión y por el área reducida de la sección transversal que resultaba a causa de rebajas y pernos.

La investigación intensiva de los diversos centros de estudio en el mundo ha dado por resultado la obtención de valiosas informaciones técnicas respecto al uso de los conectores para madera.

Básicamente, los conectores para madera son anillos metálicos o placas prefabricadas que se introducen parcialmente en cada cara de elementos adyacentes para transmitir las cargas de un miembro a otro, con pernos de diámetro relativamente pequeño.

El resultado es obtener una eficiencia mayor en la unión que permita el uso de piezas más cortas y secciones transversales menores. En los métodos que se usaban en el pasado, las juntas en la madera eran con frecuencia la parte más débil de la estructura. Con los conectores es posible aprovechar todo el esfuerzo admisible de la madera.

Se han patentado numerosos tipos de conectores en USA. y otros países europeos. En las Figuras 2.9 y 2.10 muestran algunos de ellos, de uso corriente en la construcción en madera.

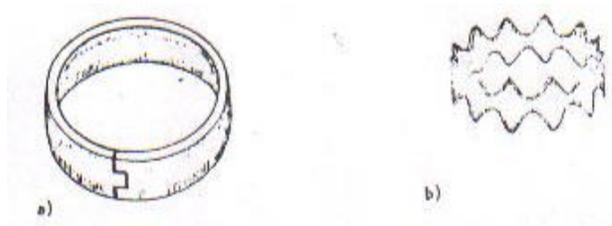


Fig. 2.9. Conectores tipo anillo.

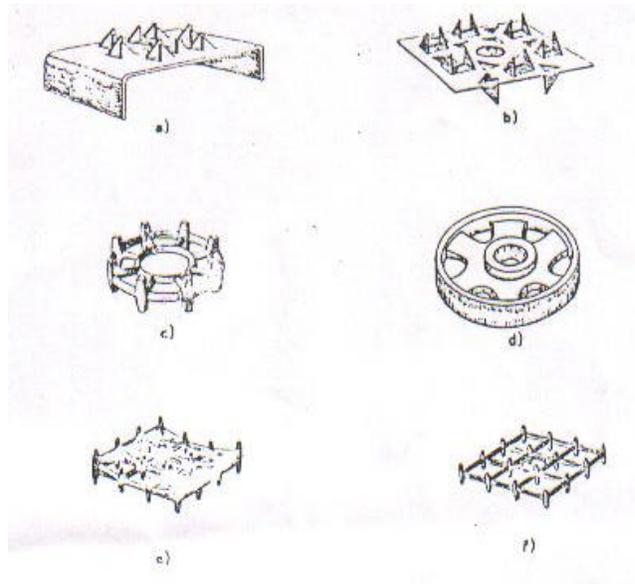


Fig.2.10 Conectores tipo plato o disco.

Probablemente, el tipo de conector que se usa con más frecuencia es el "anillo abierto" (split-ring). Su objeto es transmitir cargas entre dos piezas de madera. La continuidad del anillo queda interrumpida por un corte en forma de lengüeta. La colocación de este anillo en las piezas a unir se efectúa en ranuras circulares hechas en las caras de los elementos y cuyo diámetro es igual al del anillo. La profundidad de esta ranura es igual a la mitad de la altura del anillo.

En el centro de la ranura circular de cada madero se efectúa una perforación con diámetro necesario para que pase el perno que sujetará los maderos que se unen. Estos anillos fabrican en dos diámetros: 2 1/2" y 4".

Otro tipo de anillo es aquel que está provisto de ondulaciones en sus cantos con dientes opuestos en las partes superiores de cada ondulación. (Ver Figura 2.9. b). La profundidad, en cada madero, de la ranura circular donde queda alojado este "anillo dentado" es igual a la mitad de la altura del anillo menos el largo del diente, esto con el fin de que una vez hecha la unión los dientes penetren en la madera y queden empotrados en ella. También, en su centro geométrico, lleva un orificio para un perno de sujeción de las piezas que se unen. Se usan en diámetros de 2", 2 5/8", 3 3/8" y 4".

En el diseño y fabricación de uniones de madera usando conectores es esencial la exactitud de las medidas en la confección de las ranuras necesarias para ubicar (en ellos) el conector.

El tipo de plato o disco (ver Figura 2.10) es un conector cuya superficie está provista de pestañas o dientes. Pueden ser cuadrados o circulares y en el centro geométrico de la madera en que se colocarán debe ir un orificio por donde pasará el perno de la unión.

Todos estos conectores son fabricados en acero de las más diversas calidades y tienen dimensiones según su uso.

Los conectores con dientes no necesitan ranuras. Se colocan entre los maderos y luego se presan, lográndose así su incrustación de ellos en la madera. Ver Figura 2.10 a, b y c.

Los conectores con pestañas en sus bordes exteriores deben ir alojados en ranuras realizadas en cada elemento. Por el orificio central se pasa el perno, con sus respectivas arandelas, que, con el apriete, mantiene al conjunto trabajando como una unidad.

De estos conectores tipo plato o disco el más usado es la placa para corte (shear-plate), indicada en la Figura 2.10 d, que se ha proyectado especialmente para hacer conexiones de madera con acero y de madera con madera en estructuras desmontables cuando se usan en pares. Las placas quedan a ras de la superficie de la madera y se ajustan en ranuras recortadas en las caras de ella. Se usan para unir columnas de madera a las zapatas de fundación con la adición de pernos de acero y cajas metálicas adosadas a hormigón y en cualquier parte donde haya que hacer una unión acero-madera.

Las placas dentadas (ver Figura 2.10 e y f) se usan principalmente donde las piezas se traslapan en ángulo recto, sean éstas vigas sobre vigas formando ángulo recto o viga sobre pilar.

Las rejillas dentadas (Figura 2.10 a, b y c) se usan en los pilotes y postes, en la construcción de caballetes, de muelles y puertos, y en las líneas de transmisión. Se incrustan a presión en las superficies de la madera, especialmente en el cruce de dos elementos estructurales.

La norma chilena NCh 1198 da valores de resistencia para anillos lisos de 2 1/2" y 4", conjuntamente con algunas disposiciones de colocación siempre que ellos sean fabricados a partir de tubos de acero.

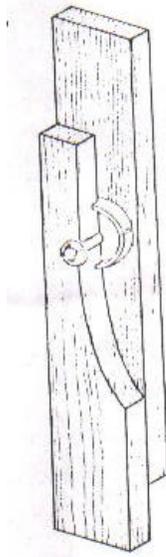


Fig. 2.11. Conector de anillo.

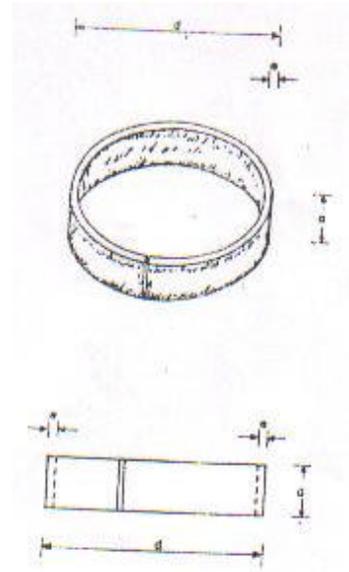


Fig. 2.12. Forma de los conectores de anillo

**TABLA 2.06**  
**DIMENSIONES DE LOS CONECTORES DE ANILLOS**

CARACTERISTICAS	DENOMINACIÓN DEL CONECTOR	
	TIPO ANILLO ABIERTO	
	2 1/2"	4"
Diámetro exterior (mm)	66,5	108,5
Diámetro interior (mm)	63	104
Espesor (e) (mm)	3,5	4,5
Ancho (a) (mm)	19	25,4
Material	tubo de acero con costura	tubo de acero con costura
Abertura	longitud recta	longitud recta
Perno Usado *	1/2"	5/8"
Diámetro perno Usado (mm)	12,7	16
Tipo arandela	Cuadrada	Cuadrada
Espesor de arandela (mm)	4	5

Las uniones deberán ensamblarse de modo que las superficies de las caras de las piezas que se unen queden en estrecho contacto.

Los agujeros para colocar los pernos deberán tener un diámetro nominal del perno y como máximo el diámetro de éste más 1.5 mm.

### 2.2.4.2.- Cargas Admisibles

Las cargas admisibles que se establecen se aplicarán a un anillo conector con su perno sometido a esfuerzo de cizalle simple, cualquiera sea la unión y el número de unidades de anillos conectores que existan en ella.

Si se disponen dos anillos conectores de diferente tamaño en una misma superficie de modo que queden concéntricos con un solo perno, la carga admisible del conjunto será sólo la correspondiente al conector de mayor diámetro.

### 2.2.5.- Uniones en Obra

#### 2.2.5.1.- Disposiciones Generales

Algunas de los tipos de uniones que se pueden plantear con los diferentes elementos de unión y conectores que se han visto en este capítulo se incluyen en las Figuras 22.17 a 2.27.

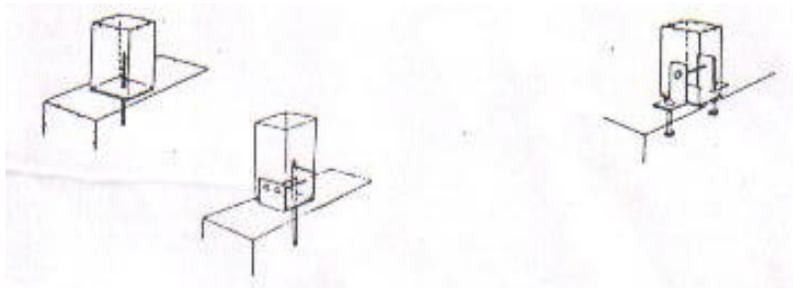


Fig. 2.11. - Tipos de uniones de columna a hormigón.

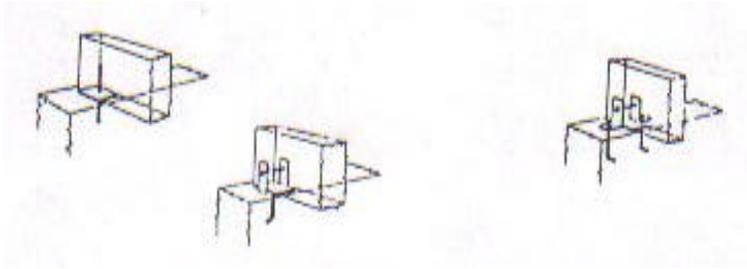


Fig. 2.12. - Tipos de uniones de vigas a hormigón.

