



UNIVERSIDAD  
AUTONOMA  
METROPOLITANA



Casa abierta al tiempo **Azcapotzalco**

## Proyecto de investigación.

“ENSAYES EXPERIMENTALES DE ARMADURAS PLANAS DE BAMBÚ BAJO  
CARGAS VERTICALES”

Alumno: Chávez Mejía Erick Francisco

Matricula: 208303470

Asesor: M.I. Guerrero Correa José Juan

Trimestre: 130

## Licenciatura en Ingeniería Civil.

Yo, Chávez Mejía Erick Francisco declaro que soy el autor de este reporte de proyecto de integración, el cual es copia fiel del original que escribí bajo la dirección y aprobación de mi asesor M.I. Guerrero Correa José Juan .Doy mi autorización para su divulgación publica por la Universidad Autónoma Metropolitana.



## Índice.

<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>0</b>
<b>OBJETIVO. ....</b>	<b>1</b>
<b>ANTECEDENTES. ....</b>	<b>2</b>
DEFINICIONES: .....	2
• <i>Bambú:</i> .....	2
<b>El bambú en México.</b> ....	3
• <i>Solera:</i> .....	3
• <i>Espárragos (tornillería de acero):</i> .....	4
• <i>Tuercas y rondanas:</i> .....	4
• <i>Tubo de acero:</i> .....	5
CONEXIONES: .....	5
• <i>Uniones pernadas</i> .....	5
<b>METODOLOGÍA.....</b>	<b>7</b>
ESQUEMA DE ARMADURAS PLANAS DE BAMBÚ.....	7
FABRICACIÓN DE ARMADURAS PLANAS DE BAMBÚ. ....	8
• <i>Procedimiento:</i> .....	8
<b>ENSAYES. ....</b>	<b>15</b>
MÁQUINA DE ENSAYES. ....	15
• <i>Procedimiento de armado y pruebas:</i> .....	15
CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DEL BAMBÚ UTILIZADO EN LAS ARMADURAS PLANAS.....	19
DISTANCIA AL NUDO EN LOS EXTREMOS:.....	21
<b>PRUEBAS. ....</b>	<b>23</b>
ESQUEMA DE CARGA.....	23
<b>RESULTADOS Y OBSERVACIONES EN PRUEBAS REALIZADAS A LAS ARMADURAS PLANAS DE BAMBÚ: .....</b>	<b>25</b>
ARMADURAS CON APLICACIÓN DE CARGA AL CENTRO:.....	25
AR2525 .....	25
• <b>Resultados</b> .....	25
• <b>Observaciones</b> .....	27
AR2526 .....	28
• <b>Resultados</b> .....	28
• <b>Observaciones</b> .....	30
AR2527 .....	31
• <b>Resultados</b> .....	31
• <b>Observaciones</b> .....	33
AR2528 .....	35
• <b>Resultados</b> .....	35

• Observaciones.....	37
AR2530 .....	38
• Resultados.....	38
• Observaciones.....	39
ARMADURAS CON APLICACIÓN DE CARGA EN EL TERCIO MEDIO .....	41
AR2529 .....	41
• Resultados.....	41
• Observaciones.....	42
AR2531 .....	43
• Resultados.....	43
• Observaciones.....	44
AR2532 .....	46
• Resultados.....	46
• Observaciones.....	47
AR2533 .....	48
• Resultados.....	48
• Observaciones.....	49
AR2534 .....	50
• Resultados.....	50
• Observaciones.....	52
AR2536 .....	53
• Resultados.....	53
• Observaciones.....	54
AR2537 .....	55
• Resultados.....	55
• Observaciones.....	56
AR2538 .....	57
• Resultados.....	57
• Observaciones.....	58
AR2539 .....	60
• Resultados.....	60
• Observaciones.....	61
AR2540 .....	62
• Resultados.....	62
• Observaciones.....	64
AR2541 .....	65
• Resultados.....	65
• Observaciones.....	67
AR2535 .....	68
• Resultados.....	68
• Observaciones.....	70
AR2542 .....	71
• Resultados.....	71
• Observaciones.....	72
AR2543 .....	73
• Resultados.....	73
• Observaciones.....	74
AR2544 .....	76

---

• <b>Resultados</b> .....	76
• <b>Observaciones</b> .....	77
<i>AR2545</i> .....	79
• <b>Resultados</b> .....	79
• <b>Observaciones</b> .....	80
<i>AR2546</i> .....	82
• <b>Resultados</b> .....	82
• <b>Observaciones</b> .....	83
<i>AR2547</i> .....	84
• <b>Resultados</b> .....	84
• <b>Observaciones</b> .....	85
<i>AR2548</i> .....	87
• <b>Resultados</b> .....	87
• <b>Observaciones</b> .....	88
<b>ANALISIS DE RESULTADOS</b> .....	<b>90</b>
<b>CONCLUSIONES:</b> .....	<b>94</b>
<b>ANEXO C</b> .....	<b>96</b>
<i>Documentos administrativos</i> .....	96
<b>REFERENCIAS</b> .....	<b>100</b>

## **INTRODUCCIÓN.**

Dentro del marco de un mundo preocupado por el medio ambiente y por las alternativas de industrialización eco-amigables, surgen gran cantidad de investigaciones alrededor de materiales de construcción, que permitan el desarrollo de la infraestructura de una sociedad bajo parámetros ambientales aceptables. Uno de estos materiales es el bambú, el cual se ha utilizado principalmente en construcciones pequeñas y que podría tener un potencial mayor en otro tipo de aplicaciones en la industria de la construcción.

El bambú es utilizado en muchas partes del mundo como Centroamérica, Sudamérica y Asia principalmente; es un recurso muy importante en varios sectores productivos, y es usado como un material de construcción en viviendas y estructuras ligeras. En nuestro país se usa en construcciones sencillas y a pequeña escala.

Debido a que es empleado como elemento estructural en construcciones y a que se pretende hacerlo a mayor escala, es necesario conocer la resistencia de elementos auxiliares de sistemas de pisos, para lo cual se ensayarán este tipo de esquemas y se fabricarán los dispositivos de ensaye para llevarlo a cabo.

La armadura de bambú propuesta está estructurada utilizando bambú en la cuerda superior, acero en la cuerda inferior y montantes y diagonales a base de tornillería de acero. Se considera una longitud de estudio de 2.5m, diámetro del bambú de 7-9.5 cm, solera de acero en la cuerda inferior de 1/8" de espesor y 1.5" de ancho y dos diámetros de conectores 3/8" y 1/2". Para cada combinación se probarán 12 armaduras, ensayando un total de 24.

Este proyecto terminal surge de la idea inicial de la empresa Kaltia Consultoría y Proyectos, S.A de C.V, que en conjunto con investigadores de la Universidad Autónoma Metropolitana del área de investigación Desarrollo Tecnológico y Sustentabilidad en Ingeniería Civil están desarrollando convenios de investigación alrededor de este tipo de tópicos.

---

## **OBJETIVO.**

Determinar por medio de ensayos experimentales la resistencia ante cargas verticales de armaduras planas de bambú. Llevar a cabo la fabricación de dispositivos para ensayos de armaduras, tomando en consideración las normas existentes para el ensayo de estos materiales maderables.

## ANTECEDENTES.

Es importante ubicar cada uno de los materiales y principios que se utilizarán en este trabajo, por lo que a continuación se tratarán los más importantes.

### Definiciones:

#### **Bambú:**

Bambú es el nombre común que recibe el conjunto de plantas pertenecientes a la familia de las gramíneas herbáceas, que se caracterizan por ser de tallos largos, leñosos, de porte arbustivo y que desarrolla culmos (cañas) de buen diámetro y tamaño (Figura 01).

Los bambúes son plantas extremadamente diversas y económicamente importantes que crecen en regiones tropicales y templadas de Asia y América. Se conocen como las gramíneas más grandes del mundo y se distinguen del resto de ellas por tener un hábito perenne, con sistema de raíces (rizomas) bien desarrollados y con tallos (culmos) casi siempre lignificados y fuertes.

Crece especialmente en regiones tropicales y subtropicales, desde el nivel del mar hasta los 4 mil metros de altura como en el Himalaya y algunas regiones de China.



**Figura 01.- Culmos de bambú.**

## El bambú en México.

Podemos apreciar en la Figura 02 las zonas de nuestro país donde crece el bambú haciéndolo notar en color beige.



Figura 02.-Zonas de la República Mexicana en donde crece e bambú.

## ✚ Solera:

La Solera es una lengüeta de acero de 6.10 metros de longitud, que según su medida y grosor puede utilizarse para la fabricación de diferentes aplicaciones de herrería y estructuras metálicas (Figura 03). La que se utilizó para la construcción de las armaduras fue de 1/8" de espesor y 1.5" de ancho.

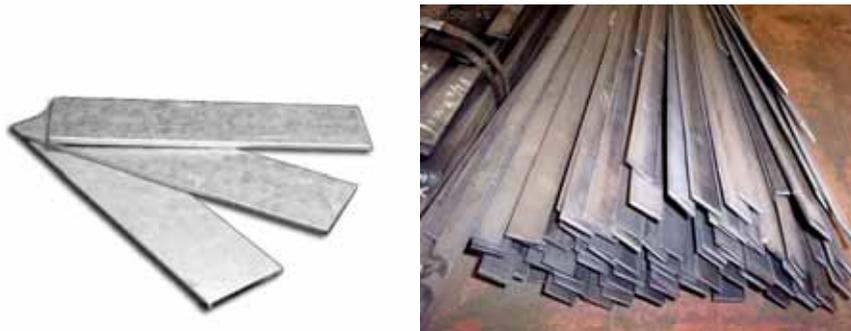


Figura 03.- Solera de acero.

✚ **Espárragos (tornillería de acero):**

Tornillo de acero con cuerda a lo largo de su eje longitudinal con el fin de usar tuercas que fijen uniones de elementos desmontables (Figura 04). Los utilizados en el proyecto fueron de 3/8" y 1/2" de diámetro.



**Figura 04.-Tornillería de acero.**

✚ **Tuercas y rondanas:**

Una tuerca es una pieza con un orificio central, el cual presenta una rosca, que se utiliza para acoplar a un tornillo en forma fija o deslizante. La tuerca permite sujetar y fijar uniones de elementos desmontables (Figura 05). En nuestro caso se utilizarán rondanas para que la unión quede fija.



**Figura 05.- Tuercas y rondanas.**

### **Tubo de acero:**

Estructura tubular laminada en acero (Figura 06). En el proyecto se utilizaron diámetros de 1/2" y 5/8".



**Figura 06.- Tubo de acero.**

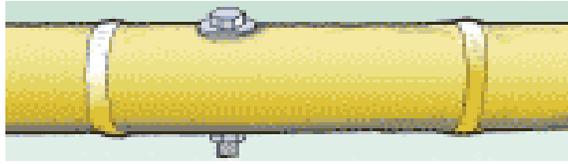
### **Conexiones:**

El problema del bambú trabajando en conjunto, se da principalmente en las conexiones, ya sea “bambú a bambú” o “bambú y un material distinto, como acero o concreto”.

Existen diferentes tipos de conexiones, pero estas se definen dependiendo como trabaje la sección ya sea compresión, tensión o flexión. El tipo de conexión que se necesita para las armaduras son pernadas, elegida porque la armadura será ensayada a flexión, será una manera fácil de construirla sin afectar los resultados.

### **Uniones pernadas.**

Conexión hecha a base de tornillos de acero unidos al bambú por medio de tuercas y rondanas con una camisa tubular de acero de mayor diámetro (Figura 07).



**Figura 07.- Unión pernada.**

Es necesario tener muy en cuenta que para materiales maderables como el bambú y en general, las conexiones son de gran importancia ya que de esto depende que el material se comporte bien estructuralmente.

## METODOLOGÍA.

### Esquema de Armaduras Planas de Bambú.

Armadura plana de bambú con longitud de estudio de 2.5m, diámetro del bambú de 7-9.5 cm, solera de acero en la cuerda inferior de 1/8” de espesor y 1.5” de ancho y dos diámetros de conectores de acero, 3/8” y 1/2” (Figura 08, 09 y 10).

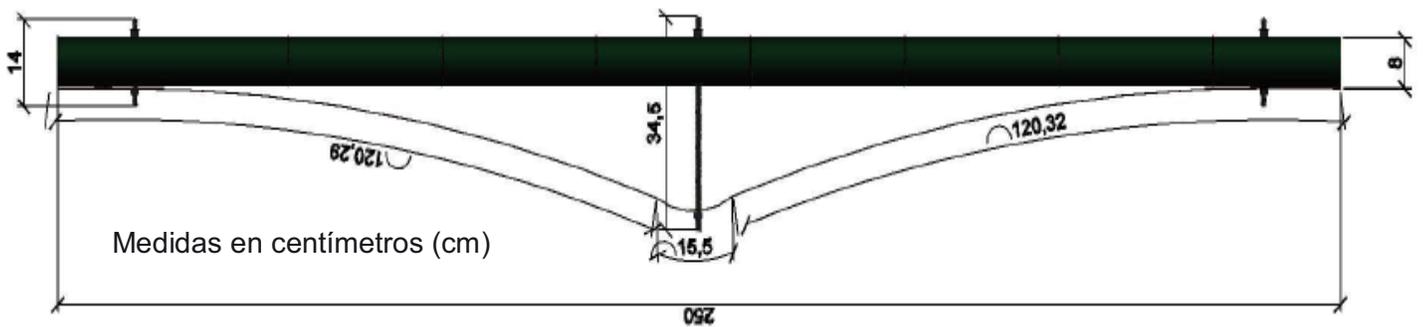


Figura 08.- Armadura plana de bambú.



Figura 09.- Sección transversal de la armadura plana de bambú.



**Figura 10.- Vista de la armadura plana de bambú.**

### **Fabricación de armaduras planas de bambú.**

Descripción de los pasos a seguir para la fabricación de las armaduras planas de bambú.

#### **✚ Procedimiento:**

1. Selección de bambú (Figura 11): Elegir culmos que tengan el diámetro requerido entre los 7 cm y los 9.5 cm; que presenten un eje sensiblemente recto y que no tengan problemas de rajaduras o en todo caso que estas sean mínimas.



**Figura 11.-Bambúes disponibles.**

2. Marcar y cortar el bambú a 2.5 m (Figura 12 y 13).



Figura 12.- Marcado del culmo.



Figura 13.- Corte del culmo.

3. Taladrar el culmo en la parte media y a 15 cm en los extremos con broca de 3/8" y 1/2" respectivamente (Figura 14).



**Figura 14.- Taladrado del culmo.**

4. Marcar y cortar el tubo de 1/2" o 5/8" a un tamaño igual al diámetro del culmo para colocar uno en cada orificio (Figura 15).



**Figura 15.- Marcado y corte del tubo.**

5. Cortar la solera a 2.6 m de longitud (Figura 16).



**Figura 16.- Corte de la solera.**

6. Taladrar la solera a la mitad con la broca correspondiente (3/8" ó 1/2") (Figura 17).



**Figura 17.- Taladrado de la solera al centro.**

7. Dar forma a la solera en la parte central y en los extremos con la prensa a base de fuerza (Figura 18 y 19).



**Figura 18.- Dando forma en la parte central.**



**Figura 19.- Dando forma en los extremos.**

8. Taladrar los extremos de la solera con broca de 3/8" o 1/2" correspondiente al espárrago que llevará (Figura 20).



**Figura 20.- Taladrado de la solera.**

9. Cortar los espárragos, de 14 cm para los extremos y de 34.5 cm para la barra central (Figura 21).



**Figura 21.- Corte de espárragos.**

10. Cortar tubo de 2 diámetros distintos 1/2" y 5/8" de 19.5 cm para la zona central de la armadura (Figura 22).



**Figura 22.- Corte de tubo.**

11. Unimos todas las partes y cortamos los excesos de la solera (Figura 23).



**Figura 23.- Armadura plana de bambú completa.**

## ENSAYES.

### Máquina de ensayos.

Descripción de los pasos a seguir para el armado de la máquina de ensayos, necesaria para probar las armaduras planas de bambú mediante la aplicación de carga en la parte central y a cada 1/3 de las mismas con gato hidráulico.

#### ✚ Procedimiento de armado y pruebas:

Para las primeras 5 armaduras el proceso es el siguiente:

1. Colocar las vigas de acero y fijarlas a la cimentación del dispositivo (Figura 24).



**Figura 24.- Ensamble del acero y fijado a la cimentación del dispositivo.**

2.- Ajustar el gato hidráulico al centro de la viga horizontal y fijarlo con tornillería de acero (Figura 25).



**Figura 25.- Gato hidráulico.**

3.-Colocar los apoyos en la posición adecuada; al centro entre las columnas del dispositivo de ensayes y a 2.4 m de distancia entre ellos (Figura 26).



**Figura 26.- Apoyos.**

4.- Colocar la armadura en su posición, ubicando cada extremo en un apoyo (Figura 27).



**Figura 27.- Posición de la armadura.**

5.-Colocar el deformímetro en la parte inferior de la solera de acero (Figura 28).



**Figura 28.- Deformímetro.**

Para las 19 armaduras restantes repetir el proceso pero con las siguientes variantes:

6.- Ensamblar al gato hidráulico los apoyos para poder inducir carga a cada  $1/3$ , con la ayuda de madera y neopreno, para distribuir correctamente los esfuerzos (Figura 29).



**Figura 29.- Aplicación de carga a cada  $1/3$ .**

7.-Sujetar los extremos con abrazaderas y neopreno en los apoyos para restringir el giro de la armadura (Figura 30).



