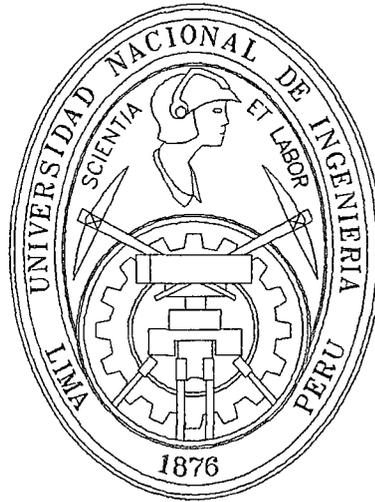


**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**



**INFLUENCIA DEL SISTEMA DE SUJECIÓN CON ALAMBRE  
PARA ARMADURA EN CONCRETO ARMADO**

**TESIS**

**Para Optar el Título Profesional de  
INGENIERO CIVIL**

**GERMAN LUIS VALDIVIA VASQUES**

**Digitalizado por:**

Consortio Digital del  
Conocimiento MebLatam,  
Hemisferio y Dalse

**Lima – Perú**

**2000**

**A la memoria de mi padre quien soñó con  
el futuro de sus hijos.**

**A mi madre por hacer realidad ese sueño  
con amor y sacrificio.**

## **Agradecimientos**

**A mis hermanas Olimpia, Silvia y Marlene**

**A mi esposa Mary y mis hijos Bruno, Claudia y Laura.**

**A mi asesor y amigo Dr. Carlos Alberto Zavala.**

# **INDICE**

<b>Justificación y alcances del estudio</b>	<b>1</b>
<b>Objetivos</b>	<b>2</b>

## **PARTE I**

### ***ESTADO DEL ARTE DE LA INFLUENCIA DEL SISTEMA DE SUJECION CON ALAMBRE (N° 16 ) ACTUAL***

Capítulo 1 Información general : Tipos, diámetros , rollos .	4
Capitulo 2 Especificaciones : Propiedades mecánicas.	20
Capitulo 3 Cargas de Preesfuerzos : Gráficas	23
Capítulo 4 Inspección : Normas Actuales.	27
Capítulo 5 Manejo del alambre en obra .	34
Capítulo 6 Influencia del alambre dentro del concreto armado : Ensayo de flexión usando técnica convencional.	39
Capítulo 7 Análisis de costo con el alambre N° 16	57

## **PARTE II**

### ***PROPUESTA Y ESTUDIO DEL SISTEMA DE SUJECIÓN CON ALAMBRE***

Capítulo 8 Información general : Características químicas, diámetro, tipo, etc.	62
Capítulo 9 Especificaciones : Propiedades mecánicas .	68
Capitulo 10 Cargas de Preesfuerzo : Gráficas .	73
Capítulo 11 Inspección : Normas propuestas .	82

Capítulo 12	Manejo del alambre en la obra .	89
Capítulo 13	Estudio experimental de la influencia del alambre de sujeción (amarre) dentro del concreto armado :	96
	<ul style="list-style-type: none"><li>• Ensayos de flexión usando técnica propuesta ( uso de alambres de menor diámetro).</li><li>• Análisis de resultados .</li></ul>	
Capítulo 14	Análisis de costo con alambre propuesto.	106
Capítulo 15	Recomendaciones y conclusiones .	111
	<b>BIBLIOGRAFIA</b>	114

# **INTRODUCCIÓN**

## **JUSTIFICACIÓN Y ALCANCES DEL ESTUDIO**

Casi todas las actividades en la construcción han ido mejorando paulatinamente, así por ejemplo la preparación y la puesta en obra del concreto ha evolucionado, desde su preparación rudimentaria en el suelo con el mezclado con lampa, a lo que es actualmente con la preparación, transporte y colocación del concreto; es decir el concreto premezclado aunque de mayor precio, garantiza calidad, rapidez y control; así mismo los encofrados han ido evolucionando y superándose; vemos actualmente no solo encofrados de madera, sino variedad en tamaños y formas de encofrados metálicos que se adaptan a las circunstancias de la obra; pero es en la colocación y en la sujeción (amarre) del acero estructural donde se nota que no se han producido mejoras, manteniéndose esta actividad sin haber cambiado desde hace muchos años, esto ha hecho que estas actividades, se haga en demasiado tiempo y utilice demasiado recurso humano.

Este problema, es el que motiva a presentar una alternativa para darle solución y colocar esta actividad, en el mismo nivel con que se maneja en los países desarrollados.

## **OBJETIVOS**

El objetivo de este trabajo es estudiar la influencia del Sistema de Sujeción (amarre) con alambre en el refuerzo de miembros en flexión de concreto armado, mediante una propuesta de cambios de diámetros de los alambres de sujeción, actualmente llamado N° 16 ( de 1.4 mm. a 1.85 mm en el mercado ) hacia diámetros menores en el orden de 0.7 a 1 mm. de tal manera que se consiga mayor rapidez en el armado estructural y por ende ahorro en horas – hombre en la construcción.

Así mismo, realizar ensayos experimentales que sustenten el cambio propuesto y finalmente proponer algunos alcances para la futura normas que regirían la calidad de los alambres de sujeción para armaduras de concreto armado.

## **PARTE I**

### ***ESTADO DEL ARTE DE LA INFLUENCIA DEL SISTEMA DE SUJECIÓN CON ALAMBRE (Nº16) ACTUAL.***

# CAPITULO 1

## INFORMACIÓN GENERAL

### EL ACERO

El acero sigue siendo hoy, la más importante de las aleaciones metálicas conocidas, no habiendo existido en ninguna época otro material que tanto haya contribuido al progreso de la humanidad.

En la actualidad, de una forma general se agrupan bajo la denominación de "acero" todas las aleaciones de hierro forjables, entre las que se encuentran los aceros especiales (cuando son aleados con cobre, fósforo, manganeso, silicio, níquel, cromo, molibdeno, titanio, etc., con el fin de mejorar alguna de sus características fundamentales), aceros al carbono, etc., e incluso los hierros ordinarios de bajo contenido en carbono.

La extraordinaria difusión del acero, se debe no solo a sus notables propiedades, sino también a la existencia de numerosos yacimientos de minerales de hierro, suficientemente ricos y puros, y al desarrollo de procedimientos de fabricación relativamente simples que han permitido la fabricación de grandes cantidades de este metal .

Es raro el objeto que no se fabrica con acero o que no se elabora con su ayuda. Sin acero no habría ferrocarriles, ni automóviles, ni aviones, ni máquinas, ni otras instalaciones u objetos cuyo uso o posesión tanto agrada y que deben en gran parte su existencia a este material tan extraordinario.

Ningún otro metal, ni aleación posee sus notables propiedades, que lo hacen insustituible para muchas aplicaciones.

Una de las propiedades mas importantes de los aceros es su gran plasticidad y maleabilidad a elevada temperatura, que permite transformar su forma o dimensiones por laminado o martillado en caliente con gran facilidad. Además los aceros son dúctiles y por trabajo en frío se pueden laminar o estirar en forma de chapas, alambres o hilos de muy pequeño espesor o diámetro.

Algunos aceros son fácilmente soldables, pudiéndose unir a elevada temperatura dos trozos por simple presión y contacto.

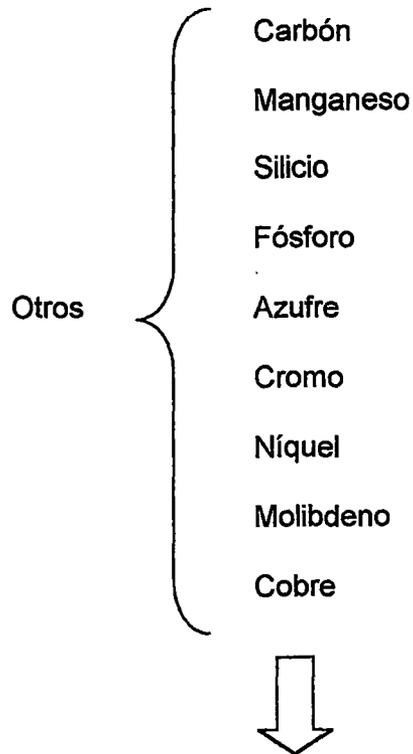
Otra de las propiedades más valiosas de los aceros es la facultad de adquirir con el temple una dureza extraordinaria, pasando de un estado blando de fácil maquinabilidad y gran maleabilidad, a otro de gran dureza y resistencia.

En la actualidad, hay muchos tipos de acero de las más diversas composiciones y propiedades, y cualquier acería moderna fabrica muchas clases de aceros, dependiendo principalmente sus características y propiedades de la composición y de los tratamientos térmicos que se les da.

Algunos aceros son extraordinariamente duros y otros, en cambio, son muy dúctiles y maleables. Algunos son de gran elasticidad y otros son muy plásticos y fáciles de deformar.

El acero en general mantiene la siguiente composición química :

Acero = Hierro + otros



La adición de algunos de ellos o su variación en porcentaje produce cambios en sus propiedades como la :



Y según las propiedades que se quieran resaltar se podrán obtener 3 tipos de acero

- a) Aceros al carbono.- Los cuales deben contener los siguientes máximos valores de los otros elementos diferentes al hierro :1.7% de carbono , 1.67% de Manganeso, 0.6% de Silicio , 0.6 % de cobre .

Se subdividen en 4 categorías :

- 1) Muy bajo contenido de carbono (< 0.15%)
- 2) Bajo contenido de carbono (0.15 – 0.24 %)
- 3) Medio contenido de carbono (0.3 – 0.54 %)
- 4) Alto contenido de Carbono (0.6 – 1.7 %)

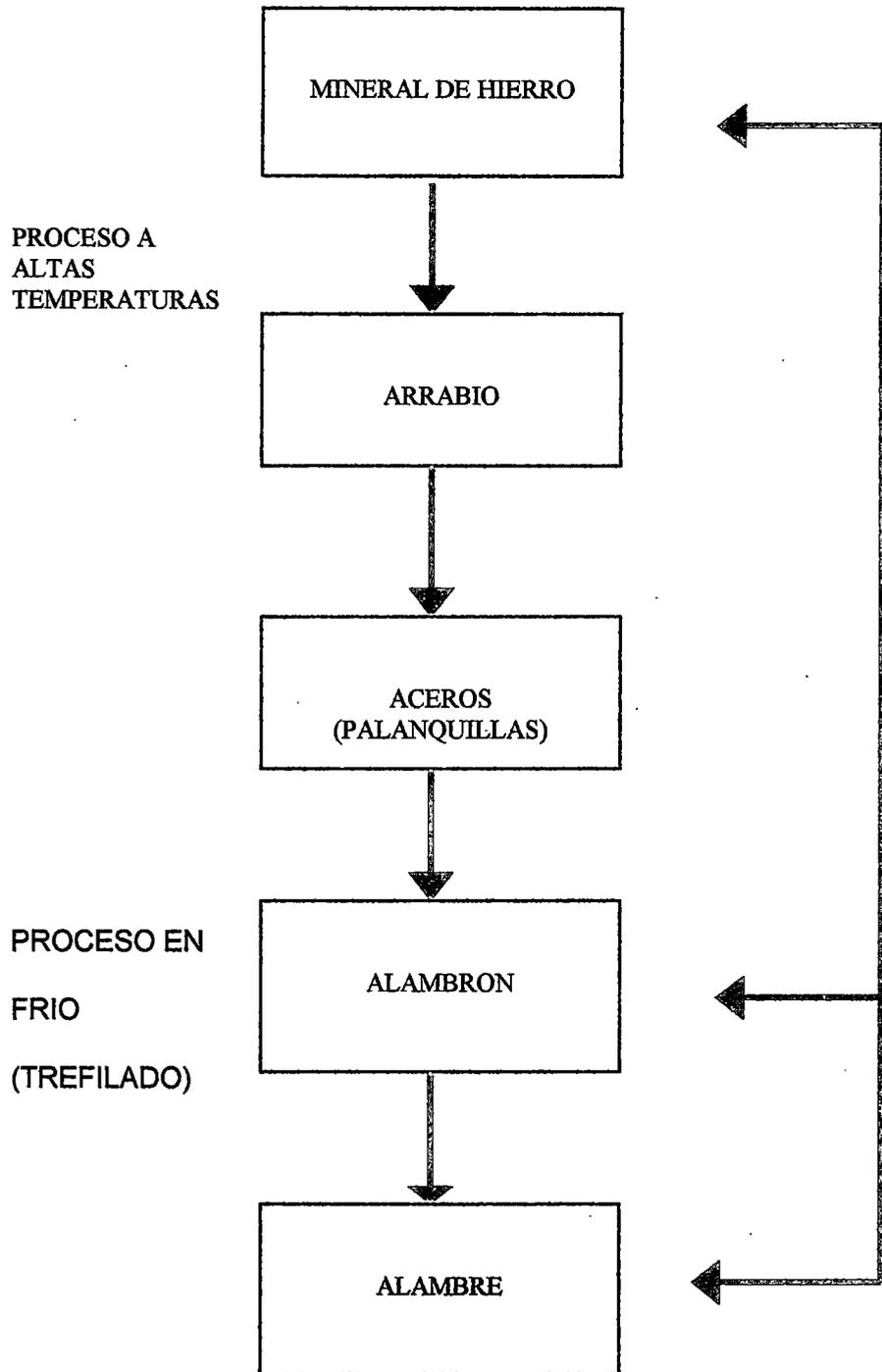
- b) Aceros de baja aleación y alta resistencia.- Que poseen una estructura microscópica muy fina obtenida al tener aleaciones con el cromo, molibdeno, manganeso, cobre, níquel, fósforo, cromo. Su punto de fluencia se encuentra entre 40-70 ksi ( 2812.28 - 4921.49 kg/cm<sup>2</sup> ).

- c) Aceros que tienen su punto de fluencia entre 80-90 ksi (5624.56 - 6327.63 kg/cm<sup>2</sup>) y tienen contenidos de carbono como máximo hasta 0.20 %

Hemos ido subrayando algunas palabras hasta aquí, para presentar al material del cual se va a hablar en esta tesis, **el alambre de sujeción** el cual es un acero de bajo contenido de carbono (< 0.15 %), que se obtiene por trabajo en frío por estiramiento del alambón hasta conseguir diámetros pequeños, para lo cual se requiere que las características del alambón, las propiedades de su composición química y el tratamiento térmico que se le da, sean las más apropiadas de tal manera que se consiga un producto muy plástico y fácil de deformar.

En términos generales la obtención del alambre de sujeción (amarre) sigue el siguiente esquema :

### ESQUEMA DE COMO SE OBTIENE EL ALAMBRE DE SUJECION



## **ARRABIO**

Producto metálico moldeado (lingote) que se obtiene por el proceso de reducción del mineral de hierro, el cual además de hierro, contiene normalmente elementos tales como : Carbono ( C ), Silicio ( Si ) , Manganeso ( Mn ), Fósforo ( P ), Azufre (S) y pequeñas cantidades de otros componentes considerados como residuales .

Se utiliza como materia prima para la elaboración de aceros y fundiciones de hierro.

El peso de cada lingote de hierro es típicamente de 30 kg.

### **TIPOS DE ARRABIO**

En el Perú (SIDERPERU) se produce arrabio tipo acería (A) y tipo fundición (F) con la Composición química siguiente :

TIPOS	COMPOSICION QUIMICA (%)					USOS
	C	Mn (aprox)	Si	P (max)	S (max)	
A	3,0-5,0	0,03	1,20 (max.)	0,05	0,06	Aceros
F			1,21 (min.)			Fundiciones

**CUADRO N°1**

Composición química del arrabio



Arrabio en forma de lingote

## **PALANQUILLAS (PA)**

Son productos semielaborados cuya sección transversal cuadrada es menor o igual a 22,5 mm<sup>2</sup> (150 mm por lado)

DESIGNACION	NORMA APROXIMADA	COMPOSICION QUIMICA (%) MÁX.				
		C	Mn	Si	P	S
37 C	SAE 1043	0,30-0,50	1,3	0,3	0,05	0,06

**CUADRO N°2** Composición química de las palanquillas

**USOS :** Para la fabricación de Alambón.



Palanquillas que muestran su sección transversal cuadrada

## ALAMBRO (AL) PARA TREFILERIA (SIDERPERU)

Son productos de acero de sección circular y superficie lisa, obtenidos por laminación en caliente a partir de palanquillas; se suministran en forma de rollos.

DESIGNACION	NORMA APROXIMADA	COMPOSICION QUIMICA (%) MÁX.				
		C	Mn	Si	P	S
AL-10B	-	0,09	0,30-0,50	0,06	0,04	0,05

CUADRO N° 3 Composición Química del alambro

### DIMENSIONES NOMINALES

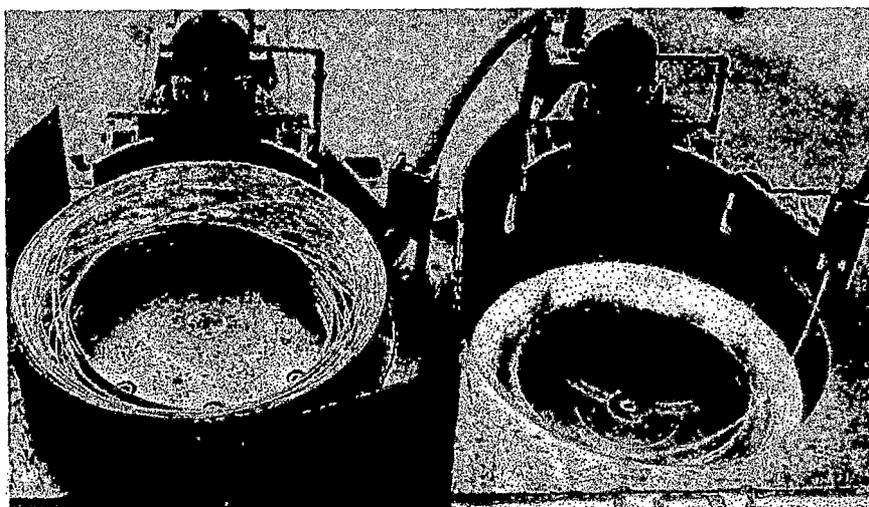
DIÁMETRO		DIÁMETRO INTERNO DE LOS ROLLOS MIN. (mm)	MASA DE LOS ROLLOS Aprox.(kg)
mm	pulg		
6	0.236	710	200

CUADRO N° 4 Valores de las dimensiones nominales del alambro.

### TOLERANCIAS DIMENSIONALES Y DE FORMA (mm)

TIPO	DIAMETRO	OVALIZACIÓN (max.)
10B	0,50 +/-	0,6

CUADRO N° 5 Tolerancias dimensionales y de forma para la fabricación del alambro



Enrollado del alambro después de pasar por los trenes laminadores donde se obtienen los diámetros requeridos.

## **ALAMBRON PARA TREFILERIA (ACEROS AREQUIPA)**

### **Denominación:**

ALAM SAE 1008

### **Descripción :**

Es un producto laminado en caliente de sección circular y de superficie lisa

### **Usos:**

Para la fabricación de alambre por trefilado.

### **Norma Técnica :**

Composición química : SAE 1008

Tolerancia Dimensional : JIS G3191

### **Presentación :**

En rollos de 440 kg. y de 2000 kg.

### **Dimensión y peso:**

Diámetro(mm)	Sección (mm <sup>2</sup> )	peso (kg/m)
5,5	23,8	0,186

**CUADRO N°6** Dimensión y peso para el alambón.

### **Tolerancias Dimensionales:**

Tolerancia en el diámetro : +/- 0.40 mm

Tolerancia en la Ovalización : +/- 0.50 mm.

## **Ductilidad :**

Muy buena.

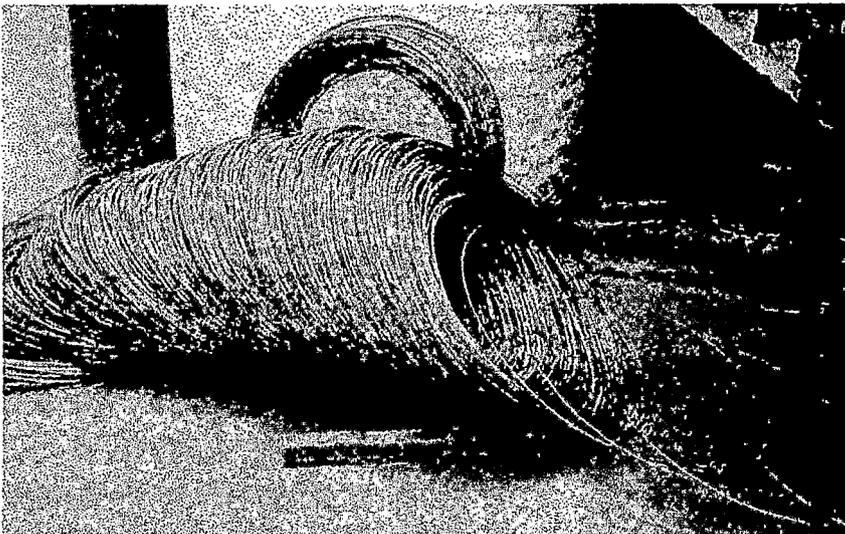
## **Propiedades Mecánicas Típicas:**

Limite de Fluencia (  $f_y$  ) = 2300-3300 kg/cm<sup>2</sup>.

Resistencia a la tracción = 3800 - 4800 kg/cm<sup>2</sup>

Alargamiento en 200 mm = 16-26 %

En el Perú las empresas dedicadas a la producción del Alambre N° 16 (Trefiladoras), utilizan en su gran mayoría el alambón Importado de Venezuela y Trinidad Tobago con diámetros entre 5,5 a 5,6 mm ; de Rusia , Sud Africa y Brasil con diámetros de 6,00 a 6,50 mm . Se usan estos alambones importados porque presentan mejores características para ser trabajados (trefilados); es decir, no se rompen fácilmente durante el proceso de estiramiento . Se nota durante un proceso de inspección ocular a los alambones importados, una buena uniformidad en su acabado, no encontrándose manchas o vetas. Los alambones importados vienen en carretes de 1.9 a 2 Toneladas.



Alambón importado de Venezuela para una trefilería nacional

## **BREVE DESCRIPCION DEL PROCESO DE TRANSFORMACIÓN DEL ALAMBRO**

### **AL ALAMBRE Nº 16 (TREFILACION)**

El proceso de reducción de sección del alambro ( de 5,5 - 6,0 mm de diámetro) hacia el alambre Nº 16 (de 1,7 -1.85 mm de diámetro), comienza con la colocación de los rollos del alambro sobre unos sujetadores cilíndricos que giran muy lentamente, pasando el alambro a través de unos dados que están embebidos con jabón en polvo, por los cuales también pasa un sistema de refrigeración (agua circulante), y en el otro extremo un tambor cilíndrico con el cual se va ejerciendo la tracción necesaria para producir el adelgazamiento del alambro. Cuando se requiere secciones menores, el proceso de adelgazamiento es más lento, evitando de esta manera que el alambro se este rompiendo constantemente. Para pasar del Alambro hacia el Alambre Nº 16 normalmente en vez de una sola máquina Trefiladora se colocan en serie varias máquinas trefiladoras , que en forma consecutiva van consiguiendo secciones menores hasta alcanzar los diámetros requeridos de 1,70-1,85 mm.



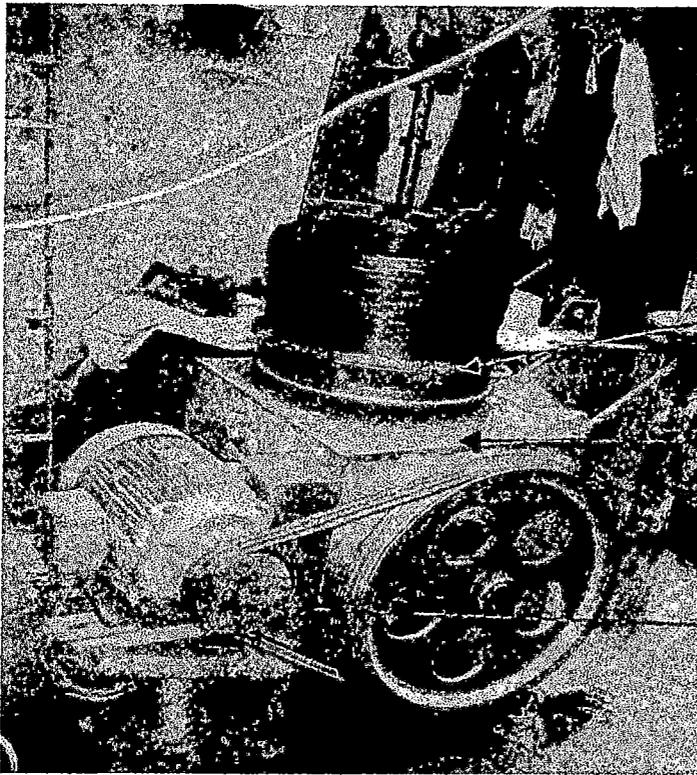
Planta de trefilado con máquinas en serie para ir reduciendo diámetros desde el alambro hasta el alambre Nº 16.

Así pues en un Sistema en serie de máquinas trefiladoras se puede estar alcanzando las siguientes reducciones al alambón :

1º	paso	reducción de	5.6	mm	-	a	4.7	mm
2º	"	"	4.7	"	-	"	4.0	"
3º	"	"	4.0	"	-	"	3.6	"
4º	"	"	3.6	"	-	"	3.35	"
5º	"	"	3.35	"	-	"	2.90	"
6º	"	"	2.90	"	-	"	2.50	"
7º	"	"	2.50	"	-	"	1.90	"
8º	"	"	1.90	"	-	"	1.65 " - 1.85 mm	(alambre Nº 16)
9º	"	"	1.70	"	-	"	1.50	"
10º	"	"	1.50	"	-	"	1.00	"
11º	"	"	1.00	"	-	"	0.75 " - 0.80 mm	(propuesto)

### COMPONENTES PRINCIPALES DE UNA MAQUINA TRIFILADORA

- Un monoblok ( de planchas de acero)
- Un tambor
- Jaboneras refrigeradas
- Guías
- Poleas
- Motor
- Carrete para rollos de alambres.

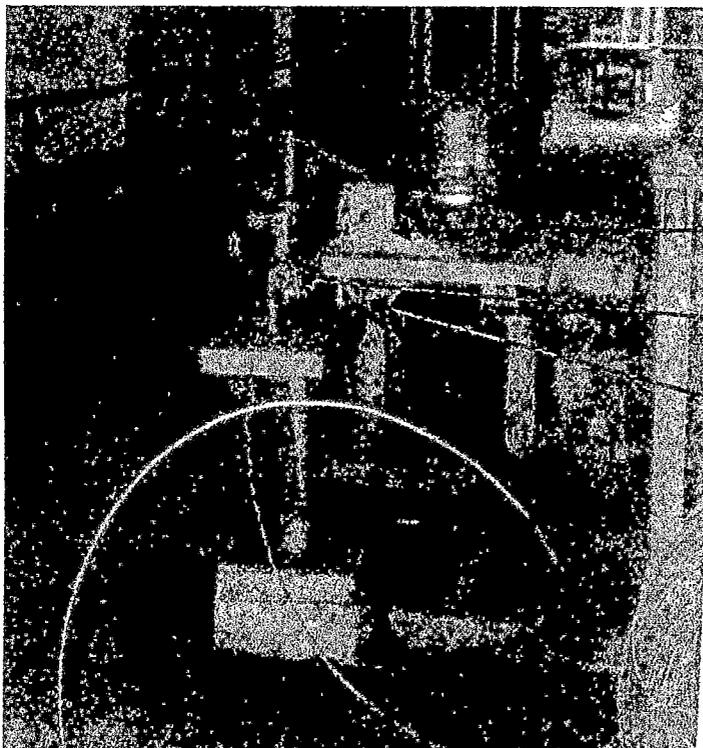


TAMBOR

MONOBLOK

MOTOR

Máquina trefiladora última, cuando se trabaja en serie.



JABONERA

SIS. DE REFRIGERACION

GUIAS

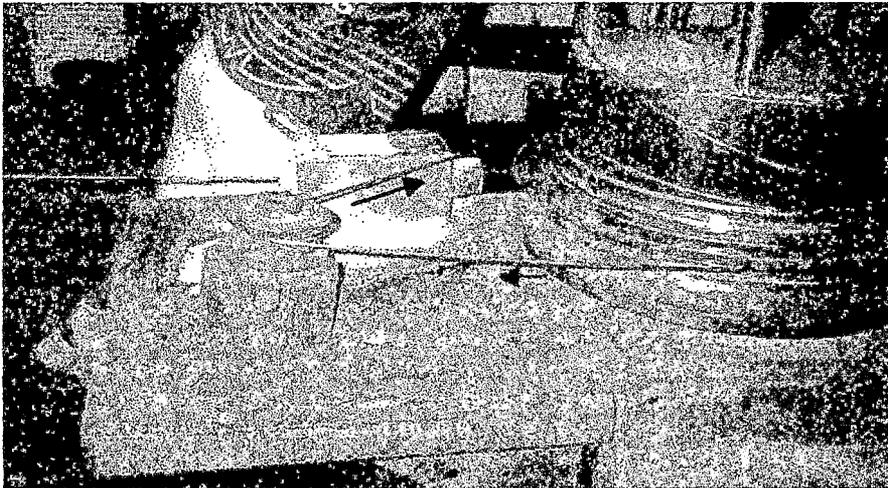
Ingreso del alambón a través de una guía a una sola máquina trefiladora.