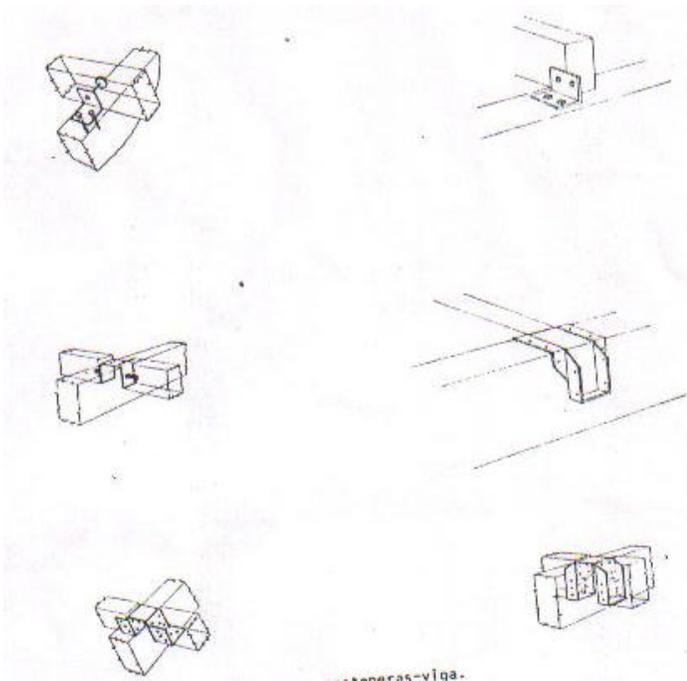
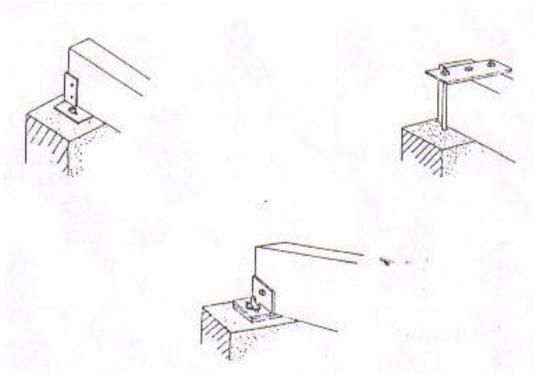


Fig. 2.13. - Tipos de uniones costanera-viga.

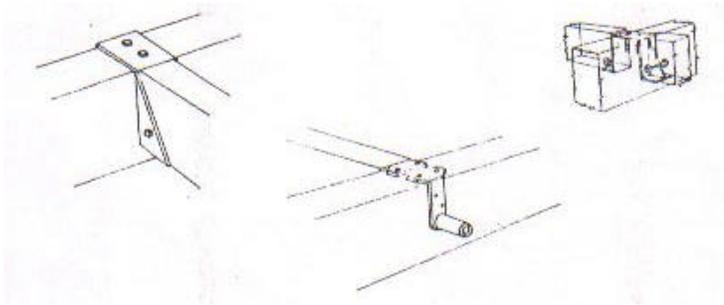


Fig. 2.14. - Tipos de uniones Costanera – viga.

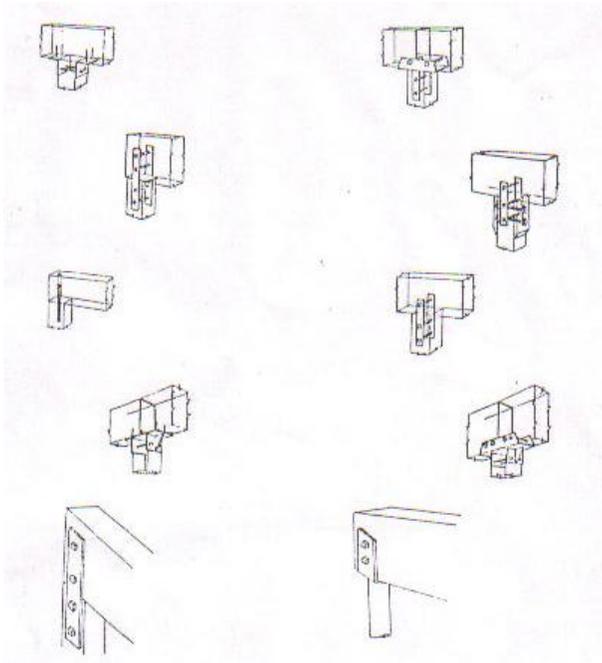


Fig. 2.15. - Tipos de uniones Viga - columna.

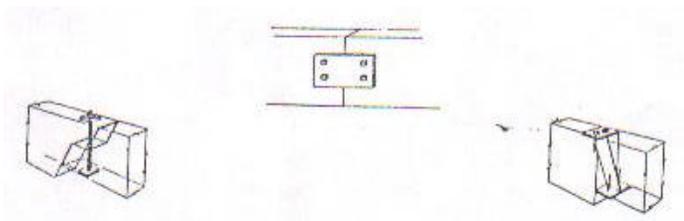


Fig.2.16.- Tipo de unión viga –viga

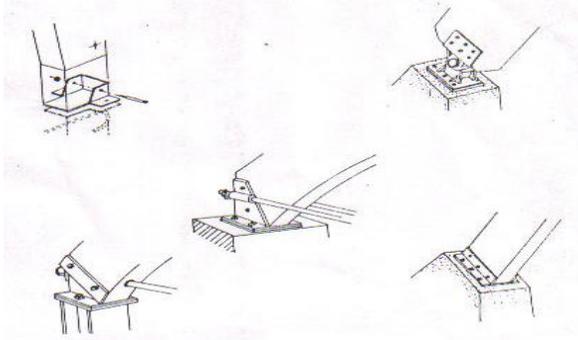


Fig. 2.17. - Tipos de anclajes de arcos y marcos.

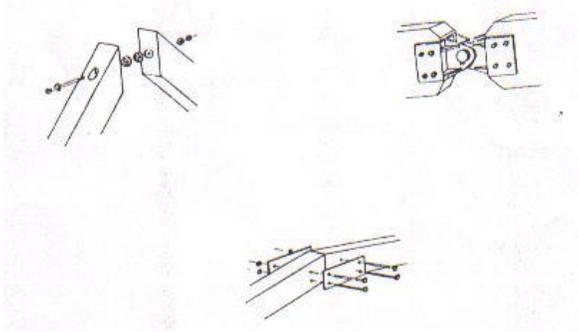


Fig. 2.18. - Tipo de unión en cumbrera de arcos.

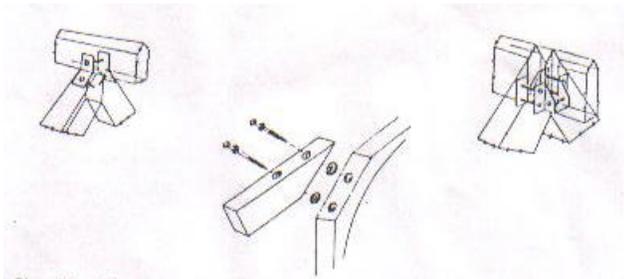


Fig. 2.19. - Tipo de unión para viga de cumbrera y aleros.

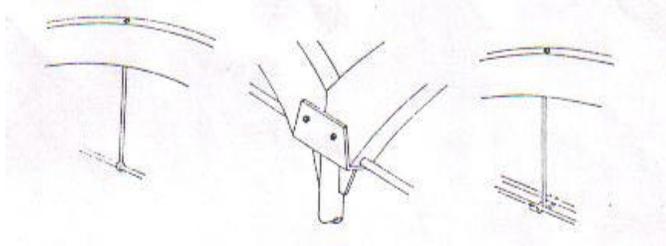


Fig. 2.20. - Otras uniones en arco.

## 2.3.- Uniones Comerciales

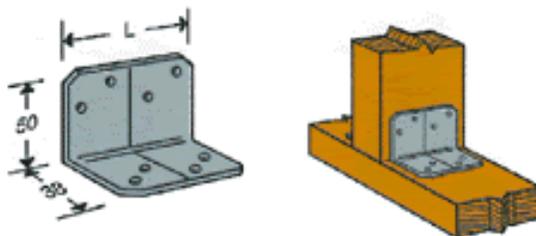
### 2.3.1.-Tipos de Conectores disponibles

Uno de los temas de mayor importancia en el ramo, es el dedicado a revisar los métodos utilizados para unir elementos entre si. Se diseñarán uniones estructurales básicas usando pernos, remaches y soldadura.

#### 2.3.1.1.- Ángulos Multiusos (A21/23)

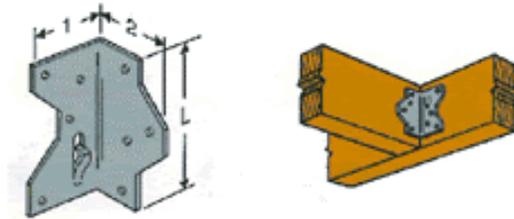
Diseñados para ser usados como refuerzo en encuentros de esquinas de dos maderas.

Están fabricados en acero galvanizado de 1,2 mm. de espesor. Se instalan con clavos de 1 1/2 "-



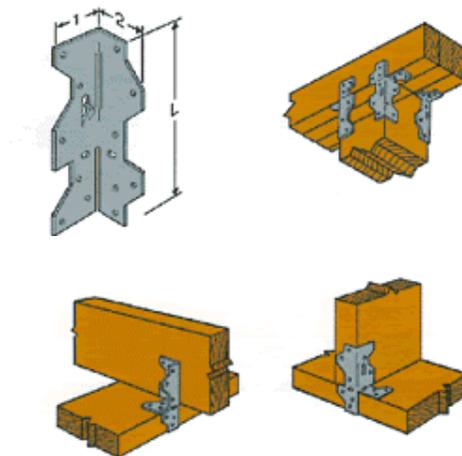
### 2.3.1.2.- Ángulos (A34)

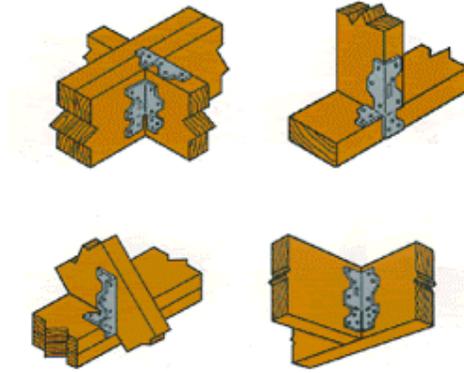
Ideales para el encuentro de dos maderas en ángulos de 90°. Reforzadas y galvanizadas con un clavo de aplicación temporaria.



### 2.3.1.3.- Anclaje Estructural Multiuso (A35)

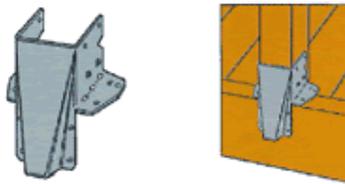
Diseñados especialmente para uso en proyectos de madera de 2x3" y 2x4". La cómoda aleta permite doblar el anclaje de manera rápida y precisa, permitiendo adaptarse a todas las uniones dobles y triples. La aleta del conector se puede doblar una sola vez para evitar que el metal se fatigue. Su diseño permite usar el A35 en una amplia gama de conexiones. La punta autoclavable facilita y agiliza la instalación. Están fabricados en acero galvanizado de 1,2 mm. de espesor. Se instalan con clavos de 1 1/2".





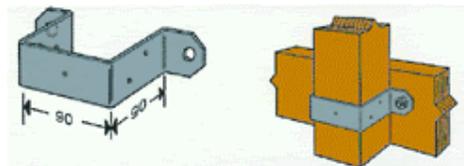
#### 2.3.1.4.- Abrazadera para Postes (DPT6)

Conector Deck-Tie para asegurar postes de 4"x4" a un borde o una esquina del entramado.