**Figura 30.- Extremos sujetados para restricción del giro.**

8.-Sujetar una barra de vidrio plástico en la parte inferior de la solera para evitar errores en la obtención de datos del desplazamiento (Figura 31).



**Figura 31.-Barra de vidrio plástico.**

9.-Aplicación de carga a las 19 armaduras (Figura 32).



**Figura 32.-Aplicación de la carga.**

### **Captura de datos.**

Durante el ensaye se registró la carga y el desplazamiento vertical al centro del claro para cada una de las armaduras ensayadas. El equipo utilizado para este fin fue un equipo de adquisición de datos TDS-300 con que cuenta la universidad.

### **Características geométricas del bambú utilizado en las armaduras planas.**

Para el mejor análisis de los resultados, se necesitan conocer las características geométricas del material que se utilizará en cada una de las armaduras (Tabla 01), siendo estas las siguientes:

- **Diámetro externo:** Es el diámetro externo del bambú de ensaye; se midió 4 veces en cada extremo y se tomó el promedio.

- Espesor: Al igual que el diámetro se tomaron 4 medidas de espesor en cada extremo y se promediaron.
- Distancia entre nudos promedio: Se tomaron 2 medidas por nudo, se sumaron y se promediaron las longitudes.
- Longitud: Longitud de la probeta, en todas de 2.5 m.

**Tabla 01**

<b>Elemento</b>	<b>Longitud (m)</b>	<b>Diámetro externo Promedio (cm)</b>	<b>Espesor Promedio (cm)</b>	<b>Distancia entre nudos Promedio (cm)</b>
AR2525	2.5	8.15	1.33	22.45
AR2526	2.5	8.00	0.80	27.19
AR2527	2.5	8.15	1.40	17.79
AR2528	2.5	8.10	0.70	21.30
AR2529	2.5	8.10	0.90	19.90
AR2530	2.5	8.70	1.87	17.52
AR2531	2.5	8.90	0.81	29.73
AR2532	2.5	7.80	1.43	22.07
AR2533	2.5	7.00	1.00	21.82
AR2534	2.5	8.50	0.90	33.83
AR2535	2.5	8.00	1.45	19.53
AR2536	2.5	7.60	1.20	18.73
AR2537	2.5	8.20	1.98	22.56
AR2538	2.5	7.70	0.80	23.32
AR2539	2.5	8.23	1.55	17.03
AR2540	2.5	7.85	0.87	24.36
AR2541	2.5	7.70	0.63	25.26
AR2542	2.5	7.95	1.25	22.47

<b>AR2543</b>	2.5	8.60	1.41	20.00
<b>AR2544</b>	2.5	8.45	0.73	27.04
<b>AR2545</b>	2.5	8.13	0.73	31.38
<b>AR2546</b>	2.5	8.93	1.35	16.83
<b>AR2547</b>	2.5	8.90	1.10	19.12
<b>AR2548</b>	2.5	9.40	1.17	17.85

### Distancia al nudo en los extremos.

La longitud de los nudos en los extremos es de gran importancia, nos proporcionan información del tipo de falla que podría ocurrir en la probeta; unas de las principales fallas ocurren por la falta de nudo en el apoyo, por un espesor muy pequeño o la combinación de ambos. La posición del nudo cercano al apoyo beneficia proporcionando mayor rigidez y evitando el problema de aplastamiento en esta zona. Por este motivo se necesita conocer la distancia del nudo en los extremos (Tabla 02) y con los resultados de las pruebas deducir la causa de la falla.

**Tabla 02**

<b>Elemento</b>	<b>Extremo Derecho ED (cm)</b>	<b>Extremo Izquierdo EI (cm)</b>
<b>AR2525</b>	14.0	10.0
<b>AR2526</b>	12.5	15.5
<b>AR2527</b>	20.5	11.5
<b>AR2528</b>	5.0	15.5
<b>AR2529</b>	4.0	7.4
<b>AR2530</b>	12.0	8.5
<b>AR2531</b>	9.5	2.0
<b>AR2532</b>	24.8	4.0

<b>AR2533</b>	6.5	2.5
<b>AR2534</b>	1.7	11.5
<b>AR2535</b>	8.5	6.8
<b>AR2536</b>	3.3	2.2
<b>AR2537</b>	9.7	16.0
<b>AR2538</b>	4.3	24.8
<b>AR2539</b>	16.0	13.8
<b>AR2540</b>	3.1	2.2
<b>AR2541</b>	16.0	26.0
<b>AR2542</b>	15.4	3.5
<b>AR2543</b>	15.0	13.0
<b>AR2544</b>	9.0	24.4
<b>AR2545</b>	27.7	2.0
<b>AR2546</b>	19.0	10.0
<b>AR2547</b>	1.0	1.0
<b>AR2548</b>	8.3	9.0

## PRUEBAS.

### Esquema de carga.

Las pruebas se realizaron utilizando apoyos móviles, aplicando la carga verticalmente en la parte media de la armadura en los primeros 5 ensayos, y a cada 1/3 para las restantes, para esto la carga se aplicara con gato hidráulico y se medirá el desplazamiento en la parte inferior de la solera con un deformímetro (Figura 33, 34, 35, 36 y 37).

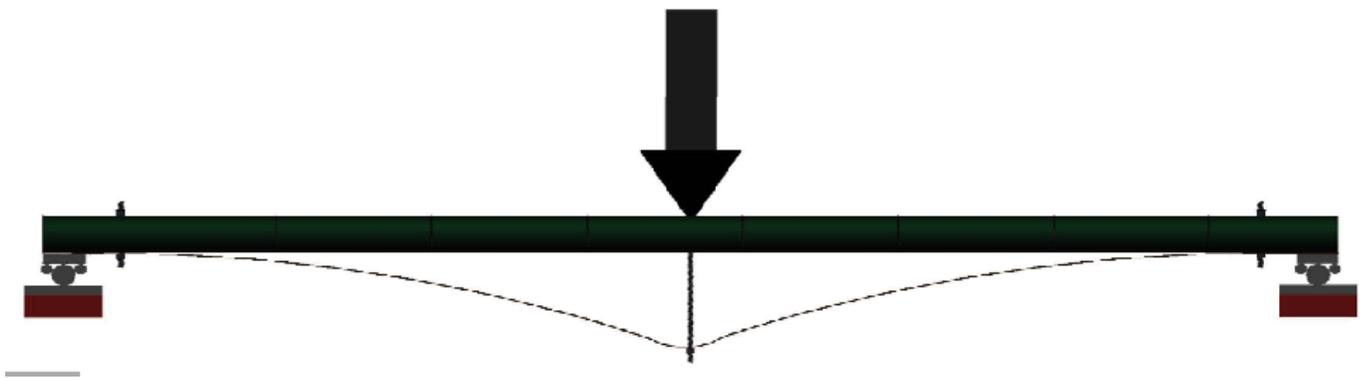


Figura 33.- Esquema de carga para las primeras 5 armaduras.

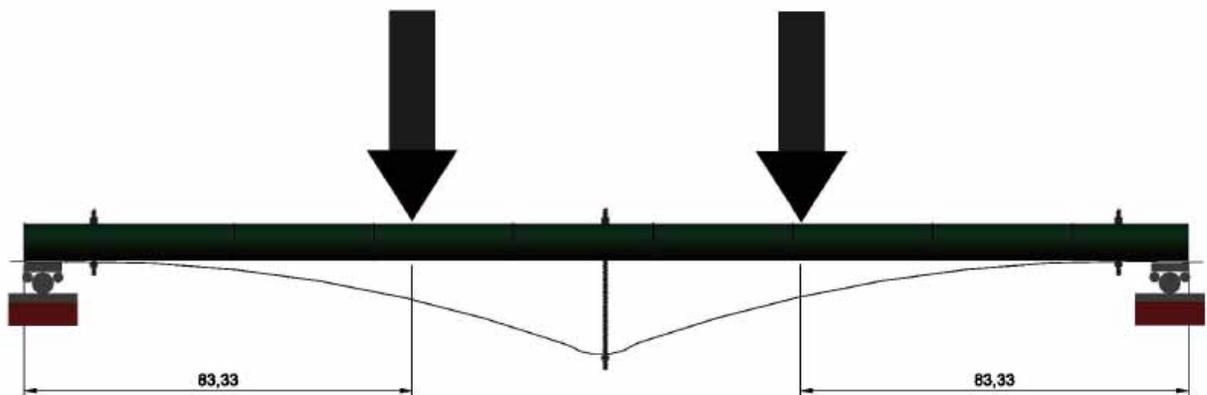


Figura 34.- Esquema de carga para las 19 armaduras restantes.



Figura 35.- Sección transversal de aplicación de la carga.

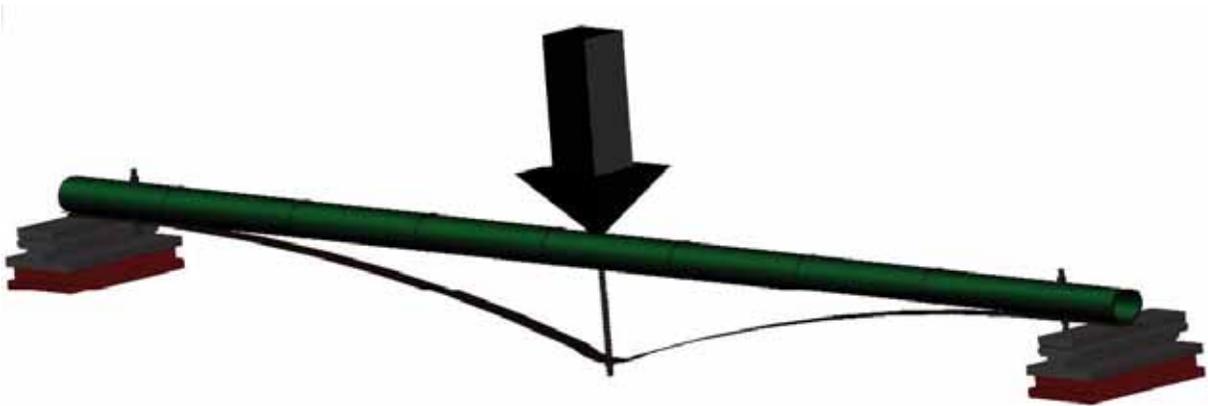


Figura 36.- Vista de la aplicación de carga en el claro central.

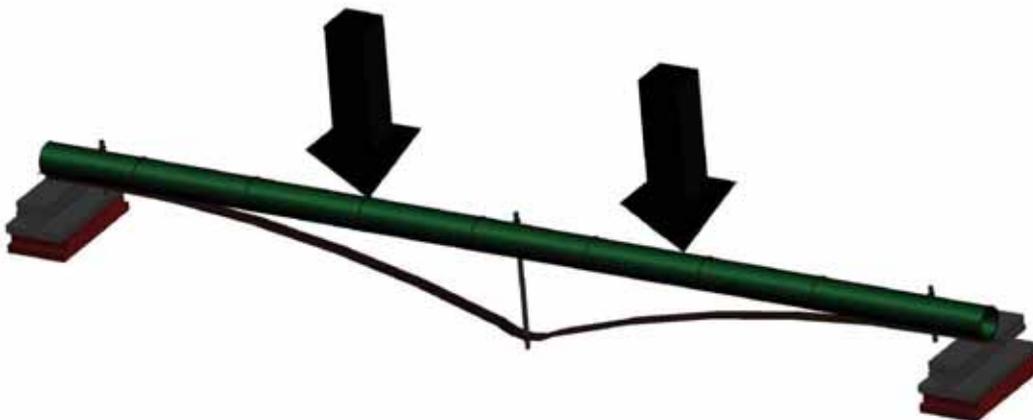


Figura 37.- Vista de la aplicación de carga a cada 1/3 del claro.

**RESULTADOS Y OBSERVACIONES EN PRUEBAS REALIZADAS A LAS ARMADURAS PLANAS DE BAMBÚ:**

**Armaduras con aplicación de carga al centro:**

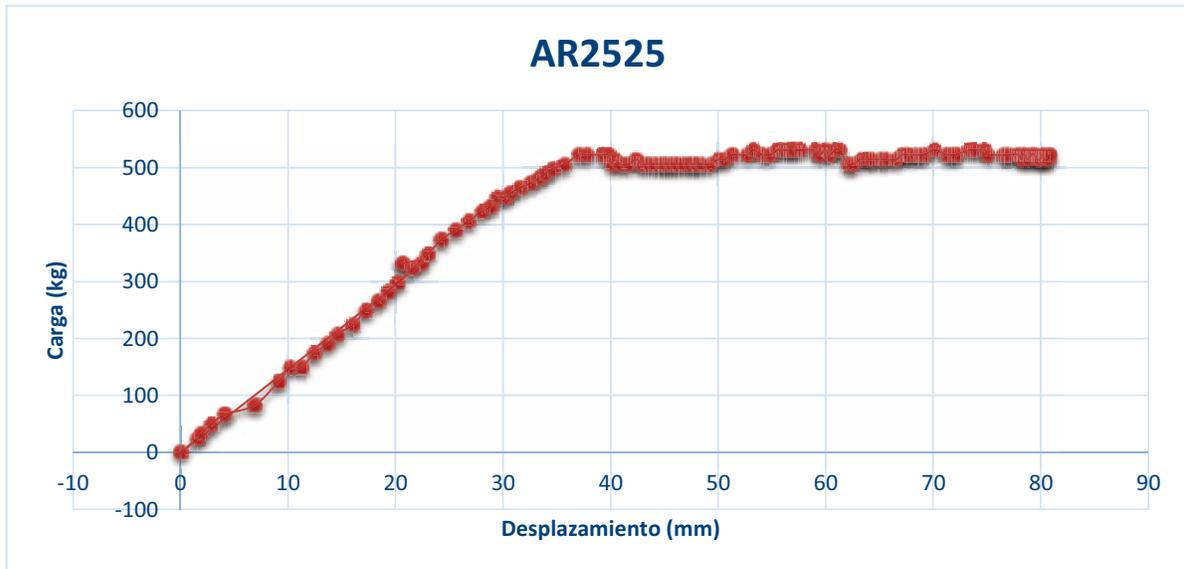
**AR2525**

 **Resultados (Tabla 03):**

**Tabla 03.- Datos de pruebas de armadura AR2525.**

Elemento	AR2525	Elemento	AR2525	Elemento	AR2525
Desplazamiento al centro del claro (mm)	Carga (kg)	Desplazamiento al centro del claro (mm)	Carga (kg)	Desplazamiento al centro del claro (mm)	Carga (kg)
20.64	331.90	39.78	522.74	63.82	514.45
20.64	331.90	40.08	506.15	64.24	514.45
22.44	331.90	40.40	514.45	65.10	514.45
0.08	0.00	40.86	506.15	65.60	514.45
1.60	24.89	41.66	506.15	66.54	514.45
2.00	33.19	42.38	514.45	67.16	522.74
2.88	49.79	42.92	506.15	67.46	522.74
4.12	66.38	43.46	506.15	67.70	522.74
6.90	82.98	44.02	506.15	68.34	522.74
9.14	124.46	44.78	506.15	68.78	522.74
10.22	149.36	45.06	506.15	69.16	522.74
11.24	149.36	45.60	506.15	70.16	531.04
12.46	174.25	46.10	506.15	71.26	522.74
13.68	190.84	46.78	506.15	71.82	522.74

14.56	207.44	47.46	506.15	72.12	522.74
16.02	224.03	47.96	506.15	73.32	531.04
17.22	248.93	48.42	506.15	73.78	531.04
18.44	265.52	49.26	506.15	74.80	531.04
19.32	282.12	50.00	514.45	75.08	522.74
20.18	298.71	50.62	514.45	76.58	522.74
21.60	323.60	51.28	522.74	76.88	522.74
23.02	348.50	52.72	522.74	77.06	522.74
24.26	373.39	53.28	531.04	77.88	522.74
25.56	389.98	54.12	522.74	78.22	514.45
26.82	406.58	54.86	522.74	78.34	522.74
28.04	423.17	55.56	531.04	78.54	522.74
28.82	431.47	56.14	531.04	78.82	514.45
29.46	448.07	56.60	531.04	79.16	522.74
30.20	448.07	57.04	531.04	79.44	522.74
30.78	456.36	57.64	531.04	79.68	514.45
31.58	464.66	59.06	531.04	79.94	514.45
32.62	472.96	59.44	522.74	80.16	522.74
33.36	481.26	60.00	531.04	80.36	514.45
33.92	489.55	60.38	522.74	80.66	514.45
34.64	497.85	60.86	531.04	80.82	522.74
35.72	506.15	61.28	531.04		
37.10	522.74	62.08	506.15		
37.80	522.74	62.48	506.15		
39.30	522.74	63.32	514.45		



**Grafica 01.- Carga - desplazamiento AR2525.**

La carga máxima soportada por la armadura fue de 531.04 kg.

El desplazamiento dado la carga máxima fue de 59.06 mm.

**Observaciones:**

El culmo presentaba nudo en su ED a 14 cm y en EI a 10 cm. La falla que se presentó en este elemento fue por aplastamiento al centro de la armadura (Figura 38 y 39).



**Figura 38.- Falla por aplastamiento al centro.**



Figura 39.- Corte en el culmo por aplastamiento.