## **ALAMBRE N° 16**

El Alambre en general, es un filamento o barra fina de un metal flexible que tiene una sección uniforme. Los metales que suelen utilizarse para hacer alambres son cobre, aluminio, acero, latón, hierro, oro, plata y platino.

En particular el alambre N° 16 es fabricado con acero de bajo contenido de carbono.

Como se dijo anteriormente, los métodos más modernos de fabricación de alambre consisten en estirar una barra de metal, haciéndola pasar a través de agujeros con forma cónica cada vez más finos, practicados en troqueles de carburo de Wolframio, hasta obtener el diámetro requerido (trefilado).



Detalles de cómo se va estirando el alambroón en una sola máquina de trefilado.

Después de practicar varios estiramientos al metal, el alambre se endurece y se vuelve frágil, por lo que se somete a un recocido (tratamiento controlado de calentamiento y enfriamiento) para recuperar su flexibilidad. En el Perú se acostumbra darle al alambre N° 16 un recocido con una temperatura de 600 °C durante 3 horas, y su enfriamiento a temperatura de ambiente.

El alambre N°16 es el material utilizado en la actualidad como el elemento que sirve para sujetar la armadura en estructuras de concreto armado en el Perú.

En el mercado se puede encontrar una variabilidad de calidad y dimensiones del llamado alambre N° 16 ; así pues se pueden encontrar diámetros que van desde 1.4 mm hasta 1.85 mm , (Según la empresa Arauco S.R. Ltda. El diámetro que corresponde al Alambre N° 16 debe ser 1.65 mm) y en cuanto a la calidad se puede encontrar alambres sumamente duros y difíciles de manipular, que para trabajarlos es necesario someterlos a un proceso de quemado, y otros sumamente dúctiles y fáciles de trabajar.

Así, por ejemplo, para el alambre N° 16 proporcionado por la empresa CIISA (Prolongación Italia 1069 La Victoria), se encontraron las siguientes características:

<u>DIAMETRO PROMEDIO</u>	<u>PESO /m</u>
1.85 mm	20.15 g/m

Los cuales se expiden en rollos de 0.70-0.80 m de diámetro interior y con un peso aproximado de 100 kg –140 kg por rollo.

Para el alambre proporcionado por la ARAUCO S.R.Ltda. se encontraron las siguiente características:

DIAMETRO PROMEDIO

PESO/ML

1.79 mm

19.15 gr/m

Los cuales se expiden en rollos de 0.65-0.70 m de diámetro interior y un peso aproximado de 100 - 140 kg por rollo.

## **CAPITULO 2**

### **ESPECIFICACIONES . PROPIEDADES MECANICAS**

En la actualidad, como es imposible incluir en las especificaciones la experiencia en fabricación, básica para una calidad óptima, éstas indican que el producto será adecuado para la aplicación determinada y dentro de las normas comerciales. Las especificaciones de alambre para sujeción de la armadura en concreto armado cubren la prueba de tracción , esto aún cuando la Norma ITINTEC 341.134 vigente para alambre de bajo contenido de carbono trefilado no especifica una norma para el ensayo en tracción . Por ahora haremos mención a la Prueba de Tracción que es conocida desde hace muchos años.

#### **PRUEBA DE TRACCIÓN**

Las pruebas de tracción sobre alambres están previstas en las normas UNE 7194 si se trata de hilos de acero y UNE 7212 si son de cobre o sus aleaciones.

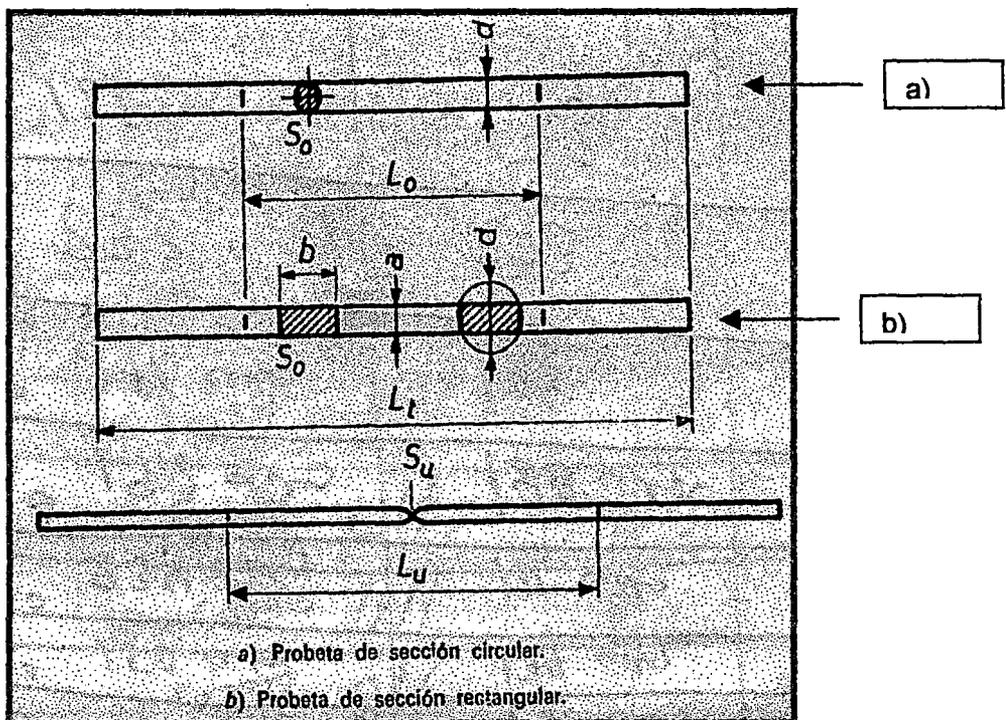
### Probetas.-

Están formadas por una porción rectilínea de alambre, de una longitud tal que la distancia libre entre mordazas de la máquina sea por lo menos de 150 mm. Si es posible, la probeta no debe enderezarse antes de la prueba, pero si es necesario se hará a mano, con mazo de madera o en máquinas especiales. Corrientemente se utilizan probetas proporcionales, de longitud inicial entre referencias.

$$L_0 = 11.3 \times (S_0)^{1/2}$$

Pero pueden utilizarse también con  $L_0 = 100$  mm, y para aceros con alargamientos inferior a 5 % , con  $L_0 = 200$  mm.

Para probetas de sección no circular se considera que su diámetro es el del círculo de igual área. La sección  $S_0$  debe medirse con una precisión de 1 % .



Esquema de las probetas de ensayo de sección circular y rectangular.

Para el cálculo del área de una sección circular, se toma como diámetro la media aritmética de dos diámetros normales entre sí. El área de secciones no circulares se deduce del peso de una porción de alambre de longitud conocida y del peso específico del material de que se trate. (Es preciso indicar que para los ensayos realizados en el Laboratorio de la facultad de Ingeniería Mecánica se tomó como valor  $L_0 = 50$  mm. debido a la dificultad que se tiene con longitudes menores al colocar dentro de las mordazas los alambres a ensayar ).

#### **Velocidad de aplicación de la carga .-**

- En ningún caso se aplicará la carga con velocidad superior a  $10 \text{ kg/mm}^2 / \text{seg}$ .
- Para las pruebas de resistencia a tracción, alargamiento y estricción, la velocidad de aplicación al aproximarse a la carga máxima será menor de  $3 \text{ kg/mm}^2 / \text{seg}$ .
- Para determinar las cargas en el límite elástico aparente o convencional, la velocidad de aplicación de la carga no será mayor de  $1 \text{ kg/mm}^2 / \text{seg}$ .

El alargamiento después de la rotura se mide aproximando los dos trozos de probeta de forma que queden coaxiales; si esto no fuera posible, se deduce del diagrama o de las indicaciones de la máquina.

Salvo indicaciones en contra, el ensayo se hace a temperatura ambiente.

Con respecto a las propiedades mecánicas la única referencia que se hace en la Norma actual es con respecto a la resistencia mínima a la tracción para alambre trefilado, esta debe ser por lo menos  $42 \text{ DN/mm}^2$  ( $42.8 \text{ kg/mm}^2$ ).

## **CAPITULO 3**

### **CARGA DE PREESFUERZOS : GRAFICAS**

Las relaciones carga-deformación se han obtenido con un equipo de prueba del laboratorio de la facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica no siendo tal vez el más apropiado, por cuanto para este tipo de pruebas es necesario que las gráficas se trazan automáticamente usando registros de gran amplificación. Sin embargo los valores obtenidos serán de gran valor para poder compararlos con los valores de otros alambres de procedencia distinta a la nuestra. Cabe indicar también que los valores obtenidos están muy por debajo de la resistencia mínima a la tracción que indica la norma de ITINTEC 341.134 el cual fija una resistencia de  $42.8 \text{ kg/mm}^2$ .

## VALORES OBTENIDOS CON EL ENSAYO DE TRACCIÓN PARA EL ALAMBRE N° 16

(Diámetro medido = 1.8 mm)

### 1° ENSAYO

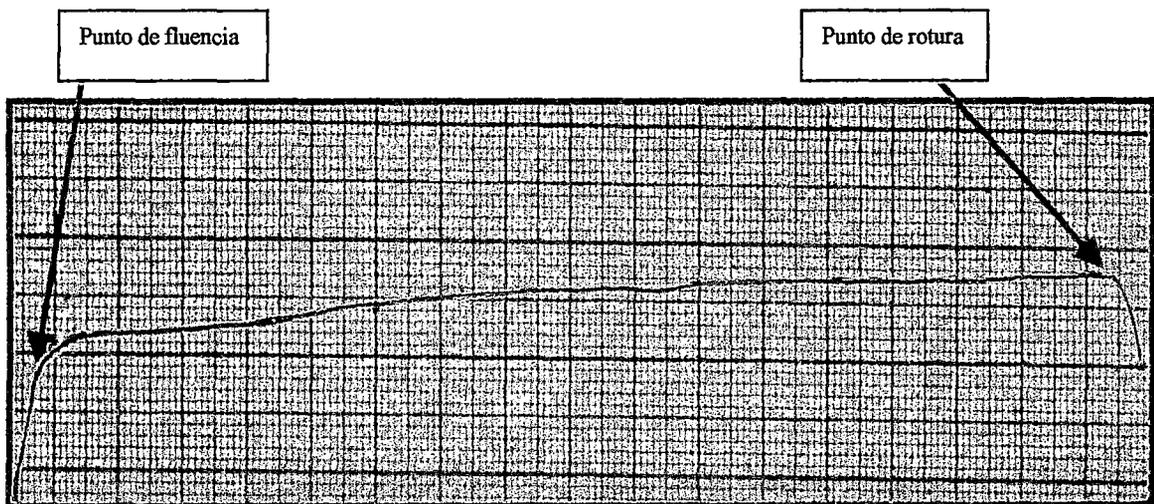
CARGA DE ROTURA : 93 kg.	ESFUERZO DE ROTURA : 36.6 kg/mm <sup>2</sup>
CARGA DE FLUENCIA : 65 kg	ESFUERZO DE FLUENCIA: 25.6 kg/mm <sup>2</sup>
LONGITUD INICIAL : 50 mm.	
LONGITUD FINAL : 63 mm.	ELONGACIÓN FINAL : 26 %

### 2° ENSAYO

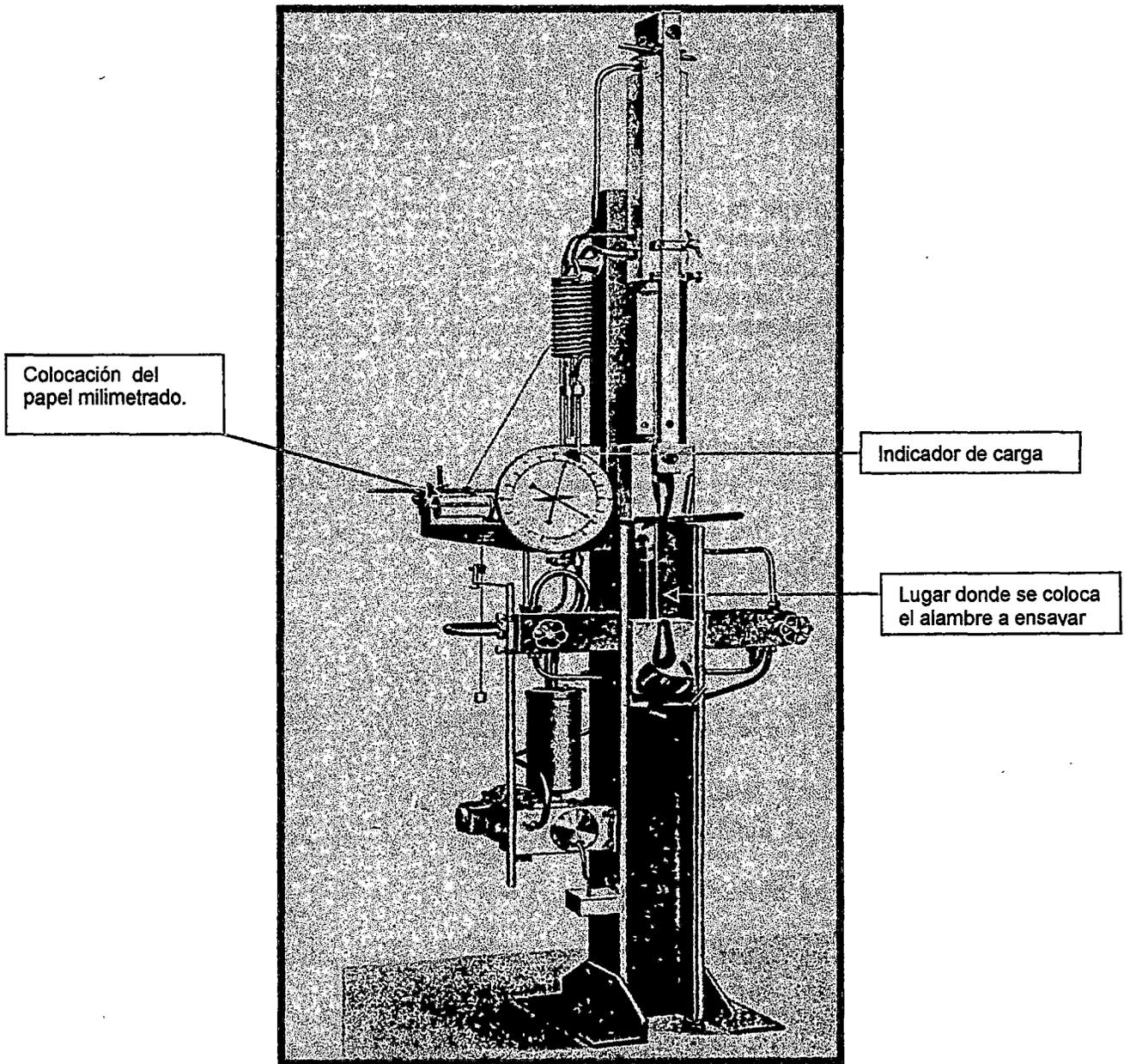
CARGA DE ROTURA : 93 kg.	ESFUERZO DE ROTURA : 36.6 kg/mm <sup>2</sup>
CARGA DE FLUENCIA : 70 kg.	ESFUERZO DE FLUENCIA: 27.5 kg/mm <sup>2</sup>
LONGITUD INICIAL : 50 mm.	
LONGITUD FINAL : 65 mm.	ELONGACIÓN FINAL : 30 %

### 3 ° ENSAYO

CARGA DE ROTURA : 94 kg.	ESFUERZO DE ROTURA : 37.0 kg/mm <sup>2</sup>
CARGA DE FLUENCIA : 65 kg.	ESFUERZO DE FLUENCIA: 25.6 kg/mm <sup>2</sup>
LONGITUD INICIAL : 50 mm.	
LONGITUD FINAL : 63 mm.	ELONGACIÓN FINAL : 26 %



Gráfica típica Esfuerzo-deformación con alambre N° 16



EQUIPO TIPICO PARA ENSAYOS EN TRACCION DE ALAMBRES

## **CAPITULO 4**

### **INSPECCIÓN :NORMAS ACTUALES (PARA EL ALAMBRE N°16)**

Para ingresar a este capítulo quisiera hacerlo con las palabras del Dr. Kaoru Ishikawa padre de la Calidad Total Japonesa: " Si las normas y reglamentos no se revisan en un término de seis meses, esto es prueba de que nadie los está utilizando seriamente". Allá por los años de 1956, cuando se dio una revisión de las Normas Industriales japonesas se llegó a la conclusión de que éstas eran inadecuadas e imprecisas; además, solían fijar niveles de calidad demasiados bajos para satisfacer los requisitos de los consumidores. Si tenemos en cuenta los años transcurridos desde que todo esto pasó en Japón y vemos nuestra realidad, podemos darnos cuenta cuantos años de atraso tenemos. Específicamente para el Alambre N° 16 tenemos un gran problema por cuanto la mayoría de fabricantes lo elaboran sin ningún control y sin tener alguna norma específica, salvo algunas que sirven como referencia como la Norma ITINTEC 341.134 (INDECOP) , que a continuación se presenta :

## **ALAMBRE DE ACERO DE BAJO CARBONO TREFILADO PARA USOS GENERALES**

( ITINTEC 341.134 DIC, 1975 )

### **4.1.- NORMAS A CONSULTAR**

4.1.1 ITINTEC 341.130 Alambres de Acero. Método de ensayo enrollado.

### **4.2.- OBJETO**

4.2.1 La presente Norma establece los requisitos que deben cumplir los alambres de acero de bajo carbono trefilado de usos generales.

4.2.2 La presente norma es aplicable a alambres destinados a usos generales para los cuales solo se requiere especificar las características dimensionales y de acabado compatibles con una buena práctica de fabricación y un límite mínimo de resistencia a la tracción de acuerdo con lo indicado en la presente Norma.

4.2.3 Este alambre también se conoce con el nombre de crudo, recocado, negro, etc.

### **4.3.- ELABORACIÓN**

4.3.1 El alambre se obtendrá a partir de acero de carbono, de bajo contenido de carbono, fabricado por cualquier proceso que permita obtener las propiedades indicadas en esta Norma y será de calidad uniforme .

### **4.4.- REQUISITOS**

4.4.1 BASE DE COMPRA.- Las ordenes de material bajo esta Norma, deberán incluir los siguientes datos para describirlo adecuadamente :

- a) Número de esta Norma y año de su aprobación .
- b) Designación del material.
- c) Cantidad pedida (kilogramos ).
- d) Masa nominal del rollo y tipo de acondicionamiento.
- e) Diámetro nominal del alambre en milímetros (dos cifras decimales ).

- f) Uso final (a título informativo).
- g) Diámetro interior del rollo (a título informativo).

4.4.2 Acabado.- El alambre se obtendrá con las propiedades indicadas en esta Norma y será de calidad uniforme .

4.4.3 Condiciones de entrega .- El alambre se suministrará en rollos de un solo tramo, en el cual se admitirá una sola unión por soldadura.

4.4.4 Propiedades Mecánicas.- La resistencia mínima a la tracción para el alambre trefilado será de 42 DN/mm<sup>2</sup> ( 42.83 kgf/mm<sup>2</sup>).

4.4.5 Dimensiones .- Los diámetros nominales del alambre serán preferentemente los indicados en la tabla siguiente :

Diámetros preferentes de alambre trefilado (mm)
0.71
0.80
0.90
1.00
1.12
1.25
1.40
1.60
1.80
2.00
2.24
2.50
2.80
3.15
3.55
4.00
4.50
5.00
5.60
6.30
7.10
8.00
9.00
10.00

4.4.6 Las tolerancias en el diámetro y la ovalización para el alambre trefilado serán las indicadas en la tabla siguiente (se indican solo los valores de interés para esta tesis) :

Diámetro nominal (d) en mm.	Discrepancias en el diámetro Nominal en mm.	Ovalización máx Permisible en mm.
0.71<d<0.90	± 0.03	0.03
0.90<d<1.40	± 0.04	0.04
1.40<d<2.24	± 0.06	0.06

Nota : Ovalización. Diferencia entre el diámetro máximo y mínimo de una sección supuestamente circular .

4.4.6.- Enrollado .- El alambre trefilado será tal que al someterlo al ensayo de enrollado según 4.6.3 no presenta roturas .

#### 4.5.- MUESTREO Y RECEPCIÓN

4.5.1.- Inspección .-

4.5.1.1 Si el comprador estuviera interesado en asistir a la inspección y ensayo de los productos ordenados, el productor deberá concederle todas las facilidades necesarias para verificar que su orden está siendo atendida de acuerdo al pedido sin que esto cause interrupción del procesamiento o atraso en la producción y/o despacho.

4.5.12 La inspección y los ensayos deberán ser realizados antes del despacho, salvo que se establezca otra cosa entre el productor y comprador; las muestras serán retiradas dentro de la rutina de la planta.

4.5.2 Lote.- El lote estará formado por rollos de iguales características .

4.5.3 Inspección visual.- Sobre el lote de alambre se realizará una inspección visual para verificar si se cumple con lo indicado en esta Norma, rechazándose individualmente los rollos que no satisfagan dichas condiciones .

4.5.4 Muestra.-

4.5.4.1 De los rollos que hayan cumplido la inspección visual se extraerá una muestra en la forma que se indica en la tabla siguiente .

CANTIDAD DE MUESTRAS POR LOTE :

Número de rollos		Número de Muestras	Rechazo
Hasta	25	2	1
26	a 150	8	2
151	a 280	18	3
281	a 500	20	4
501	a 1200	32	6
1201	a 3200	50	8
3201	a 10000	80	11

4.5.4.2 De cada rollo integrante de la muestra se extraerá un trozo de alambre suficiente para realizar los ensayos indicados en esta Norma.

4.5.5 Dimensiones .- Sobre los rollos de alambre de la muestra se verificará el diámetro del alambre y la masa del rollo .

4.5.6 Ensayos .- Sobre el trozo de alambre extraído de cada rollo de la muestra se realizará el ensayo de tracción y el ensayo de enrollado.

4.5.7 Aceptación o Rechazo.- La aceptación o rechazo del lote se efectuará en base al número de rollos defectuosos según lo establecido en la tabla anterior.

#### **4.6.- METODOS DE ENSAYO**

4.6.1 Ensayo de Tracción.- El ensayo de tracción debe ser realizado de acuerdo con la Norma ITINTEC correspondiente (ver 4.8.1)

4.6.2 Verificación dimensional .- Las dimensiones se verificarán con instrumentos de medición que permitan apreciar las tolerancias admitidas en esta Norma , con una precisión de 0.01 mm.

4.6.3 Ensayo de Enrollado .- El ensayo de enrollado del alambre se realizará según la Norma de ITINTEC 341.130 con un mandril de diámetro igual a tres veces el diámetro del alambre y con una velocidad no mayor de 15 vueltas/min, formando espiras cerradas hasta completar 8 vueltas.

#### **4.7.- ENVASE Y ROTULADO**

4.7.1 Marcado y rotulado .- Cada rollo llevará marcado con caracteres claros e indelebles en una etiqueta resistente a la intemperie y al manipuleo y sujeta al mismo , las siguientes indicaciones :

- a).- Número y año de aprobación de esta Norma .
- b).- Símbolo ó nombre del fabricante .
- c).- Diámetro nominal del alambre.
- d).- Masa nominal del rollo.
- e).- Cualquier otro dato requerido por los dispositivos legales vigentes .

**4.7.2 Embalaje.-** La masa nominal de los rollos, dimensión y tipo de embalaje, deberán ser motivo de convenio entre fabricante y comprador.

#### **4.8.- APÉNDICE**

**4.8.1** Hasta tanto no exista una norma ITINTEC para este ensayo se aplicará la Norma ISO R 89 ( Actualmente la norma vigente es la ISO 6892 referente a : "Materiales Metálicos.- Ensayos de Tensión en temperatura ambiente "

"No hay norma perfecta, sean nacionales, internacionales o de una empresa. Generalmente contienen algunos defectos inherentes. Los requisitos de los clientes también cambian continuamente, y año tras año se exige una calidad mayor. Las normas que eran suficiente en el momento de fijarse, se tornan anticuadas muy pronto", dice el Dr. Kaoru Ishikawa.

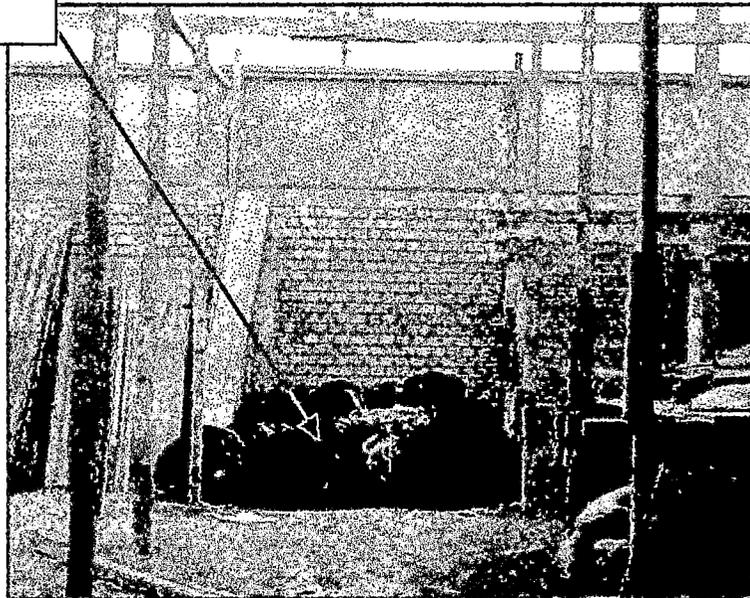
## CAPITULO 5

### MANEJO DEL ALAMBRE EN LA OBRA

#### COMO LLEGA A LA OBRA

Para obras de mediana a gran magnitud el alambre N° 16 llega a la obra en rollos de aproximadamente 100-140 kg con diámetros aproximados de 70-80 cm (depende del tambor de la máquina trefiladora).

ALAMBRE TAL  
COMO LLEGA A  
OBRA



Alambre en rollo de 100-140 kg para la construcción de la Biblioteca Central de la Universidad de San Marcos.

## HABILITACION

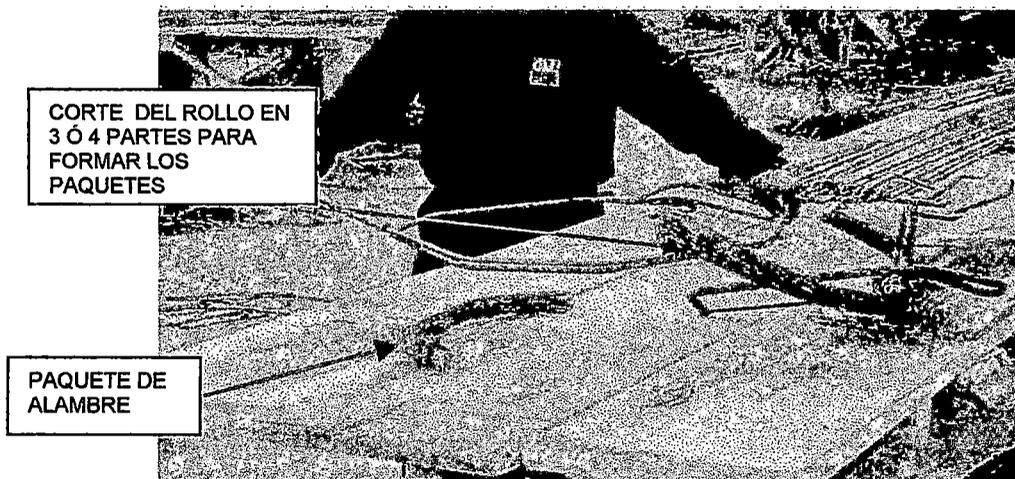
Posteriormente estos rollos son divididos en rollos de menor peso ( de 1 kg a 2 kg ) y un diámetro de 40 cm; seguidamente se enrosca estos rollos con el alambre mismo y se les corta de la siguiente manera:

- ◆ En 3 partes si se van amarrar fierros de 5/8", 3/4", 1" .
- ◆ En 4 partes si se van amarrar fierros de 3/8", 1/2" .

De esta manera se ha conseguido formar paquetes de alambres que se llevarán al pie de la armadura que se van a sujetar.