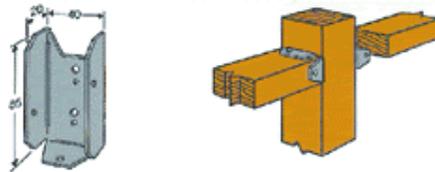
#### 2.3.1.5.- Abrazadera para Postes de Cercas (DPT7)

Conector Deck-Tie para asegurar postes de 4"x4" al entramado o escalera.



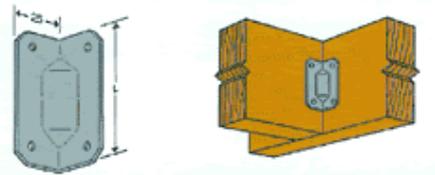
### 2.3.1.6.- Conector para Cercas (FB24)

Permite hacer una conexión rápida y resistente en porches, patios, cercas y celosías.



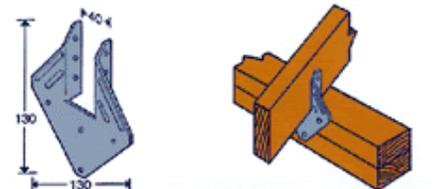
### 2.3.1.7.-Refuerzo de Angulo (GA1)

Producto ideal para reforzar ángulos de 90° en estructuras de madera.



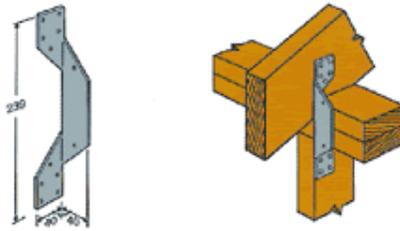
### 2.3.1.8.- Anclaje Reforzado (H1)

De uso general en puntos donde sus dos miembros se cruzan; se utiliza también como anclaje para sismos y huracanes en vigas y cabriadas.



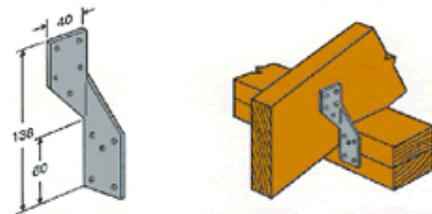
### 2.3.1.9.- Anclaje Montante/Solera/Tirante (H2)

Diseñados para proporcionar mayor resistencia al viento. Se pueden usar para tareas generales de refuerzo o en conexiones de elementos de madera que se cruzan. Se instalan con clavos galvanizados, según el espesor de la madera.



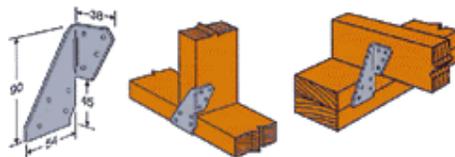
### 2.3.1.10.-Anclaje Solera/Tirante (H2.5)

Diseñados para proporcionar resistencia al viento. Se pueden usar para tareas generales de refuerzo o en conexiones de elementos de madera que se cruzan. El diseño especial del H2.5 permite resistir mayores cargas con la colocación de menos clavos en la unión.



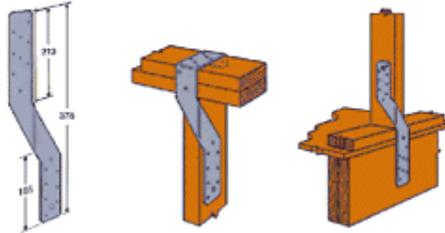
### 2.3.1.11.- Anclaje Solera/Montante (H4)

De uso general en puntos donde dos miembros se cruzan; se utiliza también como anclaje para sismos y huracanes en vigas.



### 2.3.1.12.- Anclaje de Refuerzo (H6)

De uso general en puntos donde dos miembros se cruzan; se utiliza también como anclaje para sismos y huracanes en vigas y cabriadas.



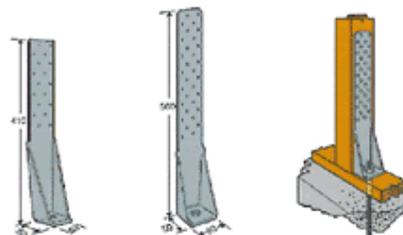
### 2.3.1.13.- Anclaje de Fijación (HD5A)

Se utilizan para unir las soleras al hormigón como también vigas entre dos plantas.



### 2.3.1.14.-Anclaje de Fijación para Servicio Pesado (HTT)

Se utilizan para unir las soleras al hormigón o a la mampostería.



### 2.3.2.- Otros

Además en el mercado encontramos los siguientes tipos de uniones

- Elementos roscados (uniones apernadas)
- Remaches
- Pasadores
- Chavetas
- Seguros
- Soldadura

## **CAPITULO III: CONECTORES DE P.V.C**

### **3.1.- CONECTORES DE PVC**

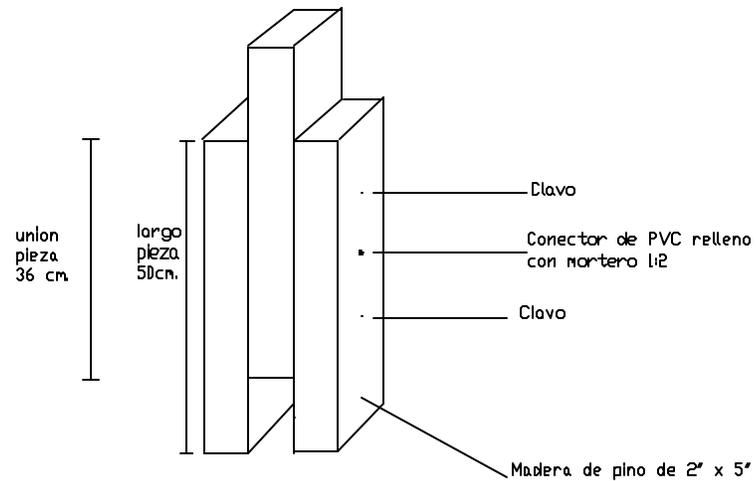
Todos los conectores existentes en el comercio tienen un valor, una tecnología de uso y normas de diseño establecidas.

Diversas investigaciones en distintas partes del mundo han obtenido información sobre técnicas con respecto al uso de conectores para maderas, los cuales por su ciencia y tecnología son de mayor costo. Estos conectores consisten en anillos metálicos o placas prefabricadas que se introducen parcialmente en cada elemento para transmitir las cargas de un miembro a otro con pernos de diámetro pequeño. El resultado de estos conectores son excelentes: una eficiencia mayor de unión permite usar piezas mas cortas y de secciones menores y aprovechar todo el esfuerzo admisible de la madera

El objeto de este trabajo de titulación es encontrar un conector barato desarrollado con una tecnología sencilla y practica, usando materiales que normalmente se pierden en una obra tradicional.

Siempre se pueden encontrar desechos de tuberías de PVC de las canalizaciones eléctricas o de las instalaciones de agua potable u otro tipo de cañerías, por lo que se propone en este trabajo hacer probetas de uniones de madera con tuberías de PVC de canalización eléctrica rellenos con mortero 1:2. para rigidizar la unión.

Las probetas de ensayo son de Pino Insigne con piezas de 2" x 5" y 50 cm de longitud, unidas por cuatro clavos de 4" en forma que se indica en la figura



Se fabricaron 18 probetas del tipo de la figura cuya distribución fue la siguiente:

- 3 Probetas con 1 Conector de PVC (de 5/8" de diámetro)
- 3 Probetas con 2 Conectores de PVC (de 5/8" de diámetro)
- 3 Probetas con 3 Conectores de PVC (de 5/8" de diámetro)
- 3 Probetas con 4 Conectores de PVC (de 5/8" de diámetro)
- 3 Probetas con 5 Conectores de PVC (de 5/8" de diámetro)
- 3 Probetas con 6 Conectores de PVC (de 5/8" de diámetro)

Cada probeta se sometió a un protocolo de ensayo, midiendo la carga de compresión (o carga axial) versus su deformación en mm, medida con una escala (regla milimétrica).

La carga aplicada a cada probeta fue: 250, 500, 750, 1000, 1250, 1500, 1750 Kg. y así sucesivamente hasta la rotura, midiendo en cada carga la deformación correspondiente, según se indica en las tablas del capítulo IV.-

## CAPITULO IV: ENSAYOS:

### 4.1.-Descripción general

“Marco de Carga” es una máquina que está provista de una celda de 12 toneladas de capacidad y con un gato de carga hidráulico de 50 toneladas de doble efecto. Ésta es utilizada para ejercer la fuerza sobre la probeta de unión a ensayar. Se aplica esta fuerza con una velocidad constante de  $5.83 \times 10^{-4}$  m/s.

Se tomó nota de las deformaciones producidas en cada probeta, cada 250 Kg. para poder construir los gráficos y poder determinar su resistencia al corte, que es el fin de estos ensayos. La fuerza se aplica hasta la rotura de las piezas.



Fig. Marco de Carga, donde son ensayadas las probetas.

**4.2.- ENSAYO N°1    PROBETA CON 1 CONECTOR****4.2.1.-PROBETA N°1**

<b>CARGA</b> <b>(Kg.)</b>	<b>DEFORMACIÓN</b> <b>(mm)</b>
0	0
1600	8
1800	10
1880	29

Nota: Esta probeta fue mal ensayada ya que no se pudo controlar la velocidad de la carga aplicada. Sin embargo, el valor final no difiere de las otras probetas del mismo tipo de ensayo.



Fig.: Probeta 1 con un conector, antes de ser ensayada.



Fig.: Probeta 1 con un conector, después de sometida a ensayo.

**4.2.2.-PROBETA N°2**

<b>CARGA</b>	<b>DEFORMACIÓN</b>
<b>(Kg.)</b>	<b>(mm)</b>
0	0
250	0
500	0
750	0.5
1000	1
1250	2
1500	2.5
1750	4
2000	8
2065	17

Nota: La pieza central comienza a desplazarse hacia abajo a medida que es aplicada la carga, al bajar esta pieza también se comienza a separar de las otras laterales y puede visualizarse como y en que momento se corta el conector.



Fig.: Probeta 2 con un conector, durante el ensayo.



Fig.: Probeta 2 con un conector, después de realizado el ensayo de esta probeta.