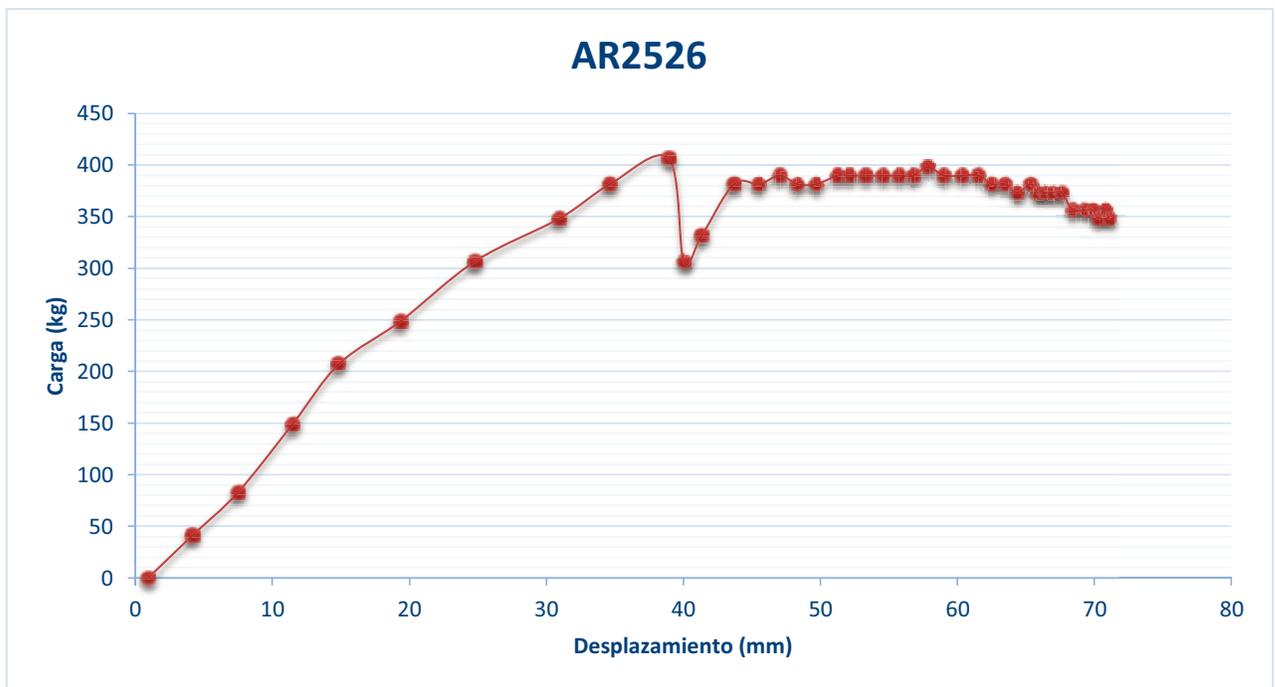
AR2526

✚ Resultados (Tabla 04):

Tabla 04.- Datos de pruebas de armadura AR2526.

Elemento	AR2526	Elemento	AR2526	Elemento	AR2526
Desplazamiento al centro del claro (mm)	Carga (kg)	Desplazamiento al centro del claro (mm)	Carga (kg)	Desplazamiento al centro del claro (mm)	Carga (kg)
0.92	0.00	47.02	389.98	64.36	373.39
4.18	41.49	48.32	381.69	65.34	381.69
7.48	82.98	49.68	381.69	65.86	373.39
11.48	149.36	51.26	389.98	63.48	381.69
14.86	207.44	52.10	389.98	66.42	373.39
19.36	248.93	53.30	389.98	66.98	373.39

24.80	307.01	54.54	389.98	67.62	373.39
30.96	348.50	55.72	389.98	68.40	356.79
34.64	381.69	56.78	389.98	69.30	356.79
38.92	406.58	57.84	398.28	69.88	356.79
40.02	307.01	59.04	389.98	70.28	348.50
41.34	331.90	60.38	389.98	70.78	356.79
43.68	381.69	61.52	389.98	71.06	348.50
45.54	381.69	62.54	381.69		



**Grafica 02.- Carga - desplazamiento AR2526.**

La carga máxima soportada por la armadura fue de 406.58 kg.

El desplazamiento dado la carga máxima fue de 38.92 mm.

✚ **Observaciones:**

El culmo presentaba nudo en su ED a 12.5 cm y en EI a 15.5 cm, el espesor era mayor en el extremo izquierdo. La falla en este elemento se presentó como una rajadura a lo largo de la longitud del culmo (Figura 40 y 41).



**Figura 40.- Falla por aplastamiento al centro del claro.**



**Figura 41.- Aplicación de la carga.**

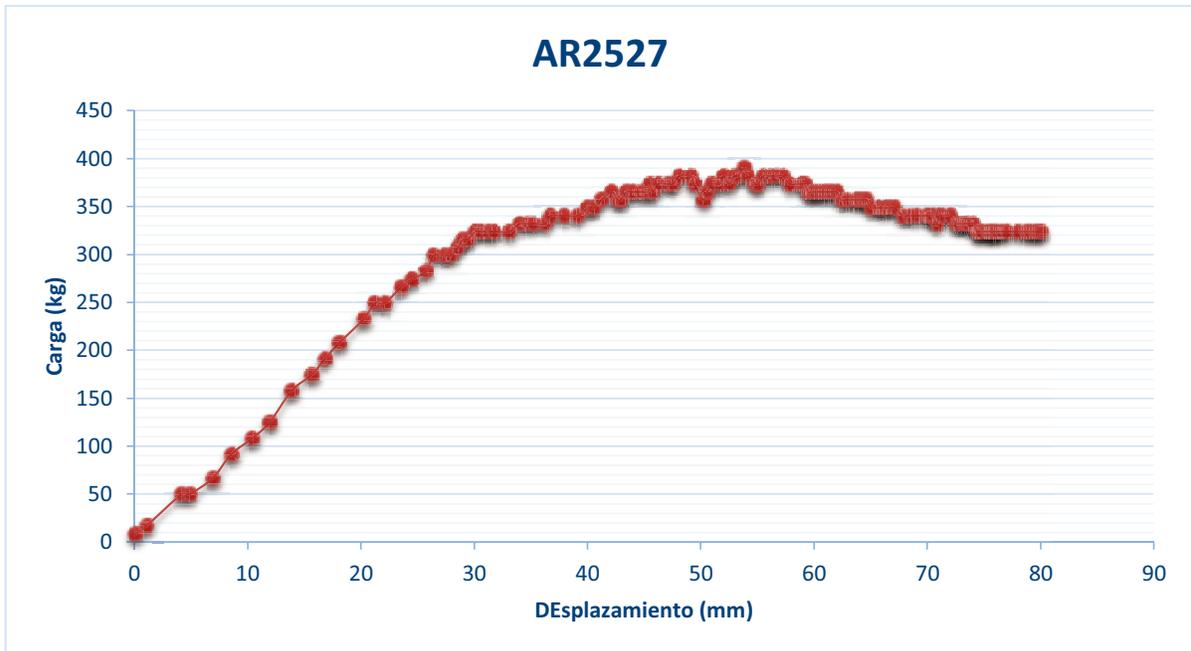
**AR2527**

**✚ Resultados (Tabla 05):**

**Tabla 05.- Datos de pruebas de armadura AR2527.**

Elemento AR2527		Elemento AR2527		Elemento AR2527	
Desplazamiento al centro del claro (mm)	Carga (kg)	Desplazamiento al centro del claro (mm)	Carga (kg)	Desplazamiento al centro del claro (mm)	Carga (kg)
0.12	8.30	43.46	365.09	64.02	356.79
1.08	16.60	43.94	365.09	64.32	356.79
4.18	49.79	44.70	365.09	64.62	356.79
4.88	49.79	45.32	365.09	65.06	348.50
6.92	66.38	45.52	373.39	65.74	348.50
8.56	91.27	45.80	365.09	66.10	348.50
10.40	107.87	46.24	373.39	66.30	348.50
11.94	124.46	47.16	373.39	66.74	348.50
13.90	157.65	47.56	373.39	67.10	348.50
15.68	174.25	48.14	381.69	67.84	340.20
16.82	190.84	49.12	381.69	68.42	340.20
18.10	207.44	49.42	373.39	69.06	340.20
20.24	232.33	50.24	356.79	70.02	340.20
21.24	248.93	50.58	365.09	70.10	340.20
22.10	248.93	51.00	373.39	70.44	340.20
23.56	265.52	51.68	373.39	70.86	331.90
24.48	273.82	52.04	381.69	71.02	340.20
25.74	282.12	52.52	373.39	71.24	340.20
26.44	298.71	52.96	381.69	72.02	340.20
27.40	298.71	53.30	381.69	72.54	331.90

27.94	298.71	53.84	389.98	72.78	331.90
28.56	307.01	54.12	381.69	73.20	331.90
29.02	315.31	54.80	373.39	73.40	331.90
29.44	315.31	55.08	373.39	73.62	331.90
30.10	323.60	55.52	381.69	74.04	331.90
30.54	323.60	56.22	381.69	74.40	323.60
31.24	323.60	56.66	381.69	74.54	323.60
31.72	323.60	57.28	381.69	74.78	323.60
33.08	323.60	57.88	373.39	75.28	323.60
34.02	331.90	58.90	373.39	75.50	323.60
34.72	331.90	59.18	373.39	75.66	323.60
35.20	331.90	59.48	365.09	75.78	323.60
36.26	331.90	59.78	365.09	75.94	323.60
36.74	340.20	59.96	365.09	76.14	323.60
37.94	340.20	60.38	365.09	76.56	323.60
39.18	340.20	60.80	365.09	77.04	323.60
40.04	348.50	61.14	365.09	78.04	323.60
40.56	348.50	61.52	365.09	78.76	323.60
41.26	356.79	62.00	365.09	79.06	323.60
42.14	365.09	62.40	356.79	79.52	323.60
42.64	356.79	63.00	356.79	79.74	323.60
42.96	356.79	63.72	356.79	80.04	323.60



**Grafica 03.- Carga - desplazamiento AR2527.**

La carga máxima soportada por la armadura fue de 389.98 kg.

El desplazamiento dado la carga máxima fue de 53.84 mm.

**Observaciones:**

El culmo presentaba nudo en su ED a 20.5 cm y en EI a 11.5 cm, el nudo se encontraba distante al apoyo, además el espesor era menor en el extremo derecho. La perforación del centro del culmo para la colocación del tornillo quedó sobre un nudo. El culmo tenía una rajadura de aproximadamente 25 cm en el centro, antes de aplicarle la carga. La falla se presentó por aplastamiento en su extremo derecho (Figura 42, 43 y 44).



Figura 42.- Aplicación de la carga.



Figura 43.- Falla por aplastamiento.



Figura 44.- Falla por aplastamiento vista transversal.

**AR2528**

✚ Resultados (Tabla 06):

**Tabla 06.- Datos de pruebas de armadura AR2528.**

Elemento	AR2528	Elemento	AR2528	Elemento	AR2528
Desplazamiento al centro del claro (mm)	Carga (kg)	Desplazamiento al centro del claro (mm)	Carga (kg)	Desplazamiento al centro del claro (mm)	Carga (kg)
0.06	0.00	18.32	273.82	27.20	307.01
2.08	8.30	19.10	282.12	27.24	307.01
4.42	33.19	19.58	273.82	23.82	307.01
5.66	41.49	20.48	290.41	23.86	307.01
6.78	49.79	21.08	290.41	24.06	315.31
8.14	66.38	21.30	290.41	24.70	307.01

9.04	82.98	21.82	307.01	24.84	307.01
9.52	91.27	22.00	298.71	24.86	307.01
10.20	107.87	22.38	307.01	25.34	298.71
11.12	149.36	22.58	298.71	25.36	307.01
11.72	165.95	23.20	307.01	25.46	307.01
12.10	182.55	24.34	323.60	26.08	307.01
12.74	190.84	26.32	323.60	26.24	307.01
13.50	207.44	25.06	257.22	26.24	307.01
13.98	215.74	25.20	257.22		
14.56	224.03	25.30	265.52		
15.30	232.33	25.28	257.22		
15.80	232.33	25.28	265.52		
15.18	240.63	25.30	265.52		
15.48	248.93	25.62	265.52		
15.96	248.93	25.76	265.52		
16.94	257.22	26.00	282.12		
17.16	257.22	26.66	290.41		
18.02	265.52	27.22	307.01		



**Grafica 04.- Carga - desplazamiento AR2528.**

La carga máxima soportada por la armadura fue de 323.60 kg.

El desplazamiento dado la carga máxima fue de 25.33 mm.

✚ **Observaciones:**

El culmo presentaba nudo en su ED a 5 cm y en EI a 15.5 cm. La falla en el elemento se presentó por aplastamiento al centro, se tuvo un problema de torsión: el culmo presentaba curvatura a lo largo de su eje longitudinal y al aplicar la carga generó un momento, esto hizo que nuestra probeta rotara (Figura 45 y 46).



**Figura 45.- Giro en la armadura.**



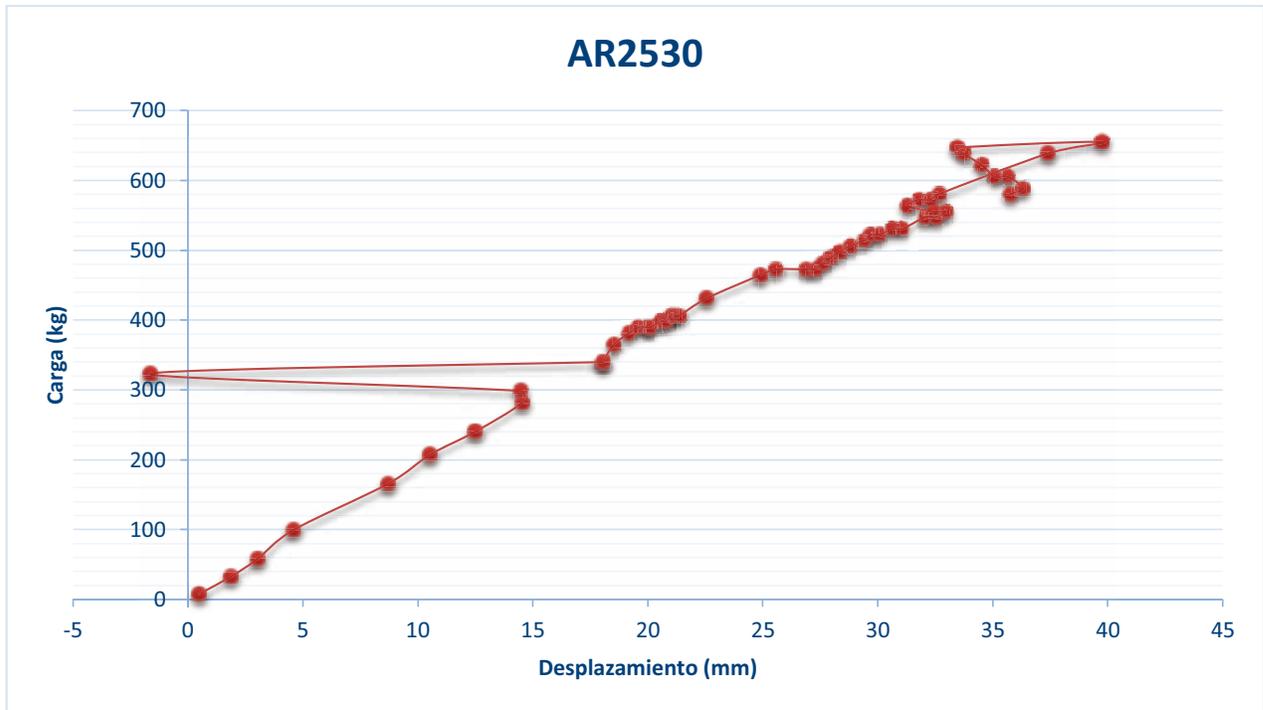
**Figura 46.- Falla por aplastamiento.**

**AR2530**

**✚ Resultados (Tabla 07):**

**Tabla 07.- Datos de pruebas de armadura AR2530.**

Elemento	AR2530	Elemento	AR2530	Elemento	AR2530
Desplazamiento al centro del claro (mm)	Carga (kg)	Desplazamiento al centro del claro (mm)	Carga (kg)	Desplazamiento al centro del claro (mm)	Carga (kg)
0.50	8.30	20.78	398.28	32.06	547.64
1.88	33.19	21.00	406.58	32.52	547.64
3.02	58.08	21.14	406.58	32.96	555.93
4.58	99.57	21.36	406.58	32.42	555.93
8.70	165.95	22.56	431.47	31.28	564.23
10.52	207.44	24.88	464.66	31.78	572.53
12.50	240.63	25.56	472.96	32.28	572.53
14.54	282.12	26.86	472.96	32.66	580.83
14.48	298.71	27.28	472.96	37.40	638.91
-1.64	323.60	27.58	481.26	39.74	655.50
18.04	340.20	27.94	489.55	33.48	647.21
18.04	340.20	28.32	497.85	33.72	638.91
18.52	365.09	28.80	506.15	34.52	622.31
19.18	381.69	29.40	514.45	35.08	605.72
19.58	389.98	29.72	522.74	35.64	605.72
19.94	389.98	30.08	522.74	36.32	589.12
20.10	389.98	30.64	531.04	35.76	580.83
20.54	398.28	31.06	531.04		



**Grafica 05.- Carga - desplazamiento AR2530.**

La carga máxima soportada por la armadura fue de 655.50 kg.

El desplazamiento dado la carga máxima fue de 39.74 mm.

#### 🔧 Observaciones:

El culmo presentaba nudo en su ED a 12 cm y en EI a 8.5 cm. La falla en el elemento se presentó como una rajadura a lo largo de toda longitud, habiendo también un problema de torsión; el culmo presentó pandeo a lo largo de su eje longitudinal y al aplicarle la carga generó un momento que hizo que nuestra probeta rotara (Figura 47 y 48 ).