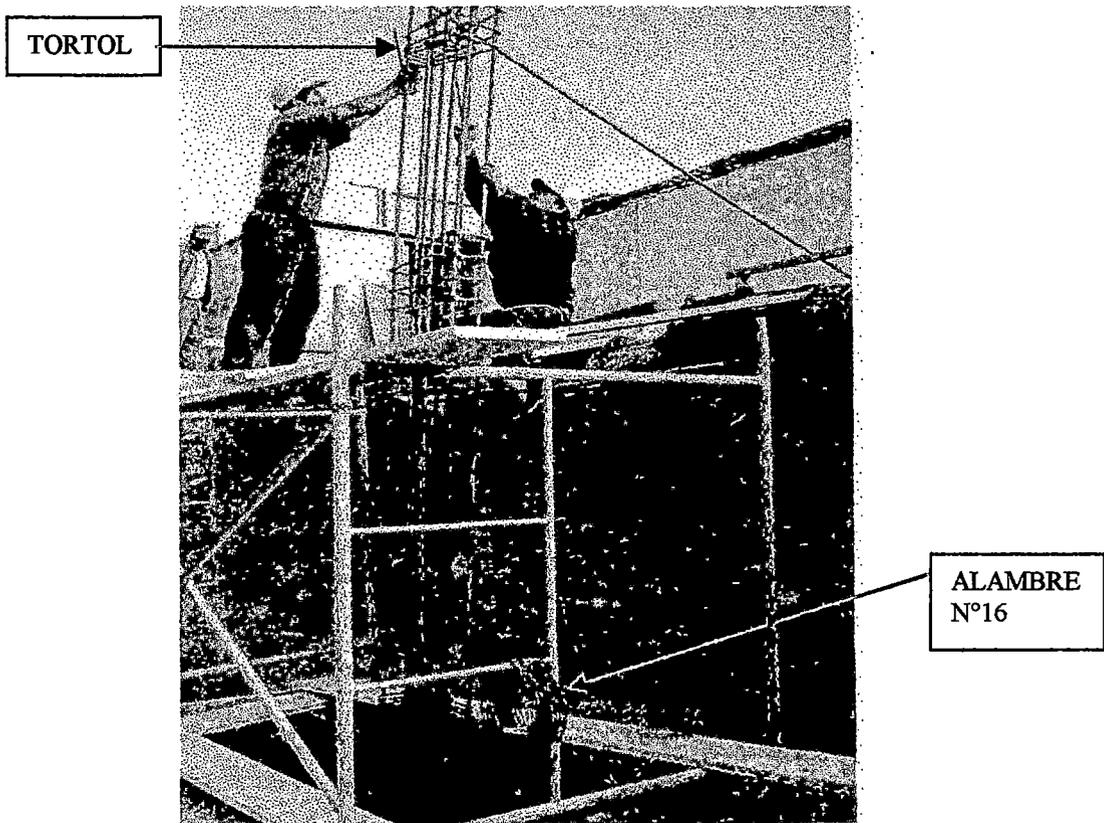
Rollos de 1-2 kg y de 40 cm de diámetro



Rollos de 40 cm de diámetro cortados en 4 partes dando alambres de una longitud de 31.40 cm los cuales se utilizarán para unir fierros de 3/8" y 1/2" .

## PROCESO DE SUJECION DE LAS ARMADURAS

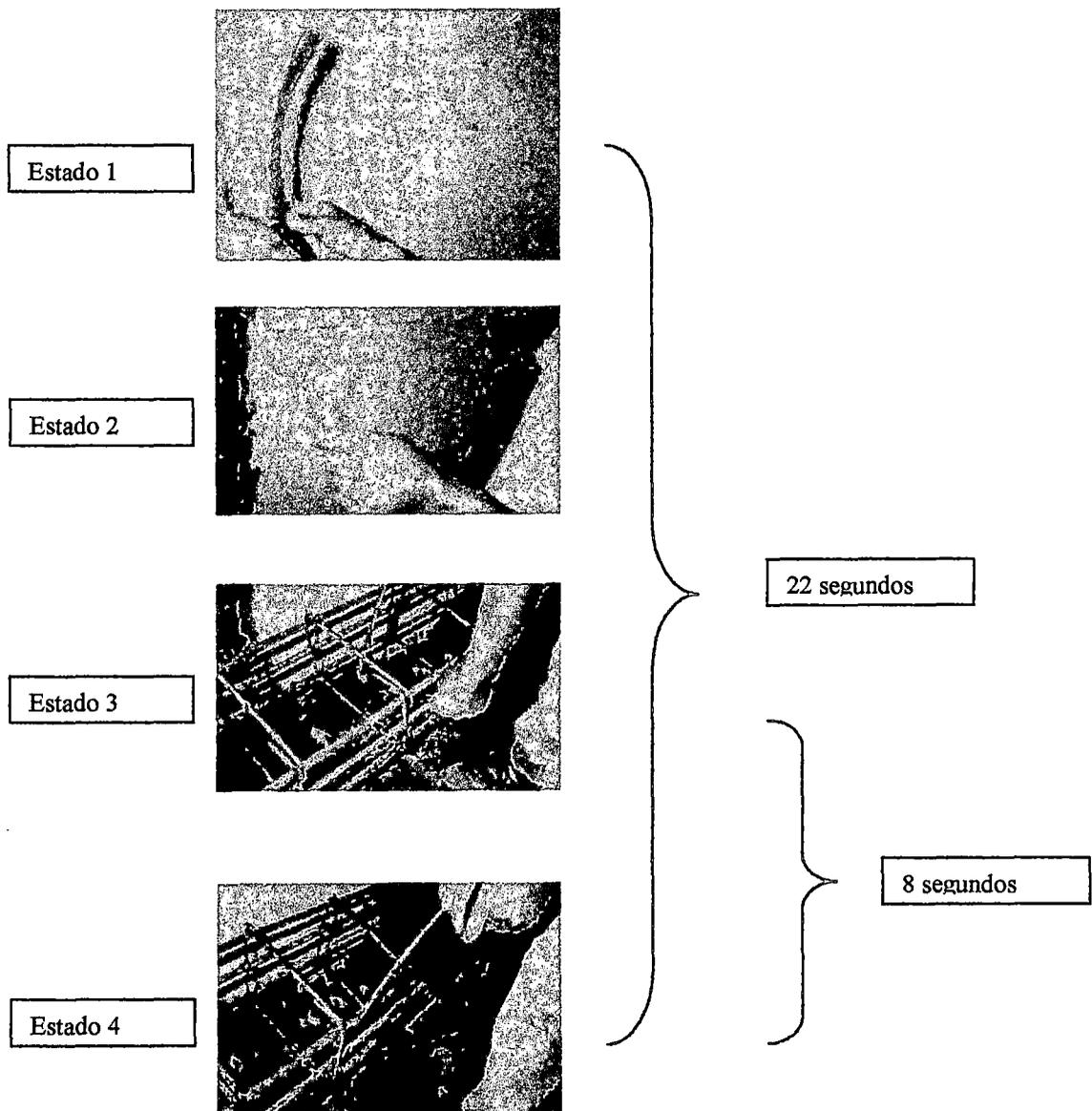
Estando los paquetes de alambres listos para ser utilizados, se coge un paquete y se dobla aproximadamente  $180^\circ$ , para proceder luego a quitar el alambre que los enrolla; dejando los alambres doblados cerca de la persona que los pueda utilizar para sujetar los elementos de la estructura. Para esto se va cogiendo cada alambre, se le dobla nuevamente de tal manera que se pueda abrazar a los fierros a sujetar, con la ayuda del tortol (herramienta casera que se utiliza en el Perú para ajustar los alambres de tal manera que los elementos de las estructuras queden fijas).



Proceso de sujeción de los estribos al fierro principal

## TIEMPOS QUE SE UTILIZAN PARA LA SUJECCION

El tiempo que un operario se demora en hacer una sujeción (un amarre) se ha podido observar que está dentro de un rango de 15-27 seg. Pudiéndose estimar un promedio de 21 seg. Este tiempo comprende desde que el operario coge un alambre hasta que termina de sujetar los fierros . Se muestran en las ilustraciones siguientes el proceso para el tiempo medido.



El tiempo que se ha observado para realizar el trabajo desde el estado 3 al estado 4 está comprendido entre 6-10 seg. ,con un promedio de 8 seg. Operarios de mucha experiencia pueden hacerlo hasta en 6 seg.

Para efectos del presente estudio se ha querido solo obtener los tiempos de estos estados y poder comparar con los de los alambres propuestos. Cabe indicar el tiempo para llegar al estado 4 es mucho más, si tomamos en cuenta todo el trabajo que hay que hacer para habilitar el alambre desde el estado en que llega el alambre a obra (esto es en rollos de 100-140 kg ) .

## **CAPITULO 6**

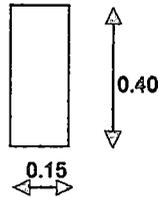
### **INFLUENCIA DEL ALAMBRE DENTRO DEL CONCRETO ARMADO**

#### **Ensayo de Flexión usando Técnica Convencional**

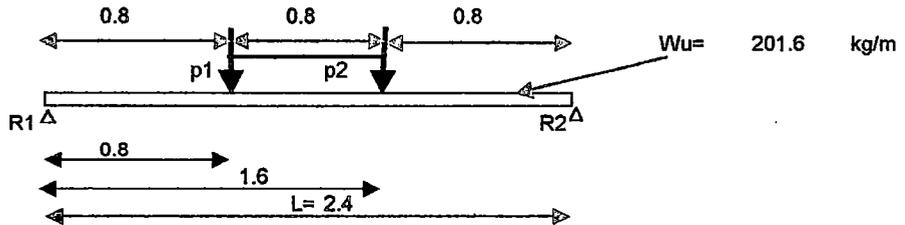
Para poder apreciar si existe o no existe influencia del alambre de sujeción dentro de los elementos de concreto armado fue necesario preparar nueve vigas (tres utilizando alambre N° 16, tres utilizando alambre peruano con 0.8mm de diámetro y tres utilizando alambre de 0.8mm de diámetro de procedencia Japonesa), de tal manera que se pueda comparar los resultados y los efectos que se producirían al hacer uso de alambres de menor diámetro en reemplazo del alambre N° 16. En este capítulo se indicará el diseño teórico de las vigas (se presenta hoja de cálculo); los valores de  $f'_c$  y  $f_y$  reales obtenidos de los ensayos a compresión del concreto y tracción del acero respectivamente (se presenta hoja de resultados); el nuevo diseño de la viga pero esta vez utilizando los  $f'_c$  y  $f_y$  reales y los valores (gráficos) obtenidos en el Ensayo de Flexión usando técnicas convencionales y con el uso de alambre N°16. En el Capítulo 13 se presentarán los resultados de los ensayos utilizando los alambres de 0.8mm de diámetro peruano y japonés respectivamente y sus comparaciones respectivas.

# DISEÑO DE LAS VIGAS

## **CALCULO DE MOMENTOS ACTUANTES** (cargas concentradas)



$f_c$ =	210	kg/cm <sup>2</sup>
$f_y$ =	4200	kg/cm <sup>2</sup>
$d$ =	36.270	cm
$b$ =	15	cm



### **CARGAS CONCENTRADAS :**

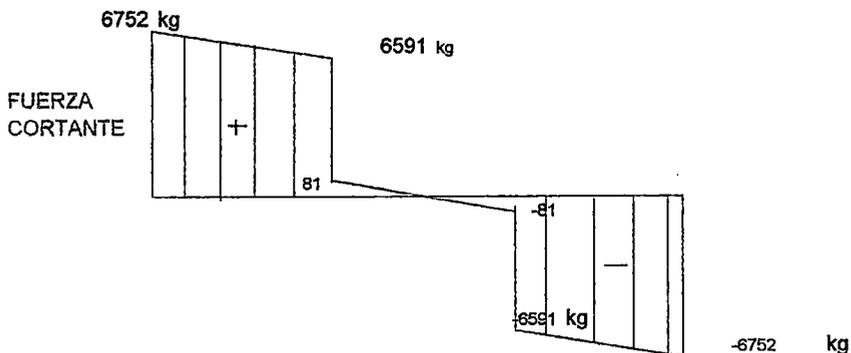
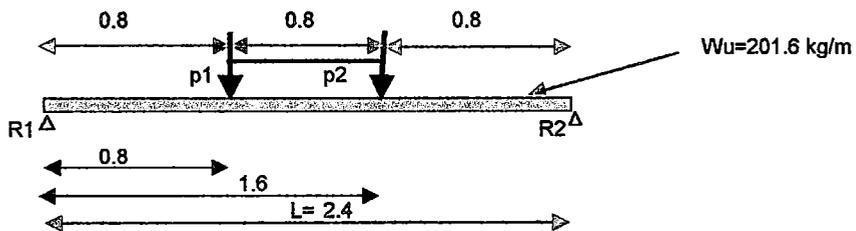
$p_1 = 6510 \text{ kg}$   
 $p_2 = 6510 \text{ kg}$   
 $P_t = 13020 \text{ kg}$  (Carga Total)

### **CARGA REPARTIDA :** (Debido a su peso propio )

Peso propio ( $W_u$ )=1,4( $W_d$ )=  $201.6 \text{ kg/m}$

$R_1 = 6752 \text{ kg}$   
 $R_2 = 6752 \text{ kg}$

### **DIAGRAMA DE FUERZA CORTANTE**

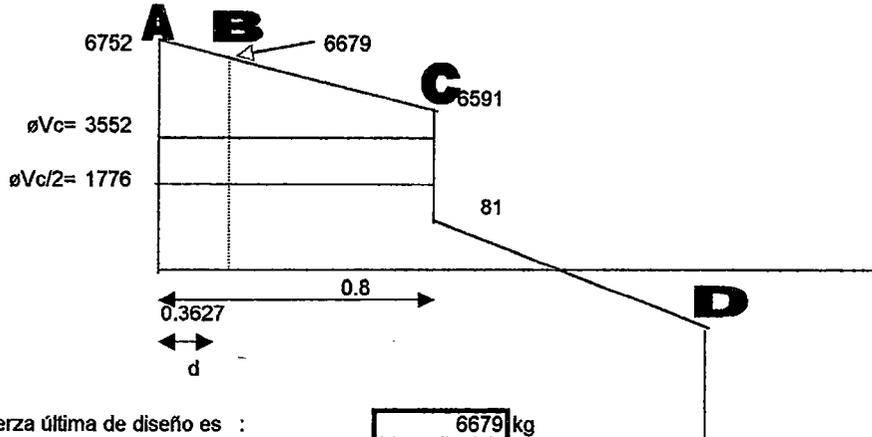


## DISEÑO DEL REFUERZO POR CORTE REQUERIDO (ESTRIBOS)

La resistencia al corte aportada por el concreto es :

$$V_c = 0,53(f'c)^{0,5} bd = \boxed{4179} \text{ kg}$$

$$\phi V_c = 0,85V_c = 3552 \text{ kg}$$



La fuerza última de diseño es :  $\boxed{6679}$  kg

La viga se diseñará en 2 tramos

### Primer tramo ABC

El corte que debe ser resistido por el acero es igual a :

$$V_s = Vu/\phi - V_c = \boxed{3679} \text{ kg}$$

Se debe verificar que el aporte del acero sea menor que el máximo:

$$\text{es decir } V_s < 2,1(f'c)^{0,5} bd = 16556 \text{ kg} \quad \text{ok}$$

Se utilizarán estribos de 1/4"

$$A_v = 2 \cdot 0,32 = 0,64 \text{ cm}^2$$

El espaciamiento de los estribos es :

$$s = A_v f_y d / V_s = 26,50 \text{ cm}$$

Se verifica el espaciamiento máximo, para que el espaciamiento sea el menor entre  $d/2$  y 60 cm debe cumplirse que:

$$V_s < 1,1(f'c)^{0,5} bd = 8672,4 \text{ kg} \quad \text{ok}$$

Por lo tanto el espaciamiento máximo será:

$$d/2 = \boxed{18} \text{ cm} < 26,50 \text{ cm}$$

La separación entre estribos calculada deberá ser reducida y en el primer tramo se colocarán estribos de 1/4" cada 15 cm

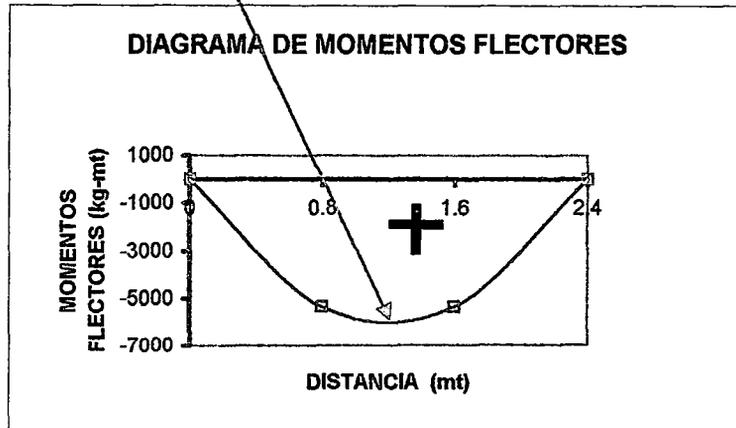
### Segundo tramo CD

corresponde al tramo de la viga sometida a fuerza cortante menor que  $\phi V_c/2$  y por lo tanto no requiere refuerzo

## DISEÑO DEL REFUERZO EN TENSION

MOMENTO MAXIMO= 5353.15 kg-m

Datos para el grafico	
x	Mx(-)
0	0.00
0.8	5337.02
1.2	5353.15
1.6	5337.02
2.4	0.00



### DETERMINACION DE LAS AREAS DE ACERO

Mu= 5353.15 kg-m

w= 0.1409  
p= 0.0070

As= 3.83 cm<sup>2</sup>

escoger los fierros:

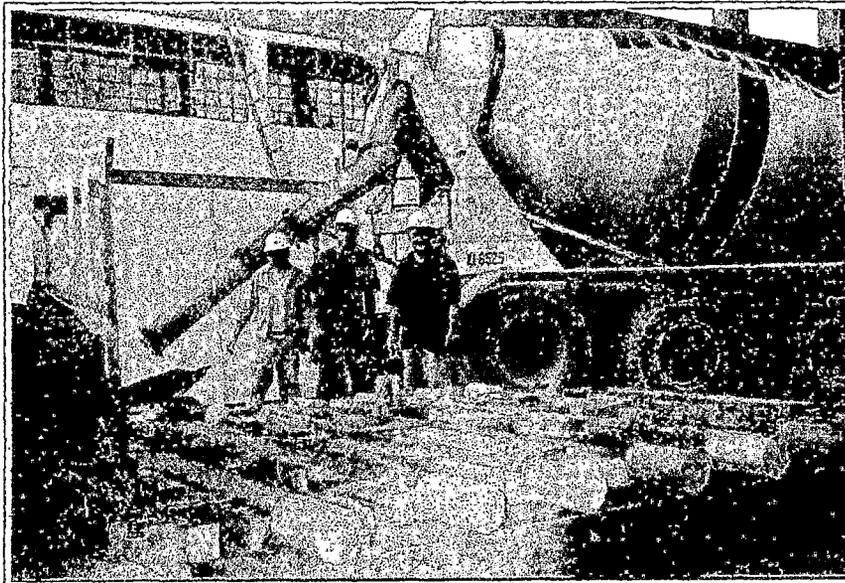
As supuesto= 3.87 cm<sup>2</sup>

Nº	Diámetro	Area
	1/4"	0.32
3	3/8"	0.71
4	1/2"	1.29
5	5/8"	2
6	3/4"	2.84
7	7/8"	3.87
8	1"	5.1
9	1 1/8"	6.45
10	1 1/4"	8.19
11	1 3/8"	10.06
14	1 11/16"	14.52
18	2 1/4"	25.81

3ø1/2"

Determinar el tipo de gata hidráulica a utilizar ( capacidad máxima de carga de la máquina), hizo necesario ajustar nuestro diseño teórico con los valores de  $f'c$  del concreto y el  $f_y$  del acero obtenidos de los correspondientes ensayos, de tal manera que se pueda estimar con mayor precisión la carga que pueda soportar nuestras vigas de ensayo; por otro lado cabe resaltar que en el XII Congreso Nacional de Ingeniería Civil Los Ingenieros Luis Vargas Rodríguez y Yonel J. Gutiérrez Colquichagua presentaron el Tema “ Estudio de Control de Calidad de Varillas de Acero de Construcción que se Comercializa en el Medio” donde en una de sus conclusiones indican lo siguiente: “Refiriéndonos a la resistencia, al hacer la comparación de la mediana con respecto a lo especificado por el fabricante, podemos notar que existe una diferencia en exceso del 10 % por tal motivo es necesario considerar este incremento en el diseño”.

Se rompieron 6 probetas con el mismo concreto que se colocó en las vigas (total de concreto vaciado para las 9 vigas = 1.458 m<sup>3</sup>)



Colocación del concreto premezclado en los encofrados de las 9 vigas, con esto se busca que todas las vigas tengan la misma calidad y resistencia.

A continuación se presenta los valores de  $f_c$  y  $f_y$  obtenidos en los respectivos ensayos.

**VALORES DE  $f_c$  REALES OBTENIDO DE LOS ENSAYOS "RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO"**

Nº de Probeta	Diámetro (cm)	Area (cm <sup>2</sup> )	Fuerza (kg)	$f_c$
1	15	177	44800	251.97
2	14.9	174	42400	243.68
3	14.9	174	46200	265.51
4	15	177	45400	256.5
5	15	177	43600	246.33
6	14.9	174	45600	262.07
$f_c$ Promedio				254.34 kg/cm <sup>2</sup>

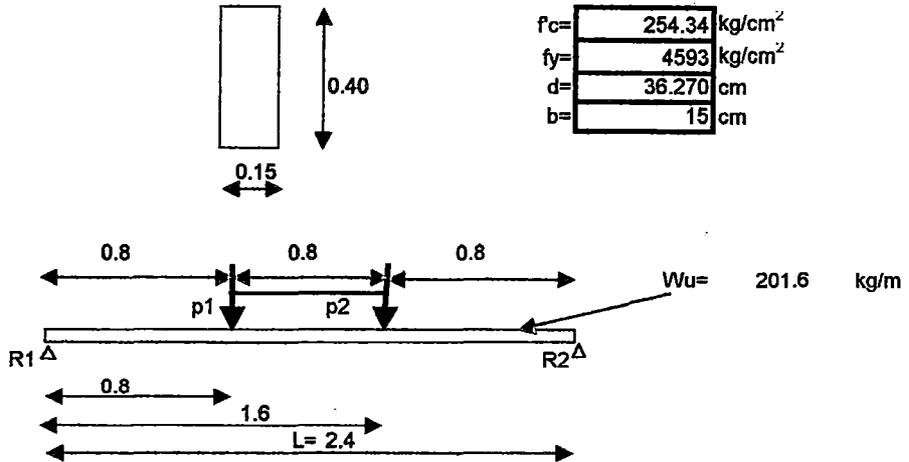
**VALORES DE  $f_y$  REALES OBTENIDOS DE LOS ENSAYOS DE TRACCIÓN CON LAS VARILLAS DE FIERROS**

TÍPO DE FIERRO	AREA (cm <sup>2</sup> )	FUERZA (kg)	$f_y$ (kg/cm <sup>2</sup> )
∅ 1/2	1.267	5650	4459
∅ 1/2	1.267	5660	4467
∅ 1/2	1.267	5390	4254
∅ 3/8	0.709	3290	4640
∅ 3/8	0.709	3270	4612
∅ 1/4	0.283	1350	4770
∅ 1/4	0.283	1400	4947
Promedio			4593 kg/cm <sup>2</sup>

# DISEÑO DE LAS VIGAS

(Con los valores de  $f'c$  y  $f_y$  reales obtenidos de ensayos)

## CALCULO DE MOMENTOS ACTUANTES (cargas concentradas)



### CARGAS CONCENTRADAS :

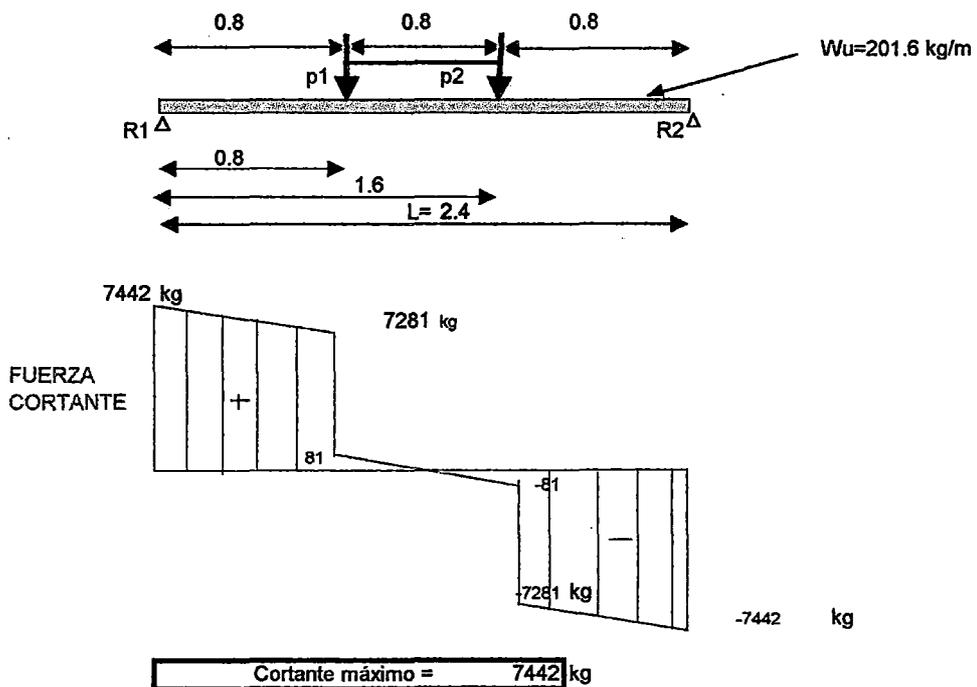
$p_1 =$  7200 kg  
 $p_2 =$  7200 kg  
 $P_t =$  14400 kg (Carga Total)

### CARGA REPARTIDA : (Debido a su peso propio )

Peso propio ( $W_u$ )=1,4( $W_d$ )= 201.6 kg/m

$R_1 =$  7442 kg  
 $R_2 =$  7442 kg

### DIAGRAMA DE FUERZA CORTANTE

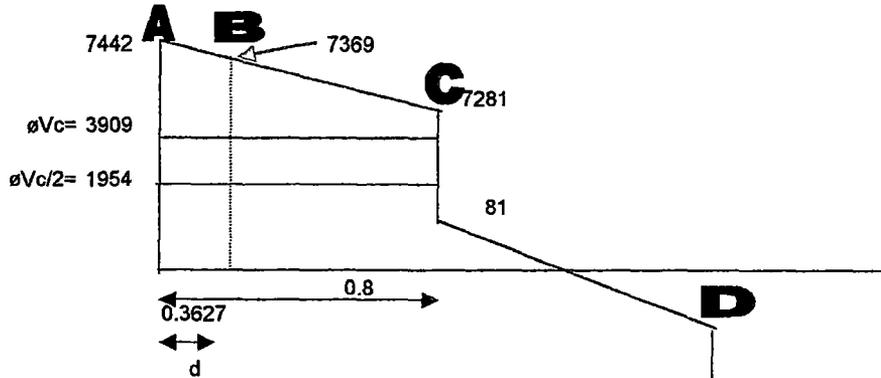


## DISEÑO DEL REFUERZO POR CORTE REQUERIDO (ESTRIBOS)

La resistencia al corte aportada por el concreto es :

$$V_c = 0,53(f'c)^{0,5} bd = \boxed{4599} \text{ kg}$$

$$\phi V_c = 0,85V_c = 3909 \text{ kg}$$



La fuerza última de diseño es :  $\boxed{7369}$  kg

La viga se diseñará en 2 tramos

### Primer tramo ABC

El corte que debe ser resistido por el acero es igual a :

$$V_s = Vu/\phi - V_c = \boxed{4071} \text{ kg}$$

Se debe verificar que el aporte del acero sea menor que el máximo:

$$\text{es decir } V_s < 2,1(f'c)^{0,5}bd = 18221 \text{ kg} \quad \text{ok}$$

Se utilizarán estribos de 1/4"

$$A_v = 2 \cdot 0,32 = 0,64 \text{ cm}^2$$

El espaciamiento de los estribos es :

$$s = A_v f_y d / V_s = 26,19 \text{ cm}$$

Se verifica el espaciamiento máximo, para que el espaciamiento sea el menor entre  $d/2$  y 60 cm debe cumplirse que:

$$V_s < 1,1(f'c)^{0,5}bd = 9544,2 \text{ kg} \quad \text{ok}$$

Por lo tanto el espaciamiento máximo será:

$$d/2 = \boxed{18} \text{ cm} < 26,19 \text{ cm}$$

La separación entre estribos calculada deberá ser reducida y en el primer tramo se colocarán estribos de 1/4" cada 15 cm

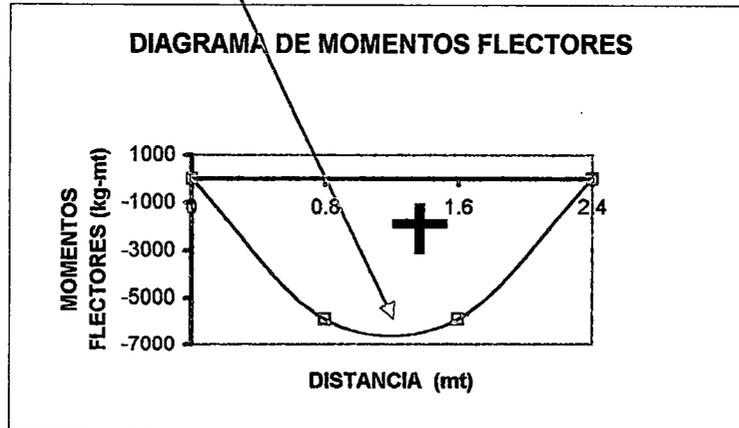
### Segundo tramo CD

corresponde al tramo de la viga sometida a fuerza cortante menor que  $\phi V_c/2$  y por lo tanto no requiere refuerzo

## DISEÑO DEL REFUERZO EN TENSION

MOMENTO MAXIMO= 5905.15 kg-m

Datos para el grafico	
x	Mx(-)
0	0.00
0.8	5889.02
1.2	5905.15
1.6	5889.02
2.4	0.00