**4.2.3.-PROBETA N°3**

<b>CARGA</b>	<b>DEFORMACIÓN</b>
<b>(Kg.)</b>	<b>(mm)</b>
0	0
250	0
500	0.5
750	0.5
1000	1
1250	1.5
1500	4.5
1750	8
1835	13

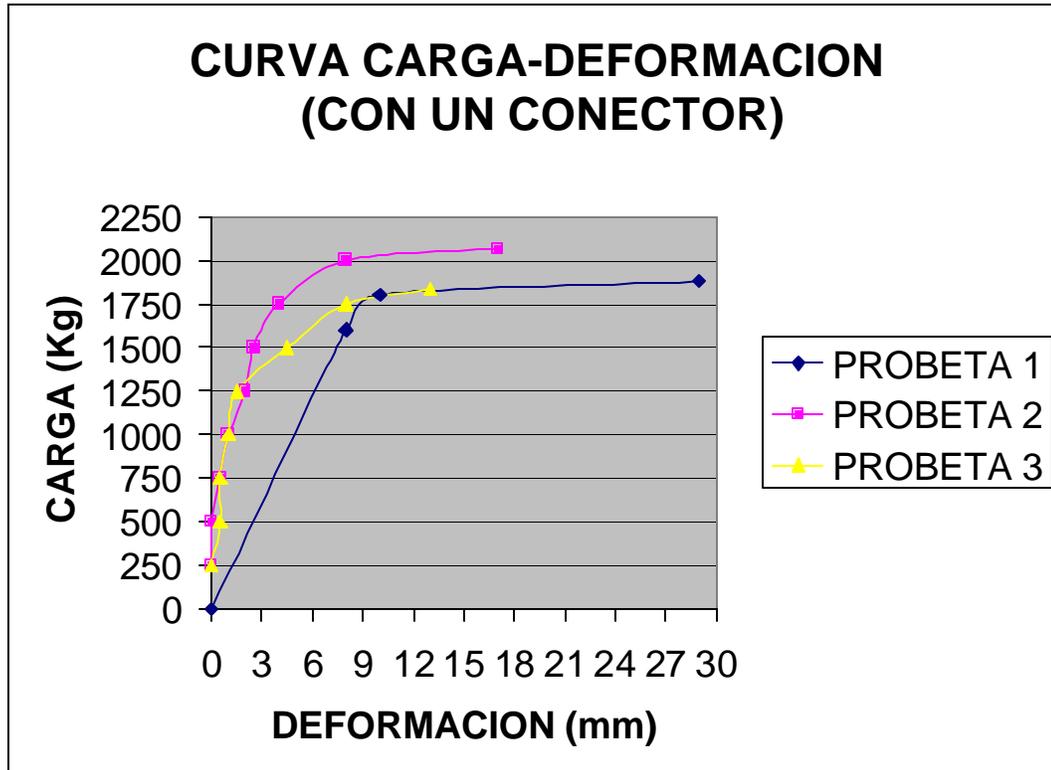
Nota: al bajar la pieza central debido a la carga aplicada, igualmente se separan las otras dos piezas, y se observa cuando el conector se rompe. Además se produce un aplastamiento en la pieza central.



Fig.: Probeta 3 con un conector, durante el ensayo.



Fig.: Probeta 3 con un conector, se muestra el aplastamiento después de realizado el ensayo.



### FORMA DE ROTURA

Se empiezan a desclavar los clavos de sujeción, luego el conector que se encuentra en el centro de la unión de la probeta, se rompe debido a la fuerza aplicada, produciendo aplastamiento en la pieza central. Se desclava totalmente cuando se rompe el conector.

La carga media de Rotura es de 1927 Kg.

### 4.3.- ENSAYO N°2      PROBETA CON 2 CONECTORES

#### 4.3.1.-PROBETA N°1

<b>CARGA</b> <b>(Kg.)</b>	<b>DEFORMACIÓN</b> <b>(mm)</b>
0	0
250	0
500	0
750	0.5
1000	1
1250	1.5
1500	2
1750	3
2000	4
2250	8
2255	9

Nota: Al producirse el desplazamiento y separación de la pieza central respecto a las laterales, debido a la carga aplicada, puede notarse que el conector superior se rompe primero.



Fig.: Probeta 1 con dos conectores, antes de realizarse el ensayo.



Fig.: Probeta 1 con dos conectores, después de realizado el ensayo, puede visualizarse como se cortaron los conectores.

**4.3.2.-PROBETA N°2**

<b>CARGA</b> <b>(Kg.)</b>	<b>DEFORMACIÓN</b> <b>(mm)</b>
0	0
250	0
500	0
750	0.5
1000	0.5
1250	1
1500	1
1750	1.5
2000	2
2250	5
2335	10

Nota: Al igual que el anterior, se observa que el conector superior se rompe primero que el inferior, y queda armada la probeta debido sólo a los clavos inferiores. Además se produce un deslizamiento de los conectores desde la pieza central y un aplastamiento a esta misma pieza en el sector del conector.



Fig.: probeta 2 con dos conectores, durante el ensayo se observa como comienzan a doblarse los conectores antes de llegar a cortarse.



Fig.: Probeta 2 con dos conectores, después del ensayo, se observa el aplastamiento de la pieza.

**4.3.3.-PROBETA N°3**

<b>CARGA</b>	<b>DEFORMACIÓN</b>
<b>(Kg.)</b>	<b>(mm)</b>
0	0
250	0
500	0
750	0.5
1000	1
1250	1
1500	2
1750	3
2000	8
2040	11

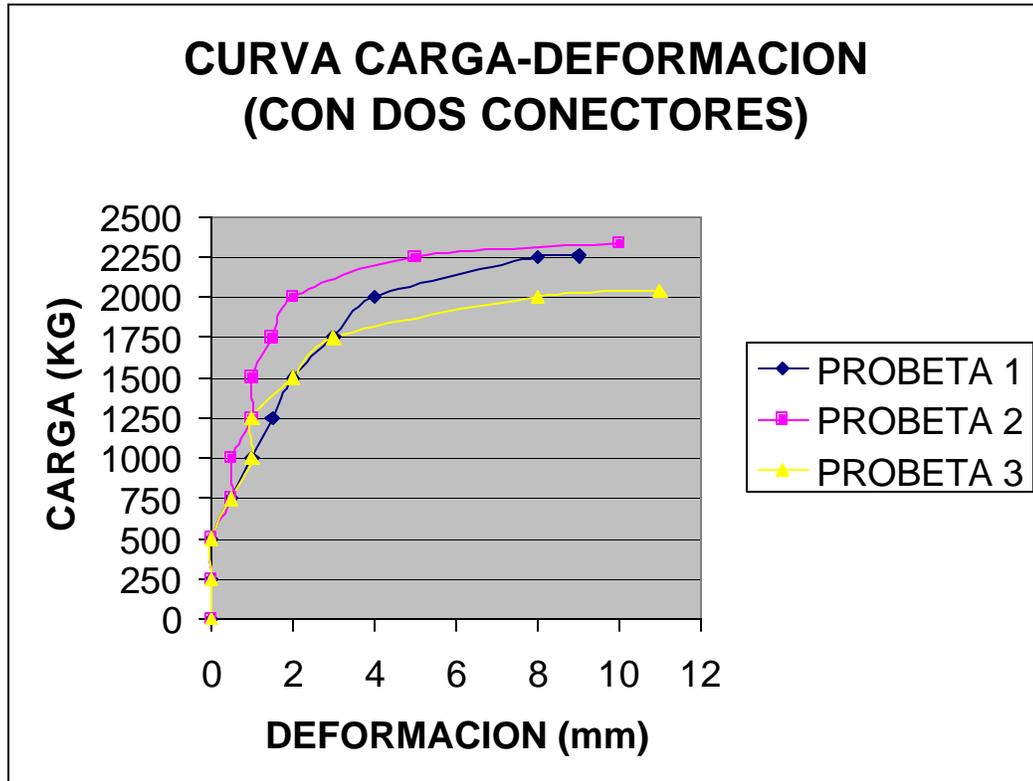
Nota: Como los dos casos anteriores al aplicar la fuerza y separarse las piezas, se observa el momento en que se rompen los conectores. También se produce un desplazamiento de uno de los conectores desde la pieza central.



Fig.: Probeta 3 con dos conectores, durante la realización del ensayo.



Fig.: Probeta 3 con dos conectores, se visualiza el deslizamiento de los conectores.



### FORMA DE ROTURA

Se desclavan los dos clavos superiores, se produce el corte en el conector superior y luego el inferior.

Se produce aplastamiento local en el sector del conector y luego el conector se desliza de la pieza central despegándose de las piezas laterales.

Si se aplicara más fuerza la pieza terminaría totalmente destruida debido a que se saldrían los dos clavos inferiores que se encuentran sujetando la pieza.

La carga media de Rotura es 2210 Kg.

#### 4.4.- ENSAYO N°3    PROBETA CON 3 CONECTORES

##### 4.4.1.-PROBETA N°1

<b>CARGA</b> <b>(Kg.)</b>	<b>DEFORMACIÓN</b> <b>(mm)</b>
0	0
250	0
500	0.5
750	0.5
1000	1
1250	1
1500	1.5
1750	2
2000	2.5
2250	3
2500	4.5
2750	6.5
2950	15

Nota: La separación de las piezas, y desplazamiento de la pieza central debido a la carga aplicada, puede notarse cual conector se rompe primero. Además se produce un aplastamiento en la pieza central y un desplazamiento de dos de los conectores.



Fig.: Probeta 1 con tres conectores, realización del ensayo, se observa como se comienzan a doblar los conectores antes de romperse.



Fig.: Probeta 1 con tres conectores, se observa el aplastamiento y deslizamiento producido.

**4.4.2.-PROBETA N°2**

<b>CARGA</b> <b>(Kg.)</b>	<b>DEFORMACIÓN</b> <b>(mm)</b>
0	0
250	0
500	0
750	0.5
1000	0.5
1250	1
1500	1
1750	1.5
2000	2
2250	2.5
2500	3.5
2750	7
2830	16

Nota: Al igual que el anterior la separación de las piezas, debido a la carga aplicada, hace posible notar cual conector se rompe primero. También se produce un aplastamiento en la pieza central.



Fig.: Probeta 2 con tres conectores, durante el ensayo.



Fig.: Probeta 2 con tres conectores, después del ensayo se observa los conectores cortados, y sólo sujetos con los clavos inferiores.