**Figura 47.- Aplicación de la carga.**



**Figura 48.- Armadura presenta problemas de rotación.**

**Armaduras con aplicación de carga en el tercio medio:**

**AR2529**

 **Resultados (Tabla 08):**

**Tabla 08.- Datos de pruebas de armadura AR2529.**

Elemento	AR2529	Elemento	AR2529	Elemento	AR2529
Desplazamiento al centro del claro (mm)	Carga (kg)	Desplazamiento al centro del claro (mm)	Carga (kg)	Desplazamiento al centro del claro (mm)	Carga (kg)
0.00	0.00	13.58	333.42	44.38	940.60
0.90	28.08	15.34	386.07	46.70	975.70
1.20	35.10	17.48	445.73	48.98	1007.28
2.18	59.66	19.58	501.89	51.76	1035.36
2.62	73.70	21.20	540.49	52.28	501.89
3.24	84.23	23.24	589.63	53.66	522.95
4.40	105.29	24.90	621.22	56.48	551.02
5.32	129.86	27.22	663.33	56.48	533.47
6.66	168.47	30.84	730.02		
7.96	203.56	34.46	793.19		
9.28	235.15	38.02	849.35		
11.76	291.31	41.22	898.48		



**Grafica 06.- Carga - desplazamiento AR2529.**

La carga máxima soportada por la armadura fue de 1035.36 kg.

El desplazamiento dado la carga máxima fue de 51.76 mm.

**Observaciones:**

El culmo presentaba nudo en su ED a 4 cm y en EI a 7.4 cm, tenía una rajadura de aproximadamente 5 cm en el centro, antes de aplicarle la carga. La falla se presentó por una fisura en la parte superior de la parte central del culmo (Figura 49 y 50).



**Figura 49.- Colocación del deformímetro sobre la placa de vidrio plástico.**



Figura 50.- Falla; rajadura en la parte superior central.

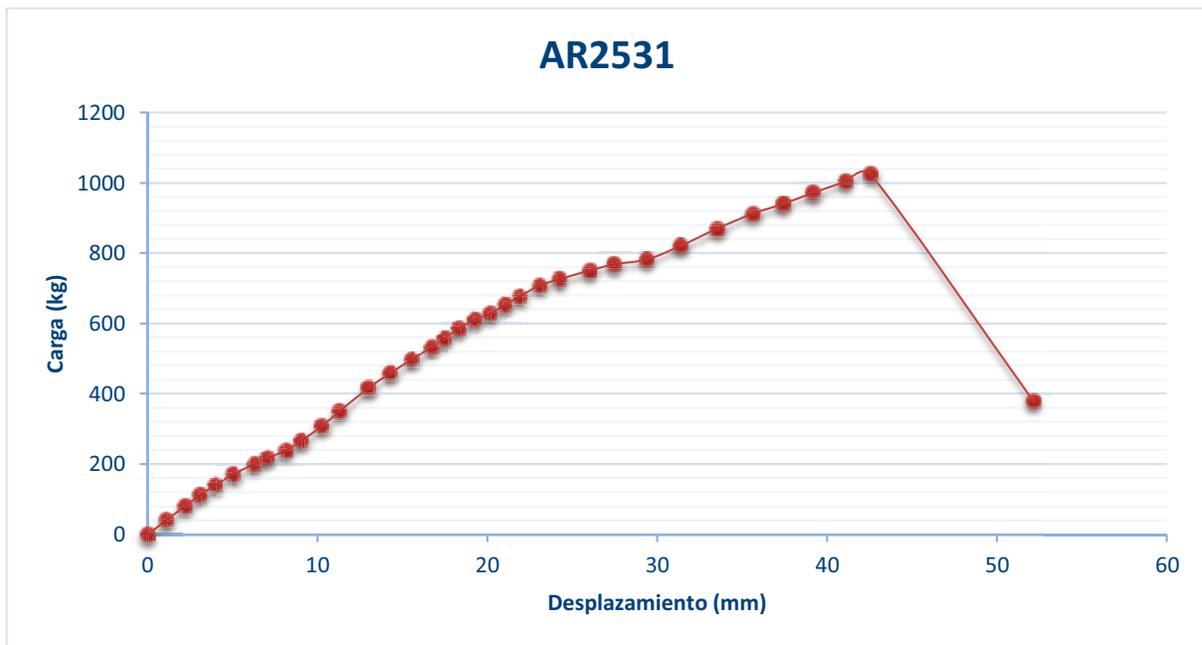
### AR2531

#### ✚ Resultados (Tabla 09):

Tabla 09.- Datos de pruebas de armadura AR2531.

Elemento	AR2531	Elemento	AR2531	Elemento	AR2531
Desplazamiento al centro del claro (mm)	Carga (kg)	Desplazamiento al centro del claro (mm)	Carga (kg)	Desplazamiento al centro del claro (mm)	Carga (kg)
0.00	0.00	13.02	417.65	26.02	751.08
1.12	42.12	14.30	459.77	27.46	768.62
2.20	80.72	15.56	498.38	29.40	782.66
3.08	112.31	16.72	533.47	31.38	821.27
3.98	140.39	17.46	558.04	33.54	870.41
5.04	171.98	18.32	586.12	35.62	912.52

6.28	200.05	19.24	610.69	37.42	940.60
7.04	217.60	20.16	628.24	39.18	972.19
8.12	238.66	21.02	652.80	41.10	1003.77
9.04	266.74	21.90	677.37	42.56	1024.83
10.26	308.85	23.10	708.96	52.16	379.05
11.30	350.97	24.26	726.51		



**Grafica 07.- Carga - desplazamiento AR2531.**

La carga máxima soportada por la armadura fue de 1024.83 kg.

El desplazamiento dado la carga máxima fue de 42.56 mm.

**📌 Observaciones:**

El culmo presentaba nudo en su ED a 9.5 cm y en EI a 2 cm. La falla se presentó por aplastamiento en el apoyo del extremo izquierdo, provocando una rajadura del apoyo hasta 1/3 de la longitud (Figura 51, 52 y 53).



Figura 51.- Aplicación de carga.



Figura 52.- Falla; rajadura del apoyo a 1/3 de la longitud.



Figura 53.- Falla; aplastamiento en el extremo izquierdo.

**AR2532**

**✚ Resultados (Tabla 10):**

**Tabla 10.- Datos de pruebas de armadura AR2532.**

Elemento	AR2532	Elemento	AR2532	Elemento	AR2532
Desplazamiento al centro del claro (mm)	Carga (kg)	Desplazamiento al centro del claro (mm)	Carga (kg)	Desplazamiento al centro del claro (mm)	Carga (kg)
0.00	0.00	10.18	421.16	20.84	575.59
1.22	98.27	10.94	452.75	22.08	582.61
2.32	147.41	11.68	473.81	23.46	589.63
3.22	171.98	12.34	498.38	25.90	579.10
4.38	203.56	13.10	519.44	28.04	607.18
5.56	235.15	14.60	526.46	30.28	631.75
6.60	277.27	16.08	544.00	31.84	645.78
7.62	315.87	17.44	536.98	34.34	663.33
8.50	354.48	18.48	544.00	35.46	645.78
9.38	386.07	19.68	558.04	35.96	614.20



**Grafica 08.- Carga - desplazamiento AR2532.**

La carga máxima soportada por la armadura fue de 663.33 kg.

El desplazamiento dado la carga máxima fue de 34.34 mm.

**✚ Observaciones:**

El culmo presentaba nudo en su ED a 24.8 cm y en EI a 4 cm. La falla se presentó por aplastamiento en el extremo derecho, el espesor en ese extremo era menor que en el contrario (Figura 54).



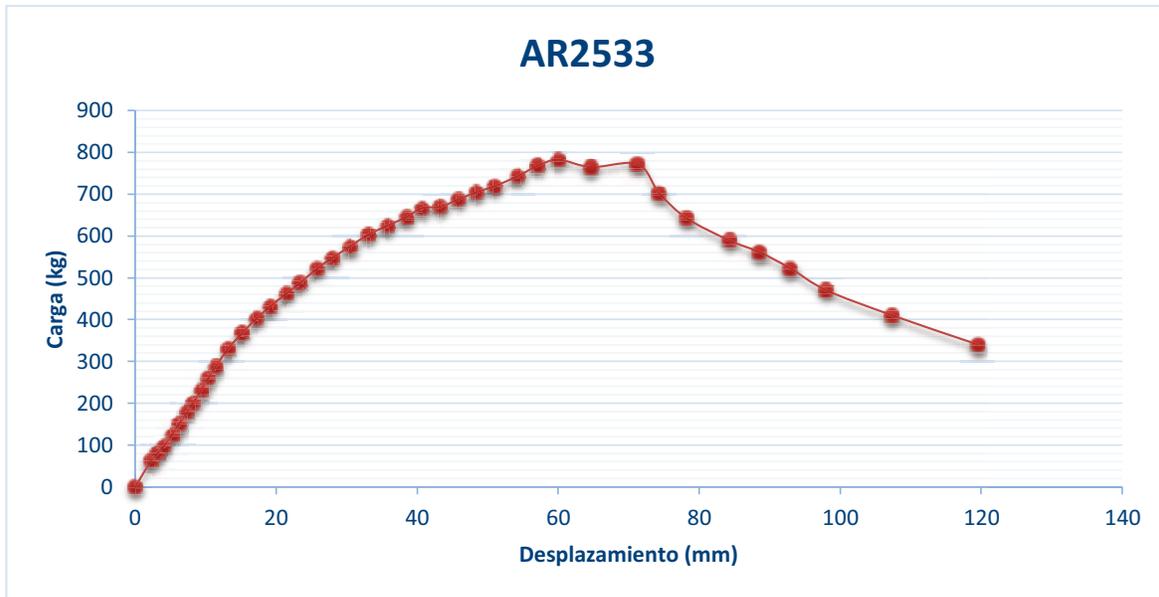
**Figura 54.- Falla; aplastamiento en el extremo derecho.**

**AR2533**

**✚ Resultados (Tabla 11):**

**Tabla 11.- Datos de pruebas de armadura AR2533.**

Elemento	AR2533	Elemento	AR2533	Elemento	AR2533
Desplazamiento al centro del claro (mm)	Carga (kg)	Desplazamiento al centro del claro (mm)	Carga (kg)	Desplazamiento al centro del claro (mm)	Carga (kg)
0.00	0.00	19.12	431.69	54.32	744.06
2.28	63.17	21.50	463.28	57.08	768.62
3.16	80.72	23.34	487.85	60.04	782.66
4.10	98.27	25.86	522.95	64.66	765.11
5.28	126.35	27.92	547.51	71.26	772.13
6.24	150.92	30.50	575.59	74.34	701.94
7.38	178.99	33.08	603.67	78.22	642.28
8.20	200.05	35.74	624.73	84.24	589.63
9.34	231.64	38.48	645.78	88.52	561.55
10.36	259.72	40.66	666.84	92.86	522.95
11.40	287.80	43.26	670.35	98.00	470.30
13.16	329.91	45.86	687.90	107.28	410.63
15.18	368.52	48.42	705.45	119.44	340.44
17.28	403.62	50.96	719.49		



**Grafica 09.- Carga - desplazamiento AR2533.**

La carga máxima soportada por la armadura fue de 782.66 kg.

El desplazamiento dado la carga máxima fue de 70.04 mm.

**Observaciones:**

El culmo presentaba nudo en su ED a 6.5 cm y en EI a 2.5 cm. La falla en el elemento en la parte central con diversas rajaduras a lo largo de su longitud (Figura 55 y 56).



**Figura 55.- Aplicación de la carga y falla en la zona de la aplicación de la carga.**



Figura 56.- Vista longitudinal de la falla en la probeta.

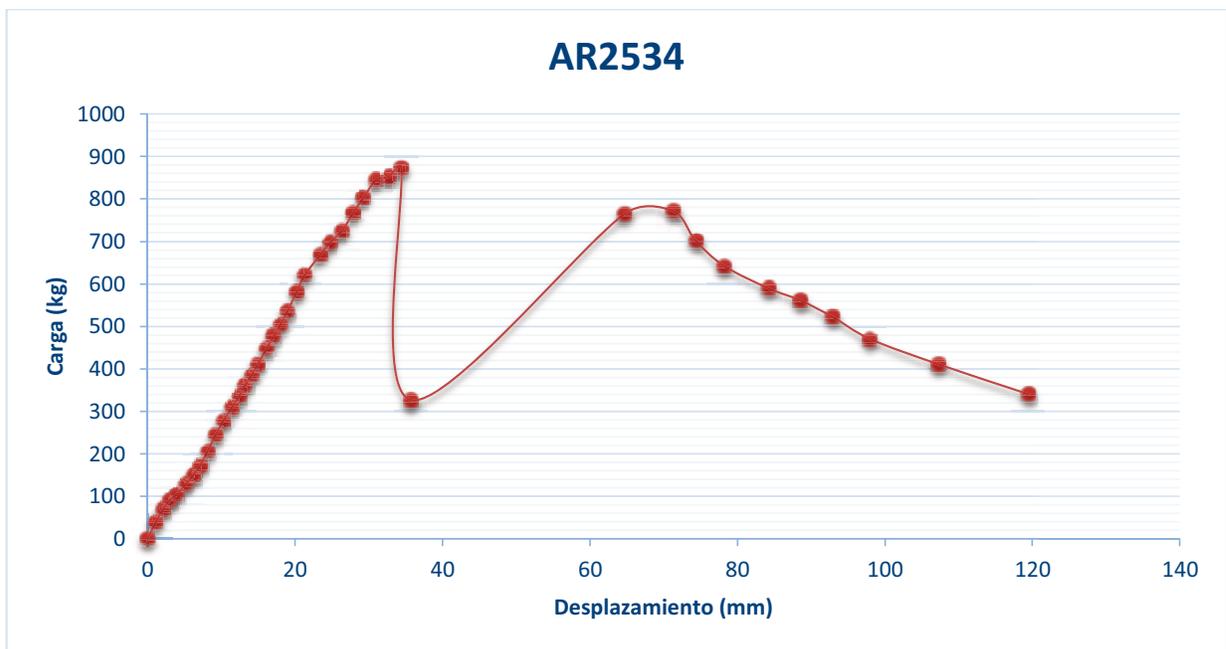
AR2534

✚ Resultados (Tabla 12):

Tabla 12.- Datos de pruebas de armadura AR2534.

Elemento	AR2534	Elemento	AR2534	Elemento	AR2534
Desplazamiento al centro del claro (mm)	Carga (kg)	Desplazamiento al centro del claro (mm)	Carga (kg)	Desplazamiento al centro del claro (mm)	Carga (kg)
0.00	0.00	14.10	386.07	32.74	852.86
1.10	38.61	14.94	410.63	34.40	873.92
2.14	70.19	16.16	449.24	35.76	326.40

3.02	91.25	17.12	477.32	64.66	765.11
4.02	105.29	18.04	505.40	71.26	772.13
5.26	129.86	18.98	536.98	74.34	701.94
6.24	150.92	20.24	582.61	78.22	642.28
7.12	171.98	21.30	621.22	84.24	589.63
8.14	207.07	23.48	670.35	88.52	561.55
9.26	245.68	24.76	698.43	92.86	522.95
10.26	277.27	26.40	726.51	98.00	470.30
11.42	308.85	27.90	768.62	107.28	410.63
12.46	336.93	29.28	803.72	119.44	340.44
13.22	361.50	31.00	845.84		



**Grafica 10.- Carga - desplazamiento AR2534.**

La carga máxima soportada por la armadura fue de 873.92 kg.

El desplazamiento dado la carga máxima fue de 34.40 mm.

✚ **Observaciones:**

El culmo presentaba nudo en su ED a 1.7 cm y en EI a 11.5 cm, presentaba una rajadura en la parte central derecha de aproximadamente 15 cm, y una más en su extremo derecho de 20 cm. La falla se presentó como una fisura en la parte superior de la parte central del culmo (Figura 57 y 58).