### DETERMINACION DE LAS AREAS DE ACERO

Mu= 5905.15 kg-m

w= 0.1272

p= 0.0070

As= 3.83 cm<sup>2</sup>

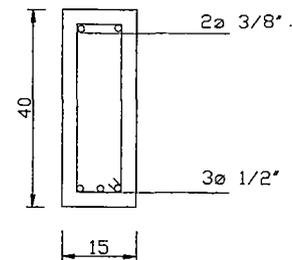
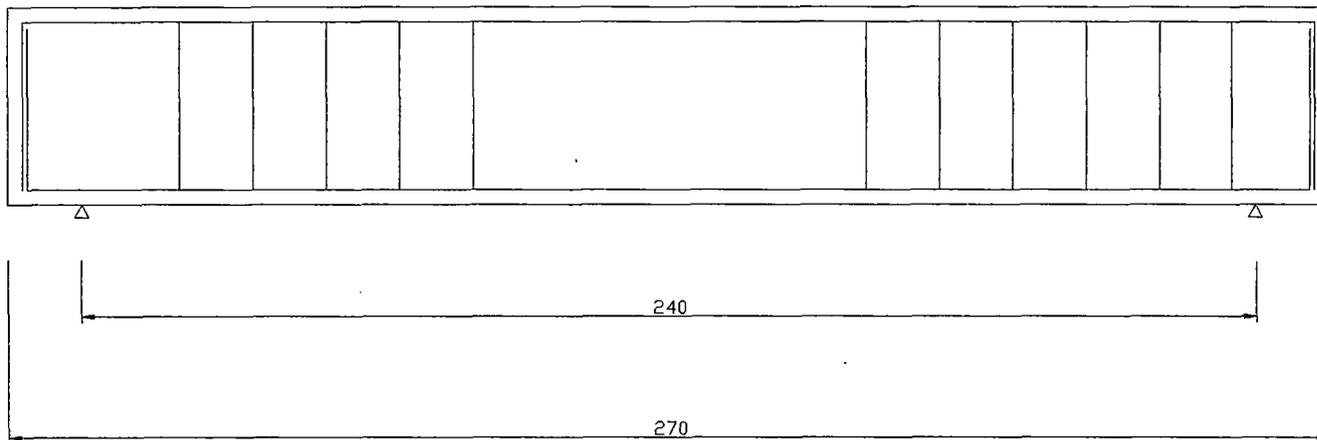
escoger los fierros:

As supuesto= 3.87 cm<sup>2</sup>

Nº	Diámetro	Area
	1/4"	0.32
3	3/8"	0.71
4	1/2"	1.29
5	5/8"	2
6	3/4"	2.84
7	7/8"	3.87
8	1"	5.1
9	1 1/8"	6.45
10	1 1/4"	8.19
11	1 3/8"	10.06
14	1 11/16"	14.52
18	2 1/4"	25.81

3ø1/2"

FINALMENTE LA VIGA QUEDARA DE LA SIGUIENTE MANERA :



ESTRIBOS DE 1/4" 105 , 5@15 (EN AMBOS EXTREMOS)  
MEDIDAS EN CENTIMETROS

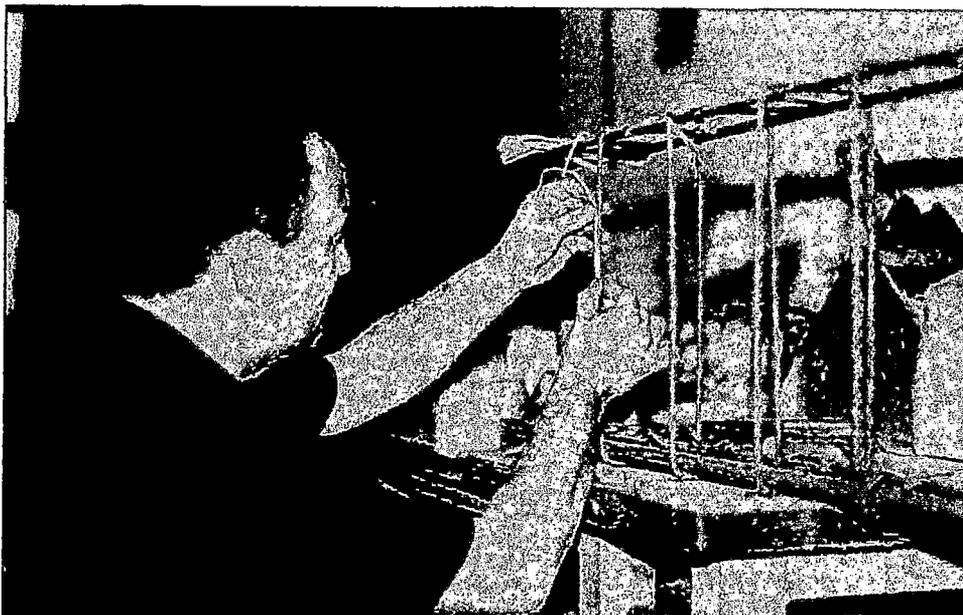
VIGA DE ENSAYO

## PREPARACIÓN DE VIGAS PARA LOS ENSAYOS DE FLEXION

( Se prepararon 9 vigas en total )



Colocación del Strain Gages (para medir la deformación unitaria en el acero )



## **ROL DEL ENSAYO DE VIGAS EN FLEXIÓN**

El intensivo uso de estudios experimentales, preliminar al diseño definitivo y la construcción de nuevos elementos estructurales, así como el uso de procedimientos de ensayos para el control y establecimientos de procesos de manufacturas y construcción es significativo y marca el desarrollo de la técnica moderna en los países desarrollados; la introducción del alambre de menor diámetro (0.80 mm.) dentro de la Industria de la construcción Peruana como elemento sujetador del alambre de acero estructural, requiere para su uso, de ensayos que confirmen que su uso no traerá consecuencias dañinas a las estructuras y más bien traiga beneficios, como menor costo, mejor rendimiento de los trabajadores, desarrollo de la industria del alambre, etc.. En cuanto al procedimiento de Ensayo se ha tratado de adecuar este al de la norma ASTM C78 y al de la norma ITINTEC 339.078, el cual indica la aplicación de las cargas a los tercios de la Luz de la viga a ensayar, que la máquina de ensayo sea un dispositivo que asegure que las fuerzas aplicadas a la viga se mantengan verticales y sin excentricidad, que el aparato será capaz de mantener la distancia entre los apoyos, que la carga debe aplicarse perpendicularmente a la cara superior de la viga de manera tal que se evite toda excentricidad, que la dirección de las reacciones debe ser paralela a la dirección de la carga aplicada mientras dure la prueba, que la carga debe ser aplicada gradualmente y sin impacto, que la relación entre la distancia desde el punto de aplicación de la carga a su reacción más cercana y la altura de la viga no debe ser menor que la unidad .

### **PROCEDIMIENTO DE ENSAYO SEGUIDO**

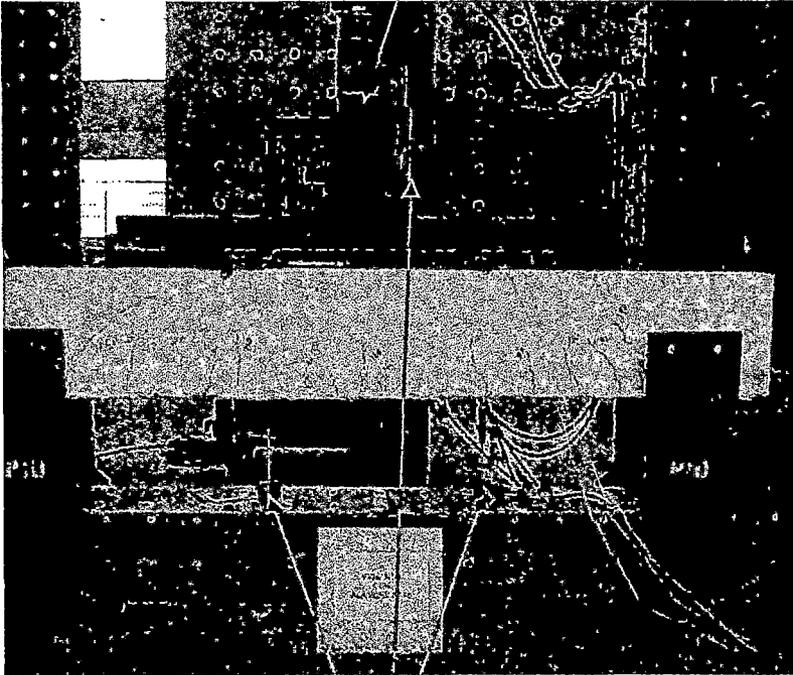
- Se colocó la viga de ensayo sobre los apoyos y se le centró con respecto a ellos.
- Se colocaron los transductores (para medir los desplazamientos tanto verticales como horizontales) tal como se muestra en las imágenes siguientes.

- Se contó con un convertidor de señal y una unidad de adquisición de datos (computadora).
- Una vez instalados todos los equipos , se procedió a aplicar lentamente la carga (a través de una gata hidráulica) .
- Mientras se aumentaba la carga se iban marcando sobre la viga las fisuras que se producían y a estas se les numeraba progresivamente de acuerdo al orden de su aparición.
- Se detenía el proceso cuando la viga mostraba fisuración masiva evitándose ir hasta el colapso total para evitar dañar los equipos (transductores ).

## MONTAJE DE EQUIPOS DE ENSAYO

53

Gata hidráulica (max 50 ton )



Medidores de desplazamientos (transductores)

Unidad de adquisición de datos

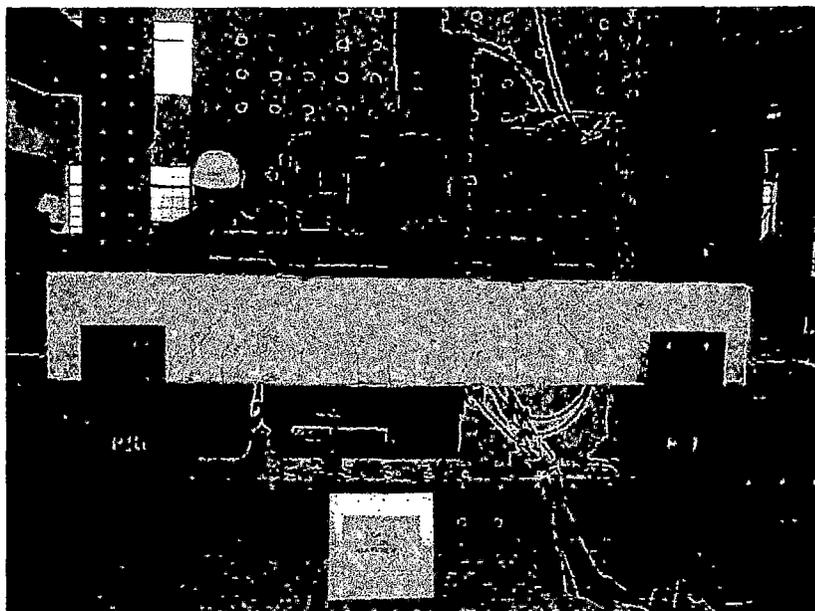


Convertidor de señal

## ENSAYOS DE VIGAS CON ALAMBRE N° 16

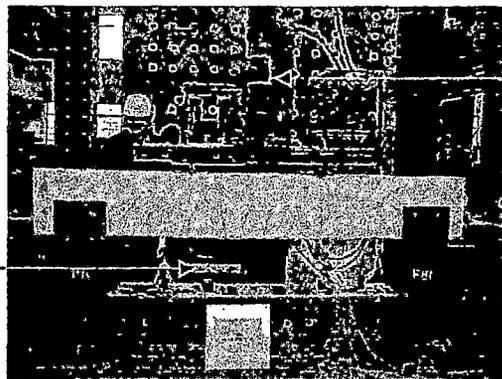
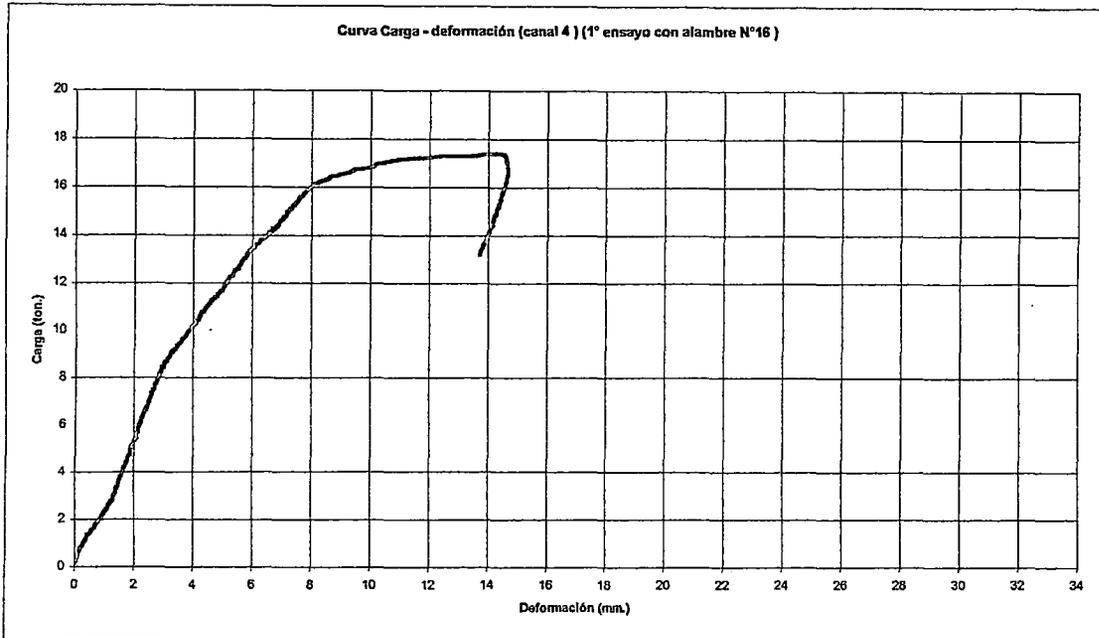


Marcación y numeración de las fisuras de acuerdo a su aparición



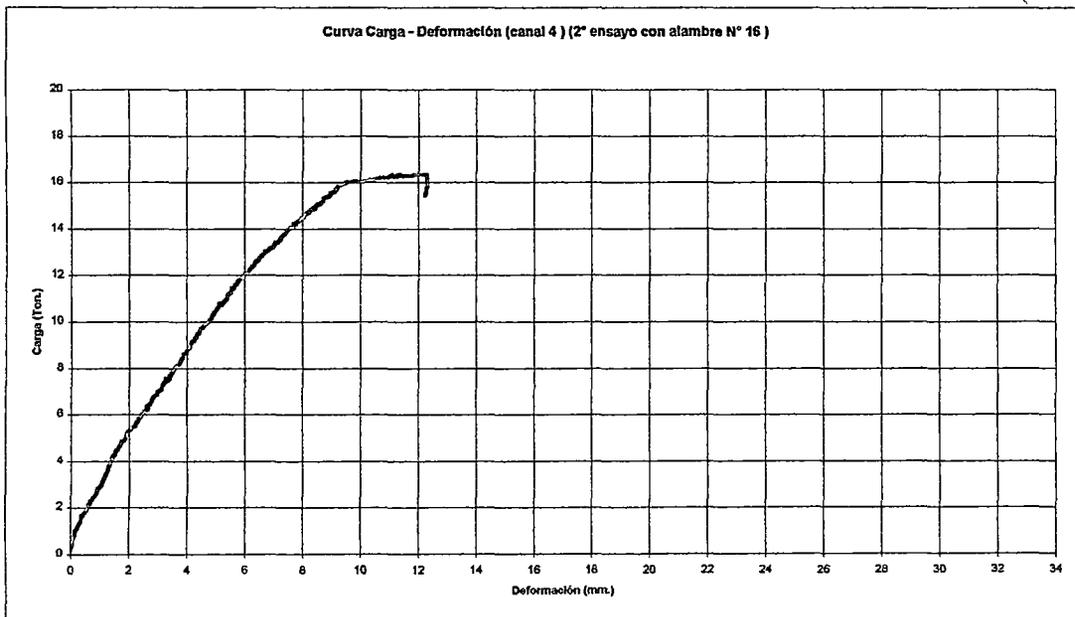
Viga ensayada que muestra las fisuras producidas

# RESULTADOS DE ENSAYOS DE VIGAS EN FLEXION CON ALAMBRE N° 16

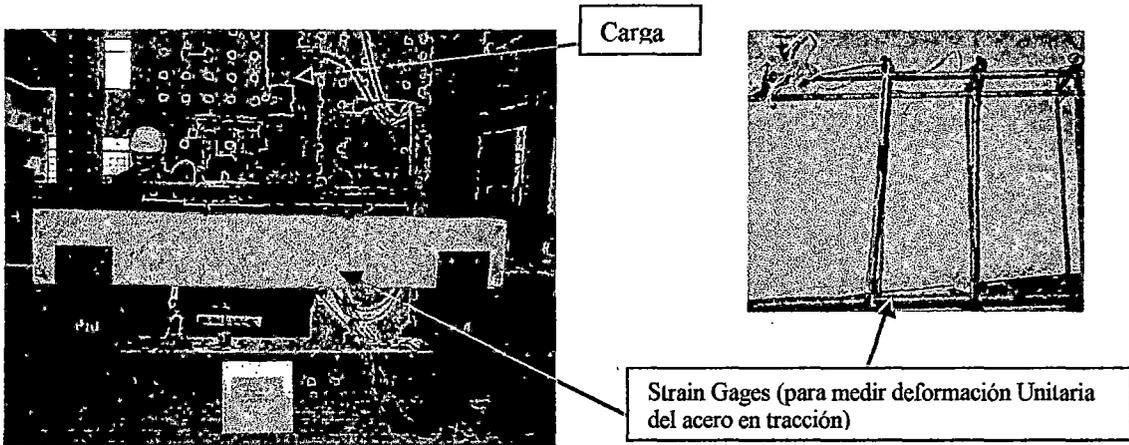
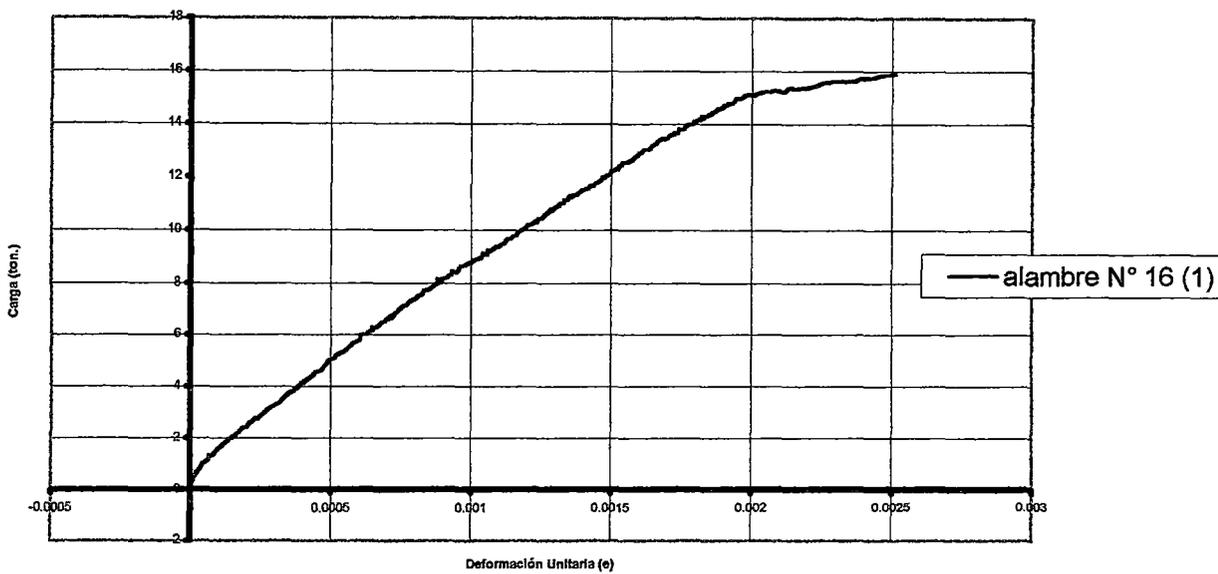


Deformación Vertical

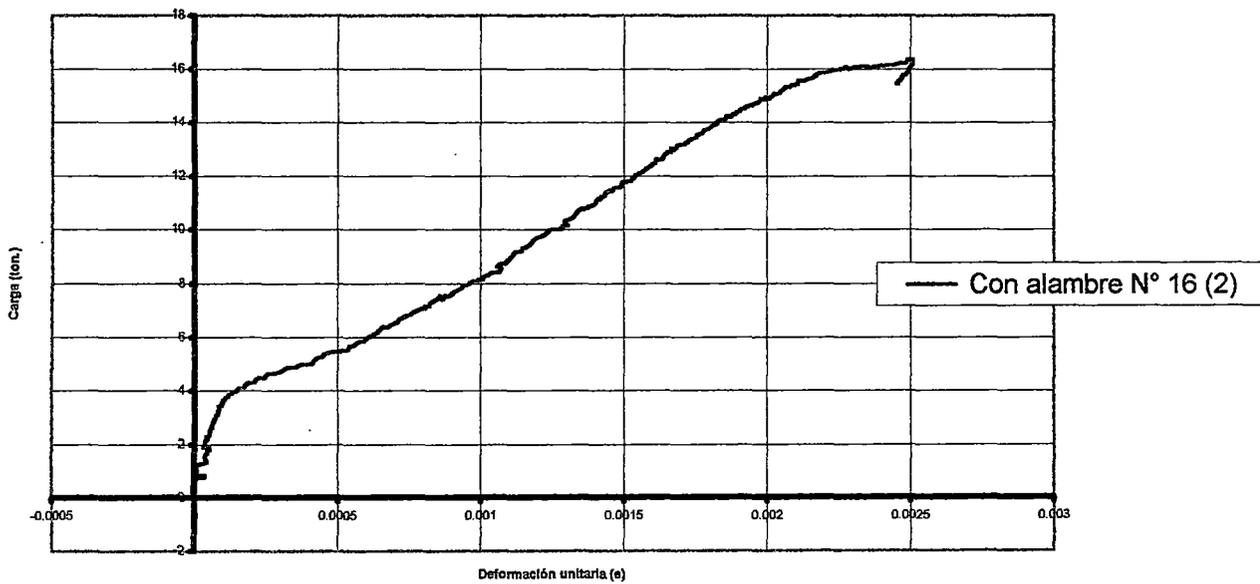
Carga



Curva Carga - Deformación Unitaria del acero en tracción (Obtenido con Strain Gages)



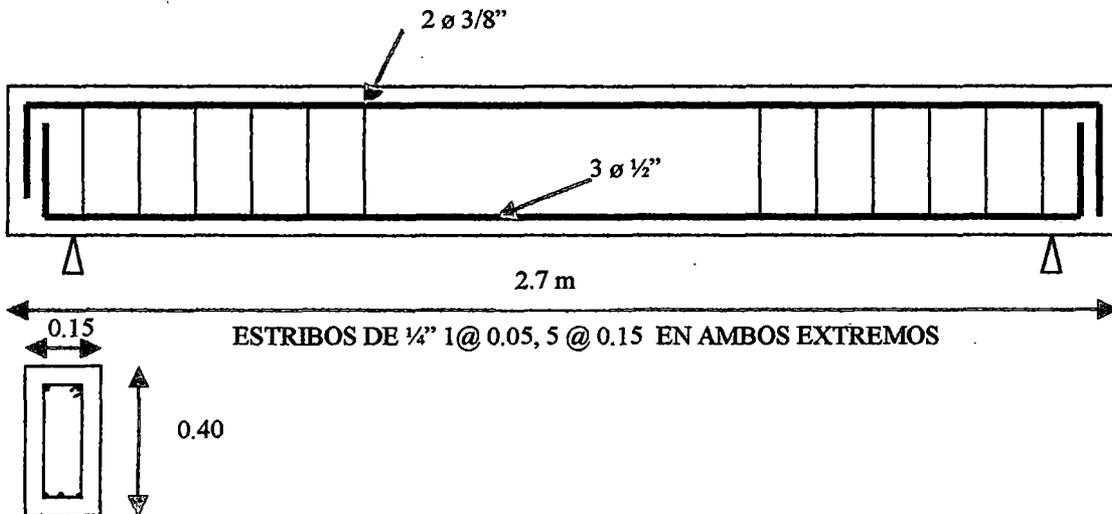
Curva Carga - Deformación unitaria del acero en tracción (Obtenido con Strain Gages)



## CAPITULO 7

### ANALISIS DE COSTO CON EL ALAMBRE N° 16

En el Perú la forma de estimar el consumo de alambre N° 16 para una determinada obra es considerando un determinado porcentaje del consumo del acero estructural; así por ejemplo los valores de 2.5% - 3 % del valor total del acero estructural son los más usados. Por ejemplo si tenemos 9 vigas de las siguientes características:



**METRADO**

Elemento		Concreto				Encofrado			fierro en c/elemento			Nudos	Longitud Total			total kg
Denominación	Nº de Elementos	medidas			total m3	medidas		total m2	diam	cant	long en c/b	alam.	1/4"	3/8"	5/8"	
vigas		9	0,4	0,15	2,70	1,458	0,40	2,70	9,72	1/4"	12	1,17	60	126,00	58,50	87,75
							0,40	2,70	9,72	3/8"	2	3,25				
							0,15	2,70	3,645	1/2"	3	3,25				
					1,458			23,09				540	31,5	32,76	87,22	151,48

**ANALISIS**

Acero fy=4200 **KG**  
kg/cm2

Capataz	h/h	0,010	7,95	0,08
Operario	h/h	0,033	7,23	0,24
Oficial	h/h	0,033	6,57	0,22
Alambre Nº 16	kg	0,025	2,50	0,06
Fierro estructural	kg	1,030	1,06	1,09
Corrugado				
Desgaste de Herramienta	%	2,000		0,01

costo unitario 1,70

La cantidad de kilos para las nueve vigas sería:  $0.025 \times 151.48 = 3.79 \text{ kg}$

¿Pero es ésta la cantidad real de alambre que necesitamos? ; si vemos el gráfico podemos observar que para cada viga (hay 12 estribos en total), es necesario hacer  $12 \times 5 = 60$  amarres o sujeciones.

Para cada amarre como mínimo se utiliza un alambre Nº 16 de 30cm.

El alambre Nº 16 tiene un peso aproximado de 20.15 gr/m

Es decir cada alambre de 30cm tiene un peso aproximado  $= 20.15 \times 0.30 = 6.045 \text{ grs.}$

Para cada viga será necesario:

$$6.045 \times 60 = 362.7 \text{ gr} = 0.3627 \text{ kg.}$$

Para las 9 vigas se necesitará:

$$9 \times 0.3627 = 3.2643 \text{ kg.}$$

Si consideramos un desperdicio de 2% tenemos:

$$1.02 \times 3.2643 = 3.33 \text{ kg}$$

Como observamos el gasto real (3.33 kg) es bastante cercano a el estimado (3.79 kg)

Si utilizamos para sujetar alambres N° 16 pero de 40 cm. tendríamos lo siguiente:

$$20.15 \times 0.40 \times 60 \times 9 \times 1.02 / 1000 = 4.439448 \text{ kg} = 4.44 \text{ kg.}$$

Observamos que el consumo real (4.44 kg) es mayor al estimado (3.79 kg). En general con los valores de 2.5 y 3 % para estimar el consumo del alambre no refleja el consumo real de alambre en una obra. Este problema se agrava cuando no existe una uniformidad en la fabricación, por cuanto ésta es en forma artesanal y sin ningún control; existiendo en el mercado el llamado N° 16 con diámetros muy variados desde 1.65 hasta 1.85 mm. Como el precio del alambre es bastante pequeño en comparación con el del resto de materiales, los ajustes de compra para completar, o los excesos pequeños de alambres en una obra no afectan su presupuesto significativamente; tal vez por esto es que no se decida exigir una buena calidad en la fabricación del alambre.

## DATOS IMPORTANTES PARA LA FABRICACIÓN DEL ALAMBRE N° 16

(FECHA : 10/SETIEMBRE/1999)

Precio del insumo principal (alambón importado venezolano)-----U\$\$ 360.00/TN.

Costo de fabricación más impuestos (10% del insumo principal)----- U\$\$ 36.00/TN.

Utilidad neta (15% del insumo principal)-----U\$\$ 54.00/TN.

---

PRECIO DE VENTA APROXIMADO -----U\$\$ 450.00/TN.

Se sabe que la utilidad en este tipo de negocio es tan variable que ha llegado momentos en que ha alcanzado hasta el valor del 100 % . En el Perú existen 2 empresas como PRODAC (Productos de Acero Cassadó S.A.) y CAMESA PERU S.A. que dan las pautas en cuanto a precio del alambre en el mercado .

**PARTE II**

***PROPUESTA Y ESTUDIO DEL SISTEMA DE SUJECIÓN  
CON ALAMBRE***

## CAPITULO 8

### INFORMACION GENERAL DEL ALAMBRE PROPUESTO

#### ANTECEDENTES

#### CARACTERISTICAS QUIMICAS

Como se sabe los aceros ordinarios suelen tener su composición entre los siguientes límites:

C = 0.03 a 1.70 %

Mn = 0.20 a 0.90 %

Si = 0 a 0.50 %

P < 0.10 %

S < 0.10 %

**EL CARBONO (C)**, es el más importante y el que determina sus propiedades mecánicas. A mayor contenido de carbono, la dureza, la resistencia a la tracción y el límite elástico aumentan. Por el contrario, disminuye la ductilidad y la tenacidad.

**EL SILICIO (Si)**, se adiciona en proporciones que varían de 0 % a 0.50 %. Se le incluye para propósitos de desoxidación pues se combina con el oxígeno disuelto en la mezcla.