**4.4.3.-PROBETA N°3**

<b>CARGA</b> <b>(Kg.)</b>	<b>DEFORMACIÓN</b> <b>(mm)</b>
0	0
250	0
500	0
750	0.5
1000	0.5
1250	1
1500	1.5
1750	2
2000	2.5
2250	3
2500	4
2740	18

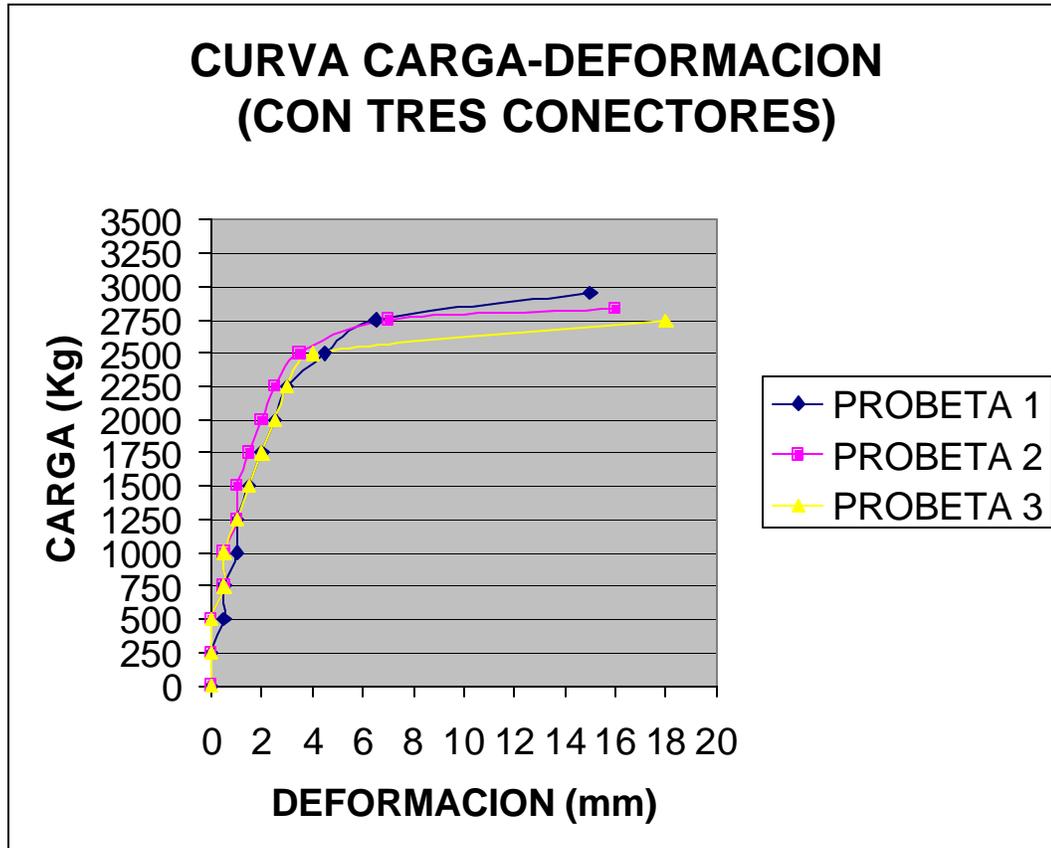
Nota: En este caso se produce un desplazamiento en todos los conectores de la probeta, además un aplastamiento de los conectores en la pieza central.



Fig.: Probeta 3 con tres conectores, durante el ensayo.



Fig.: Probeta 3 con tres conectores, se observa el desplazamiento de los conectores de las piezas.



### FORMA DE ROTURA

Se desclavan las piezas comenzando desde la parte superior y se rompen los conectores al llegar a la carga máxima. Se van cortando uno en uno.

Se produce aplastamiento en los orificios de la viga central. Los conectores se deslizan despegándose de las vigas laterales a la central.

En una deformación mayor solo quedan las fijaciones que unen las piezas, los clavos, siendo éstos los inferiores generalmente.

La carga media de Rotura es de 2840 Kg.

**4.5.- ENSAYO N°4      PROBETA CON 4 CONECTORES****4.5.1.-PROBETA N°1**

<b>CARGA (Kg.)</b>	<b>DEFORMACIÓN (mm)</b>
0	0
250	0
500	0
750	0.5
1000	1
1250	1
1500	1.5
1750	1.5
2000	2
2250	2
2500	2.5
2750	3
3000	4
3250	6
3430	14

Nota: en este ensayo se rompen primero los conectores superiores, y se produce un aplastamiento en la pieza central.



Fig.: Probeta 1 con cuatro conectores, antes de realizarse el ensayo.



Fig.: Probeta 1 con cuatro conectores, después de realizarse el ensayo.

**4.5.2.-PROBETA N°2**

<b>CARGA</b> <b>(Kg.)</b>	<b>DEFORMACIÓN</b> <b>(mm)</b>
0	0
250	0
500	0
750	0.5
1000	0.5
1250	1
1500	1.5
1750	1.5
2000	2
2250	2.5
2500	3
2750	4.5
3000	6
3092	12

Nota: En este caso la separación de las piezas debido al desplazamiento, por la fuerza aplicada, a la pieza central, se observa que los conectores se cortan en forma alternada y casi al mismo tiempo los superiores y los inferiores.



Fig.: Probeta 2 con cuatro conectores, justo antes de romperse el último conector.



Fig.: Probeta 2 con cuatro conectores, después de romperse todos los conectores.

**4.5.3.-PROBETA N°3**

<b>CARGA</b> <b>(Kg.)</b>	<b>DEFORMACIÓN</b> <b>(mm)</b>
0	0
250	0
500	0
750	0.5
1000	0.5
1250	0.5
1500	1
1750	1.5
2000	1.5
2250	2
2500	2
2750	2.5
3000	3
2350	3.5
3430	7.5

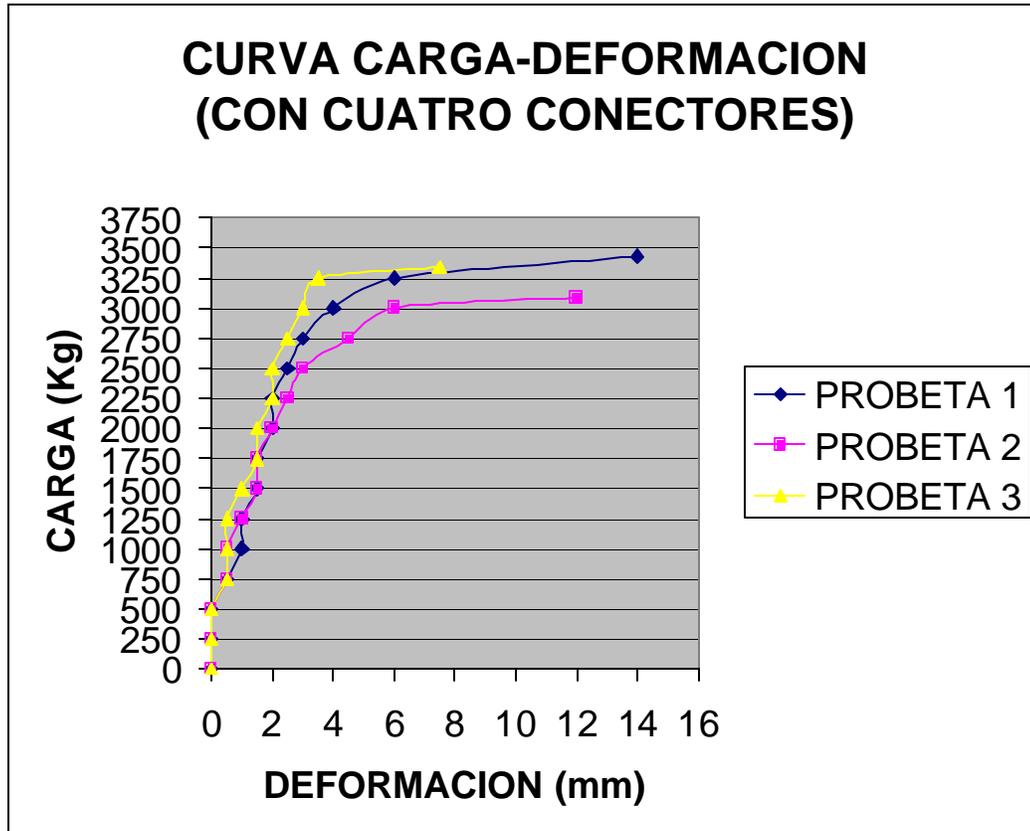
Nota: En este, como en los casos anteriores los conectores se rompen casi al mismo tiempo, produciéndose también un aplastamiento en la pieza central y deslizamiento de tres de los cuatro conectores.



Fig.: Probeta 3 con cuatro conectores, durante el ensayo.



Fig.: Probeta 3 con cuatro conectores, cuando se rompen los conectores y se desprende una de las piezas laterales.



### FORMA DE ROTURA

Se desclava la parte superior y se rompen por corte los dos conectores superiores casi en forma simultánea y luego los dos inferiores, produciéndose aplastamiento en las piezas, también un deslizamiento de los conectores de las piezas laterales.

Si se ejerciera la fuerza por más tiempo sobre la probeta se saldrían los clavos inferiores que están sujetando la unión y ésta terminaría totalmente destruida.

La carga media de Rotura es de 3288 Kg.

**4.6.-ENSAYO N°5    PROBETA CON 5 CONECTORES****4.6.1.-PROBETA N°1**

<b>CARGA</b> <b>(Kg.)</b>	<b>DEFORMACIÓN</b> <b>(mm)</b>
0	0
250	0
500	0
750	0
1000	0.5
1250	0.5
1500	1
1750	1.5
2000	1.5
2250	2
2500	2.5
2750	2.5
3000	4
2350	6.5
3500	10
3570	14

Nota: para este ensayo se observa que los conectores superiores y el central se rompen casi al mismo tiempo y los inferiores después. Se produce además un aplastamiento en la pieza central.



Fig.: Probeta 1 con cinco conectores, durante el ensayo, se observa como se cortan los conectores



Fig.: Probeta 1 con cinco conectores, después del ensayo se observa como se rompieron los conectores

**4.6.2.-PROBETA N°2**

<b>CARGA</b> <b>(Kg.)</b>	<b>DEFORMACIÓN</b> <b>(mm)</b>
0	0
250	0
500	0
750	0
1000	0.5
1250	0.5
1500	11
1750	1.5
2000	1.5
2250	2
2500	2.5
2750	3
3000	4
2350	5
3500	7
3700	13

Nota: en este ensayo se observó que todos los conectores se cortaron casi al mismo tiempo, Se produjo un deslizamiento de varios de los conectores saliéndose de la pieza central. Además ésta quedó totalmente desarmada ya que se desclavaron, en este caso, todos los clavos.

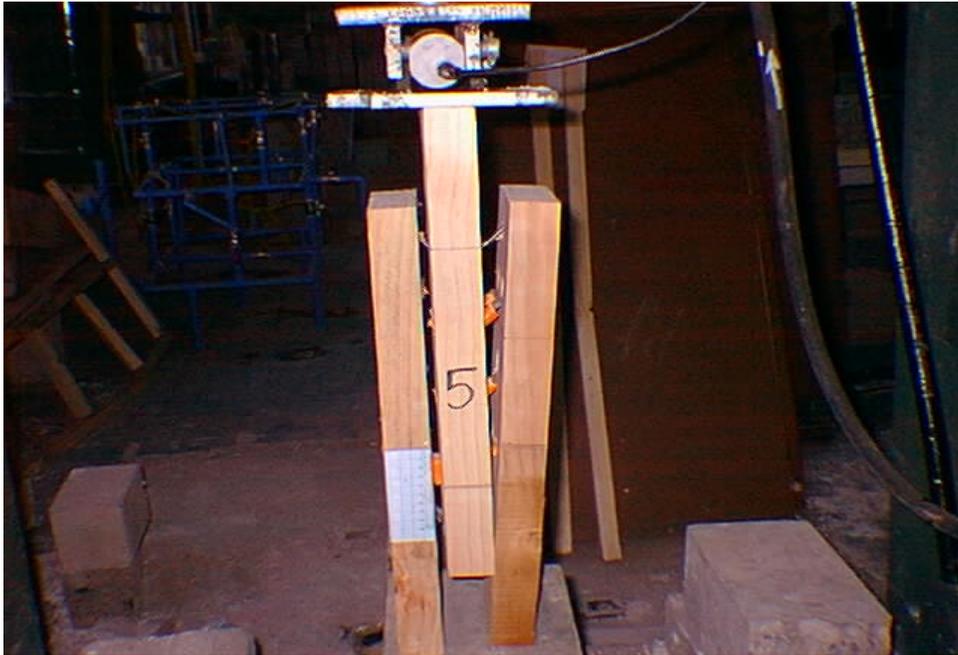


Fig.: Probeta 2 con cinco conectores, durante el ensayo.