**Figura 57.- Rajadura en el extremo derecho.**



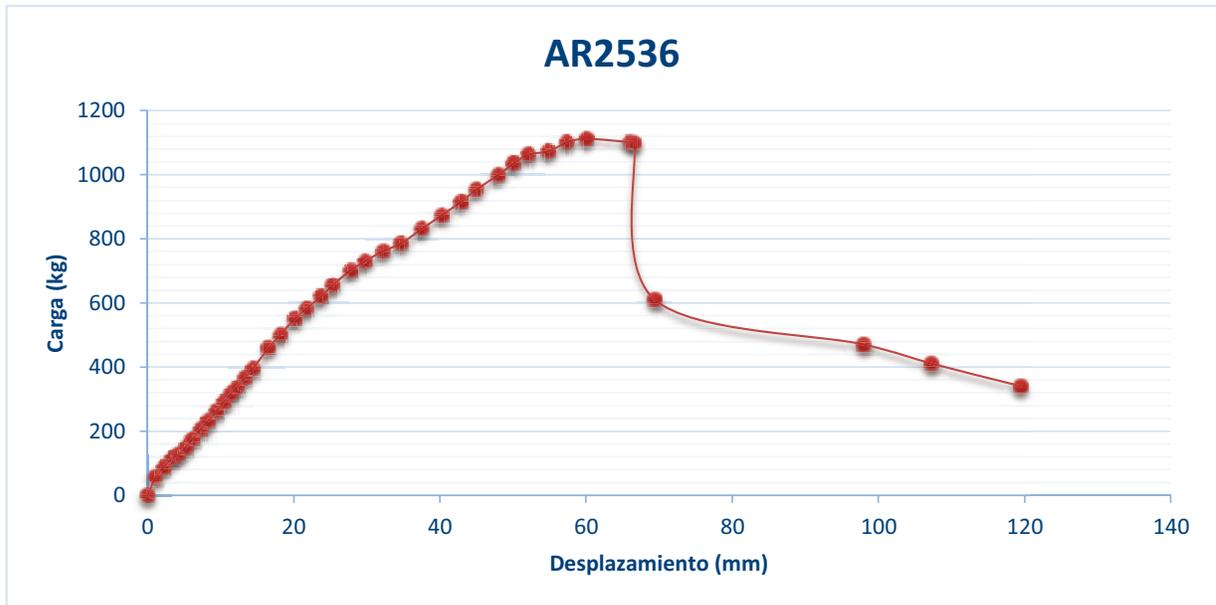
**Figura 58.- Falla; fisura en la parte superior central.**

**AR2536**

**✚ Resultados (Tabla 13):**

**Tabla 13.- Datos de pruebas de armadura AR2536.**

Elemento	AR2536	Elemento	AR2536	Elemento	AR2536
Desplazamiento al centro del claro (mm)	Carga (kg)	Desplazamiento al centro del claro (mm)	Carga (kg)	Desplazamiento al centro del claro (mm)	Carga (kg)
0.00	0.00	14.42	396.60	45.00	954.64
1.08	56.16	16.54	459.77	47.98	1000.26
2.20	87.74	18.16	501.89	50.04	1035.36
3.32	115.82	20.16	551.02	52.12	1063.44
4.20	126.35	21.72	582.61	54.86	1073.97
5.22	150.92	23.72	621.22	57.42	1102.05
6.12	175.49	25.32	656.31	60.10	1112.57
7.28	207.07	27.74	701.94	65.96	1102.05
8.24	231.64	29.70	730.02	66.54	1098.54
9.44	263.23	32.18	761.60	69.36	610.69
10.38	291.31	34.68	786.17	98.00	470.30
11.34	315.87	37.52	831.80	107.28	410.63
12.22	336.93	40.22	873.92	119.44	340.44
13.32	368.52	42.86	916.03		



**Grafica 11.- Carga - desplazamiento AR2536.**

La carga máxima soportada por la armadura fue de 1112.57 kg.

El desplazamiento dado la carga máxima fue de 60.10 mm.

**✚ Observaciones:**

El culmo presentaba nudo en su ED a 3.3 cm y en EI a 2.2 cm. La falla se presentó como una fisura en la parte superior de la parte central del culmo (Figura 59).



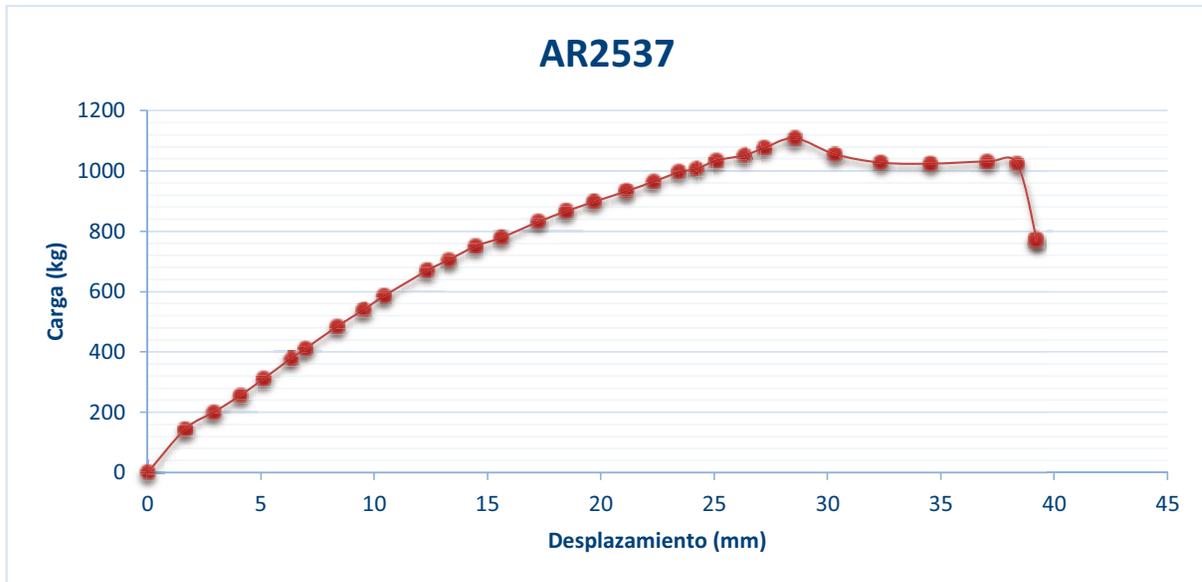
**Figura 59.- Falla; fisura en la parte superior central.**

**AR2537**

**✚ Resultados (Tabla 14):**

**Tabla 14.- Datos de pruebas de armadura AR2537**

Elemento	AR2537	Elemento	AR2537	Elemento	AR2537
Desplazamiento al centro del claro (mm)	Carga (kg)	Desplazamiento al centro del claro (mm)	Carga (kg)	Desplazamiento al centro del claro (mm)	Carga (kg)
0.00	0.00	13.28	705.45	26.34	1052.91
1.66	143.90	14.48	751.08	27.22	1077.48
2.92	200.05	15.60	779.15	28.56	1109.07
4.10	256.21	17.24	831.80	30.32	1056.42
5.14	312.36	18.48	866.90	32.34	1028.34
6.34	379.05	19.70	898.48	34.56	1024.83
6.96	410.63	21.14	933.58	37.06	1031.85
8.36	484.34	22.32	965.17	38.36	1024.83
9.54	540.49	23.46	996.75	39.22	775.64
10.44	586.12	24.22	1007.28	39.22	768.62
12.34	670.35	25.10	1035.36		



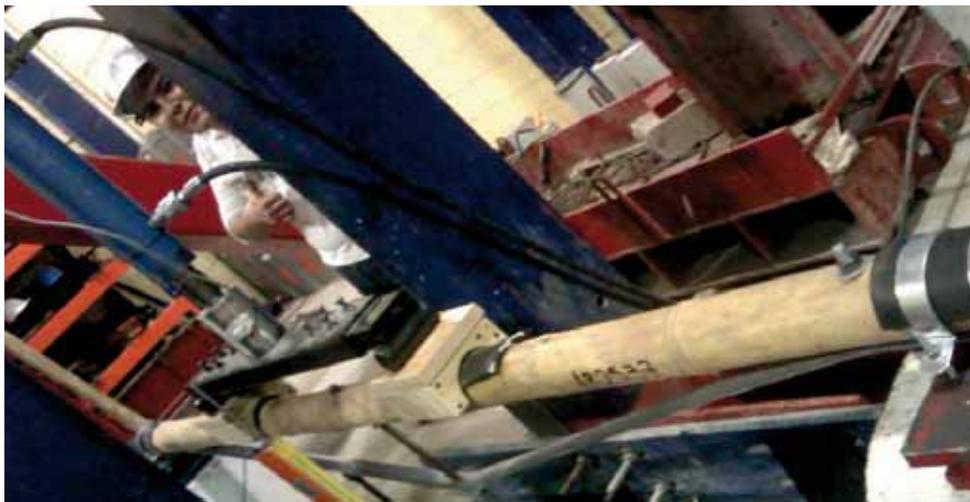
**Grafica 12.- Carga - desplazamiento AR2537.**

La carga máxima soportada por la armadura fue de 1109.07 kg.

El desplazamiento dado la carga máxima fue de 28.56 mm.

**Observaciones:**

El culmo presentaba nudo en su ED a 9.7 cm y en EI a 16 cm, se observó una grieta de 10 cm en cada extremo en la parte de los tornillos. La falla se presentó por aplastamiento en el apoyo del extremo derecho (Figura 60 y 61).



**Figura 60- Aplicación de carga.**



Figura 61.- Falla; aplastamiento en el extremo derecho.

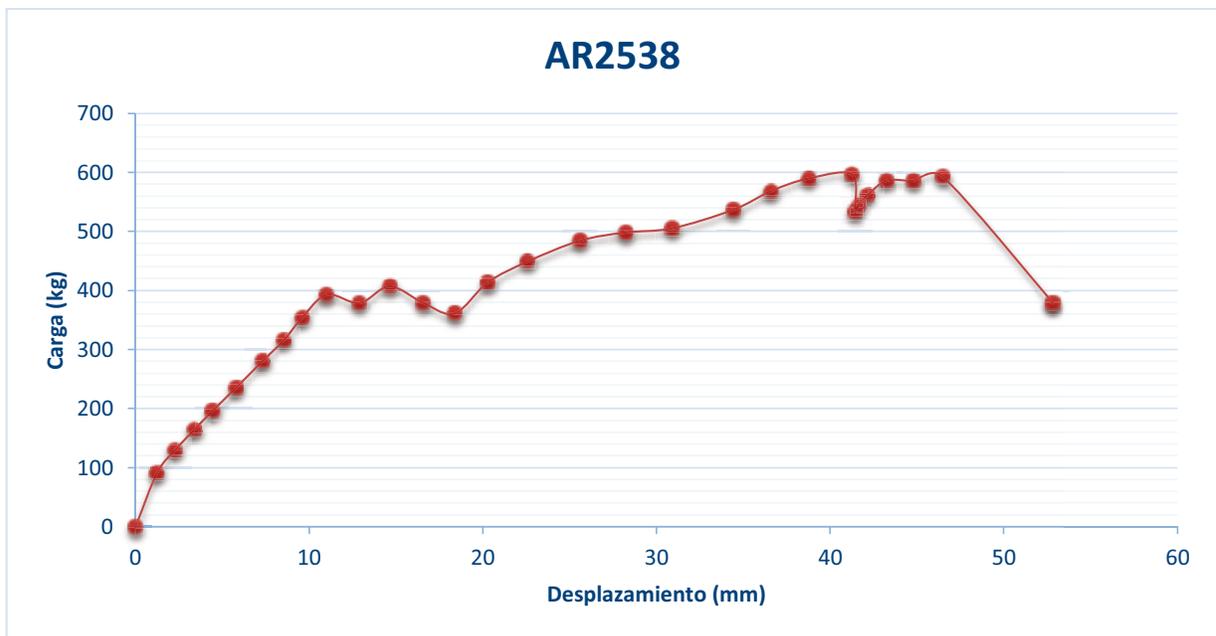
**AR2538**

✚ Resultados (Tabla 15):

**Tabla 15.- Datos de pruebas de armadura AR2538**

Elemento	AR2538	Elemento	AR2538	Elemento	AR2538
Desplazamiento al centro del claro (mm)	Carga (kg)	Desplazamiento al centro del claro (mm)	Carga (kg)	Desplazamiento al centro del claro (mm)	Carga (kg)
1.24	91.25	14.64	407.13	38.74	589.63
2.28	129.86	16.58	379.05	41.26	596.65

3.40	164.96	18.38	361.50	41.44	533.47
4.44	196.54	20.30	414.14	41.62	544.00
5.78	235.15	22.58	449.24	42.16	561.55
7.32	280.78	25.58	484.34	43.26	586.12
8.54	315.87	28.20	498.38	44.80	586.12
9.60	354.48	30.90	505.40	46.48	593.14
11.02	393.09	34.44	536.98	52.84	379.05
12.90	379.05	36.60	568.57	52.82	379.05



**Grafica 13.- Carga - desplazamiento AR2538.**

La carga máxima soportada por la armadura fue de 596.65 kg.

El desplazamiento dado la carga máxima fue de 41.26 mm.

**📌 Observaciones:**

El culmo presentaba nudo en su ED a 4.3 cm y en EI a 24.8 cm. La falla se presentó por aplastamiento en el apoyo del extremo izquierdo (Figura 62 y 63).



**Figura 62.- Aplicación de carga.**



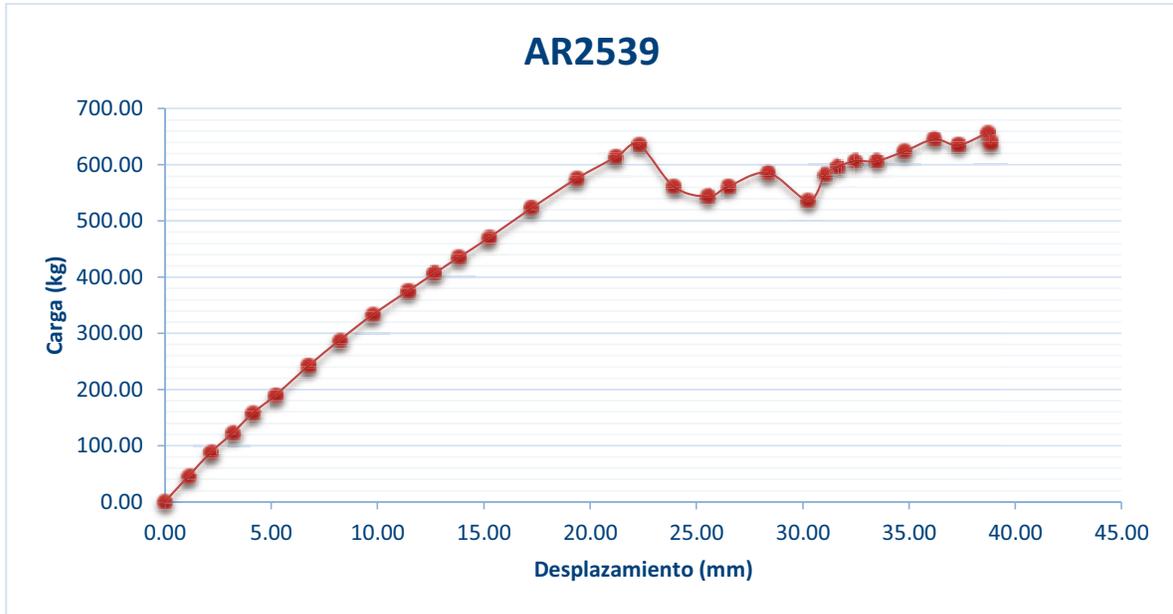
**Figura 63.- Falla; aplastamiento en el extremo izquierdo.**

**AR2539**

**✚ Resultados (Tabla 16):**

**Tabla 16.- Datos de pruebas de armadura AR2539.**

Elemento	AR2539	Elemento	AR2539	Elemento	AR2539
Desplazamiento al centro del claro (mm)	Carga (kg)	Desplazamiento al centro del claro (mm)	Carga (kg)	Desplazamiento al centro del claro (mm)	Carga (kg)
0.00	0.00	13.82	435.20	31.06	582.61
1.12	45.63	15.24	470.30	31.64	596.65
2.16	87.74	17.24	522.95	32.48	607.18
3.20	122.84	19.36	575.59	33.48	607.18
4.14	157.94	21.22	614.20	34.80	624.73
5.20	189.52	22.30	635.26	36.18	645.78
6.76	242.17	23.94	561.55	37.32	635.26
8.22	287.80	25.54	544.00	38.72	656.31
9.78	333.42	26.50	561.55	38.84	638.77
11.44	375.54	28.36	586.12		
12.68	407.13	30.26	536.98		



**Grafica 14.- Carga - desplazamiento AR2539.**

La carga máxima soportada por la armadura fue de 656.31 kg.

El desplazamiento dado la carga máxima fue de 38.72 mm.

**Observaciones:**

El culmo presentaba nudo en su ED a 16 cm y en EI a 13.8 cm. La falla se presentó por aplastamiento en el apoyo del extremo derecho (Figura 64 y 65).



**Figura 64.- Falla; Aplicación de la carga.**



Figura 65.- Falla; aplastamiento en el extremo derecho.

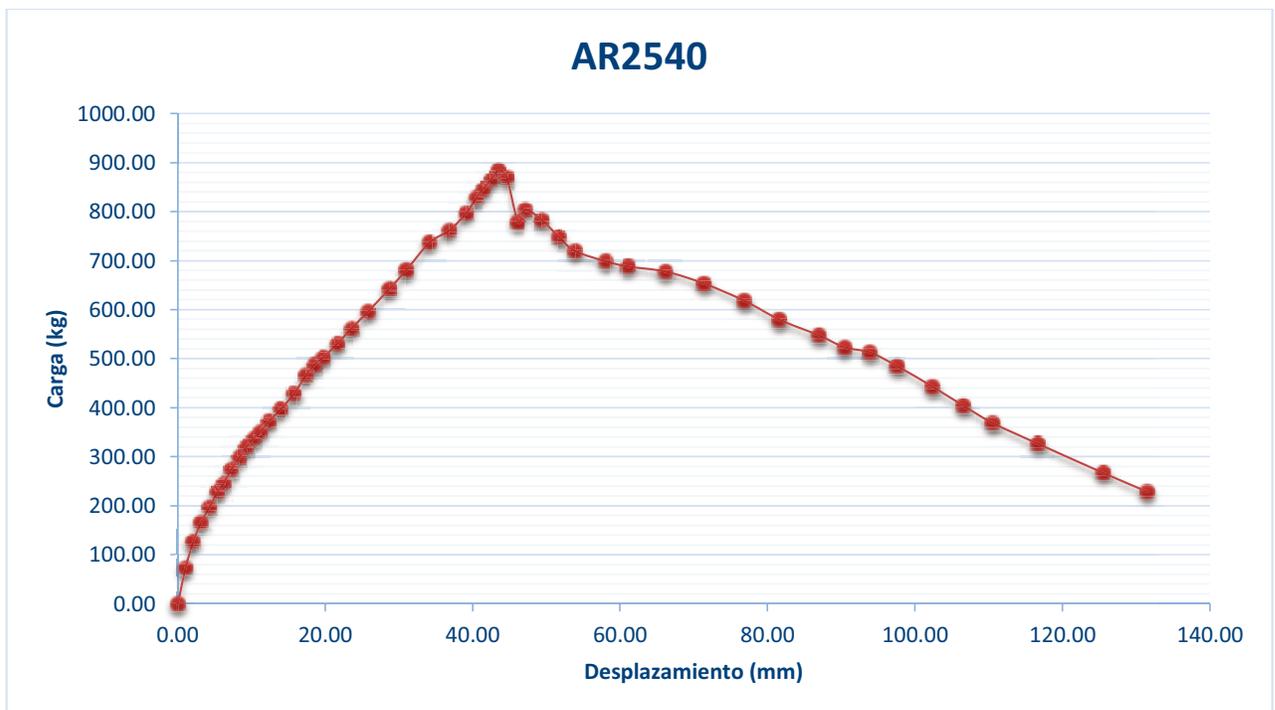
### AR2540

✚ Resultados (Tabla 17):

Tabla 17.- Datos de pruebas de armadura AR2540.