**EL MANGANESO (Mn)**, es adicionado en forma de ferro-manganeso. Aumenta la forjabilidad del acero, su templabilidad y resistencia al impacto ( en general aumenta la resistencia al aumentar el contenido en manganeso). De todos los elementos que generalmente suelen contener los aceros al carbono, es el manganeso, después del carbono, el elemento que normalmente ejerce mayor influencia sobre la resistencia. En la resistencia a la tracción de los aceros al carbono normalizado, aproximadamente hace el mismo efecto una parte de carbono que ocho partes de manganeso. De manera general se puede decir que en los aceros al carbono normalizados, cada 10 puntos de manganeso (0.10 %) aumenta la resistencia a la tracción en 1.55 kg/mm<sup>2</sup>.

**FOSFORO (P)**, La influencia que el fósforo ejerce sobre la resistencia de los aceros es muy notable, aunque en la práctica se acusa poco ese defecto debido a que el porcentaje de ese elemento en los aceros suelo ser pequeño. Sin embargo, cuando las variaciones son grandes, su influencia es casi análoga a la del carbono . así por ejemplo, la resistencia de un acero de 0.21 % de carbono y 0.027 % de fósforo, será aproximadamente la misma que la de otro acero que contenga 0.19 % de carbono y 0.017 % de fósforo. En general, a pesar de que el fósforo, aumenta la resistencia en los aceros , ejerce una influencia que en cierto modo podría parecer favorable , su efecto en la práctica es en casi la totalidad de las ocasiones perjudicial. El fósforo se presenta siempre disuelto en los granos de hierro alfa o ferrita, a los que da gran fragilidad. Su presencia no puede ser observada al microscopio, pero su perniciosa influencia se acusa notablemente en los ensayos mecánicos, si tenemos que cuando el

porcentaje de fósforo es elevado, para una resistencia determinada se obtienen alargamientos inferiores a las cifras que normalmente se suelen obtener.

**EL AZUFRE (S)**, se presenta siempre formando inclusiones no metálicas, en ocasiones como sulfuro de manganeso y , en otros casos, como sulfuro de hierro, ocurriendo esto último cuando el contenido en manganeso no llega a ser por lo menos cinco veces superior al contenido en azufre. Por ser la temperatura de fusión del sulfuro de hierro muy baja, inferior a la del hierro, da lugar a este problema de fragilidad en caliente de los aceros. En cambio, cuando aparece como sulfuro de manganeso, que tiene una temperatura de fusión muy elevada, no da lugar a la fragilidad en caliente. En ambos casos, los alargamientos de los aceros quedan muy disminuidos, al aparecer inclusiones no metálicas que crean discontinuidad en la masa del material.

En general el fósforo y el azufre son impurezas perjudiciales que provienen de las materias primas (lingotes, chatarra, etc. ) que en los procesos de fabricación se procura reducir al mínimo.

Para nuestro caso, el alambre producto de la trefilación ( y el alambón del cuál se produce) mantiene la proporción de carbono en los rangos siguientes:

Designación	Norma aprox.	Composición Química (% Max)				
		C	Mn	Si	P	S
AL -10B		0.09	0.30-0.50	0.06	0.04	0.05

(SiderPerú)

Designación	Norma aprox.	Composición Química (% Max)				
		C	Mn	Si	P	S
ALAM SAE 1008		0.10	0.30-0.50	0.10	0.04	0.05

(Aceros Arequipa)

Para poder comparar el desempeño de nuestros alambres nacionales, se pudo conseguir alambres de procedencia japonesa (JAP) de 0.80 mm de diámetro que son

utilizados para la sujeción del acero estructural y alambres de 0.80 mm de diámetro de procedencia Nacional (PER) (diámetro propuesto para remplazar al N° 16). A continuación se muestran los resultados del ensayos químicos para determinar el contenido de manganeso :



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**  
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINERA Y METALURGICA  
AV. TUPAC AMARU N° 210 - RIMAC APARTADO 1301 TELEF: 481-1070 - 4811419 ANEXO 311 TELEFAX: 4828533  
LIMA - PERU

RESULTADO DEL ANALISIS DE TRES MUESTRAS DE ALAMBRES

Apoyo : German Valdivia Vasquez.  
Tesiata FIC. UNI.

Muestra	% Fe	% Mn
JAP	99.51	0.30
PER	99.22	0.67
N°16	99.30	0.50

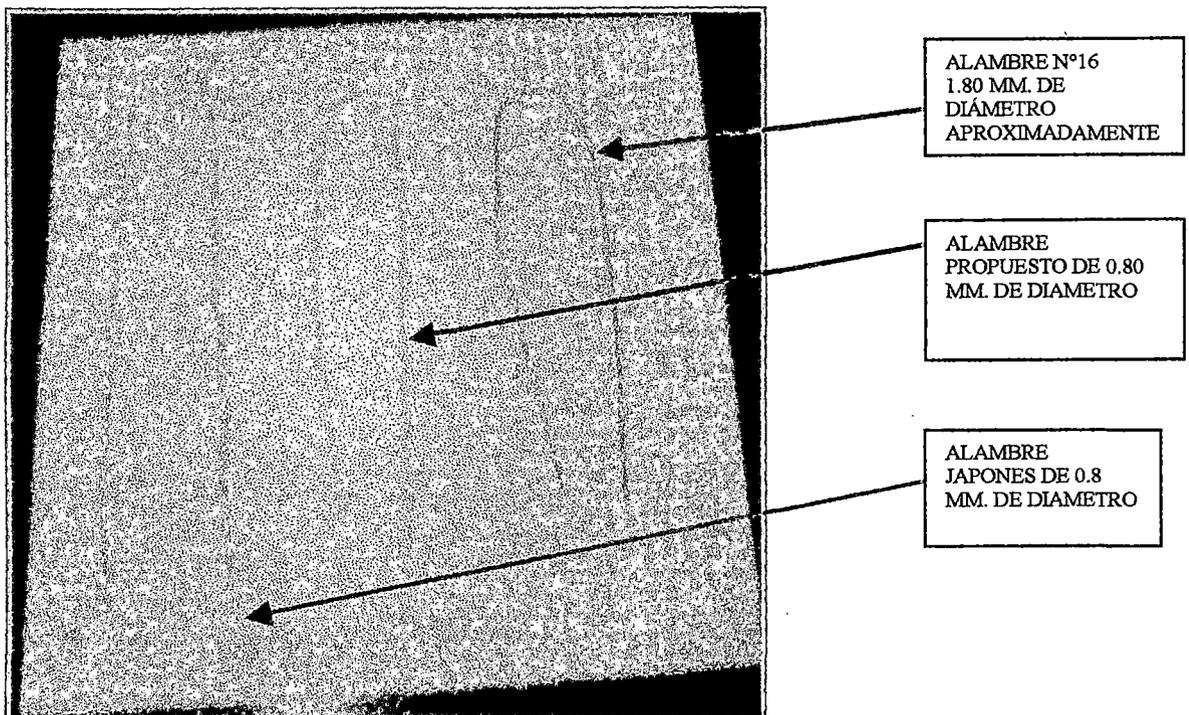
Lima, 20 de Setiembre de 1999



Ing. Atilio Mendoza A.  
Cefe Lab. ESPECTROMETRIA

A la luz de estos resultados podemos decir que el alambre de procedencia japonesa (JAP) con 0.30 % de contenido de manganeso conseguirá una resistencia menor que el

alambre peruano de 0.80 mm de diámetro y que el alambre común N° 16, para un mismo contenido de carbono, por otro lado los resultados también indicarían que el alambre PER aunque se trefiló en el Perú, el alambroón del cuál se obtuvo es de procedencia extranjera, por cuanto el valor del manganeso no coincide con ninguno de los máximos admitidos por ACEROS AREQUIPA y SIDERPERU (En el Perú la mayoría de las empresas trefiladoras de alambre utiliza alambroón importado ). Y aunque el alambre con el diámetro propuesto (0.80 mm.) que se puede encontrar en mercado nacional no tenga esta característica ideal de ductilidad, por su mayor contenido de manganeso, sin embargo se deja trabajar al momento de hacer los amarres, por otro lado adquiere mayor resistencia a los impactos (por ejemplo, a los vaciados violentos de concreto) .



## **TRATAMIENTO TERMICO PARA LOS ALAMBRES**

**RECOCIDO.-** El objetivo principal de este tratamiento es ablandar al acero disminuyendo su dureza y aumentando su ductilidad (propiedad de un metal, una aleación o cualquier otro material que permite su deformación forzada, en hilos, sin que se rompa o astille. Cuanto más dúctil es un material, más fino es el alambre o hilo, que podrá ser estirado sin riesgo de romperse ). Para los alambres de sujeción se da un recocido contra acritud por cuanto, el contenido de carbono es inferior a 0.30 % y que han sufrido un fuerte trabajo en frío por laminado o estirado y en los que la dureza ha aumentado por la deformación de los cristales, habiéndose reducido al mismo tiempo la ductilidad y el alargamiento hasta límites tan bajos que no se puede seguir el proceso mecánico de transformación en frío porque se rompe el material. En estos casos, sometiendo el acero a un calentamiento a la temperatura variable de 550 °C a 650 °C se produce una recristalización del material, desapareciendo los granos alargados y formándose nuevos granos regulares. Como consecuencia se eliminan las tensiones del material, se disminuye su dureza y queda con gran alargamiento y ductilidad, pudiéndose reanudar el trabajo en frío sin dificultad. En nuestro país, al no existir un control adecuado sobre la fabricación de alambres para la construcción( N° 16), se presenta una variedad no solo en la forma de la presentación final (diámetros), sino también en sus características mecánicas (resistencia, elongación, etc.) necesarias para facilitar el trabajo de sujeción; y esto es en parte debido a un inadecuado recocido durante y después del proceso de fabricación (trechado) del alambre.

En resumen, la propuesta de cambio del alambre de sujeción (N° 16), no solo abarca el cambio de diámetro, sino también el proceso de fabricación, sus características químicas y mecánicas, la forma de medir, su presentación y el manejo del alambre en obra.

## CAPITULO 9

### **ESPECIFICACIONES : *PROPIEDADES MECANICAS***

Hemos dicho en el capítulo 2 que la única prueba que especifica ITINTEC para la determinación de las propiedades Mecánicas es la referente a la prueba de tracción, pero ¿es acaso la resistencia a la tracción la propiedad más importante para el alambre de sujeción?. Como veremos más adelante, no es lo más importante cuando comparemos, diferentes tipos de alambre, con diferentes diámetros. Es cierto que para la sujeción del acero estructural se necesita que el alambre mantenga cierta resistencia mínima como para mantener en pie el castillo estructural, (sujeción de estribos con el acero principal, sujeción del acero vertical con el horizontal, etc. ), pero además es necesario que el alambre reúna otras características que permitan que el trabajo que se realiza con él sea fácil y rápido, por lo cual es necesario adicionar a la prueba de tracción otras como la prueba de Torsión Simple y la prueba de Doblado Alternativo. A continuación describimos las pruebas propuestas. Así mismo, es conveniente indicar que recientemente ha aparecido una nueva Norma internacional (ISO 6892) referente a la prueba de Tensión en Materiales Metálicos que en esencia es muy parecida a la Norma UNE 7194 pero que detalla con mayor claridad la metodología a seguir para la realización de la prueba de Tensión.

## Prueba de Torsión Simple (UNI 5293)

- Campo de aplicación : alambres de acero de sección circular  $\geq 0.5 \text{ mm } \varnothing$  o de sección no circular.
- La prueba consiste en torcer una probeta alrededor de su propio eje hasta rotura, o hasta un determinado número de torsiones, todas ellas en el mismo sentido

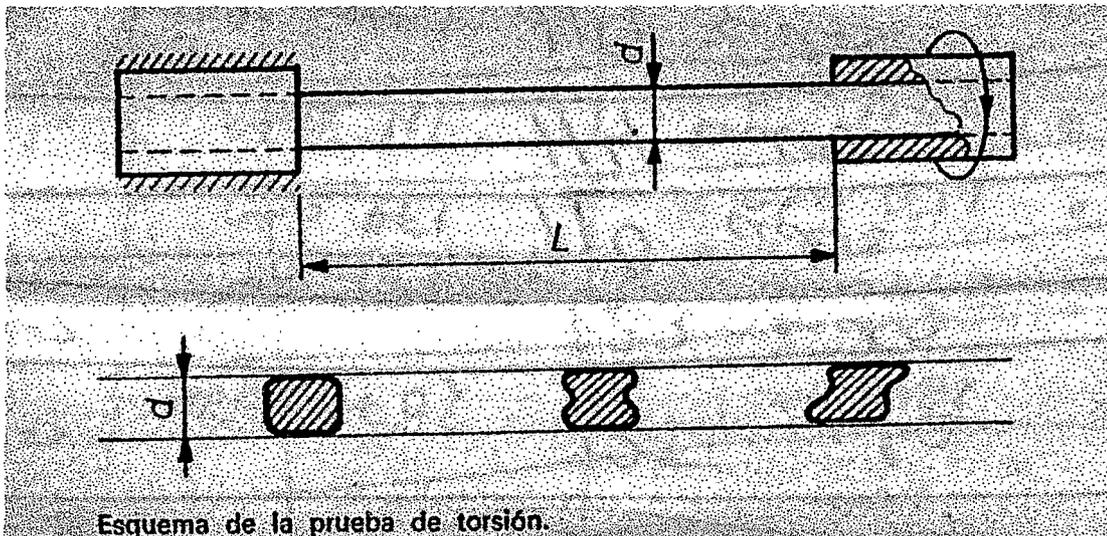
### Probetas

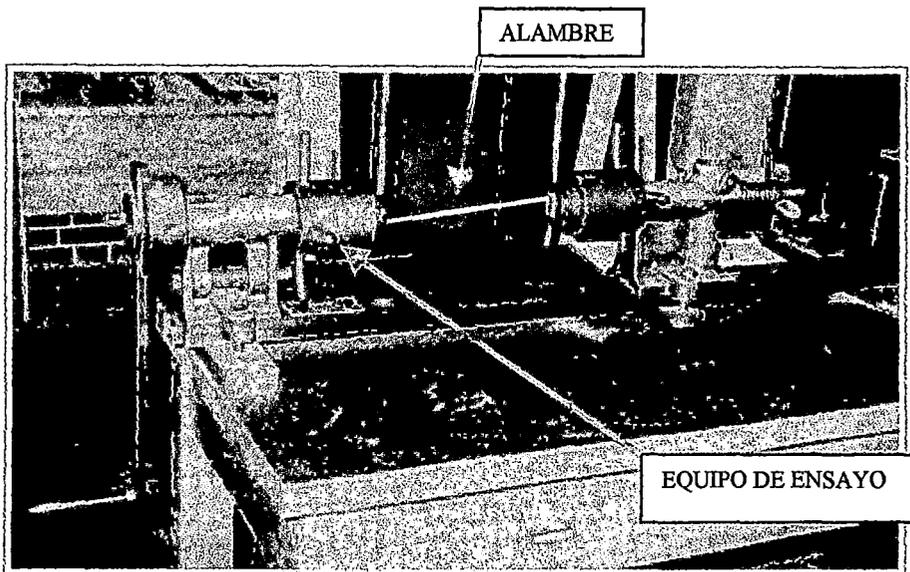
- Están formadas por una porción de alambre . Si es necesario se pueden enderezar a mano, con un mazo de madera o a máquina.

*Para  $d = 0.5-1 \text{ mm}$ , la longitud libre es  $L = 200d$  ;*

*para  $d = 1 - 1.5 \text{ mm}$ , la longitud libre es  $L = 100d$ ;*

*para  $d = 5 \text{ mm}$ , la longitud libre es  $L = 50d$ .*





### Realización de la Prueba

La probeta debe mantenerse recta durante el ensayo, y para esto se le aplica una fuerza de tracción que no sea mayor que 2 % de su resistencia a tracción .

El ensayo se realiza *haciendo girar a velocidad uniforme* la cabeza de fijación hasta que se produzca la rotura, o hasta completar un número dado de revoluciones. La velocidad angular no debe ser causa de ningún calentamiento que pueda influir sobre los resultados de la prueba.

<i>Dimensión nominal d mm.</i>	<i>Velocidad angular máxima r.p.s.</i>
< 1	3
1-1.5	1.5
1.5 - 3	1
3 - 5	{ 0.5 si L = 100d 0.25 si L = 50d
5	{ 0.25 si L = 50d 0.15 si L = 30d

- Salvo contraindicación, la prueba se realiza a temperatura ambiente.

- Se considera positiva la prueba si el número de torsiones resistidas por la probeta está de acuerdo con el prescrito, cualquiera que sea la posición de la rotura.

### Prueba de doblado alternativo

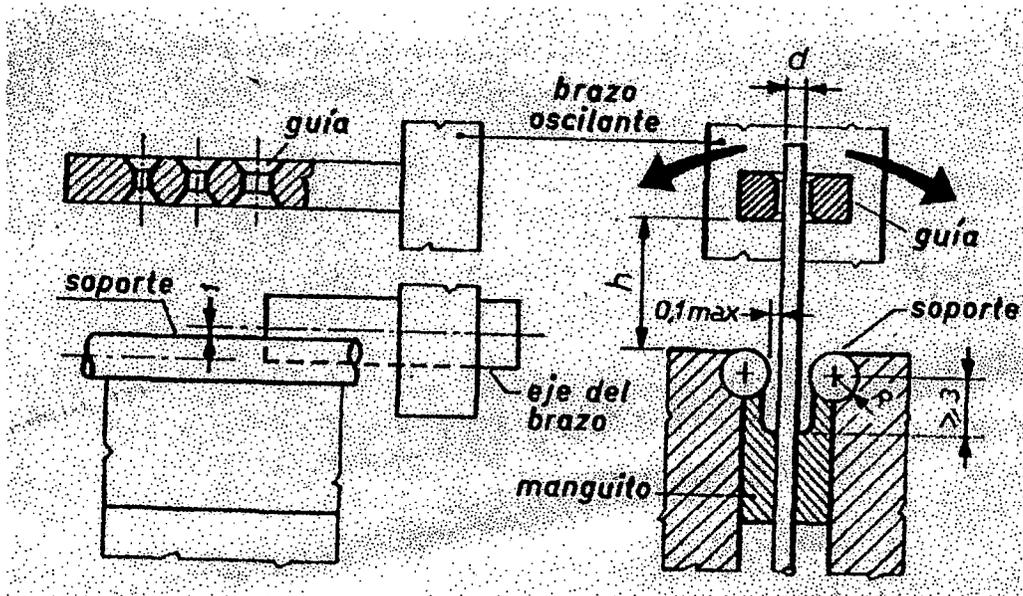
Campo de aplicación : alambres de acero  $\geq 0.5 \text{ mm } \varnothing$  de sección circular u otros .  
La prueba consiste en doblar varias veces a  $90^\circ$  , alternativamente en uno y otro sentido, una probeta fijada por un extremo.

### Probetas

Formadas por una porción de alambre, que si es necesario puede enderezarse a mano, con un mazo de madera o a máquina.

En la siguiente figura se representa esquemáticamente. El radio de los soportes debe tener uno de los siguientes valores : 2.5-5-7.5-10-15-20 mm, admitiéndose una tolerancia de  $\pm 0.1 R$ .

*Para diámetros  $d$  hasta 2.5 mm, distancia  $h = 25 - 50 \text{ mm}$  ;  
Para diámetros  $d$  mayor que 2.5 mm, distancia  $h = 50 - 75 \text{ mm}$ .*



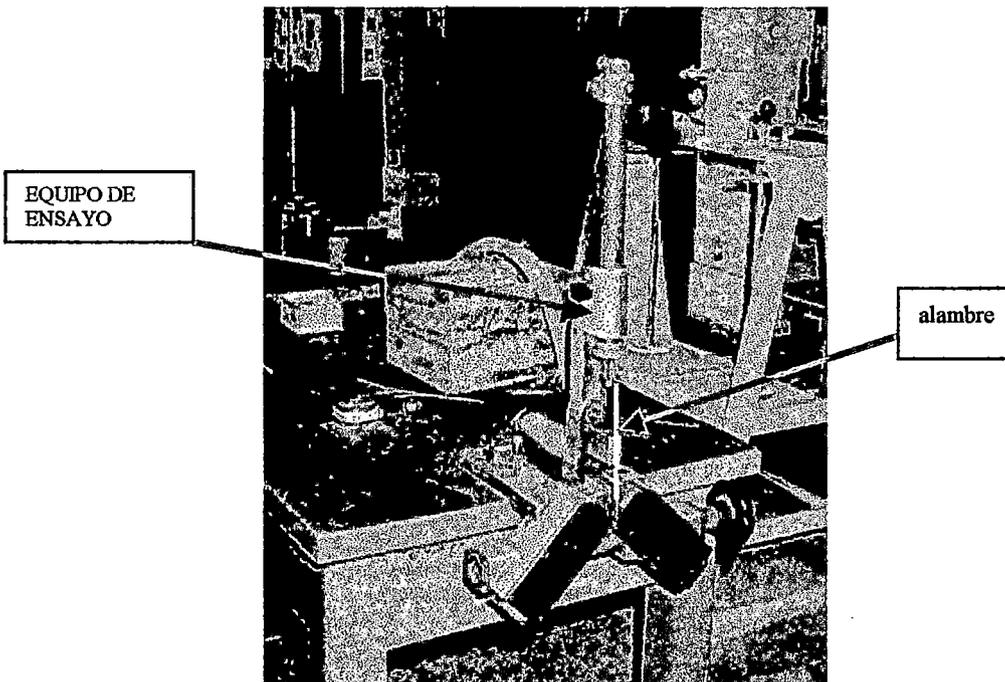
### Realización de la prueba

- Doblado del alambre a  $90^\circ$  hasta adaptarlo sobre el soporte derecho.

- Enderezado hasta la posición inicial.
- Doblado a 90 ° hasta adaptarlo al soporte izquierdo.
- Enderezado hasta la posición inicial .

Se repite el anterior ciclo hasta que se rompa la probeta, o hasta completar el número de ciclos prescrito.

- La velocidad de doblado debe ser tal que no provoque calentamientos que pueden influir sobre los resultados del ensayos : en cualquier caso no debe superarse un doblado por segundo.
- Puede aplicarse a la probeta un esfuerzo de tracción menor de 2 % de su resistencia, a fin de mejorar el contacto entre hilo y soportes.
- Salvo contraindicación, la prueba se realiza a temperatura ambiente .



## **CAPITULO 10**

### **CARGAS DE PREESFUERZO (Alambre Propuesto) : GRAFICOS**

Al igual que lo indicado en el capítulo 3 los ensayos para la prueba a tracción correspondientes a los alambres de 0.80 mm de diámetro de procedencia peruana y japonesa se realizaron en el laboratorio de Ingeniería Mecánica de la Universidad Nacional de Ingeniería, las pruebas de torsión simple y la de doblado alternativo se realizaron en el laboratorio de ensayos de materiales de la facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Ingeniería. A continuación se presentan los resultados de los ensayos correspondientes.

**VALORES OBTENIDOS CON EL ENSAYO DE TRACCIÓN PARA EL ALAMBRE DE 0.80 mm. DE PROCEDENCIA PERUANA.**

**1° ENSAYO**

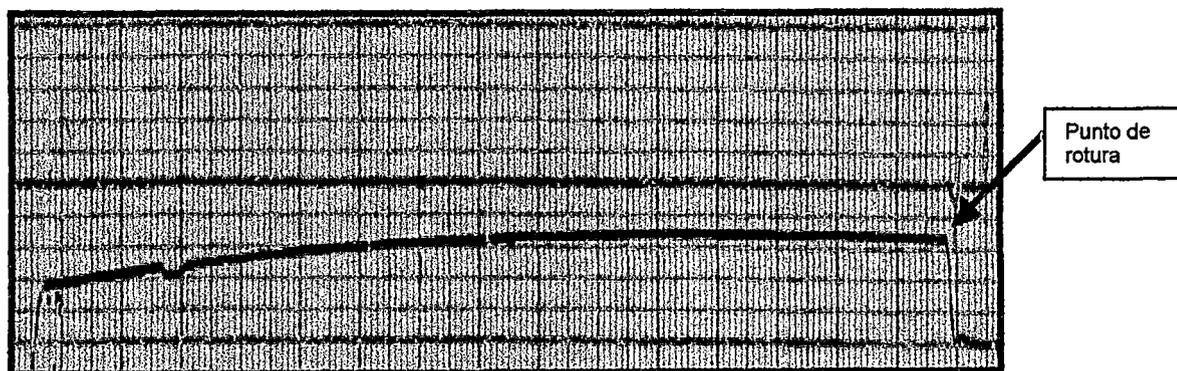
<b>CARGA DE ROTURA</b>	<b>19 kg</b>	<b>ESFUERZO DE ROTURA</b>	<b>37.79 kg/mm<sup>2</sup></b>
<b>LONGITUD INICIAL</b>	<b>50 mm</b>		
<b>LONGITUD FINAL</b>	<b>60 mm</b>	<b>ELONGACIÓN FINAL</b>	<b>20 %</b>

**2° ENSAYO**

<b>CARGA DE ROTURA</b>	<b>17 kg</b>	<b>ESFUERZO DE ROTURA</b>	<b>33.82 kg/mm<sup>2</sup></b>
<b>LONGITUD INICIAL</b>	<b>50 mm</b>		
<b>LONGITUD FINAL</b>	<b>57.5 mm</b>	<b>ELONGACIÓN FINAL</b>	<b>15 %</b>

**3° ENSAYO**

<b>CARGA DE ROTURA</b>	<b>18 kg</b>	<b>ESFUERZO DE ROTURA</b>	<b>35.81 kg/mm<sup>2</sup></b>
<b>LONGITUD INICIAL</b>	<b>50 mm</b>		
<b>LONGITUD FINAL</b>	<b>60.2 mm</b>	<b>ELONGACIÓN FINAL</b>	<b>20.4 %</b>



**Grafica típica Esfuerzo-deformación alambre de ø 0.80 mm Peruano.**

**VALORES OBTENIDOS CON EL ENSAYO DE TRACCIÓN PARA EL ALAMBRE DE 0.80 mm DE DIÁMETRO DE PROCEDENCIA JAPONESA**

**1° ENSAYO**

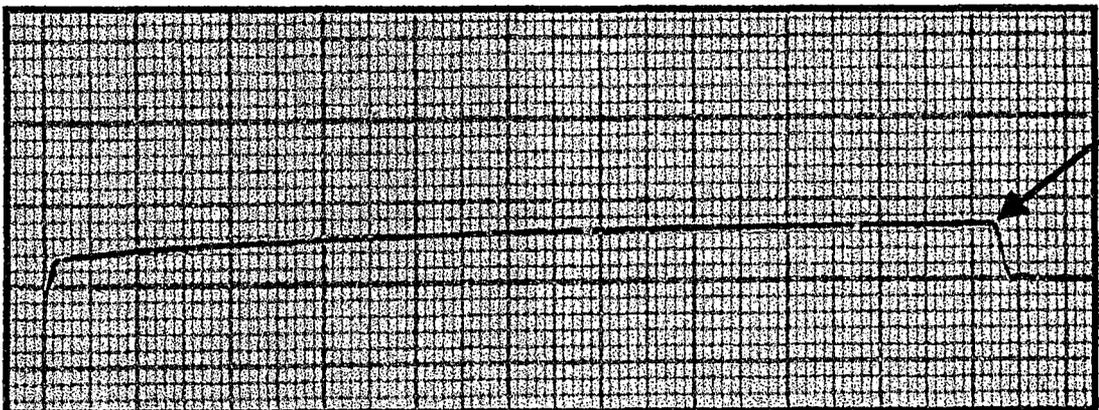
CARGA DE ROTURA	10 kg	ESFUERZO DE ROTURA	19.89 kg/mm <sup>2</sup>
LONGITUD INICIAL	50 mm		
LONGITUD FINAL	56 mm	ELONGACIÓN FINAL	12 %

**2° ENSAYO**

CARGA DE ROTURA	9 kg	ESFUERZO DE ROTURA	17.9 kg/mm <sup>2</sup>
LONGITUD INICIAL	50 mm		
LONGITUD FINAL	60 mm	ELONGACIÓN FINAL	20 %

**3° ENSAYO**

CARGA DE ROTURA	9 kg	ESFUERZO DE ROTURA	17.9kg/mm <sup>2</sup>
LONGITUD INICIAL	50 mm		
LONGITUD FINAL	57.2 mm	ELONGACIÓN FINAL	14.4 %



**Gráfica típica Esfuerzo-deformación alambre de ø 0.80 mm Japonés.**

**COMPARACIÓN DE RESULTADOS DEL ENSAYO DE TRACCIÓN, DE TORSIÓN SIMPLE Y DE DOBLADO ALTERNADO CON LOS DIFERENTES TIPOS DE ALAMBRE**

**ENSAYOS DE TRACCIÓN**

PRIMER ENSAYO	Alambre 16	Alambre de 0.8 mm Perú.	Alambre de 0.8 mm Japón
ESFUERZO DE ROTURA	36.60	37.79	19.89
ESFUERZO DE FLUENCIA	25.60		
ELONGACION FINAL (%)	26.00	20.00	12.00