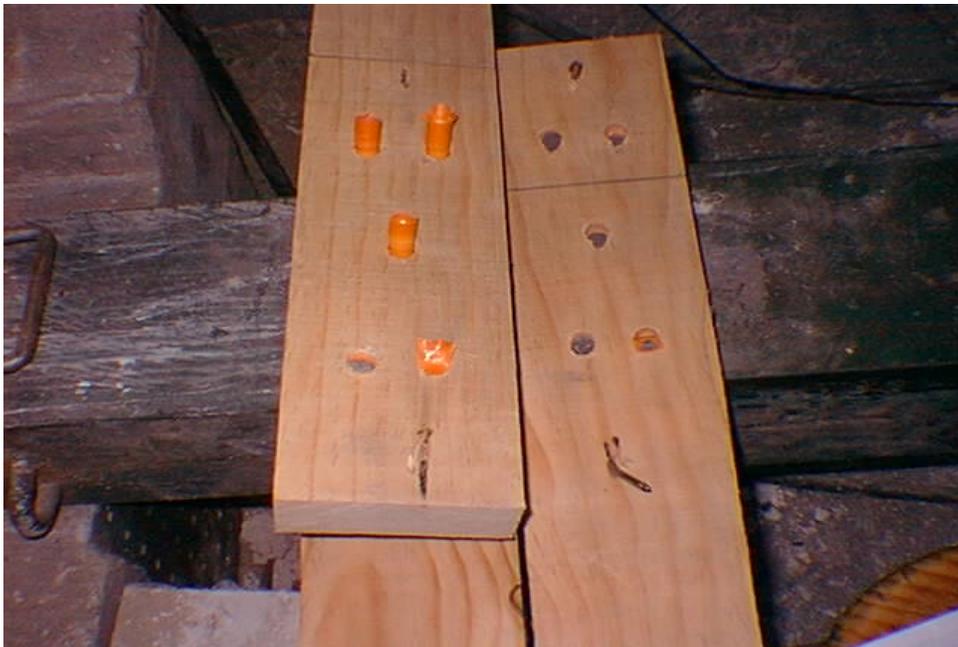


Fig.: Probeta 2 con cinco conectores, después del ensayo, se observa como se cortaron los conectores.

**4.6.3.-PROBETA N°3**

<b>CARGA</b> <b>(Kg.)</b>	<b>DEFORMACIÓN</b> <b>(mm)</b>
0	0
250	0
500	0
750	0
1000	0.5
1250	0.5
1500	1
1750	1.5
2000	1.5
2250	2
2500	2.5
2750	3
3000	3.5
2350	4.5
3500	6.5
3750	12
3795	16

Nota en este como en los anteriores casos, se cortan alternadamente y muy seguidos entre sí los conectores. También se produce un aplastamiento en las piezas y un deslizamiento en el sector del conector.



Fig.: Probeta 3 con cinco conectores, durante el ensayo, se observa como se cortaron los conectores

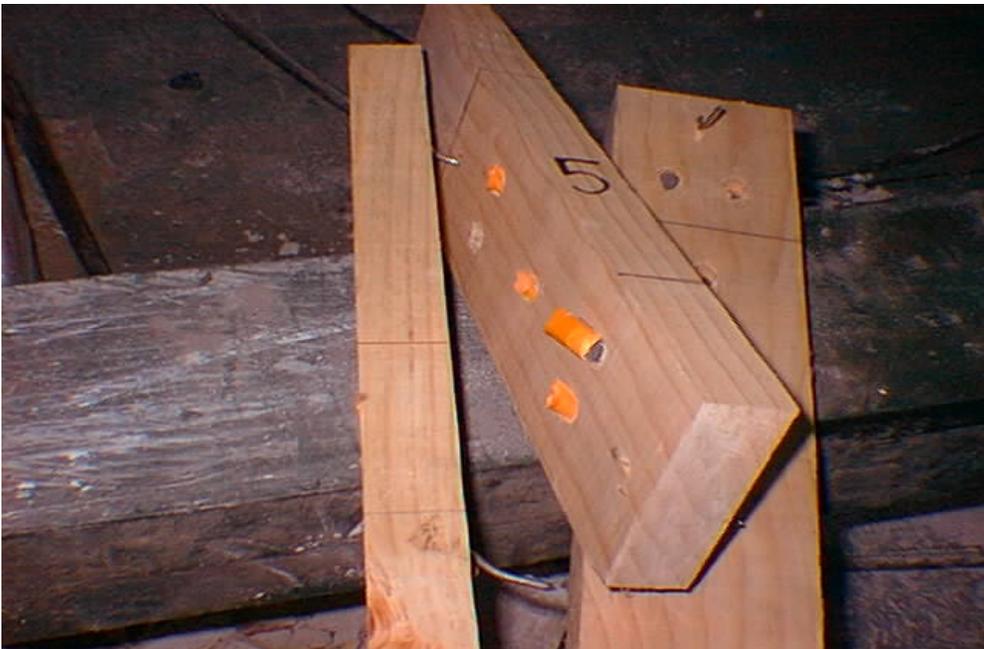
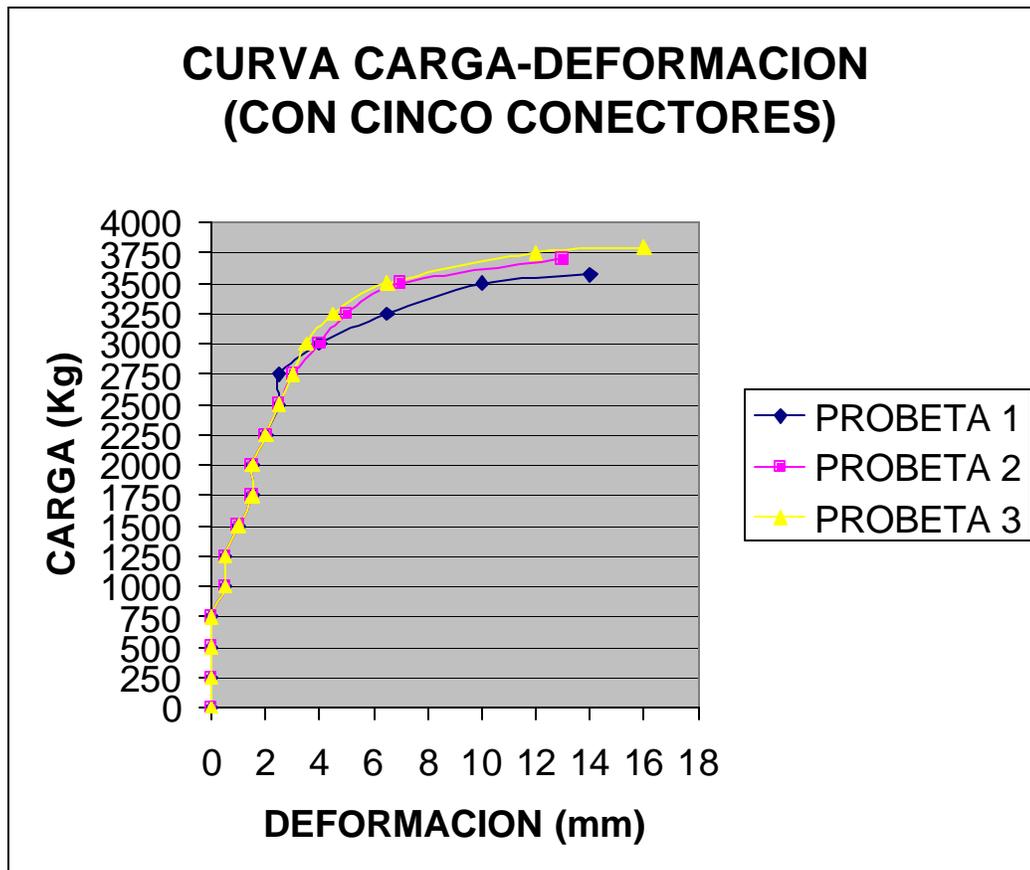


Fig.: Probeta 3 con cinco conectores, después del ensayo, se visualiza como se deslizaron los conectores y como quedó la probeta.



### FORMA DE ROTURA

Para este ensayo se desclavaron las sujeciones superiores, luego se rompieron los conectores debido a la fuerza ejercida por la prensa del Marco de Carga. Las sujeciones inferiores terminan desclavándose y así se destruye la probeta de unión.

Como en todos los casos la fuerza máxima se mide al cortarse los conectores, no considerándose el aporte que ejercen las sujeciones, los clavos (que es mínimo)

La carga media de Rotura es de 3688 Kg.

#### 4.7.- ENSAYO N°6    PROBETA CON 6 CONECTORES

##### 4.7.1.-PROBETA N°1

<b>CARGA</b> <b>(Kg)</b>	<b>DEFORMACIÓN</b> <b>(mm)</b>
0	0
250	0
500	0
750	0
1000	0.5
1250	0.5
1500	0.5
1750	1
2000	1
2250	1.5
2500	1.5
2750	2
3000	2
2350	2.5
3500	3.5
3750	4.5
3795	16

Nota: En este caso se van rompiendo de a dos los conectores, comenzando por los superiores, además se produce un deslizamiento de los conectores y un aplastamiento en las piezas.



Fig.: Probeta 1 con seis conectores, durante el ensayo.



Fig.: Probeta 1 con seis conectores, después del ensayo.

**4.7.2.-PROBETA N°2**

<b>CARGA</b> <b>(Kg.)</b>	<b>DEFORMACIÓN</b> <b>(mm)</b>
0	0
250	0
500	0
750	0
1000	0.5
1250	0.5
1500	0.5
1750	1
2000	1.5
2250	1.5
2500	2
2750	2
3000	2.5
2350	3
3500	4
3750	5
4000	8
4015	10

Nota: En este ensayo se rompen los conectores alternadamente y casi en un mismo tiempo.

Produciéndose también un desplazamiento de los conectores desde sus piezas, y un aplastamiento local de la pieza central. En este caso la probeta quedó totalmente desarmada ya que se desclavó completamente.



Fig.: Probeta 2 con seis conectores, durante el ensayo, se visualiza como se van cortando los conectores.