Elemento	AR2540	Elemento	AR2540	Elemento	AR2540
Desplazamiento al centro del claro (mm)	Carga (kg)	Desplazamiento al centro del claro (mm)	Carga (kg)	Desplazamiento al centro del claro (mm)	Carga (kg)
0.00	0.00	21.60	529.96	58.04	698.43
1.04	73.70	23.54	561.55	61.00	687.90
2.08	126.35	25.84	596.65	66.16	677.37

3.10	164.96	28.68	642.28	71.40	652.80
4.26	196.54	31.00	680.88	76.88	617.71
5.38	228.13	34.16	737.04	81.64	579.10
6.20	245.68	36.84	761.60	86.92	547.51
7.22	273.76	39.10	796.70	90.46	522.95
8.30	298.32	40.50	828.29	93.90	512.42
9.26	319.38	41.40	845.84	97.60	484.34
10.22	336.93	42.56	866.90	102.42	442.22
11.20	350.97	43.54	884.44	106.58	403.62
12.36	372.03	44.58	870.41	110.54	368.52
13.94	396.60	46.14	779.15	116.64	326.40
15.74	428.18	47.14	803.72	125.54	266.74
17.40	466.79	49.36	782.66	131.54	228.13
18.52	487.85	51.72	747.57		
19.66	501.89	53.86	719.49		



**Grafica 15.- Carga - desplazamiento AR2540.**

La carga máxima soportada por la armadura fue de 884.44 kg.

El desplazamiento dado la carga máxima fue de 43.54 mm.

✚ **Observaciones:**

El culmo presentaba nudo en su ED a 3.3 cm y en EI a 2.2 cm. La falla se presentó como desgarre en la parte central con el esparrago y por aplastamiento y desgarre en la parte de aplicación de la carga en el extremo derecho. El deformímetro se movió dándonos unos mayores desplazamientos al momento de quitar la carga (Figura 66, 67 y 68).



**Figura 66.- Aplicación de carga.**



**Figura 67.- Falla; por desgarre en el esparrago central.**



Figura 68.- Falla; aplastamiento y desgarre en la zona de aplicación de la carga.

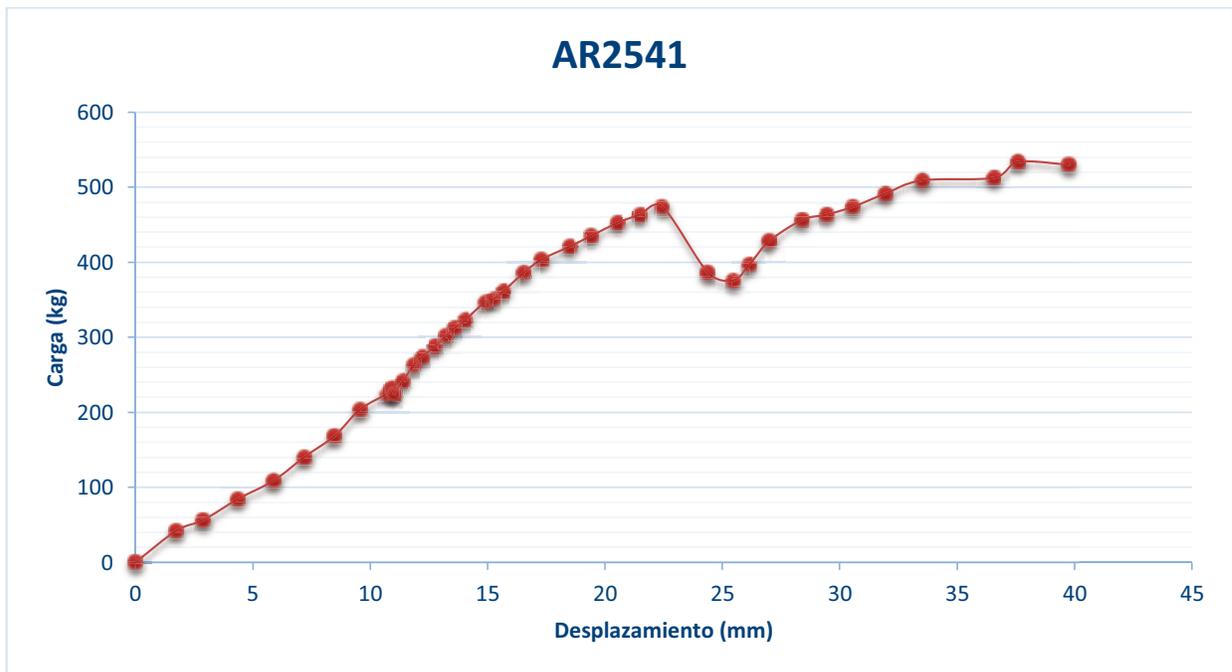
### AR2541

✚ Resultados (Tabla 18):

Tabla 18.- Datos de pruebas de armadura AR2541.

Elemento	AR2541	Elemento	AR2541	Elemento	AR2541
Desplazamiento al centro del claro (mm)	Carga (kg)	Desplazamiento al centro del claro (mm)	Carga (kg)	Desplazamiento al centro del claro (mm)	Carga (kg)
1.74	42.12	12.76	287.80	24.38	386.07
2.88	56.16	13.22	301.83	25.46	375.54
4.36	84.23	13.60	312.36	26.14	396.60
5.88	108.80	14.04	322.89	27.00	428.18

7.20	140.39	14.90	347.46	28.40	456.26
8.48	168.47	15.24	350.97	29.44	463.28
9.56	203.56	15.68	361.50	30.56	473.81
10.72	224.62	16.54	386.07	31.94	491.36
10.90	231.64	17.30	403.62	33.50	508.91
11.00	224.62	18.52	421.16	36.56	512.42
11.00	224.62	19.42	435.20	37.60	533.47
11.40	242.17	20.56	452.75	39.76	529.96
11.86	263.23	21.48	463.28		
12.20	273.76	22.44	473.81		



**Grafica 16.- Carga - desplazamiento AR2541.**

La carga máxima soportada por la armadura fue de 533.47 kg.

El desplazamiento dado la carga máxima fue de 37.60 mm.

✚ **Observaciones:**

El culmo presentaba nudo en su ED a 16 cm y en EI a 26 cm. La falla se presentó por aplastamiento en el apoyo del extremo izquierdo (Figura 69, 70 y 71).



**Figura 69.- Aplicación de carga.**



**Figura 70.- Falla; por aplastamiento vista lateral.**



Figura 71.- Falla; por aplastamiento vista transversal.

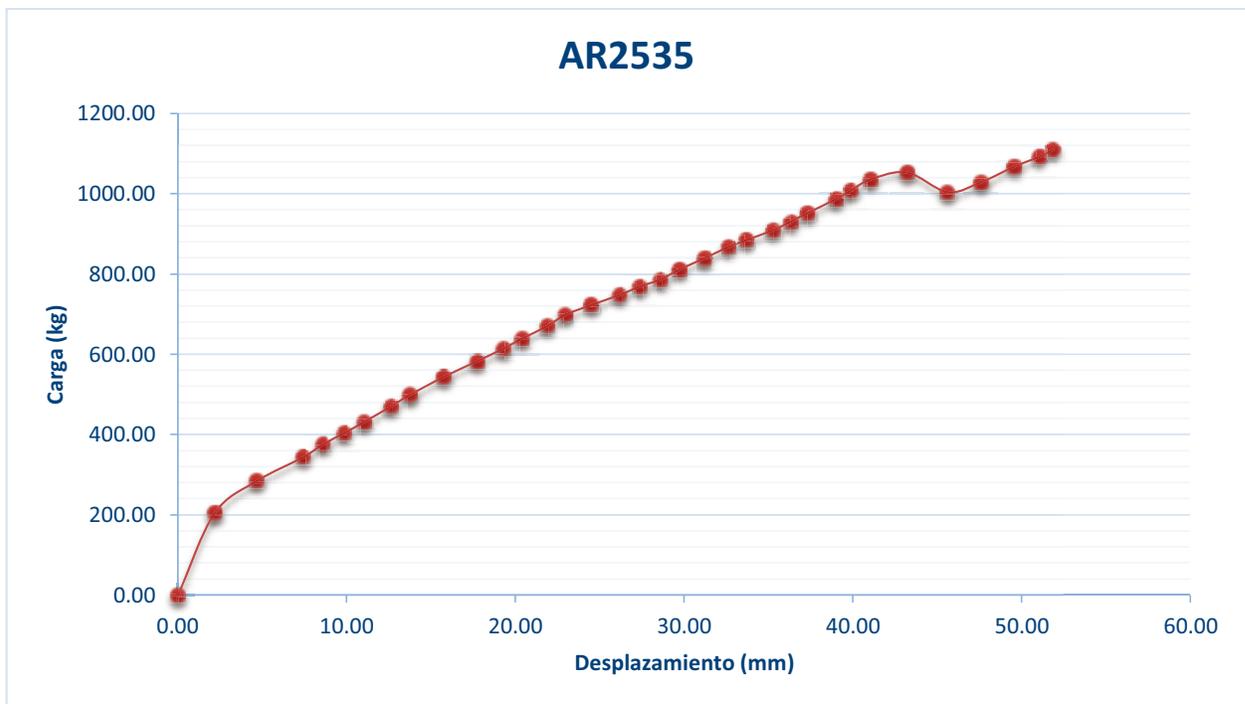
### AR2535

✚ Resultados (Tabla 19):

Tabla 19.- Datos de pruebas de armadura AR2535.

Elemento	AR2535	Elemento	AR2535	Elemento	AR2535
Desplazamiento al centro del claro (mm)	Carga (kg)	Desplazamiento al centro del claro (mm)	Carga (kg)	Desplazamiento al centro del claro (mm)	Carga (kg)
0.02	0.00	21.90	670.35	39.00	986.23
2.18	203.56	22.98	698.43	39.88	1007.28
4.68	284.29	24.52	723.00	41.06	1035.36
7.44	343.95	26.18	747.57	43.22	1052.91
8.60	375.54	27.38	768.62	45.62	1003.77

9.86	403.62	28.60	786.17	47.60	1028.34
11.06	431.69	29.72	810.74	49.56	1066.95
12.64	470.30	31.20	838.82	51.04	1091.52
13.74	498.38	32.62	866.90	51.88	1109.07
15.78	544.00	33.70	884.44	52.46	673.86
17.74	582.61	35.28	909.01		
19.30	614.20	36.32	930.07		
20.40	638.77	37.30	951.13		



**Grafica 17.- Carga - desplazamiento AR2535.**

La carga máxima soportada por la armadura fue de 1109.07 kg.

El desplazamiento dado la carga máxima fue de 51.88 mm.

✚ **Observaciones:**

El culmo presentaba nudo en su ED a 8.5 cm y en EI a 6.8 cm, con la solera ligeramente fuera de su eje longitudinal y con una rajadura de aproximadamente 20 cm en el lado derecho. La falla se presentó por una fisura en la parte superior de la parte central del culmo (Figura 72 y 73).



**Figura 72.- Aplicación de carga.**



**Figura 73.- Falla; rajadura en la parte superior de la parte central del culmo.**

**AR2542**

**✚ Resultados (Tabla 20):**

**Tabla 20.- Datos de pruebas de armadura AR2542.**

Elemento	AR2542	Elemento	AR2542	Elemento	AR2542
Desplazamiento al centro del claro (mm)	Carga (kg)	Desplazamiento al centro del claro (mm)	Carga (kg)	Desplazamiento al centro del claro (mm)	Carga (kg)
0.00	0.00	12.28	375.54	35.42	796.70
1.84	87.74	14.22	421.16	37.70	828.29
2.82	129.86	15.32	445.73	39.86	856.37
4.06	182.50	18.18	501.89	41.96	887.95
5.40	221.11	20.56	536.98	47.58	659.82
6.16	245.68	22.66	586.12	50.06	684.39
7.24	277.27	25.76	645.78	50.44	663.33
8.14	305.34	28.36	691.41		
9.38	329.91	30.72	733.53		
11.14	350.97	33.10	768.62		



**Grafica 18.- Carga - desplazamiento AR2542.**

La carga máxima soportada por la armadura fue de 887.95 kg.

El desplazamiento dado la carga máxima fue de 41.96 mm.

**📌 Observaciones:**

El culmo presentaba nudo en su ED a 15.4 cm y en EI a 3.5 cm. La falla se presentó como fisura en la parte superior de la parte central del culmo (Figura 74 y 75).



**Figura 74.- Armadura AR2542.**



Figura 75.- Falla; rajadura en la parte superior de la parte central del culmo.

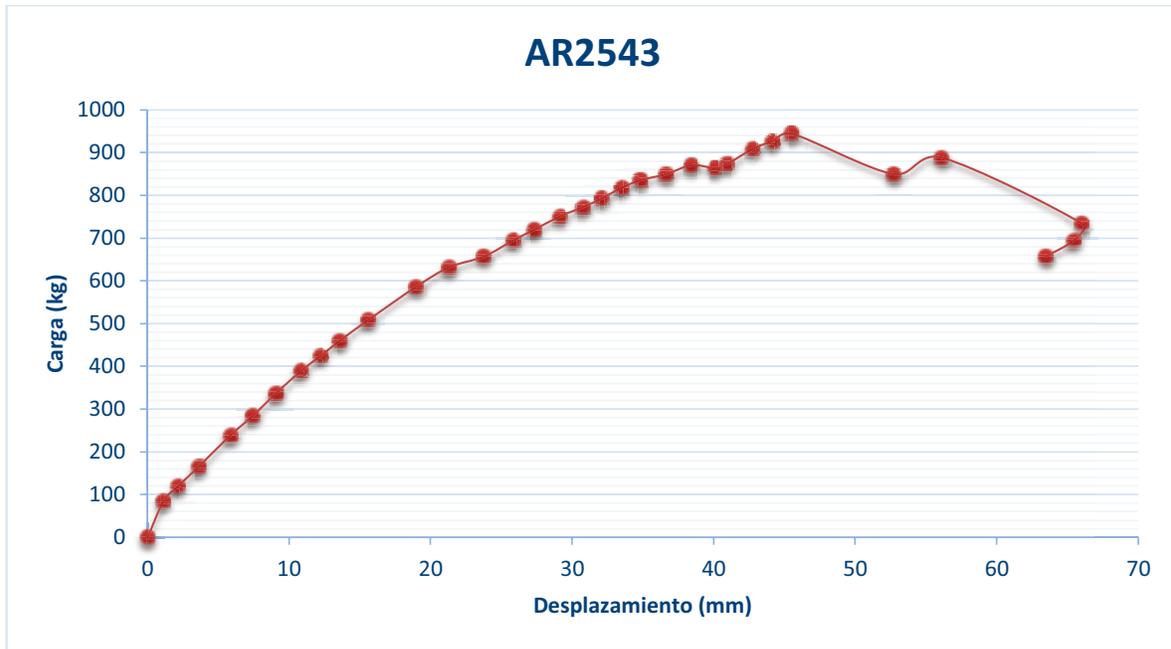
**AR2543**

✚ Resultados (Tabla 21):

**Tabla 21.- Datos de pruebas de armadura AR2543.**

Elemento	AR2543	Elemento	AR2543	Elemento	AR2543
Desplazamiento al centro del claro (mm)	Carga (kg)	Desplazamiento al centro del claro (mm)	Carga (kg)	Desplazamiento al centro del claro (mm)	Carga (kg)
0.00	0.00	18.98	586.12	38.44	870.41
1.12	84.23	21.32	631.75	40.12	863.39
2.16	119.33	23.74	656.31	40.98	873.92
3.60	164.96	25.86	694.92	42.78	909.01
5.86	238.66	27.32	719.49	44.14	926.56
7.44	284.29	29.16	751.08	45.52	944.11
9.08	336.93	30.76	772.13	52.72	849.35

10.86	389.58	32.12	793.19	56.12	887.95
12.24	424.67	33.50	817.76	66.02	733.53
13.58	459.77	34.82	835.31	65.46	694.92
15.62	508.91	36.64	849.35	63.46	656.31



**Grafica 19.- Carga - desplazamiento AR2543.**

La carga máxima soportada por la armadura fue de 944.11 kg.

El desplazamiento dado la carga máxima fue de 45.52 mm.

**🚧 Observaciones:**

El culmo presentaba nudo en su ED a 15 cm y en EI a 13 cm. La falla se presentó por aplastamiento en el apoyo del extremo izquierdo y como rajadura en la parte superior de la parte central del culmo (Figura 76, 77 y 78).