**SEGUNDO ENSAYO**

ESFUERZO DE ROTURA	36.60	33.82	17.90
ESFUERZO DE FLUENCIA	27.50		
ELONGACION FINAL (%)	30.00	15.00	20.00

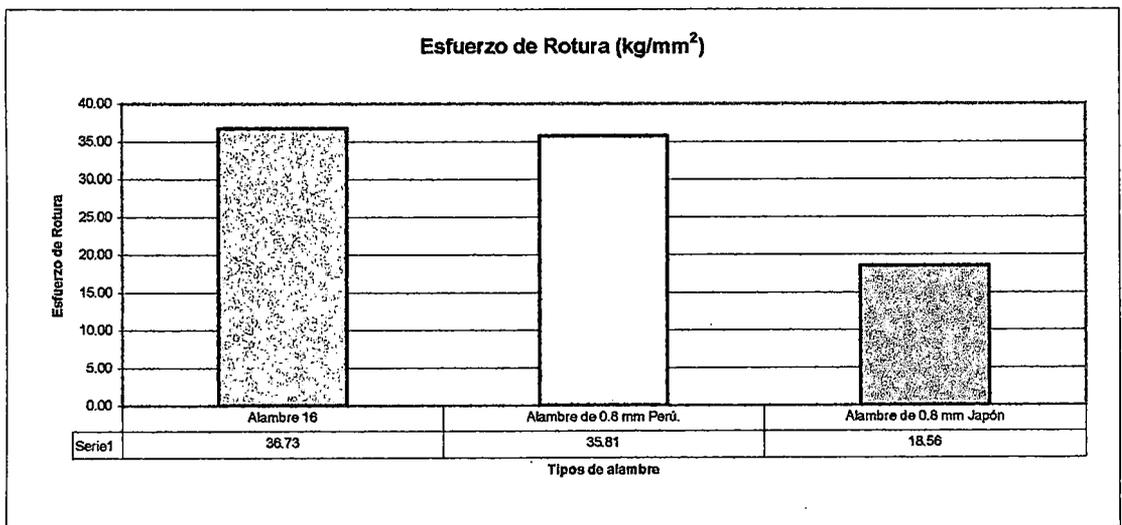
**TERCER ENSAYO**

ESFUERZO DE ROTURA	37.00	35.81	17.90
ESFUERZO DE FLUENCIA	25.60		
ELONGACION FINAL (%)	26.00	20.40	14.40

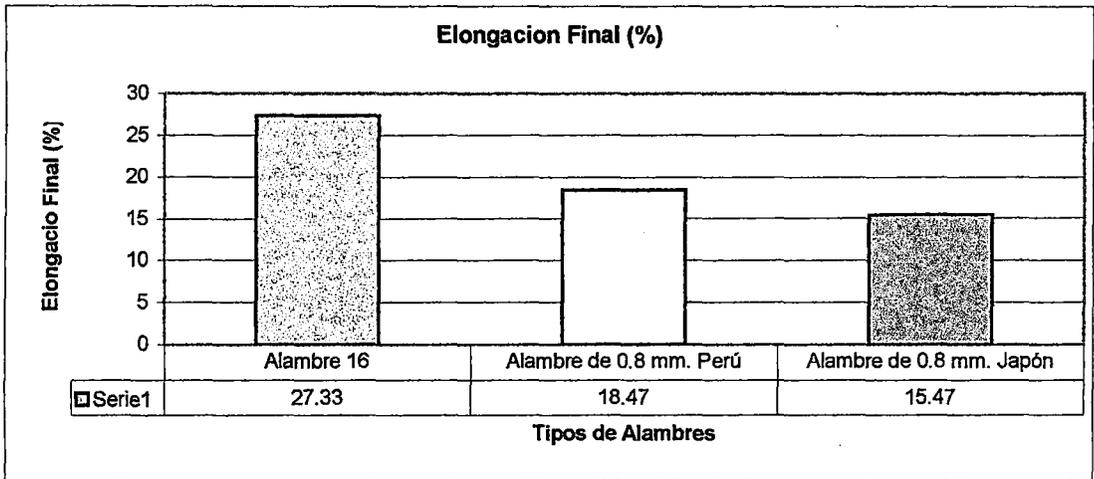
**PROMEDIO**

ESFUERZO DE ROTURA	36.73	35.81	18.56
ESFUERZO DE FLUENCIA	26.23		
ELONGACION FINAL (%)	27.33	18.47	15.47

Esfuerzos en  $\text{kg/mm}^2$



	Alambre 16	Alambre de 0.8 mm. Perú	Alambre de 0.8 mm. Japón
ELONGACION FINAL (%)	27.33	18.47	15.47

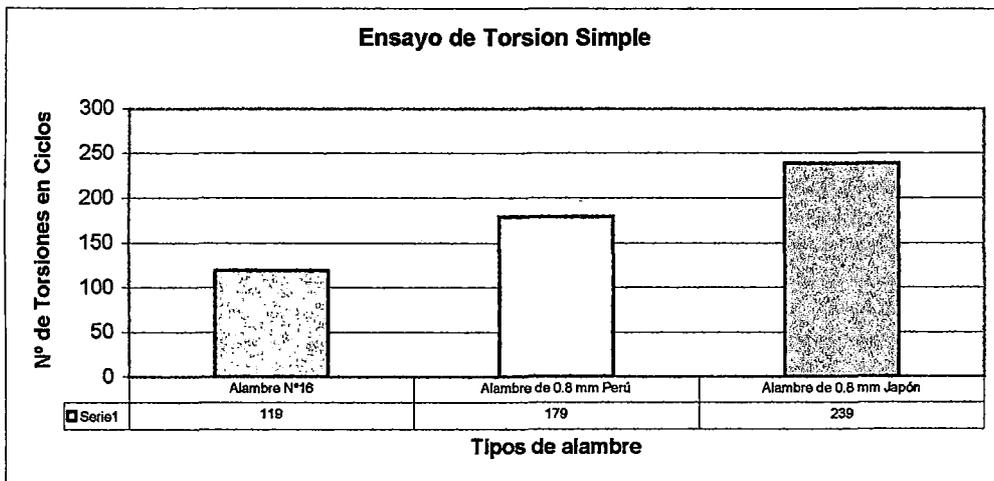


## ENSAYO DE TORSIÓN SIMPLE

El Ensayo consiste en torcer una probeta alrededor de su propio eje hasta rotura, o hasta un determinado número de torsiones, todas ellas en el mismo sentido.

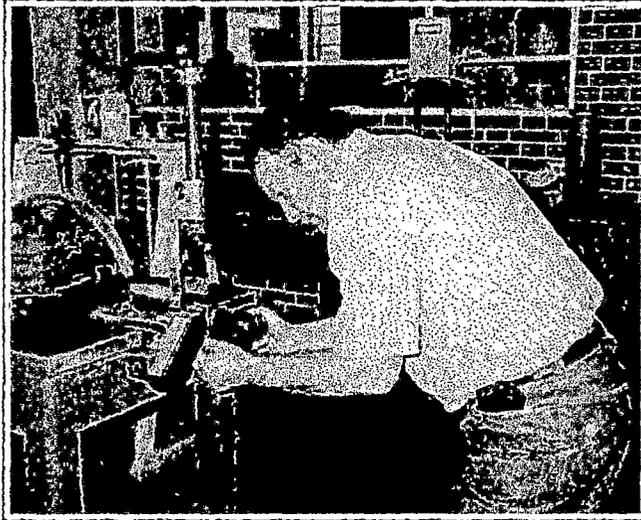
Nº de prueba	Alambre Nº16	Alambre de 0.8 mm Perú	Alambre de 0.8 mm Japón
1	125	207	286
2	123	181	294
3	110	174	222
4	114	111	234
5	117	188	192
6	110	191	271
7	125	203	232
8	128	178	182
suma	952	1433	1913
<b>Promedio</b>	<b>119</b>	<b>179</b>	<b>239</b>

Los valores están dados en ciclos



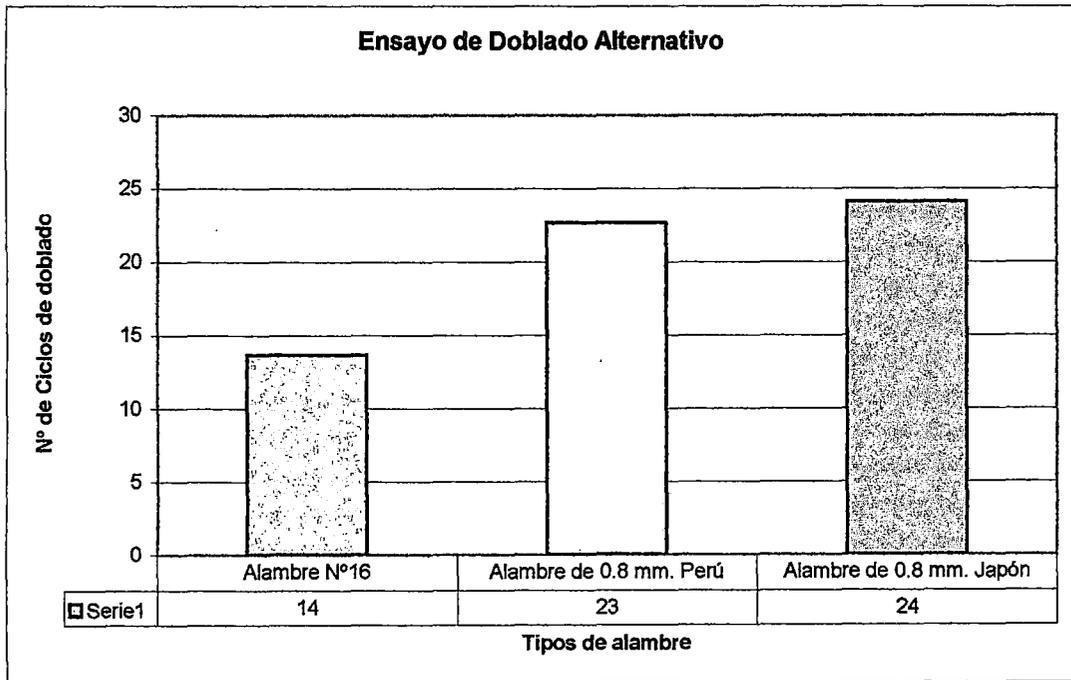
## ENSAYO DE DOBLADO ALTERNATIVO

El ensayo consiste en doblar varias veces a  $90^\circ$ , alternativamente en uno y otro sentido, una probeta fijada por un extremo.



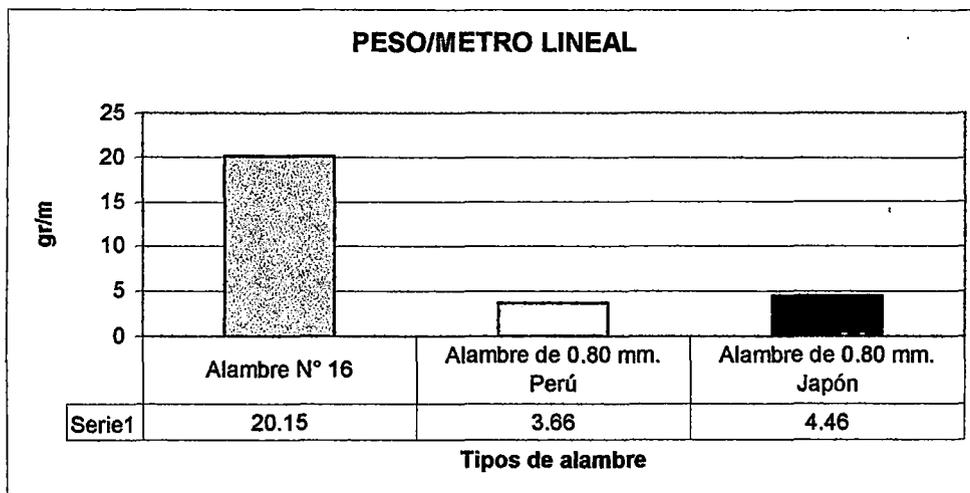
Nº de Prueba	Alambre Nº16	Alambre de 0.8 mm. Perú	Alambre de 0.8 mm. Japón
1	13.0	23.5	25.5
2	12.5	26.0	22.5
3	13.5	22.5	28.0
4	13.0	25.0	23.0
5	17.0	21.5	21.5
6	15.5	21.5	22.5
7	14.0	21.5	23.0
8	11.0	20.0	27.0
suma	109.5	181.5	193.0
promedio	14	23	24

Los valores están dados en ciclos



# DETERMINACIÓN DEL PESO / METRO LINEAL

	Alambre N° 16	Alambre de 0.80 mm. Perú	Alambre de 0.80 mm. Japón
gr/m promedio	20.15	3.66	4.46



## **CAPITULO 11**

### **INSPECCION : NORMAS PROPUESTAS**

En el presente capítulo pretendemos dar algunos alcances para la futura norma que establecerá los requisitos que deben cumplir los alambres de sujeción .

# **ALAMBRE DE ACERO DE BAJO CONTENIDO DE CARBONO, TREFILADO, PARA SUJECIÓN DE ACERO ESTRUCTURAL EN ELEMENTOS DE CONCRETO ARMADO**

## **11.1. - NORMAS A CONSULTAR**

- 11.1.1 ITINTEC 341.129 Método de ensayo de Doblado Alternado.
- 11.1.2 ITINTEC 341.131 Método de Ensayo de Torsión Simple.
- 11.1.3 ISO 6892 "Materiales Metálicos.- Ensayos de Tensión en Temperatura Ambiente.

## **11.2. - OBJETO**

- 11.2.1 La presente Norma establece los requisitos que deben cumplir los alambres de acero de bajo contenido en carbono, trefilado, para sujeción de acero estructural en elementos de concreto armado.
- 11.2.2 La presente norma es aplicable a alambres destinados a la sujeción (amarre) del acero estructural en elementos de concreto armado, para los cuales se requiere especificar las características de las dimensiones y del acabado que deben tener, así como la resistencia mínima a la tracción, a la Torsión Simple y Doblado Alternativo de acuerdo a lo indicado en la presente Norma.

## **11.3. - ELABORACIÓN**

- 11.3.1 El alambre se obtendrá a partir de la trefilación del alambrcn, el cual mantendrá las siguiente composici3n Química (% Mx.)

C	Mn	Sí	P	S
0.09	0.30	0.06	0.04	0.05

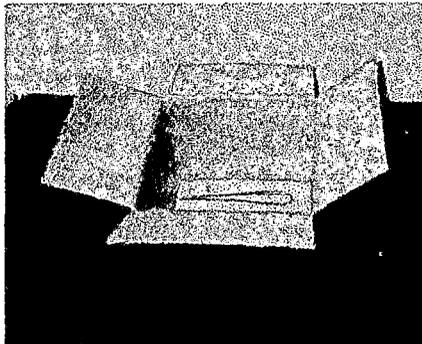
## 11.4. - REQUISITOS

11.4.1 BASE DE COMPRA.- Las órdenes de material bajo esta Norma, deberán incluir los siguientes datos para describirlo adecuadamente:

- a) Número de esta Norma y año de su aprobación.
- b) Designación del material.
- c) Cantidad pedida (Cajas).
- d) Peso Nominal de la Caja.
- e) Diámetro nominal del alambre en milímetros (dos cifras decimales).

11.4.2 Acabado.- El alambre se obtendrá con las propiedades indicadas en esta Norma y será de calidad uniforme, manteniendo una superficie lisa en todos los alambres.

11.4.3 Condiciones de entrega .- El alambre se suministrará en cajas de cartón, con un peso nominal de 20 kg ; dentro de la caja estarían 116 paquetes ( cada paquete pesará 0.172 kg aproximadamente y además estaría conformado por 115 alambres, siendo la medida de cada alambre de 41 cm de longitud, con un peso/ml aproximado de 3.66 gr/m ) .

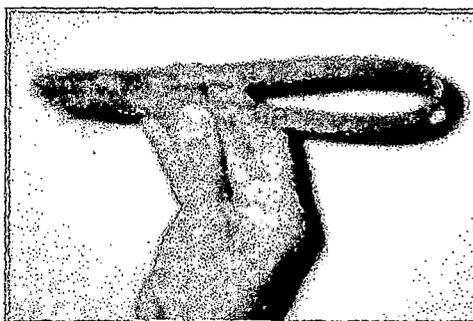


11.4.4 Propiedades Mecánicas.- La resistencia mínima a la tracción para el alambre trefilado será de 17 DN/mm<sup>2</sup> (17.35 kgf/mm<sup>2</sup>).

El ensayo de Doblado Alternado indicará como mínimo 21 ciclos de doblado.

El ensayo de Torsión Simple indicará 222 ciclos como mínimo.

11.4.5 Dimensiones.- El diámetro nominal del alambre trefilado será de 0.80 mm. y la longitud nominal de cada alambre en el paquete será de 0.41 m. Adicionalmente se podría considerar alambres de 0.51 m de longitud para sujetar diámetros mayores de acero estructural .



11.4.5.1 Las tolerancias en el diámetro y la ovalización para el alambre trefilado serán las indicadas en la tabla siguiente:

Diámetro nominal (d) en mm.	Discrepancias en el diámetro Nominal en mm.	Ovalización máx Permisible en mm.
0.80	± 0.03	0.03

Nota : Ovalización. Diferencia entre el diámetro máximo y mínimo de una sección circular.

## **11.5. - MUESTREO Y RECEPCIÓN**

### **11.5.1.- Inspección.-**

**11.5.1.1** Si el comprador estuviera interesado en asistir a la inspección y ensayos de los productos ordenados, el productor deberá concederle todas las facilidades necesarias para verificar que su orden está siendo atendida de acuerdo al pedido sin que esto cause interrupción del procesamiento o atraso en la producción y/o despacho.

**11.5.1.2** La inspección y los ensayos deberán ser realizados antes del despacho, salvo que se establezca otra cosa entre el productor y comprador, las muestras serán retiradas dentro de la rutina de la planta.

**11.5.2.- Lote.-** El lote estará formado por cajas conteniendo alambres empaquetados de iguales características.

**11.5.2** Inspección visual.- Sobre el lote de cajas de alambre se realizará una inspección visual para verificar si se cumple con lo indicado en esta Norma, rechazándose individualmente las cajas de alambres que no satisfagan dichas condiciones.

### **11.5.4 Muestra.-**

**11.5.4.1** De las cajas que vayan cumplido la inspección visual se extraerá una muestra en la forma que se indica en la tabla siguiente.

#### CANTIDAD DE MUESTRAS POR LOTE:

Numero de cajas			Numero de Muestras	Rechazo
Hasta		25	2	1
26	a	150	8	2
151	a	280	18	3
281	a	500	20	4
501	a	1200	32	6
1201	a	3200	50	8
3201	a	10000	80	11

11.5.4.2 De cada caja integrante de la muestra se extraerá un paquete de alambre y del cual los alambres para realizar los ensayos indicados en esta norma.

11.5.5 Dimensiones.- Sobre las cajas de alambre de la muestra se verificará el diámetro, la longitud del alambre y el peso de la caja.

11.5.6 Ensayos.- Sobre los alambres extraídos de cada caja de la muestra se realizará El ensayo de Tracción, el ensayo de Torsión Simple y el ensayo de Doblado Alternado.

11.5.7 Aceptación o Rechazo.- La aceptación o rechazo del lote se efectuará en base al Número de cajas defectuosas según lo establecido en la tabla anterior.

#### 11.6. - METODOS DE ENSAYO

11.6.1 Ensayo de Tracción.- El ensayo de tracción debe ser realizado de acuerdo con la Norma ISO 6892.

**11.6.2 Verificación dimensional.-** Las dimensiones se verificarán con instrumentos de Medición que permitan apreciar las tolerancias admitidas en esta Norma, con una Precisión de 0.01 mm..

**11.6.3 Ensayo de torsión Simple.-** El ensayo de Torsión Simple del alambre se realizará Según la Norma de ITINTEC 341.131.

**11.6.4 Ensayo de doblado Alternado.-** El ensayo de Doblado Alternado del alambre se Realizará según la Norma de ITINTEC 341.129

## **11.7. - ENVASE Y ROTULADO**

**11.7.1 Marcado y rotulado.-** Cada caja llevará marcado con caracteres claros e indelebles en una etiqueta resistente a la intemperie y al manipuleo y sujeta al mismo, las siguientes indicaciones:

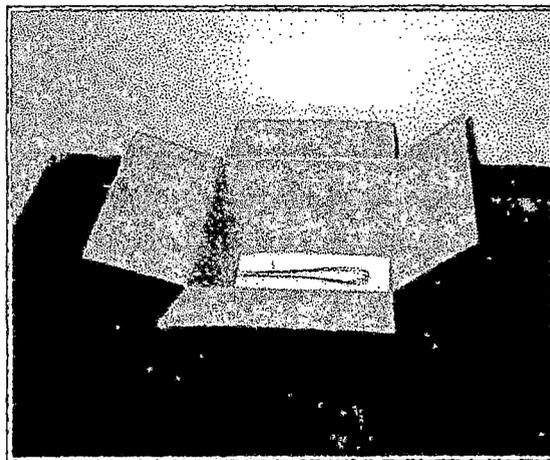
- a.- Número y año de aprobación de esta Norma.
- b.- Símbolo ó nombre del fabricante.
- C.- Diámetro nominal del alambre.
- D.- Peso nominal de la caja.
- e.- Cualquier otro data requerido por los dispositivos legales vigentes.

## **CAPITULO 12**

### **MANEJO DEL ALAMBRE EN LA OBRA (DEL ALAMBRE PROPUESTO)**

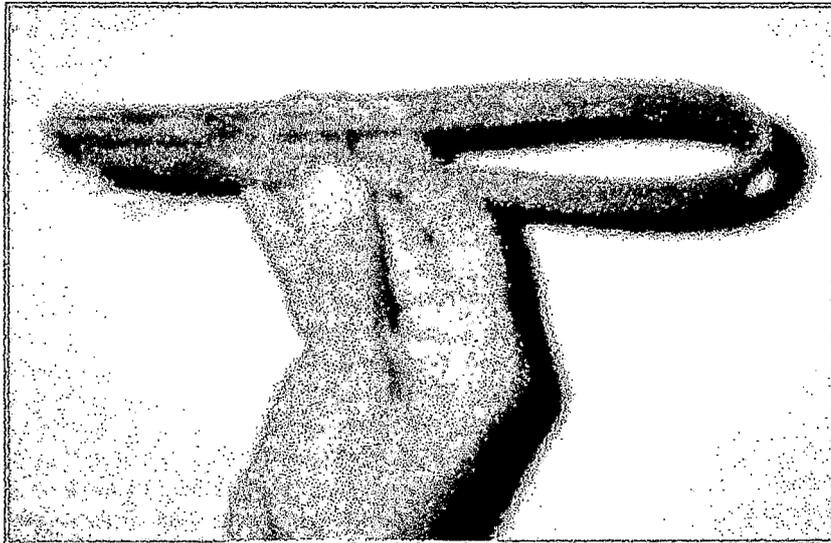
#### **COMO LLEGARIA A LA OBRA**

El alambre propuesto llegaría a la obra en cajas de cartón conteniendo un peso aproximado de 20 kg. de alambre (este peso facilita su traslado hacia y dentro de la obra), tal como se muestra en la siguiente ilustración:

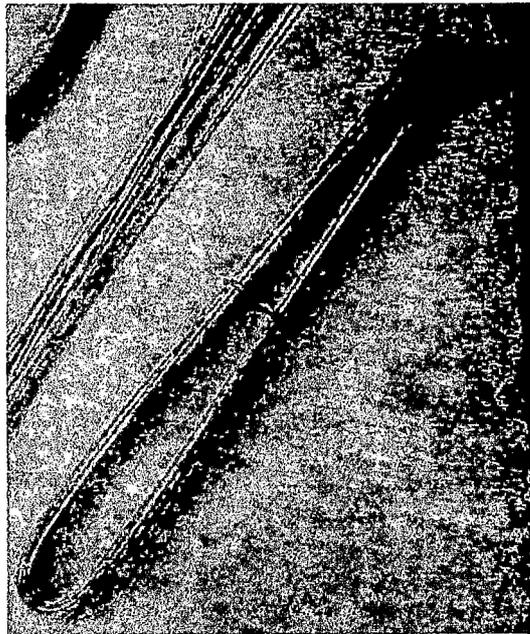


Caja que contendrá 116 paquetas de alambre

Los alambres dentro de la caja estarían en paquetes de aproximadamente 0.17 Kg conformados con 115 - 120 alambres, siendo la medida de cada alambre de 40-42 cm de longitud aproximadamente; con un diámetro de sección dentro de un rango de 0.80-0.82 mm. En las siguientes ilustraciones se muestran los detalles de lo dicho:



Paquete formado por 115 a 120 alambres.



La longitud de cada alambre entre 40-42 cm.

## HABILITACIÓN

La gran diferencia que existe entre el alambre utilizado hasta ahora con el propuesto, es que para este último no es necesario hacer ningún tipo de habilitación dentro de la obra, esto es el alambre llegaría listo para ser utilizado.

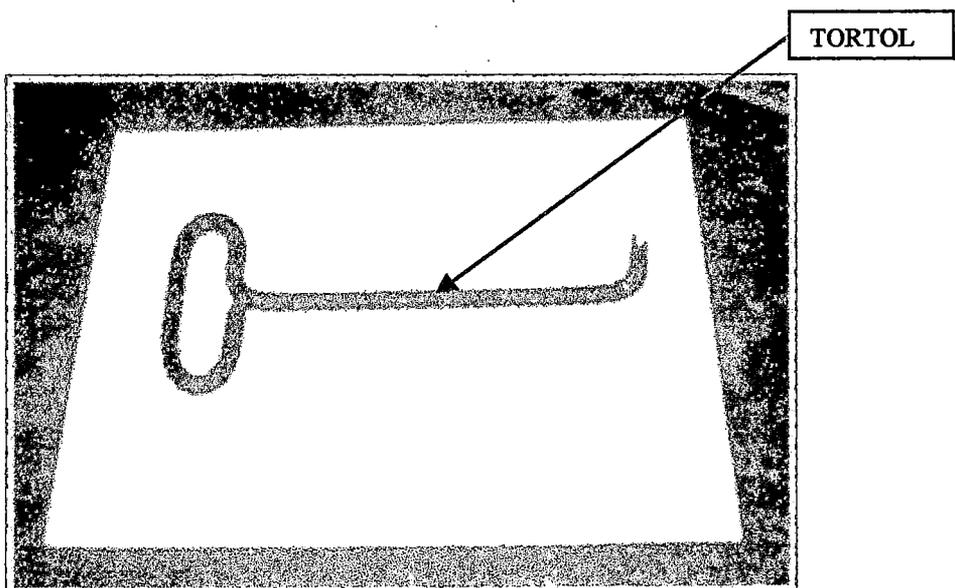
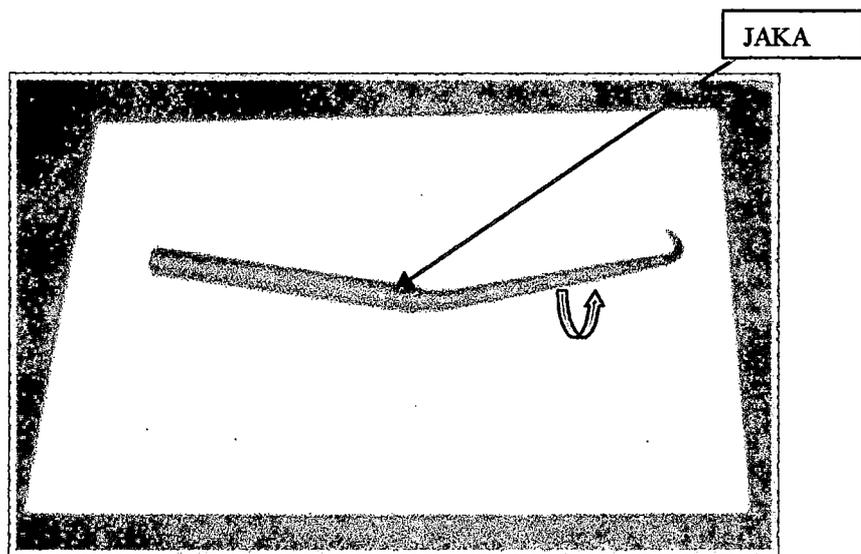
## PROCESO DE SUJECIÓN DE LA ARMADURA

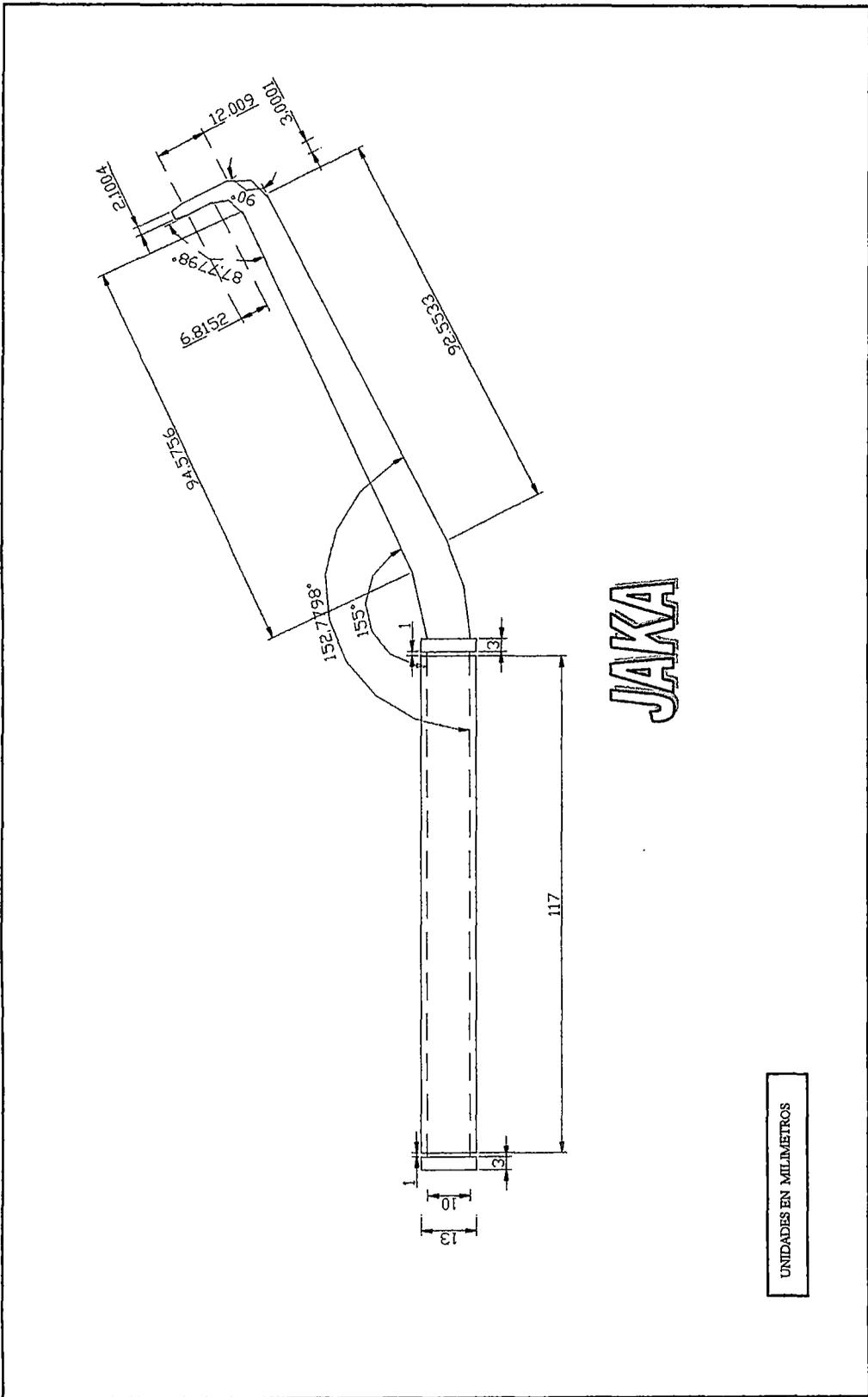
Sin soltar el paquete de alambres y con solo el movimiento de los dedos se puede conseguir un perfecto ajuste de los elementos estructurales



Obsérvese que en proceso de sujeción El operario no suelta el paquete de alambre y con solo un giro de la muñeca se logra un ajuste perfecto.