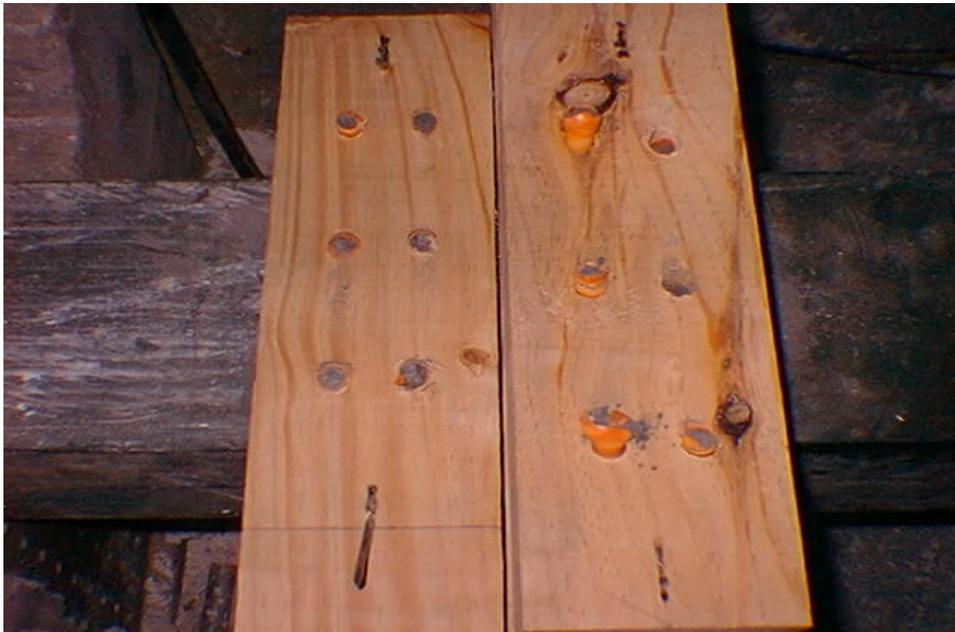


Fig.: Probeta 2 con seis conectores, después del ensayo, se observa como la probeta queda desarmada y sus conectores deslizados en la pieza.

**4.7.3.-PROBETA N°3**

<b>CARGA (Kg.)</b>	<b>DEFORMACIÓN (mm)</b>
0	0
250	0
500	0
750	0
1000	0.5
1250	0.5
1500	0.5
1750	1
2000	1.5
2250	1.5
2500	2
2750	2.5
3000	3
2350	4
3500	5.5
3750	6.5
3965	12

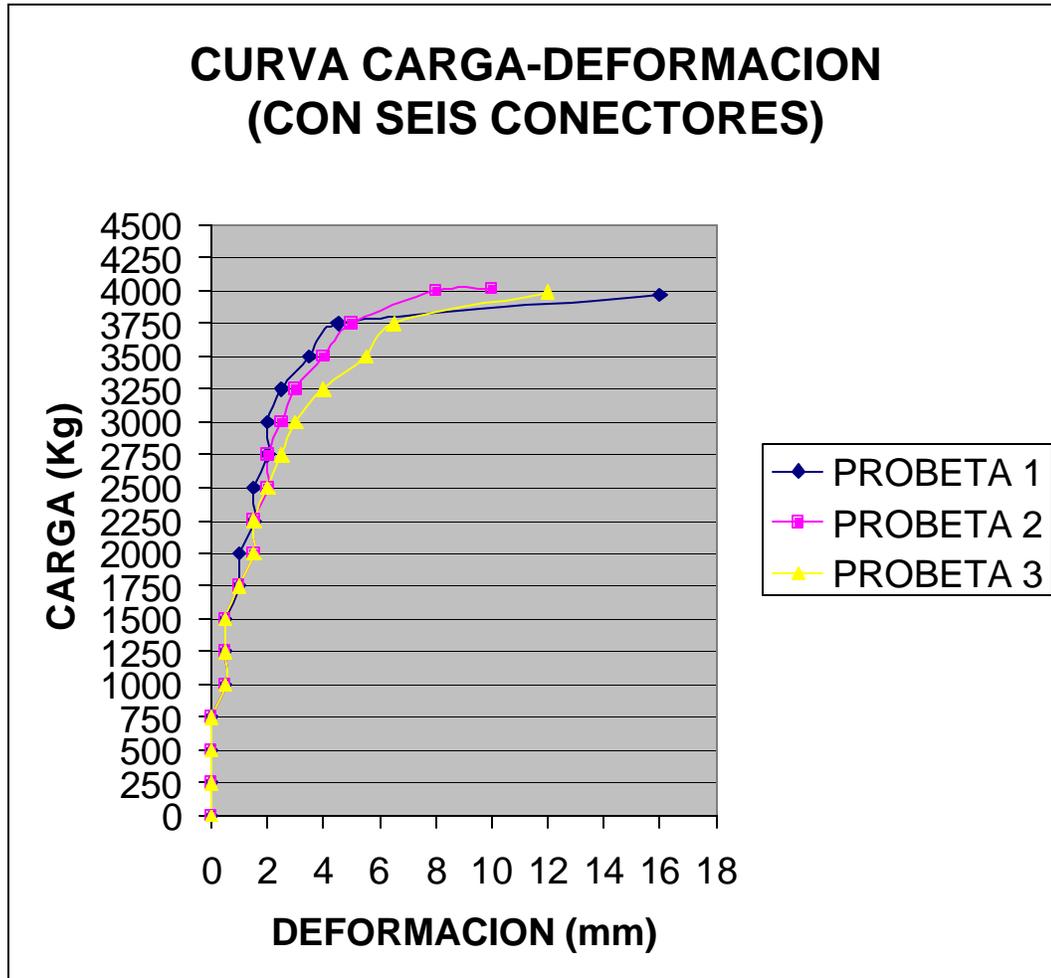
Nota: En este último ensayo los conectores se van rompiendo alternadamente y casi al mismo tiempo. Se produjo un aplastamiento en las piezas y un deslizamiento de los conectores.



Fig.: Probeta 3 con seis conectores, durante el ensayo, se observa como se van rompiendo los conectores.



Fig.: Probeta 3 con cinco conectores, después del ensayo, los conectores se deslizan y las piezas sufren aplastamiento.



### FORMA DE ROTURA

En este último caso, como en los anteriores, se desclavan las sujeciones superiores, y a medida que va aplicando la fuerza de la máquina (Marco de Carga) se van rompiendo los conectores alternadamente los superiores, medios e inferiores.

Los conectores producen aplastamiento local y en algunos orificios éstos se deslizan saliéndose de la pieza ya sea de la central o laterales.

La carga media de Rotura es de 3990 Kg.

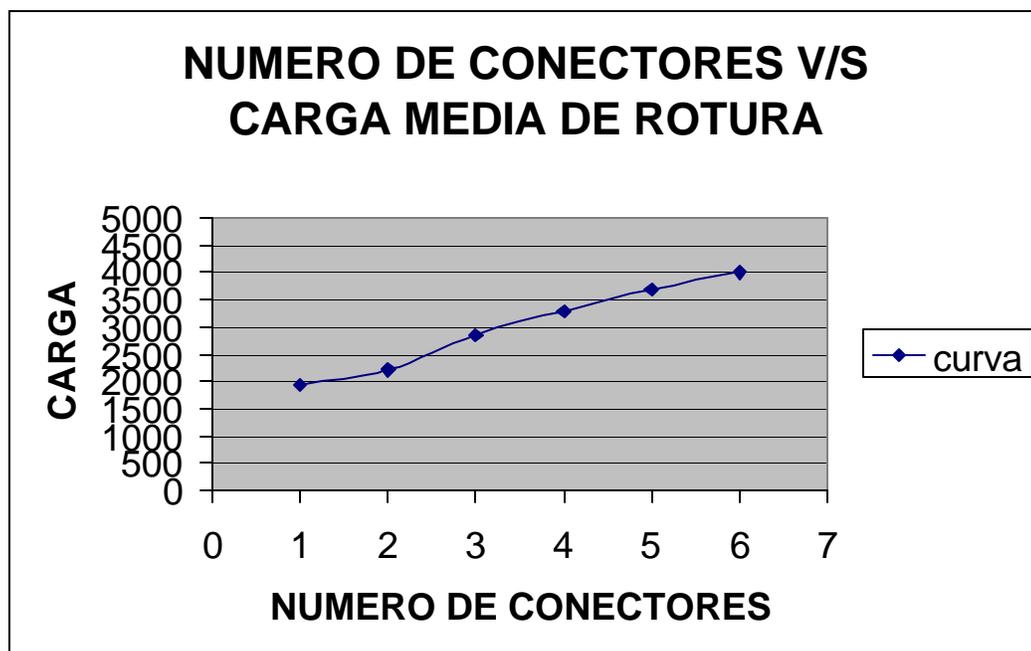
## CAPITULO V: ANÁLISIS DE RESULTADOS

### 5.1.- Carga de rotura :

Las probetas se rompieron con las siguientes cargas de rotura:

NUMERO DE CONECTORES	CARGA MEDIA DE ROTURA (KG)
1	1927
2	2210
3	2847
4	3288
5	3688
6	3990

Si se grafican estos resultados se verificará que corresponde a una recta casi perfecta.

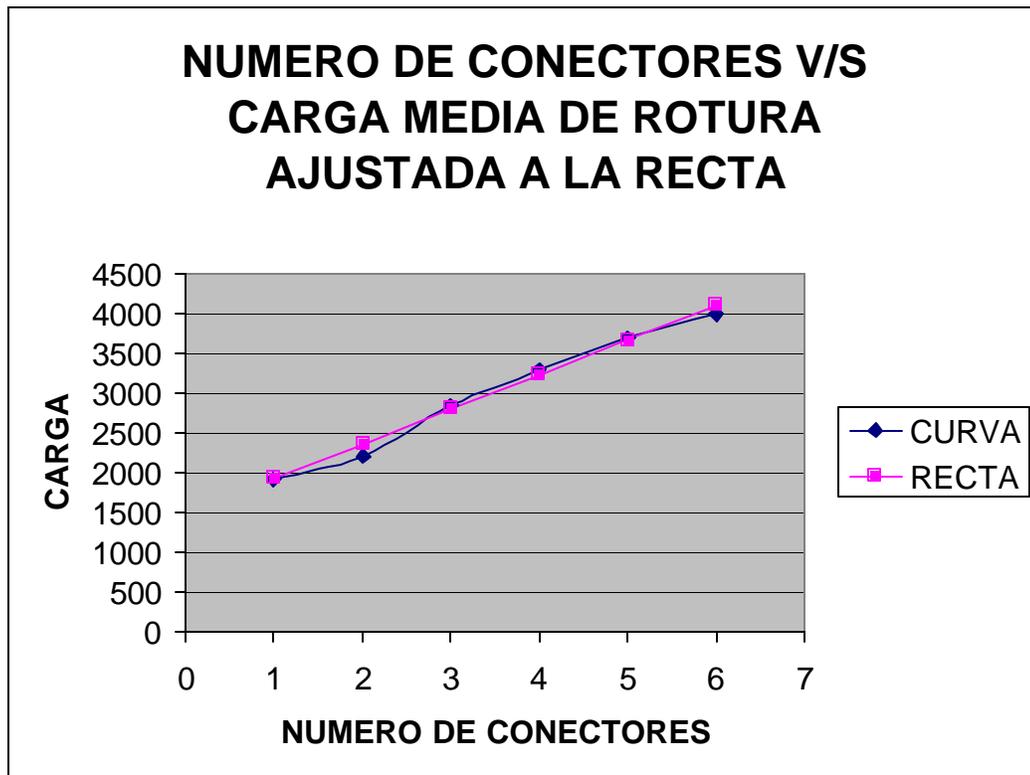


### 5.2.- Recta resultante

Analizado los datos se tiene la siguiente ecuación de la recta resultante:

$$Y = 434X + 1500$$

El grafico anterior ajustado a la recta obtenida es el siguiente:



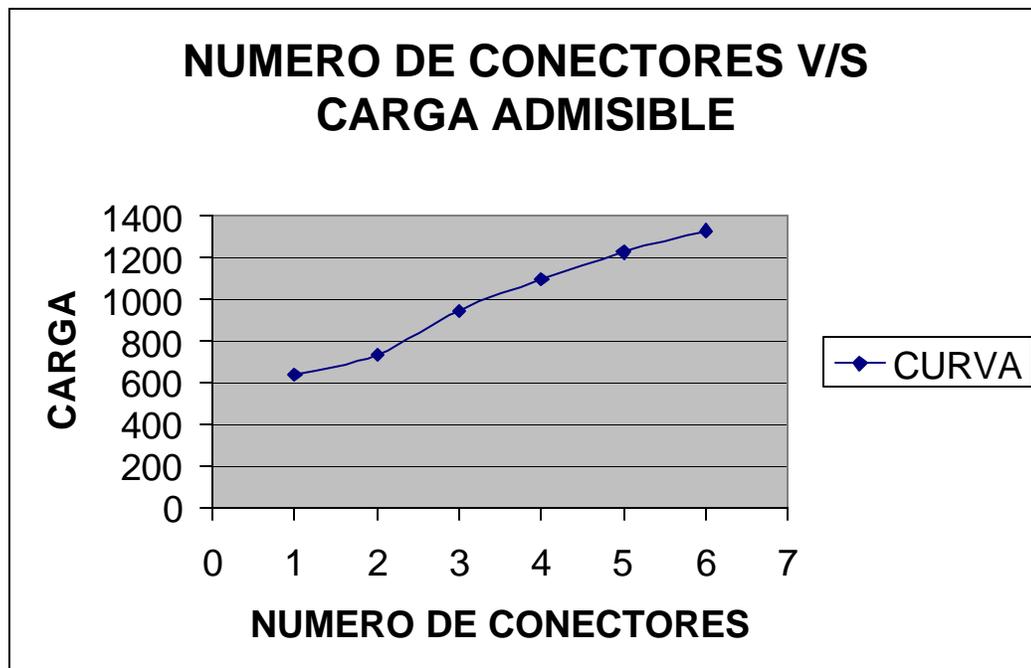
### 5.3.- Determinación de la recta de diseño de uniones con conectores de PVC.

A partir de los resultados obtenidos y usando un factor de seguridad de 3 (un tercio de la carga de rotura) ya que a esta carga las deformaciones que presentan las curvas Cargas-Deformación del Capítulo IV, resultan no ser apreciables por lo tanto seguras.

En estas condiciones se tiene lo siguiente:

<b>NUMERO DE CONECTORES</b>	<b>CARGA ADMISIBLE ROTURA /3 (KG)</b>
1	642
2	737
3	947
4	1096
5	1229
6	1330

Graficando estos resultados obtenemos nuevamente una recta casi perfecta.

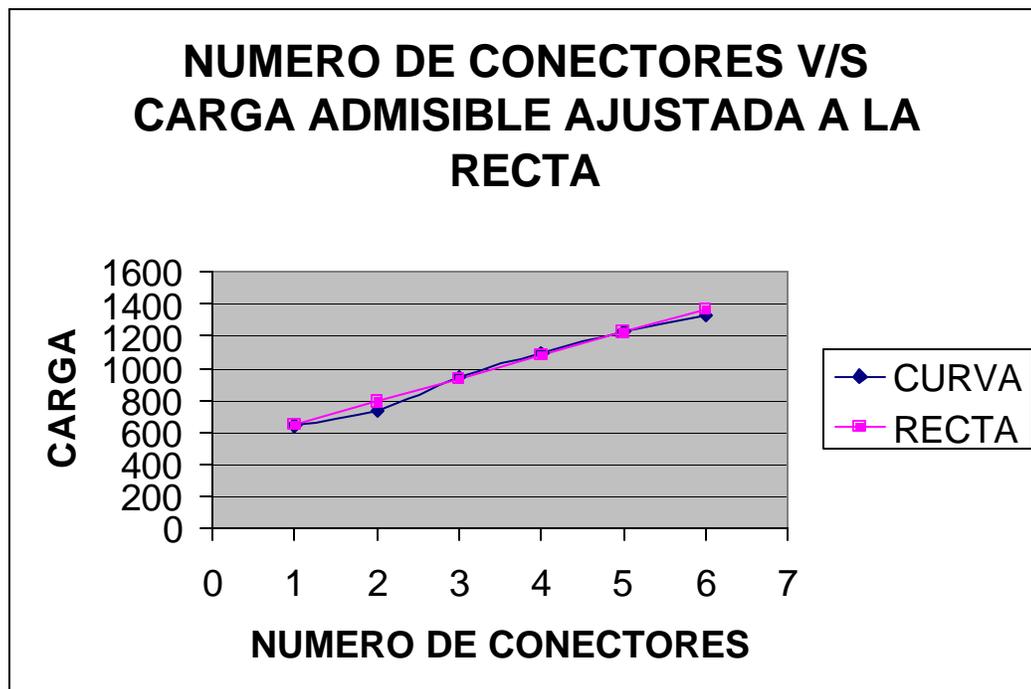


#### 5.4.- Recta de Diseño Resultante

La recta representativa de esta carga admisible es:

$$Y = 144.71 X + 500$$

Con la curva anterior ajustada a la recta obtenida, se tiene el siguiente grafico:



La recta anterior es muy precisa, lo que hacen la obtención del numero de conectores necesarios para cualquier carga requerida.

## CAPITULO VI: CONCLUSIONES

Con los resultados obtenidos, podemos concluir lo siguiente:

- Que este conector puede utilizarse como tal en la construcción alcanzando un nivel de resistencia adecuado ya que fue analizado bajo estándares de alta confiabilidad.
- Es un conector de características sencillas y por lo mismo económico, a diferencia de otros conectores que no son muy utilizados por su alto costo, usándose entonces: tornillos, clavos, tirafondos, etc. por su menor precio.
- Las armaduras para techo cuyas piezas son macizas (como las probetas ensayadas) que usan muescas y tornillos para transmitir esfuerzos en las juntas, resultan de un uso antieconómico, por lo que se sugiere sustituir estos materiales por el conector de PVC propuesto.
- Otra característica, aparte de su bajo costo, es su perdurabilidad en el tiempo, ya que a diferencia de otros tipos de fijaciones como las metálicas que sufren oxidación a través del tiempo y por lo mismo la madera comienza a corroerse, o las fijaciones de madera como tarugos, ensambles o similares que al no ser totalmente pegados a la estructura, éstos pueden caerse o moverse de su lugar al secarse; entonces, estos Conectores que son de PVC y mortero: no sufre de corrosión, y no cambian su diámetro inicial lo que hace que cuando la madera de la estructura se seca, ésta se contrae apretando aun más el conector en su posición original, confirmándose aun más su eficiencia como conector.
- Otra propiedad que puede destacarse de este Conector de PVC es su flexibilidad, ya que al aplicarle fuerza éste sufre una considerable deformación antes de la rotura.

- Hay que tener en cuenta que es un conector de PVC y pese a tener su relleno y que es ayudado por los clavos, las resistencias que se pueden alcanzar son útiles para construcciones medianas o menores, donde se utilice madera como las estructuras de techumbre.
- La magnitud de una estructura de techumbre permite la utilización de este tipo de conector de PVC ya que cumple con las resistencias que esta estructura requiere.
- Podría aumentarse la resistencia de la unión usándose como sujeción tornillos en vez de clavos, los cuales ayudarían a los conectores; pero a la vez aumentarían los costos de éstos.
- Como se obtuvo una ecuación lineal entre el número de conectores y la carga de diseño, se puede obtener, para casos particulares, los números de conectores para la resistencia que se solicite.
- Los resultados obtenidos son confiables ya que se utilizó un factor de seguridad de 3 que le da total seguridad al diseño.
- Un ingeniero calculista o un ingeniero constructor está en condiciones de hacer uso de este tipo de conector propuesto ya que en este estudio se entregan todos los elementos para su utilización.
- La único problema que presentan estos conectores es, que al requerirse un gran número de éstos la unión gana resistencia, pero a la vez las piezas que conforman dicha unión pierden resistencia por el gran número de orificios que se necesitan para colocarse los conectores.

## CAPITULO VII      BIBLIOGRAFIA

- Galante Juan José, Tecnología de las Maderas, Editorial Nigar, Segunda Edición, 1953.
  
- Hansen Howard J, Diseño Moderno de Estructuras de Madera, Compañía Editorial Continental S.A, Chile, 1972
  
- Pérez G. Vicente A, Manual De Calculo de C onstrucciones en Madera, Instituto Forestal, Primera Edición, Julio 1983.
  
- NCh 300 OF 97: ISO 1891: Elementos de fijación. Pernos, Tuercas, Tornillos, Accesorios. Terminología y designación general.
  
- NCh 301 OF 63: Pernos de acero con Cabeza y tuercas hexagonales.
  
- NCh 969 OF 86: Madera. Determinación de las propiedades mecánicas. Condiciones generales para los ensayos.
  
- NCh 1198 OF 91: Madera. Construcción en madera, cálculo.

➤ Paginas en Internet:

- [www.construir.com](http://www.construir.com)
- [www.ing.unip.edu.ar](http://www.ing.unip.edu.ar)
- [www.femoglas.com](http://www.femoglas.com)
- [www.neored.com](http://www.neored.com)
- [www.fecilisimo.com](http://www.fecilisimo.com)

➤ Buscador Google para Internet: Palabras Claves:

- Uniones
- Uniones de Madera
- Fijaciones
- Formas de fijaciones.
- Uniones Comerciales.
- Estructuras de Madera
- Propiedades de la Madera.
- Conectores.

## ANEXO I

### Costos

La idea es aprovechar los restos de materiales sobrantes en la construcción, pero si se tuviera que confeccionar su costo seria de:

- Cada conector de 15 cm su costo es de :

Conduit (16 mm)	\$ 24.5
Arenas	\$ 0.15
Cemento	<u>\$ 1.55</u>
	\$ 26.2

**Costo total aproximado \$ 26.-**

- Un perno de igual diámetro (16 mm) tiene un costo aproximado de **\$800**.

### Ejemplo de diferencia de costo:

Si se requiere alcanzar una carga de diseño de 1800 Kg.:

- Se necesitan 4 pernos cuyo costo es de (4 x 800) \$3200. -
- Se necesitan 9 conectores de PVC, cuyo costo es de (9 x 26) \$234.-

En resumen, la carga de diseño alcanzada en ambos casos es la misma, variando el número de pernos y conectores, pero la diferencia de costos es muy grande, siendo el valor de los conectores un 7,3% del precio de trabajar con pernos