Figura 76.- Armadura AR2543.



Figura 77.- Falla; rajadura en la parte superior de la parte central del culmo.



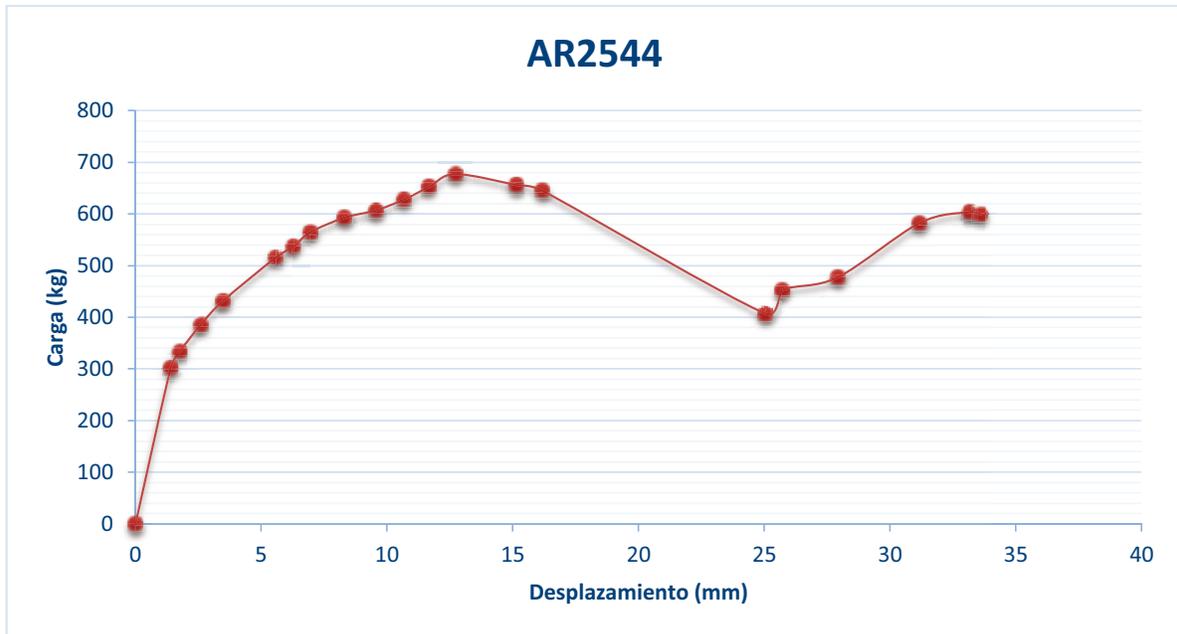
Figura 78.- Falla; aplastamiento en el extremo izquierdo.

**AR2544**

**✚ Resultados (Tabla 22):**

**Tabla 22.- Datos de pruebas de armadura AR2544.**

Elemento	AR2544	Elemento	AR2544	Elemento	AR2544
Desplazamiento al centro del claro (mm)	Carga (kg)	Desplazamiento al centro del claro (mm)	Carga (kg)	Desplazamiento al centro del claro (mm)	Carga (kg)
1.40	301.83	8.32	593.14	25.06	407.13
1.76	333.42	9.56	607.18	25.72	452.75
2.60	386.07	10.68	628.24	27.92	477.32
3.48	431.69	11.68	652.80	31.18	582.61
5.58	515.93	12.72	677.37	33.16	603.67
6.28	536.98	15.14	656.31	33.60	600.16
6.96	565.06	16.16	645.78		



**Grafica 20.- Carga - desplazamiento AR2544.**

La carga máxima soportada por la armadura fue de 677.37 kg.

El desplazamiento dado la carga máxima fue de 12.72 mm.

**Observaciones:**

El culmo presentaba nudo en su ED a 9 cm y en EI a 24.4 cm, el espesor era menor en su extremo derecho. La falla se presentó por aplastamiento y rajadura en la parte del esparrago, en el apoyo del extremo derecho (Figura 79, 80 y 81).



**Figura 79.- Armadura AR2543.**



**Figura 80.- Falla; aplastamiento en el extremo derecho.**



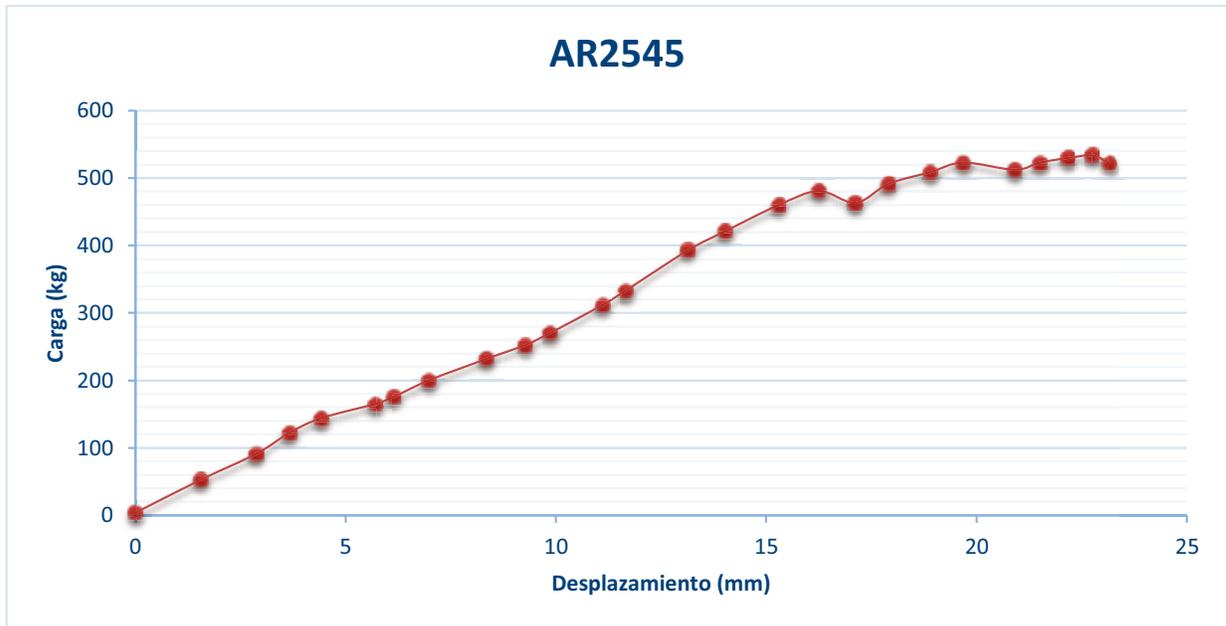
**Figura 81.- Falla; rajadura en la zona del esparrago en el lado derecho del ensaye.**

**AR2545**

**✚ Resultados (Tabla 23):**

**Tabla 23.- Datos de pruebas de armadura AR2545.**

Elemento	AR2545	Elemento	AR2545	Elemento	AR2545
Desplazamiento al centro del claro (mm)	Carga (kg)	Desplazamiento al centro del claro (mm)	Carga (kg)	Desplazamiento al centro del claro (mm)	Carga (kg)
0.00	3.51	9.28	252.70	17.90	491.36
1.56	52.65	9.86	270.25	18.90	508.91
2.88	91.25	11.12	312.36	19.68	522.95
3.68	122.84	11.66	333.42	20.90	512.42
4.42	143.90	13.14	393.09	21.50	522.95
5.70	164.96	14.02	421.16	22.18	529.96
6.14	175.49	15.28	459.77	22.74	533.47
6.98	200.05	16.24	480.83	23.14	522.95
8.34	231.64	17.12	463.28		



**Grafica 21.- Carga - desplazamiento AR2545.**

La carga máxima soportada por la armadura fue de 533.47 kg.

El desplazamiento dado la carga máxima fue de 22.74 mm.

**Observaciones:**

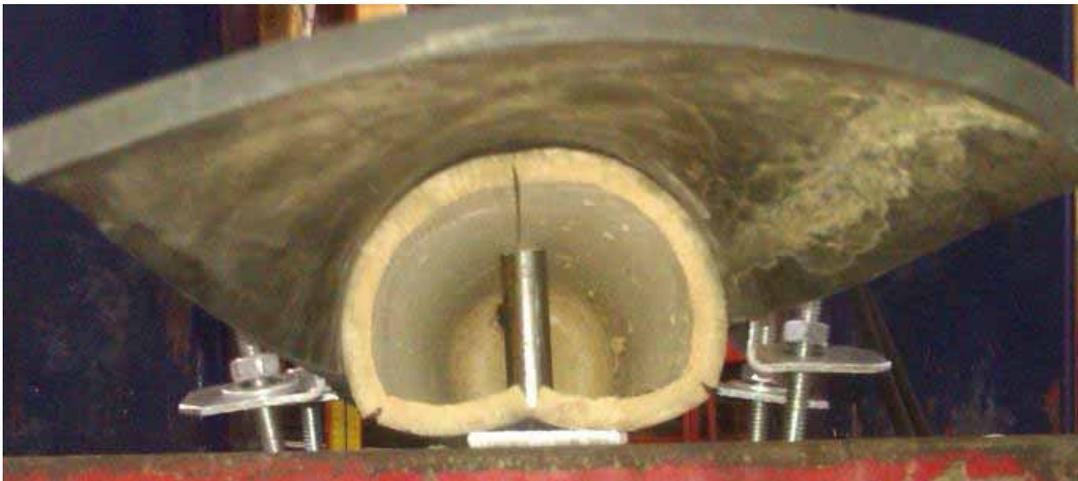
El culmo presentaba nudo en su ED a 27.7 cm y en EI a 2 cm. La falla se presentó por aplastamiento y rajadura en el extremo derecho.



**Figura 82.- Armadura AR2543.**



**Figura 83.- Aplicación de la carga.**



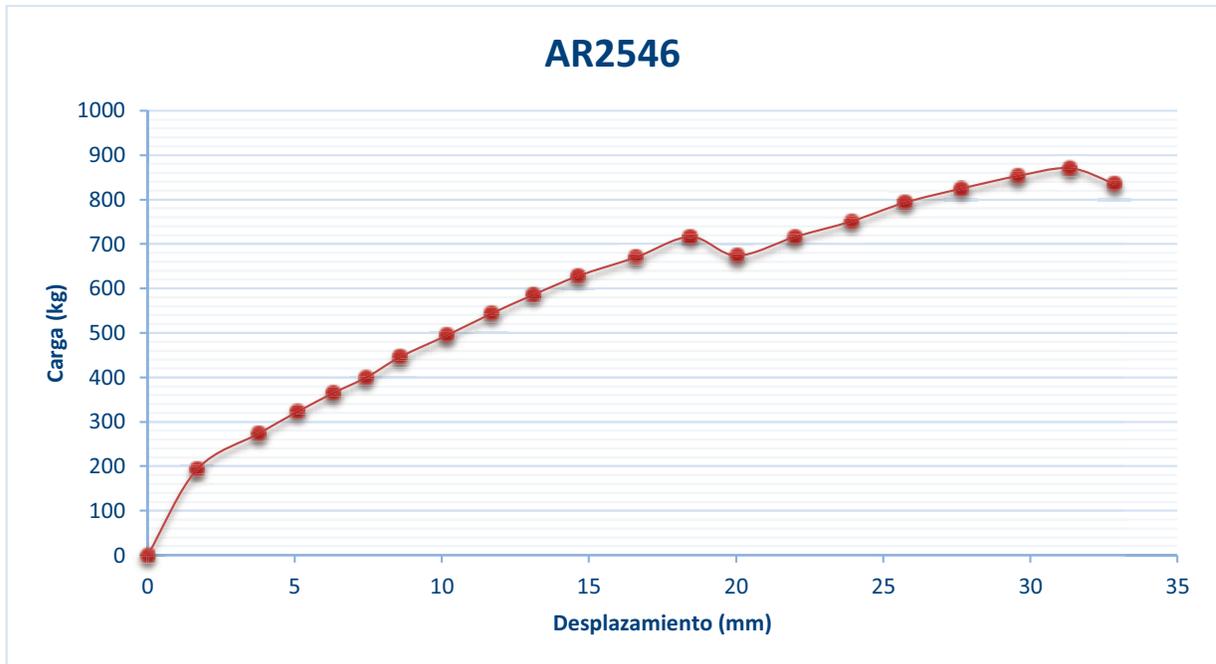
**Figura 84.- Falla; Aplastamiento en el extremo derecho.**

**AR2546**

**✚ Resultados (Tabla 24):**

**Tabla 24.- Datos de pruebas de armadura AR2546.**

Elemento	AR2546	Elemento	AR2546	Elemento	AR2546
Desplazamiento al centro del claro (mm)	Carga (kg)	Desplazamiento al centro del claro (mm)	Carga (kg)	Desplazamiento al centro del claro (mm)	Carga (kg)
0.00	0.00	10.18	494.87	22.00	715.98
1.68	193.03	11.70	544.00	23.92	751.08
3.78	273.76	13.12	586.12	25.74	793.19
5.10	322.89	14.64	628.24	27.66	824.78
6.32	365.01	16.60	670.35	29.56	852.86
7.44	400.11	18.44	715.98	31.34	870.41
8.58	445.73	20.02	673.86	32.86	835.31



**Grafica 22.- Carga - desplazamiento AR2546.**

La carga máxima soportada por la armadura fue de 870.41 kg.

El desplazamiento dado la carga máxima fue de 31.34 mm.

**🔧 Observaciones:**

El culmo presentaba nudo en su ED a 19 cm y en EI a 10 cm. La falla se presentó por aplastamiento en el extremo derecho (Figura 85 y 86).



**Figura 85.- Armadura AR2546.**



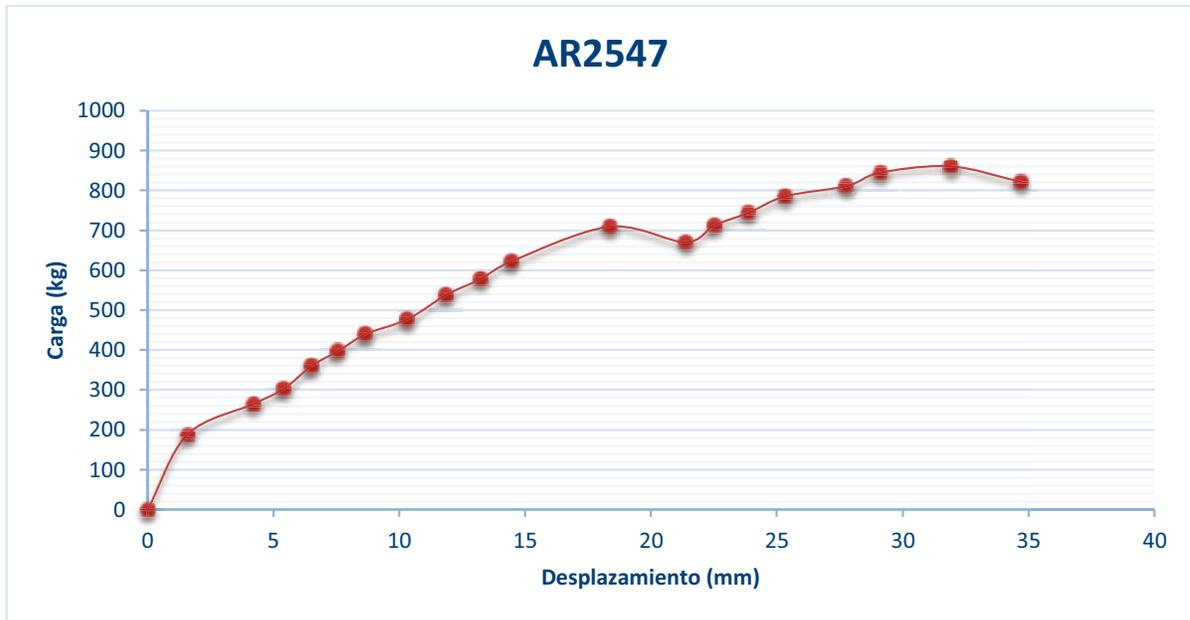
Figura 86.- Falla; aplastamiento en el extremo derecho.

**AR2547**

✚ Resultados (Tabla 25):

**Tabla 25.- Datos de pruebas de armadura AR2547.**

Elemento	AR2547	Elemento	AR2547	Elemento	AR2547
Desplazamiento al centro del claro (mm)	Carga (kg)	Desplazamiento al centro del claro (mm)	Carga (kg)	Desplazamiento al centro del claro (mm)	Carga (kg)
0.00	0.00	10.32	477.00	23.87	744.05
1.58	188.03	11.85	537.98	25.33	785.44
4.20	264.76	13.22	577.76	27.76	811.01
5.41	302.90	14.45	622.30	29.11	844.75
6.51	360.01	18.34	709.01	31.90	860.38
7.56	397.15	21.36	670.43	34.70	821.39
8.66	439.75	22.52	712.76		



**Grafica 23.- Carga - desplazamiento AR2547.**

La carga máxima soportada por la armadura fue de 860.38 kg.

El desplazamiento dado la carga máxima fue de 31.90 mm.

**✚ Observaciones:**

El culmo presentaba nudo en su ED a 1 cm y en EI a 1 cm. La falla se presentó por aplastamiento y rajadura en el apoyo del extremo derecho (Figura 87, 88 y 89).



**Figura 87.- Aplicación de la carga.**



Figura 88.- Falla; aplastamiento en el extremo derecho.