Para esto es necesario un cambio en el tipo de herramienta que sirve para ajustar el alambre. En el Perú desde hace muchas décadas se viene usando el llamado Tortol, que para ajustar alambres de poca sección, produce la rotura al momento de ajustar el alambre; La herramienta a utilizar sería una que pueda moverse sobre un eje a la altura de la manija tal como se muestra en las siguientes ilustraciones. (Herramienta muy parecida, se utiliza en algunos países asiáticos como Japón con el nombre de Jaka que sirve para ajustar alambres de acero, cobre etc. , de diámetro pequeño)





UNIDADES EN MILIMETROS

## TIEMPO QUE SE UTILIZARA PARA LA SUJECION

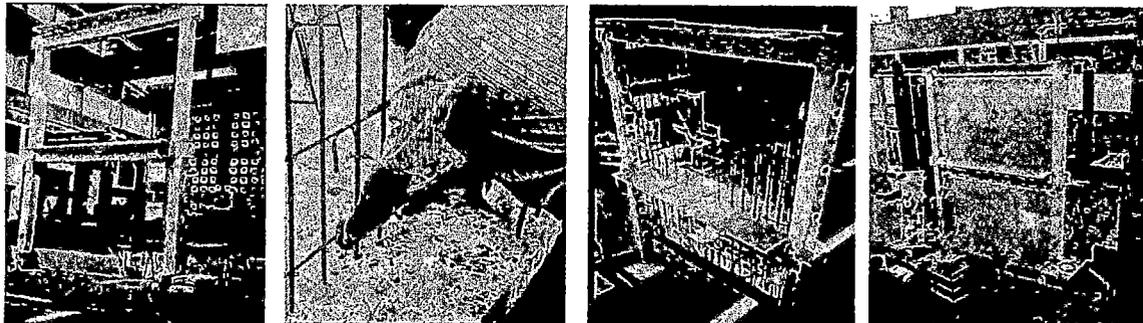
El tiempo estimado para ajustar los elementos estructurales se han estimado de 2 seg. para losas y placas, para el caso de vigas y columnas un promedio de 3 seg. por cada punto a sujetar.



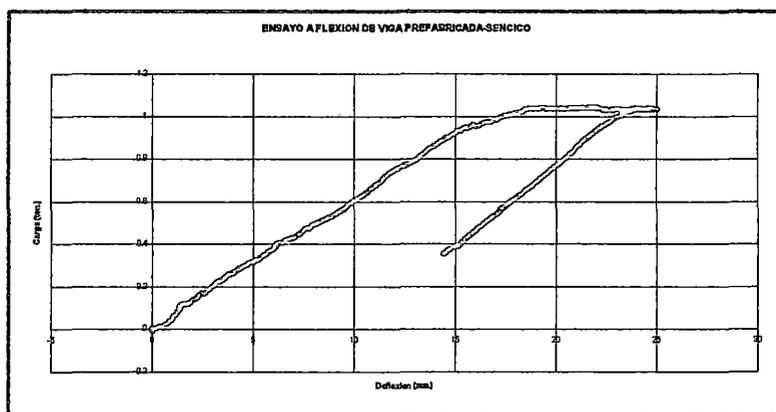
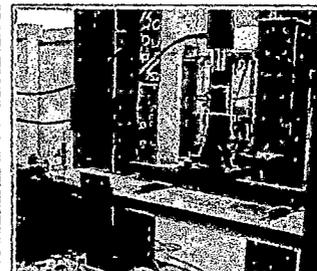
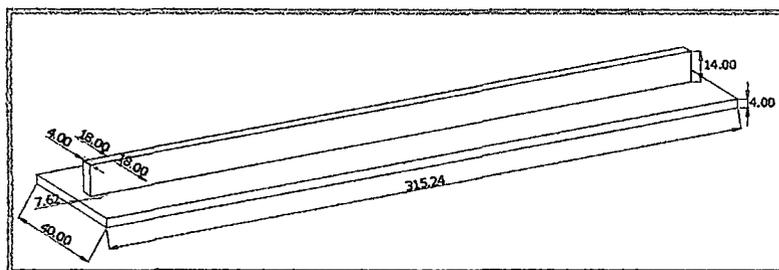
2 seg para  
placas y  
losas, 3  
seg para  
vigas y  
columnas

**EXPERIENCIAS EN LA UTILIZACIÓN DE ALAMBRES DE POCO DIÁMETRO EN LA SUJECIÓN DEL ACERO ESTRUCTURAL.**  
 ( En el orden de 0.80 mm de diámetro )

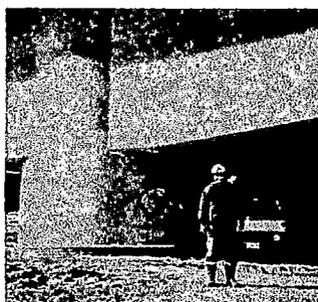
*Rapidez en el armado de la malla del acero estructural para formar placas(CISMID):*



*Construcción de viguetas prefabricadas de poco espesor (CISMID):*



*En la construcción del puente cerca de la ciudad de Kitakata - Japón*

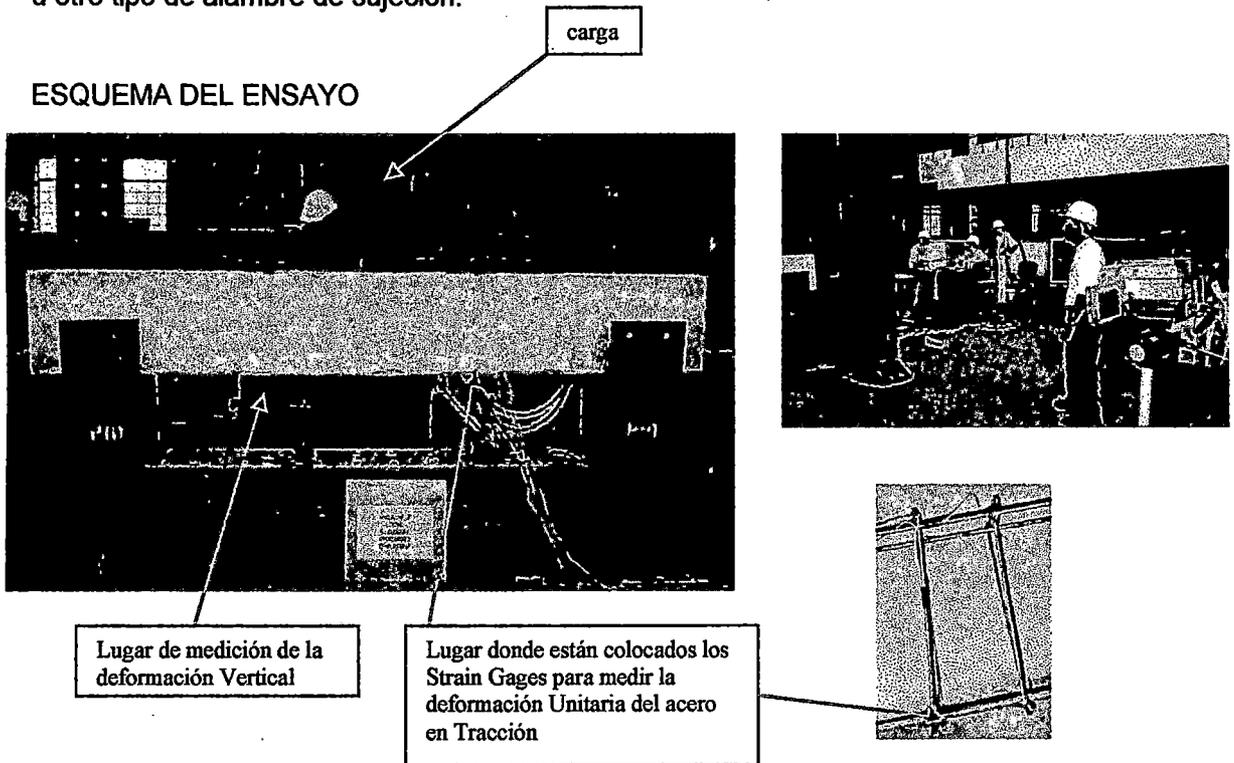


## CAPITULO 13

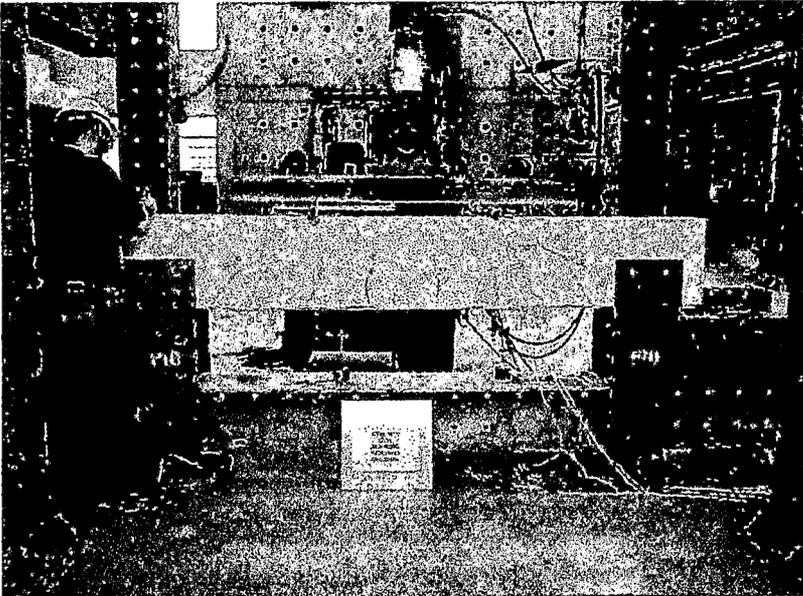
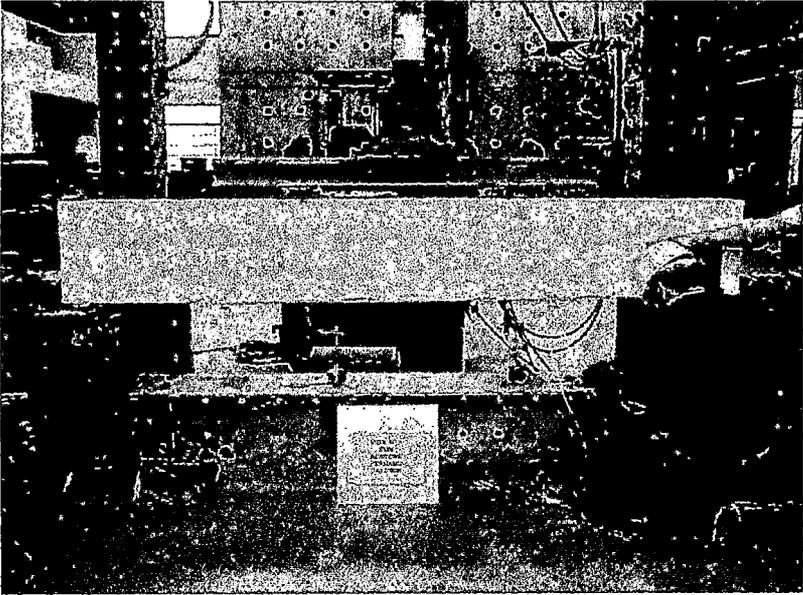
### ESTUDIO EXPERIMENTAL DE LA INFLUENCIA DEL ALAMBRE DE SUJECIÓN (AMARRE) DENTRO DEL CONCRETO ARMADO

#### ENSAYOS DE FLEXION USANDO TÉCNICA PROPUESTA

Usando el mismo diseño utilizado en el capítulo 6 pero utilizando para sujetar al acero estructural a los alambres de 0.80 mm. de diámetro de procedencia peruana y japonesa se realizaron los ensayos de flexión. En las siguientes páginas se mostrarán la forma del experimento y los resultados gráficos, así mismo se compara si existe algún tipo de variación en el comportamiento de la Viga en Flexión, al hacer uso de uno u otro tipo de alambre de sujeción.

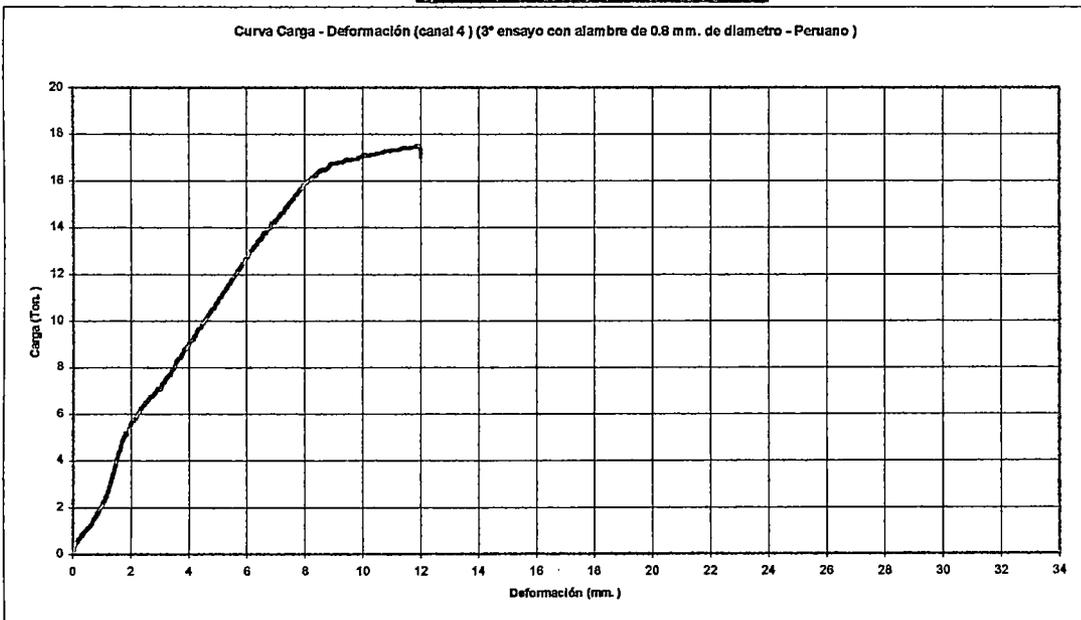
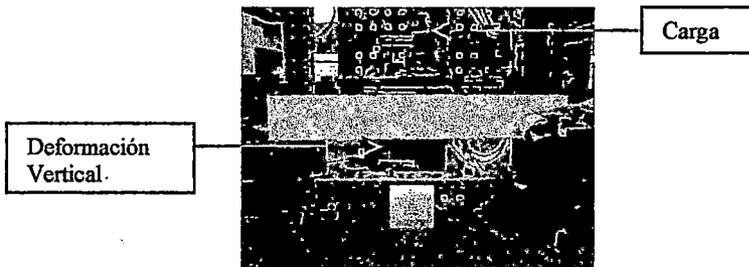
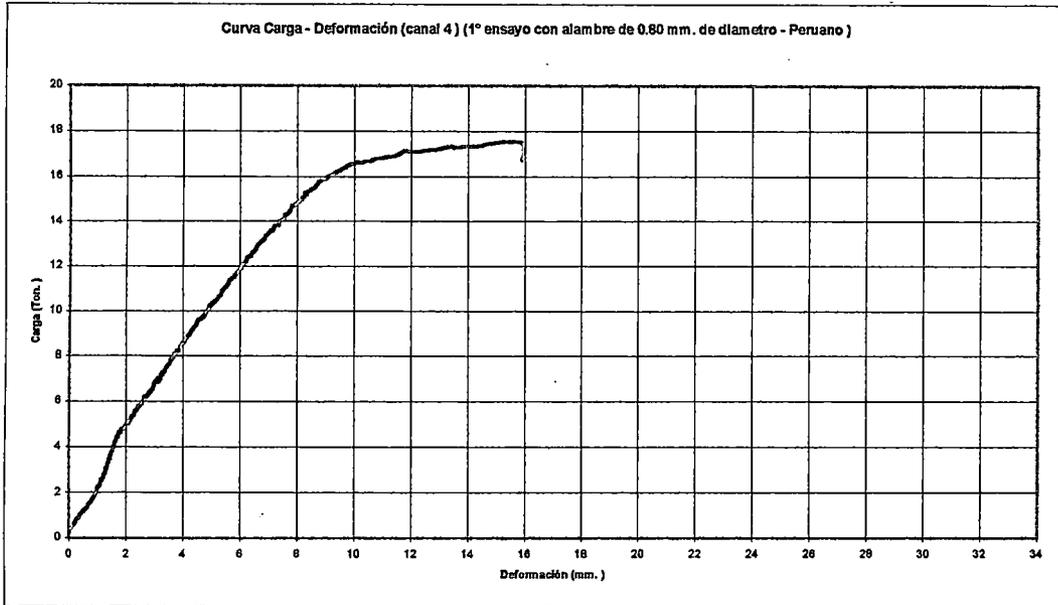


ENSAYOS DE VIGAS CON ALAMBRE DE 0.8 mm. DE DIÁMETRO (PERUANO)

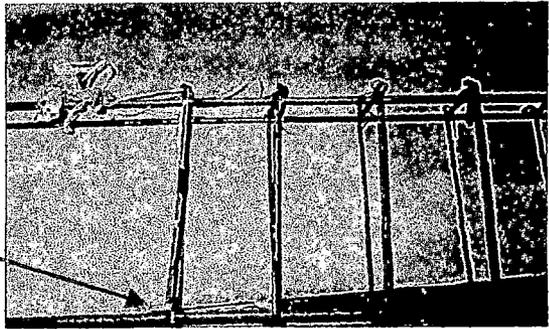
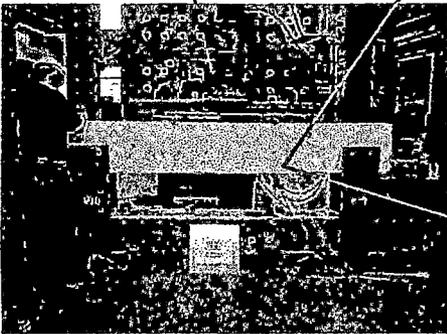
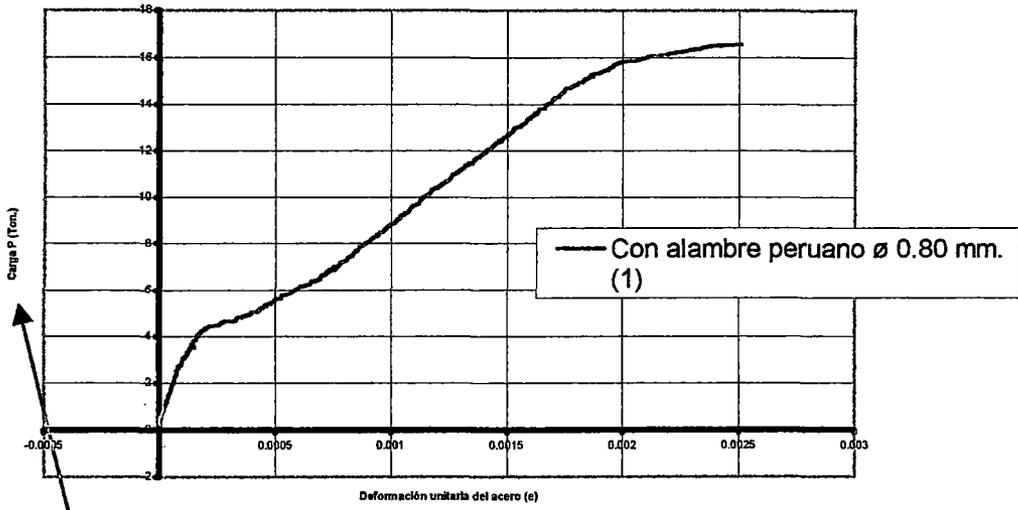


# RESULTADOS DE ENSAYOS DE VIGAS EN FLEXION

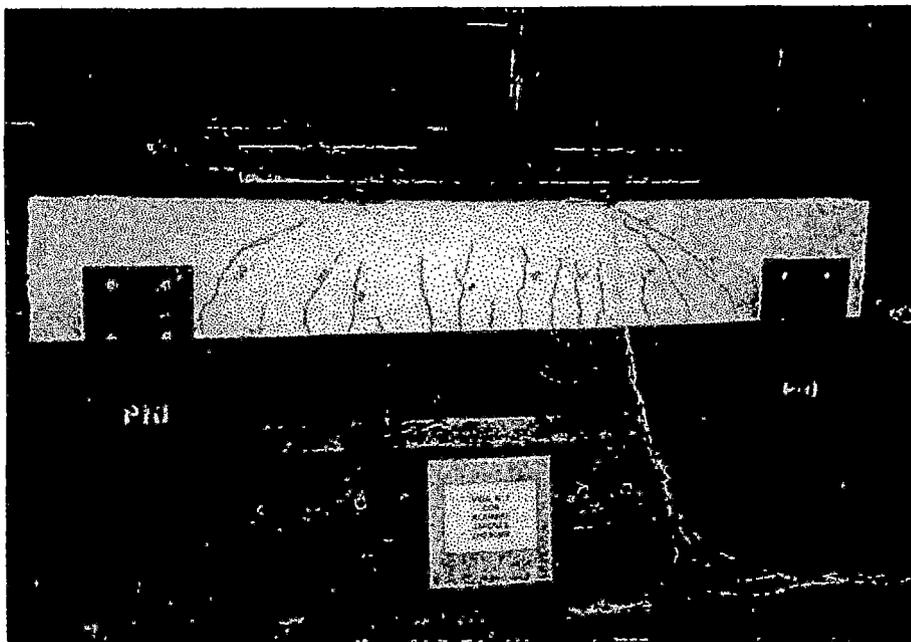
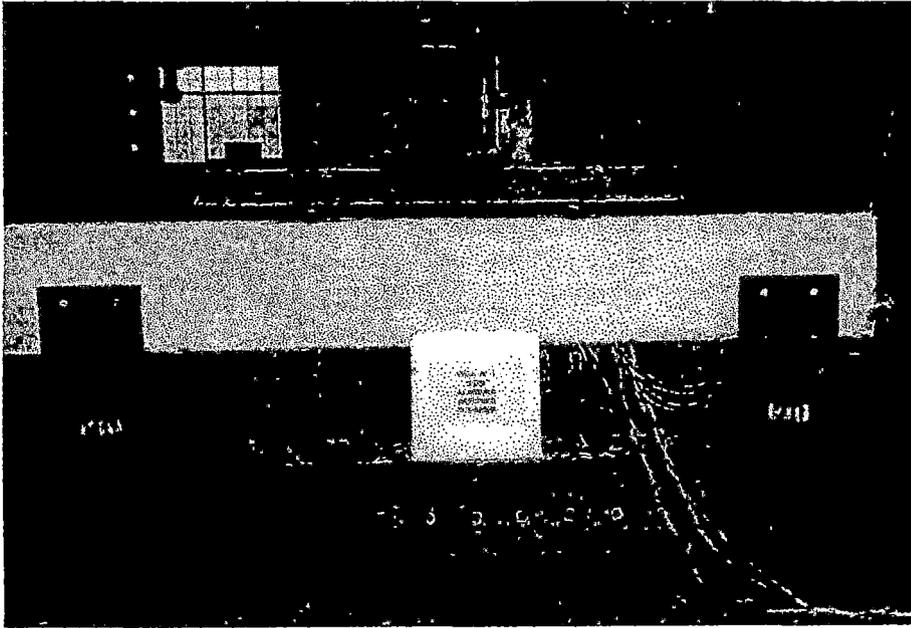
## CON ALAMBRE DE 0.80 mm. DE DIÁMETRO (PERUANO)



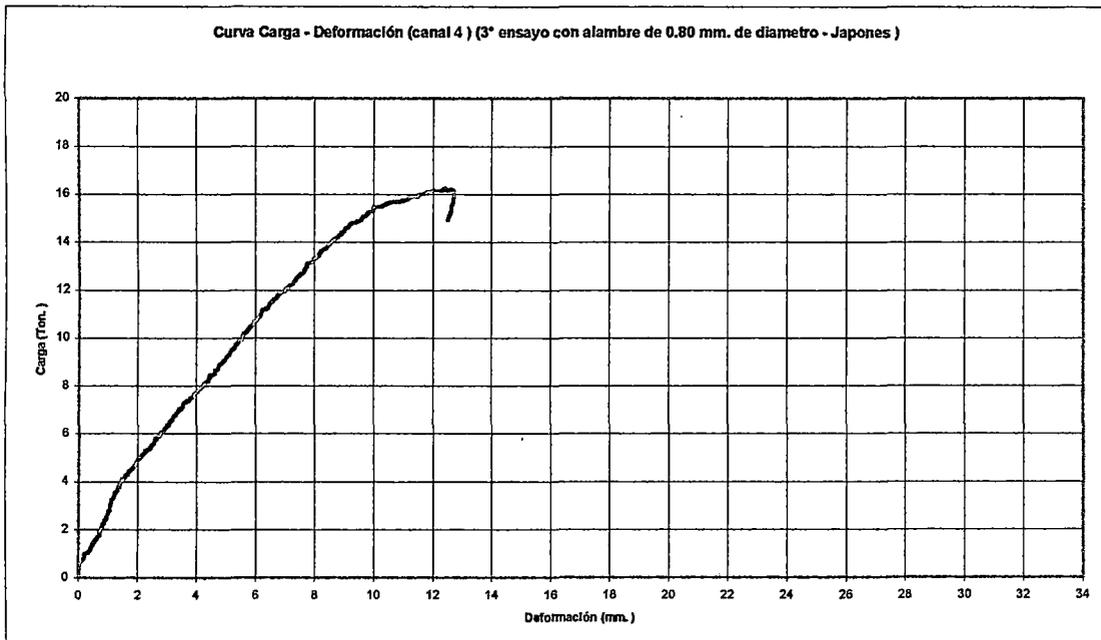
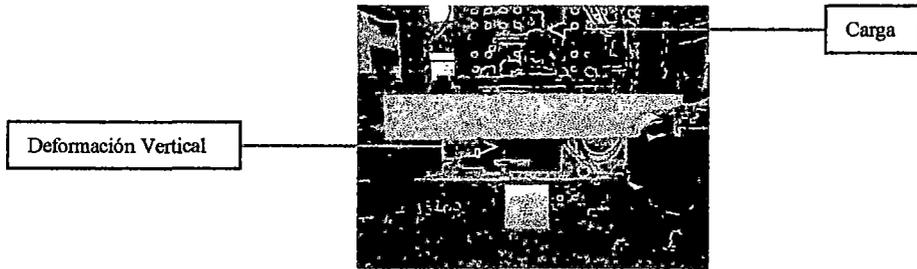
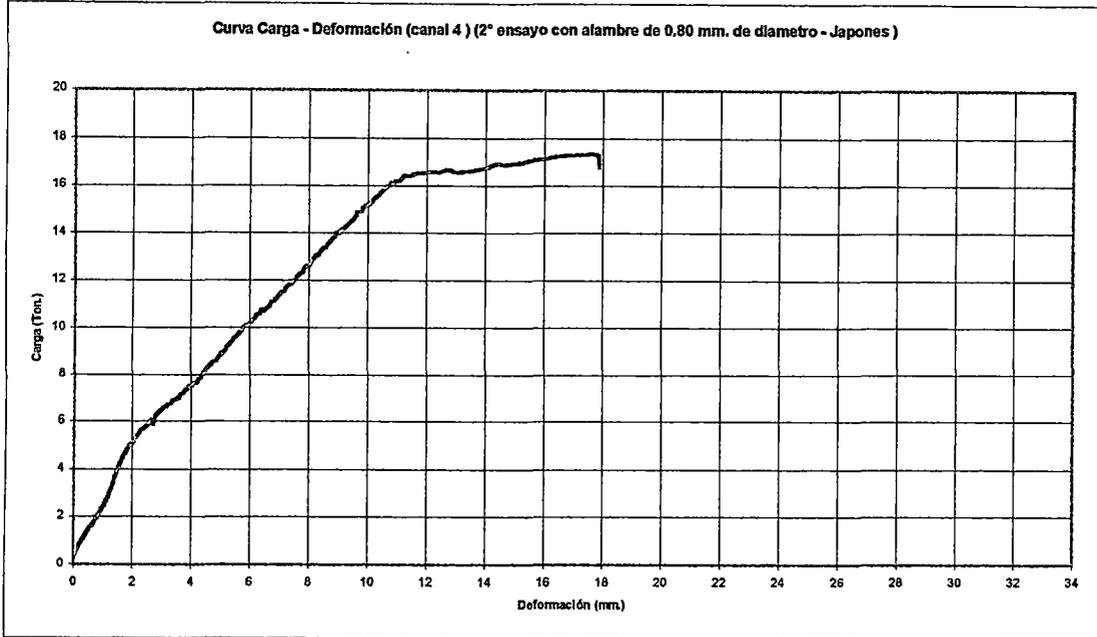
Curva Carga - Deformación Unitaria del acero en Tracción (Obtenido con Strain Gages)

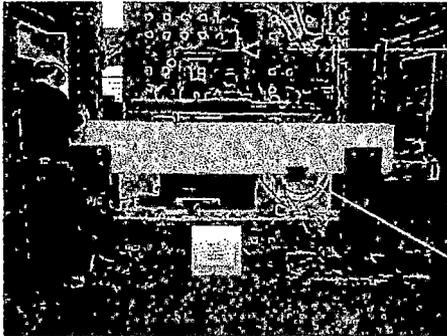
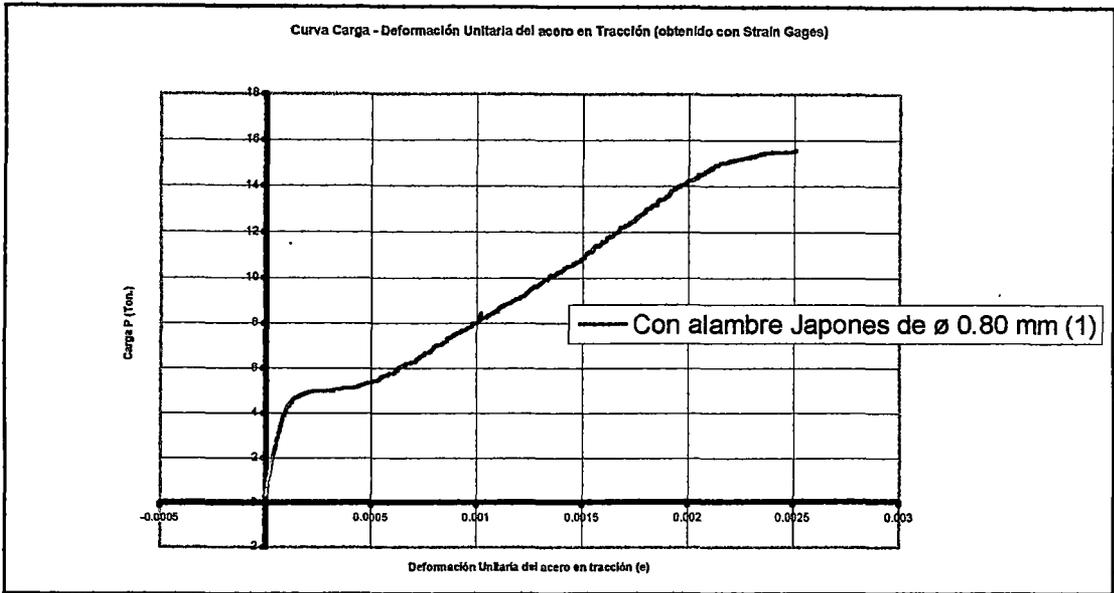


**ENSAYOS DE VIGAS CON ALAMBRE DE 0.8 mm. DE DIÁMETRO (JAPONES )**

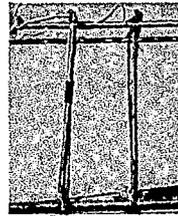


**RESULTADOS DE ENSAYOS DE VIGAS EN FLEXION CON ALAMBRE DE 0.80 mm. DE DIÁMETRO (JAPONES )**

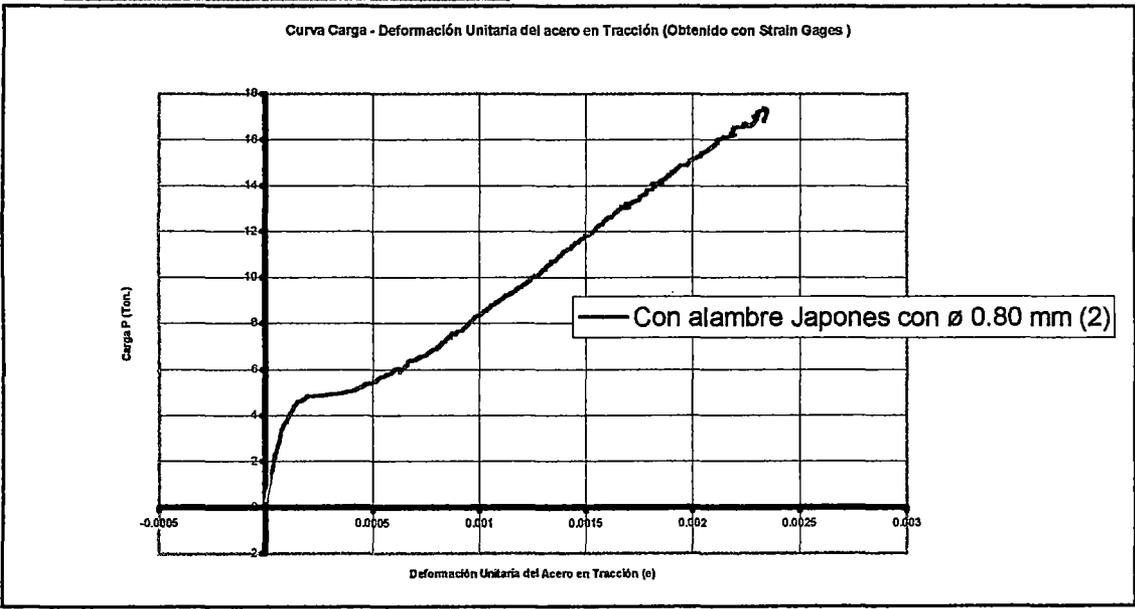




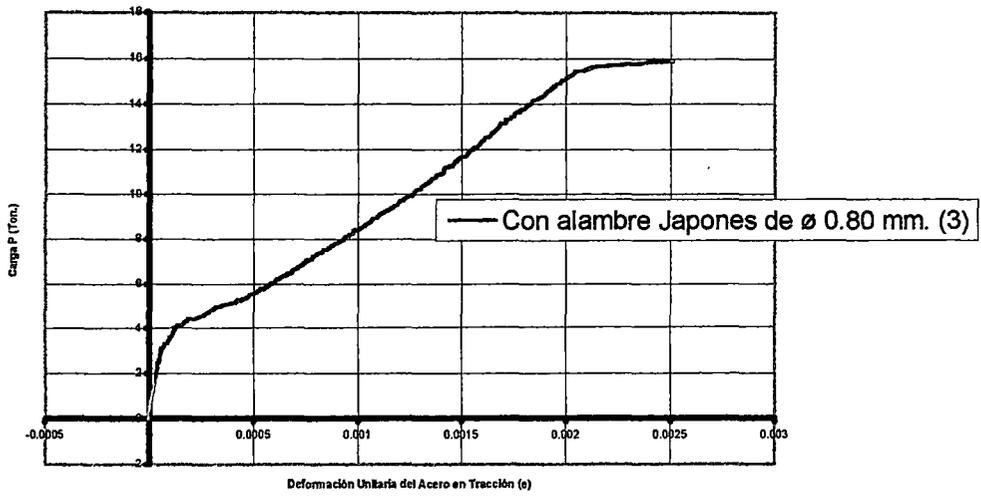
Carga



Strain Gages (Para medir deformación Unitaria del acero en tracción)

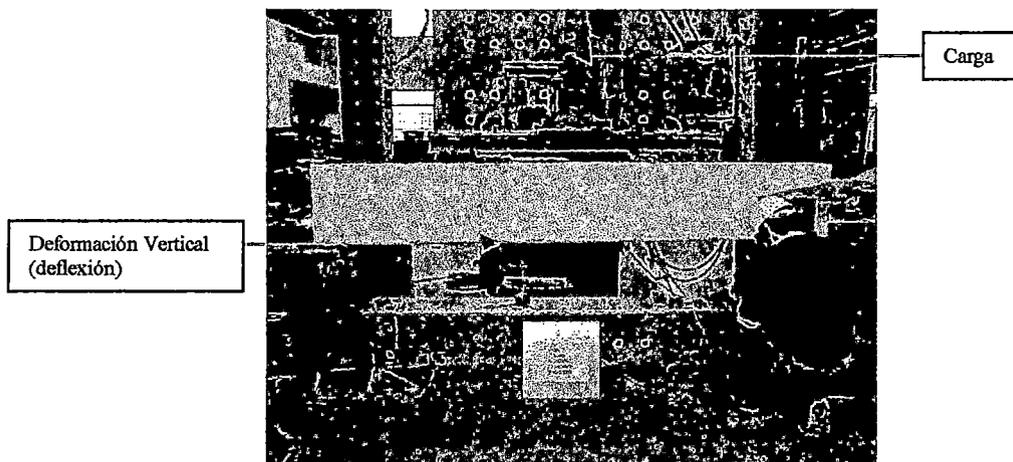
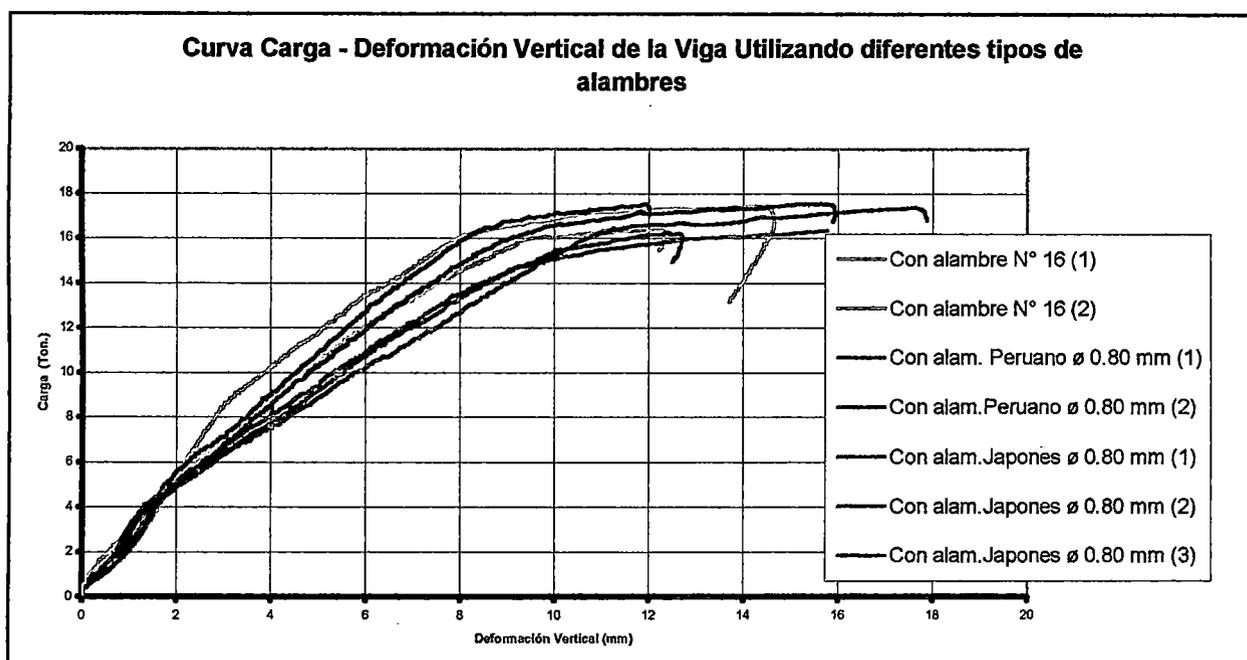


Curva Carga - Deformación Unitaria del acero en Tracción (Obtenido con Strain Gages)

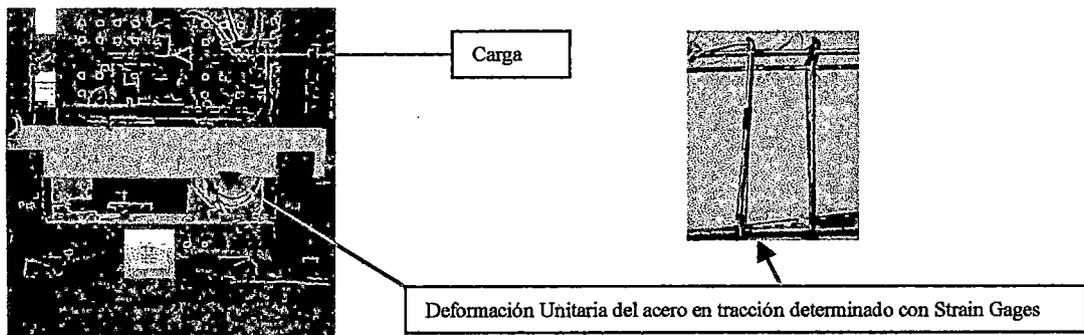
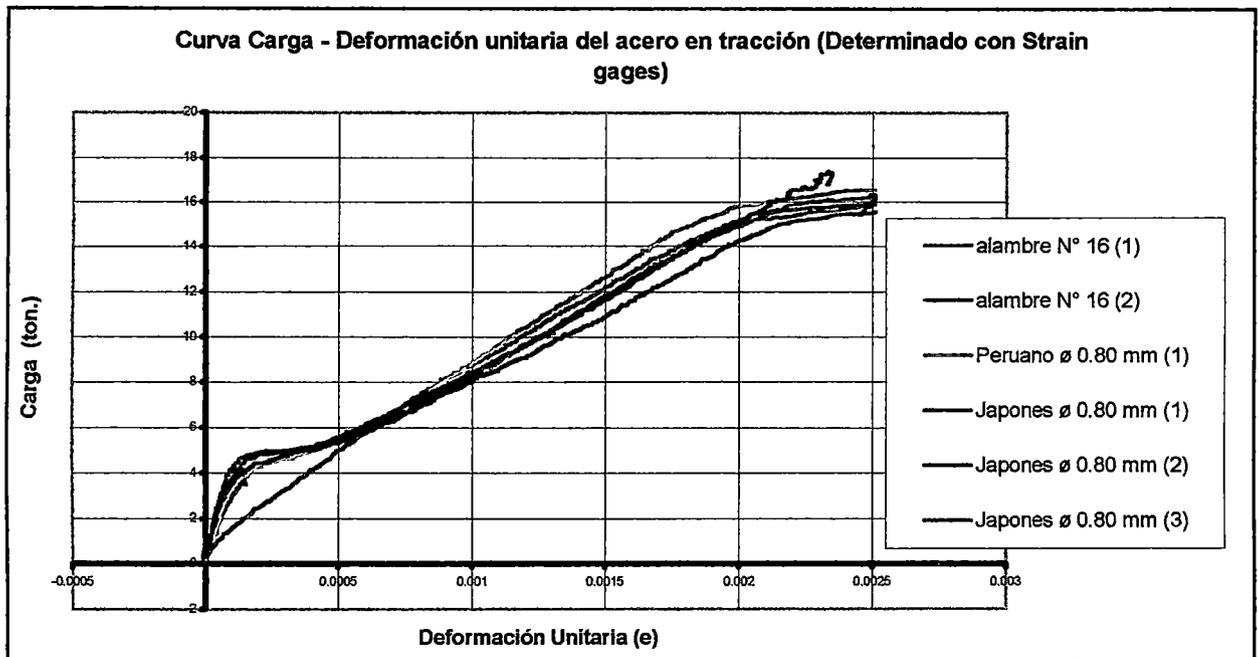


## ANALISIS DE RESULTADOS

El gráfico (Carga – Deformación Vertical ) que se muestra a continuación nos muestra el desempeño de las vigas sometidas al Ensayo de Flexión utilizando diferentes tipos de alambre para sujetar el acero estructural. Como se observa casi no existen diferencias en el desempeño de las vigas en cuanto a la resistencia a la carga aplicada. En cuanto a la deformación vertical (Deflexiones ) se puede observar alguna variación entre ellos, pero si observamos en detalle podemos ver que el desempeño de las vigas sujetadas con alambre N° 16 se confunde con el de las vigas sujetadas con alambre peruano de 0.80 mm. de diámetro .



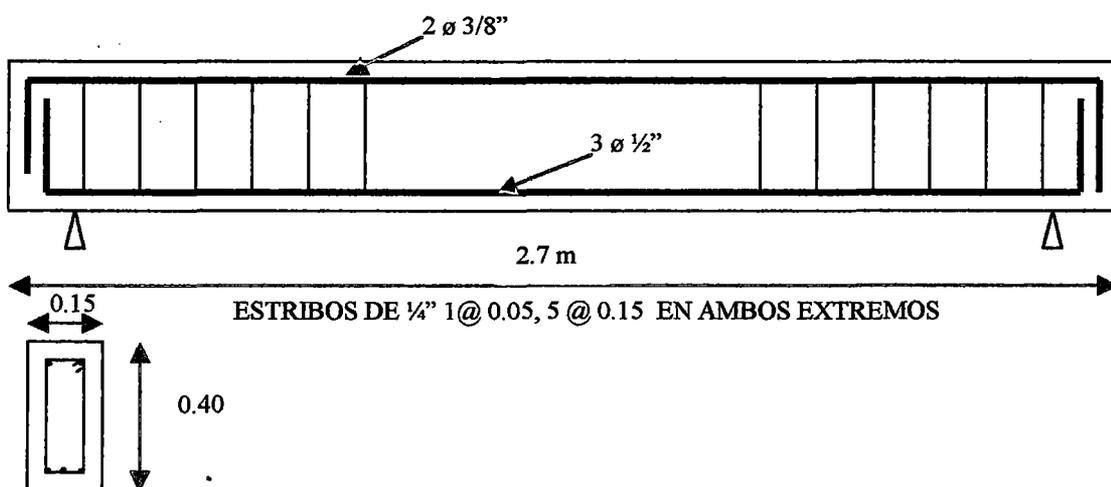
El Gráfico ( Carga – Deformación Unitaria del acero en Tracción ) siguiente nos muestra con más claridad que al utilizar diferentes tipos de alambre de sujeción, el desempeño de las vigas sometidas al ensayo de flexión no sufre casi variación alguna.



## CAPITULO 14

### ANALISIS DE COSTO CON EL ALAMBRE PROPUESTO

Para el alambre propuesto (cuyo diámetro es de 0.80mm ) su peso aproximado es de 3.66 g/m . Así mismo, como para cada amarre se ha determinado que la longitud sea de 40 cm, se propone los valores de 0.5 y 0.6 % del valor total del acero estructural para ser usado en el análisis de costos. Usemos el ejemplo del capítulo 7.



## METRADO

Elemento		Concreto				Encofrado			fierro en c/elemento			Nudos	Longitud Total			total kg
Denominación	Nº de Elementos	medidas			total m3	medidas		total m2	diam	cant	long en c/b	alam.	1/4"	3/8"	5/8"	
vigas	9	0,4	0,15	2,70	1,458	0,40	2,70	9,72	1/4"	12	1,17	60	126,00	58,50	87,75	
						0,40	2,70	9,72	3/8"	2	3,25					
						0,15	2,70	3,645	1/2"	3	3,25					
					1,458	23,09						540	31,5	32,76	87,22	151,48

## ANALISIS

Acero fy=4200 kg/cm2	<b>KG</b>			
Capataz	h/h	0,005	7,95	0,04
Operario	h/h	0,017	7,23	0,12
Oficial	h/h	0,017	6,57	0,11
Alambre Nº 16	kg	0,006	2,50	0,01
Fierro estructural Corrugado	kg	1,030	1,06	1,09
Desgaste de Herramienta	%	2,000		0,01
	costo unitario			1,38

Mejoras en los rendimientos

La cantidad de kilos para las nueve vigas sería:  $0.006 \times 151.48 = 0.91 \text{ kg}$

Haremos el mismo análisis que el capítulo 7 para ver si la cantidad real de alambre que necesitamos veamos el gráfico :

Cada estribo necesita 5 amarres o sujeciones, como hay 12 estribos se necesitará  $12 \times 5 = 60$  amarres.

Para las nueve vigas se necesitarán en total

$60 \times 9 = 540$  amarres

Como cada amarre tendrá 0.40 m. Y el peso del alambre propuesto es de 3.66 gr/m.

Además considerando un desperdicio de 2% tenemos :

Para cada viga :

$$60 \times 0.40 \times 3.66 \times 1.02 / 1000 = 0.0896 \text{ kg}$$

Para las 9 vigas:

$$0.0896 \times 9 = 0.8064 \text{ kg}$$

Observamos que el consumo real (0.806 kg) se aproxima bastante bien al estimado (0.91 kg). Los valores de 0.5 y 0.6 % se podrán ir ajustando en la practica, cuando se comience a trabajar con el alambre propuesto.

Para estimar en forma más exacta el consumo del alambre propuesto, se propone que se agregue una columna más a las hojas de metrados, indicando la cantidad de nudos o amarres posibles para cada elemento estructural; para posteriormente hacer la sumatoria total de todos los elementos, determinándose de esta manera el total de nudos de una obra y la cantidad total de alambre a utilizar. Es preciso indicar, que determinar la cantidad de nudos de sujeción es sumamente fácil, se aprovecha por ejemplo que en un metrado de todas maneras se tiene que determinar la cantidad de estribos en una viga o en una columna, para poder determinar los nudos donde se utilizarán los alambres. Estos datos posteriormente podrán utilizarse en el estudio de insumos requeridos para un análisis de costo.



Elemento		Concreto				Encofrado		fierro en c/elemento			Nudos	Longitud Total			total kg	
Denominación	Nº de Elementos	medidas			total m3	medidas		total m2	diam	cánt	long en c/b	alam.	1/4"	3/8"	5/8"	
vigas	9	0,4	0,15	2,70	1,458	0,40	2,70	9,72	1/4"	12	1,17	60	126,00	58,50	87,75	
						0,40	2,70	9,72	3/8"	2	3,25					
						0,15	2,70	3,645	1/2"	3	3,25					
					1,458			23,09				540	31,5	32,76	87,22	151,48

Como la presentación del alambre propuesto será en cajas de aproximadamente 20 kg, conformada por 115 paquetes de alambres cuya conformación al mismo tiempo es de 115 a 120 alambres individuales ( de 40 cm, y 3.66 gr/ml x 0.40 m = 1.464 gr ) , es decir una

caja de aproximadamente 20 kg servirá para sujetar  $115 \times 120 = 13800$  puntos. Con esto se podrá establecer una relación uno a uno entre el número de nudos y el número de alambres a necesitar en una obra. Alternativamente se podrá considerar cajas de menor peso para obras menores.

En este estado de cosas se podría hacer la siguiente comparación entre el alambre N° 16 y el propuesto, siendo los dos cortados a 40 cm :

Con un kilo de alambre N° 16 se puede amarrar  $1000 / (20.15 \times 0.4) = 124$  nudos

Con un kilo de alambre propuesto se puede amarrar  $1000 / (3.66 \times 0.4) = 683$  nudos

Por otro lado, al alcanzarse mayor rapidez en el armado de la estructura los rendimientos de la mano de obra habrá que modificarlos, proponiéndose una reducción de alrededor del 50% de las horas/ hombre consideradas en los rendimientos en nuestro país, estas mejoras se podrán alcanzar fácilmente si se utilizan cizallas eléctricas y dobladoras automatizadas.

#### **DATOS IMPORTANTES PARA LA FABRICACIÓN DEL ALAMBRE PROPUESTO**

(FECHA :10/SEPTIEMBRE /1999)

Precio del insumo principal (alambón importado venezolano)-----U\$\$ 360.00/TN.

Costo de fabricación más impuestos (15% del insumo principal)-----U\$\$ 54.00/TN.

Utilidad neta (15% del insumo principal)-----U\$\$ 54.00/TN.

---

PRECIO DE VENTA APROXIMADO EN ROLLOS-----U\$\$ 468.00/TN.

Para el precio de venta en cajas de 20 kg. se tendría un recargo de 10 % adicional

Es decir:  $20 \times 468 \times 1.1 / 1000 = 10.296$  dólares.

Si quisiéramos saber a cuanto saldría el kilo de este alambre en caja para poder comparar al del alambre N° 16 tendríamos que:

El kilo de alambre propuesto en caja sería de  $10.296 / 20 = 0.5148 = 0.51$  Dólares

El kilo de alambre N° 16 tal como se vende en rollos es ----- = 0.45 Dólares.

## **CAPITULO 15**

### **RECOMENDACIONES Y CONCLUSIONES**

#### **RECOMENDACIONES**

En este trabajo se realizaron varios ensayos, tanto para ver el comportamiento global de los elementos (vigas), así como el comportamiento individual de los componentes que conforman el concreto armado (concreto, acero estructural, acero de sujeción ), por lo tanto hemos requerido el servicio y la ayuda de diferentes laboratorios de nuestra Universidad, para los cuales es necesario dar algunas recomendaciones:

- Se necesita capacitar al personal técnico en el manejo de equipos de ensayo con un criterio científico.
- Renovar parte de los equipos de ensayos que han pasado a ser obsoletos, para los actuales tiempos.
- Firmar Convenios Interfacultades, para los trabajos de investigación y tesis que requiera el aporte de una de ellas.

## **CONCLUSIONES**

Del presente trabajo de Investigación podemos obtener las siguientes conclusiones :

- Que el cambio de calidades en el alambre tanto en su resistencia, como en su diámetro, no afecta el comportamiento estructural de los elementos en flexión de concreto armado.
- Como la resistencia no es lo fundamental en el desempeño del alambre, por lo tanto se buscará aquellos que permitan que el trabajo sea rápido y fácil, es decir, la trabajabilidad del alambre.
- Como el alambre es el producto de la trefilación del alambrón y en éste se acaba el proceso en caliente del acero, se necesitará un estudio más profundo de los componentes químicos de los aceros de bajo contenido de carbono propicios para ser sometidos al proceso de trefilación, de tal manera que se mejore la calidad de los alambres peruanos.
- Mantener el uso del alambre N° 16 para la sujeción del acero estructural de los elementos de concreto armado tal como hasta ahora, significará un atraso en la industria de la construcción ( No existen mejoras en los rendimientos desde hace muchos años).
- Al darle valor agregado a los alambres actuales, significará una reactivación de la industria del alambre, sin que el precio para el constructor se vea afectado.
- Las obras en los países desarrollados han dejado de ser lugares donde se termina de fabricar los componentes que conforman el concreto armado; así por ejemplo el concreto está dejando de fabricarse en obra con la aparición de las plantas

concreteras, los encofrados del mismo modo están dejándose de fabricarse en obra con la aparición de encofrados metálicos fáciles de armar y desarmar; la aparición de máquinas de doblado de acero automáticas y de máquinas eléctricas de corte nos indica que el armado del castillo estructural tiene que seguir esa misma dirección ; acabar de fabricar en obra al alambre para su uso final, es algo que va contra la corriente de modernización de la Industria de la Construcción. El constructor pierde tiempo y dinero al dedicar personal para la habilitación del alambre de sujeción, por lo tanto el alambre debe venir a la Obra como un producto terminado listo para su utilización.

- Visto todo lo anterior es recomendable el cambio como elemento de sujeción al alambre N° 16 hacia alambres con diámetros menores en el orden de 0.80 mm., además que la calidad de estos alambres sea la apropiada de tal manera que operar con ellos sea fácil y rápido y por último éstos deberían llegar a la Obra listos para ser utilizados.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Propiedad Intelectual  
***Normas Técnicas Peruanas***  
INDECOPI  
Lima  
1975
- Apraiz, José  
***Aceros Especiales***  
Editorial Dossat  
Madrid  
1961
- Parker, M. Charles.  
***Metalurgia de Aceros de Calidad***  
Editorial Aguilar S.A.  
Madrid  
1968
- Ishikawa, kaoru  
***Calidad Total***  
EDITORIAL NORMA  
New york  
1993

- Villar , Eduardo

**TESIS DE GRADO (TG: 1044) " Ensayo de Vigas de concreto Armado  
sometidos a flexión Simple según diseño de Armadura "**

Biblioteca : Facultad de Ingeniería Civil - UNI.

Lima

1966

- Lucchesi, Dominico

**Ensayo Mecánico de los Materiales Metálicos**

Biblioteca Central UNI

- Harmsen, Teodoro E.

**Diseño de Estructuras de Concreto Armado**

Fondo Editorial

Lima

1997 .

- Norma Internacional ISO 6892

**Metallic Materials- Tensile testing at Ambient Temperature**

ISO-INDECOPI

Suiza

1999