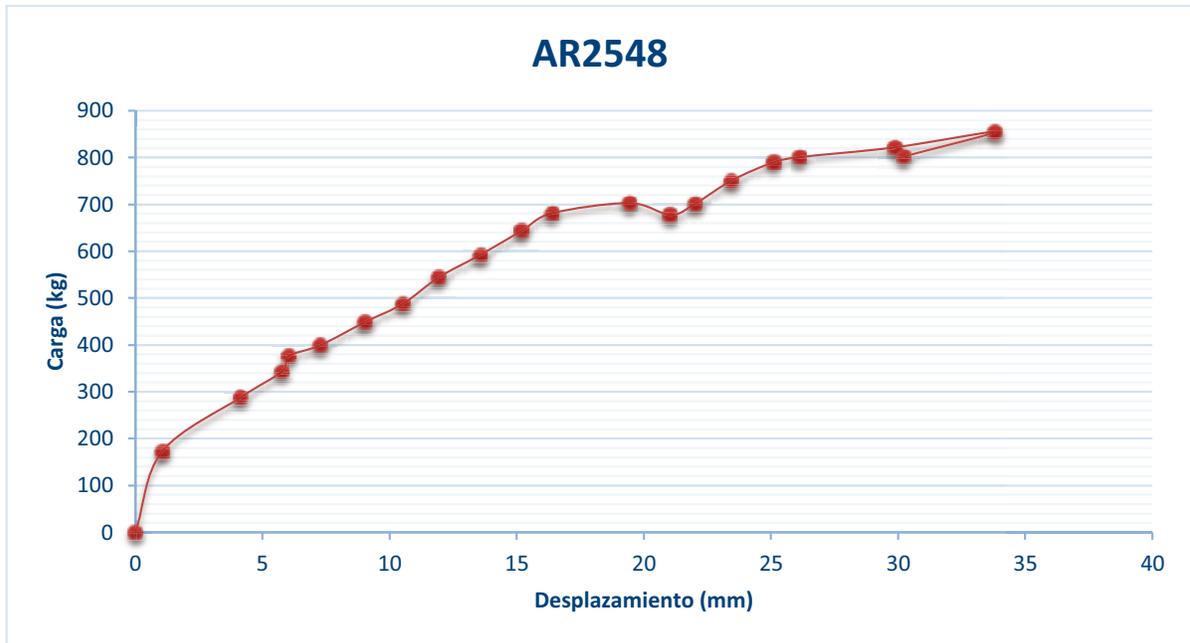
Figura 89.- Falla; rajadura en el lado derecho del ensaye.

**AR2548**

**✚ Resultados (Tabla 26):**

**Tabla 26.- Datos de pruebas de armadura AR2548.**

Elemento	AR2548	Elemento	AR2548	Elemento	AR2548
Desplazamiento al centro del claro (mm)	Carga (kg)	Desplazamiento al centro del claro (mm)	Carga (kg)	Desplazamiento al centro del claro (mm)	Carga (kg)
0.00	0.00	10.52	488.08	22.00	701.02
1.04	172.07	11.92	544.23	23.44	751.01
4.16	288.91	13.55	592.09	25.11	790.40
5.77	343.77	15.20	644.24	26.10	801.00
6.03	376.40	16.38	681.23	29.87	821.90
7.26	399.14	19.42	702.98	33.80	855.00
9.02	448.70	21.03	677.93	30.21	802.29



**Grafica 24.- Carga - desplazamiento AR2548.**

La carga máxima soportada por la armadura fue de 855 kg.

El desplazamiento dado la carga máxima fue de 33.8 mm.

**🚧 Observaciones:**

El culmo presentaba nudo en su ED a 8.3 cm y en EI a 9 cm, se observó una rajadura de aproximadamente 7 cm en la zona de aplicación de la carga. La falla se presentó por aplastamiento en el extremo derecho (Figura 90 y 91).



**Figura 90.- Armadura AR2548.**



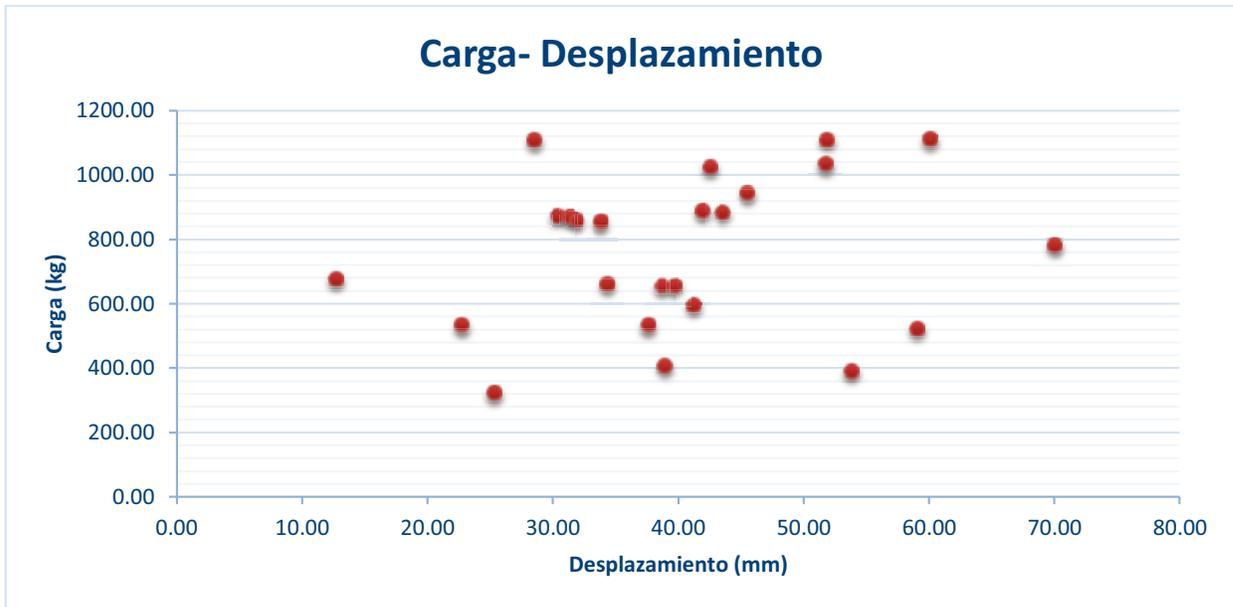
**Figura 91.- Falla; aplastamiento en el extremo derecho.**

## ANALISIS DE RESULTADOS.

Los resultados de las cargas máximas soportadas en los 24 ensayos varían de entre los 323.60kg a los 1112.57kg, siendo las 5 primeras las de menor resistencia (Tabla 27) y (Grafica 25).

**Tabla 27.- Datos de cargas máximas con sus respectivos desplazamientos para cada armadura.**

Armadura	Carga máxima (kg)	Desplazamiento (mm)
AR2525	522.74	59.06
AR2526	406.58	38.92
AR2527	389.98	53.84
AR2528	323.60	25.33
AR2530	655.50	39.74
AR2529	1035.36	51.76
AR2531	1024.83	42.56
AR2532	663.33	34.34
AR2533	782.66	70.04
AR2534	873.92	30.40
AR2536	1112.57	60.10
AR2537	1109.07	28.56
AR2538	596.65	41.26
AR2539	656.31	38.72
AR2540	884.44	43.54
AR2541	533.47	37.60
AR2535	1109.07	51.88
AR2542	887.95	41.96
AR2543	944.11	45.52
AR2544	677.37	12.72
AR2545	533.47	22.74
AR2546	870.41	31.34
AR2547	860.38	31.90
AR2548	855.00	33.80



**Grafica 25.- Carga con su respectivo desplazamiento.**

**Normas Técnicas Complementarias sobre Criterios y acciones para el diseño.**

De acuerdo con las NTC se tiene como límite un desplazamiento vertical al centro de trabes en el que se incluyen efectos a largo plazo, igual al claro entre 240 más 5 mm.

$$\frac{2500}{240} + 5 = 15.42\text{mm}$$

En la tabla 28 se muestran los resultados de la carga que produce este desplazamiento vertical para cada una de las armaduras ensayadas.

**Tabla 28.- Carga soportada por las armaduras con un desplazamiento de 15.42mm.**

<b>Desplazamiento</b>	<b>Carga</b>
<b>15.42 mm</b>	<b>(Kg)</b>
AR2525	220
AR2526	215
AR2527	174
AR2528	233
AR2529	388
AR2530	318
AR2531	496
AR2532	536
AR2533	374
AR2534	424
AR2535	532
AR2536	771
AR2537	424
AR2538	370
AR2539	476
AR2540	419
AR2541	356
AR2542	449
AR2543	502
AR2544	659
AR2545	464
AR2546	443
AR2547	664
AR2548	654

De los datos obtenidos en la Tabla 28 podemos notar que el resultado de carga soportada en los diferentes ensayos, todos con un desplazamiento igual a 15.42mm difiere de entre los 170kg a los 780kg.

Con los resultados de las armaduras probadas y las propiedades geométricas de las mismas llegamos a lo siguiente:

- ✚ Las primeras 5 armaduras a las que se les aplico carga al centro del claro presentaron las resistencias más bajas.
- ✚ 3 de las 5 armaduras probadas con carga al centro presentaron problemas de aplastamiento al centro porque la carga se concentraba en la zona de aplicación de carga (gato hidráulico) provocando aplastamiento en la caña de bambú.
- ✚ La diferencia de diámetros en los espárragos favoreció al de tamaño 3/8 obteniendo los valores más altos en la resistencia de las armaduras
- ✚ La falla por aplastamiento en los extremos en la mayoría de los casos se dieron por la falta de nudo en el apoyo y a esto sumémosle que en este extremo se tenía un menor espesor en el culmo.
- ✚ La aplicación de la carga a cada 1/3 del claro hizo que las armaduras aceptaran más carga que la correspondiente al caso de carga concentrada al centro del claro, esto se debe a que se distribuye mejor la carga a lo largo de la longitud del culmo, siendo lo más parecido a aplicar una carga distribuida.
- ✚ La mayoría de las armaduras que tuvieron una mayor resistencia fallaron por la aparición de una fisura en la parte superior de la parte central del culmo, soportando la mayoría de los ensayos resistencias por arriba de los 900kg.

## CONCLUSIONES:

Las pruebas se realizaron de manera adecuada, se presentaron algunos problemas de pandeo y giro en las armaduras que se resolvieron al cambiar la forma de cargar la armadura a cada 1/3 del claro y colocando abrazaderas y neopreno en los apoyos, cambios que obedecieron a la manera en que las armaduras trabajarían en condiciones normales de uso.

Los resultados obtenidos nos dan una idea del comportamiento del bambú trabajando en conjunto con materiales como el acero, además de que nos proporciona información de que tan útil puede ser este material en procesos constructivos.

El problema que encontramos en las armaduras es que los apoyos son muy frágiles si no hay presencia de nodo en el apoyo al momento de aplicar la carga haciéndolos fallar.

De los resultados obtenidos, podemos notar que, de las 24 armaduras ensayadas 3 fallaron por aplastamiento al centro, 8 por aplastamiento en los extremos, 5 por la aparición de una fisura en la parte superior de la parte central del culmo, 2 por fisura en toda la longitud del culmo y 6 presentaron dos o más tipos de falla.

De la diferencia de diámetros en los espárragos podemos concluir que al tener un menor diámetro y por lo tanto una perforación menor en el culmo, se reduce la posibilidad de que la falla se presente en esa zona, de los resultados obtenidos las armaduras que soportaron mayor carga fueron las construidas con espárragos de 3/8 de diámetro, las comparaciones se hicieron con la carga a cada 1/3 del claro.

Las pruebas fueron exitosas, se cumplió el objetivo de observar y analizar el comportamiento del bambú como elemento estructural y con los resultados analizar si cumple con los requisitos para poder utilizarlo en un sistema de pisos o como armadura para techumbres en construcciones pequeñas. Esto último se desarrollará en otro proyecto de investigación que tome en cuenta más elementos.

Anexo C

Documentos Administrativos.



UNIVERSIDAD  
AUTÓNOMA  
METROPOLITANA  
Casa Matern al Sur Azcapotzalco

PT01

---

SOLICITUD DE AUTORIZACIÓN DE PROYECTO(S) TERMINAL(ES) I y II (línea y dos) CLAVE(S) 114002 y 114003

Chávez Mejía Erick Francisco 208303470

Nombre del Alumno		Márcula	
Ingeniería Civil	26 de febrero de 2013	M.I. José Juan Guerrero Correa	Materiales
Carrera	Fecha	Asesor	Departamento

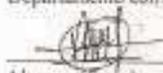
Nombre del proyecto: Ensayes experimentales de armaduras planas de bambú bajo cargas verticales

Objetivos del proyecto: Determinar por medio de ensayos experimentales la resistencia ante cargas verticales de armaduras planas de bambú. Llevar a cabo la fabricación de los dispositivos para los ensayos de las armaduras, tomando en consideración las normas existentes para el ensayo de estos materiales maderables.

Antecedentes del proyecto: El bambú en muchas partes del mundo, como en Centroamérica, Sudamérica y Asia principalmente, es un recurso muy importante en varios sectores productivos, sobre todo por su utilización como material de construcción en viviendas y estructuras ligeras. En nuestro país se ha utilizado este material en construcciones sencillas y a pequeña escala. Debido a que es utilizado como elemento estructural en las construcciones y que se pretende hacerlo a través de escala, es necesario conocer la resistencia de elementos auxiliares de sistemas de piso, para lo cual se ensayarán este tipo de esquemas y se fabricarán los dispositivos de ensayo necesarios para llevarlo a cabo.

Descripción del trabajo a realizar: Se llevarán a cabo trabajos de gabinete y experimentales. Se recopilará información del comportamiento mecánico de las armaduras planas de bambú sujetas a cargas verticales con el fin de establecer el estado del arte respecto a estos temas. Se fabricarán los dispositivos de ensayo para este tipo de elemento estructural tomando en consideración lo estipulado en las normas existentes para el ensayo de este tipo de material. Una vez que se tengan fabricados los dispositivos de ensayo referidos se procederá al ensayo de las armaduras de bambú. La armadura de bambú propuesta está estructurada utilizando bambú en la cuerda superior, acero en la cuerda inferior y montantes y diagonales a base de tornillería de acero. Se considerará una longitud de estudio de 3m, diámetro del bambú de 7cm a 8cm, solera de acero en la cuerda inferior de 1/8" de espesor y 1.5" de ancho, y dos diámetros de conectores de acero, 3/8" y 1/2". Para cada combinación se probarán 12 armaduras, ensayando en total 24.

Fechas importantes:  
Entrega del informe (parcial o final) al asesor: 15 / julio / 2013 Presentación del informe al comité de estudios: 04 / diciembre / 2013  
NOTA: si el desarrollo del proyecto requiere de recursos de la universidad se deberá recabar el visto bueno de los Jefes de Área y Departamento correspondientes.

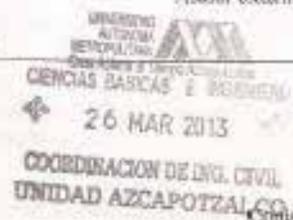
  
Alumno (firma)

  
Asesor (nombre y firma)

Asesor externo (si lo hubiere, nombre y firma)

ANEXOS: Plan de trabajo  
Otros (especificar)

  
Va. Bn. Coordinador de estudios (nombre y firma)



26 MAR 2013

COORDINACIÓN DE ING. CIVIL  
UNIDAD AZCAPOTZALCO

Fecha

Original: Coordinación de sistemas escolares  
Copia 1: Coordinador de estudios  
Copia 2: Departamento correspondiente  
Copia 3: Asesor  
Copia 4: Interesado

CALENDARIZACIÓN DE ACTIVIDADES DEL PROYECTO TERMINAL.

“Ensayes experimentales de armaduras planas de bambú bajo cargas verticales”

Plan de actividades

UEA	Actividad	Descripción	Horas
Proyecto terminal I.C.I	Investigación documental	Llevará a cabo una investigación sobre el estado del arte de este tópico, recurriendo a bibliografía especializada (artículos en revistas, congresos, libros, etc.)	25
	Trabajo de gabinete I	Elaboración de planos ejecutivos de los dispositivos para el ensaye de las armaduras.	20
	Trabajo de campo I	Fabricación de dispositivos de ensaye para las pruebas experimentales de las armaduras. Preparación y fabricación de 24 especímenes.	45
	Reporte parcial	Elaboración de un reporte parcial sobre el trabajo llevado a cabo hasta el momento.	10
Proyecto Terminal I.C.II		Elaboración de las armaduras plana de bambú	35
	Trabajo de campo II	Ensayes bajo carga vertical de las armaduras planas de bambú. Se llevará un registro detallado de las cargas, desplazamientos, y comportamiento global de los elementos ensayados.	35
	Trabajo de gabinete II	Análisis de los resultados obtenidos en los ensayos experimentales.	20
	Trabajo de gabinete III	Elaboración de un reporte final sobre las actividades desarrolladas en este trabajo.	10

Referencias

- o Reglamento de Construcciones del Distrito Federal (RCDF), Gaceta Oficial del Distrito Federal, 2004.
- o Normas Técnicas Complementarias para diseño y construcción de estructuras metálicas (NTC-M), Gaceta Oficial del Distrito Federal 2004.
- o Bamboo Structural Design, ISO/TC 165/ N 313, 2001-11-21
- o Determination of physical and mechanical properties of bamboo, ISO/TC 165/ N 314, 2001-11-28

**EVALUACIÓN DEL PROYECTO TERMINAL**

CLAVE: 1140002

Nombre del alumno Chávez Mejía Erick Francisco

Matrícula 208303470

INGENIERÍA CIVIL  
Carrera

Asesor M.I. Guerrero Correa José Juan

MATERIALES  
Departamento

Nombre del proyecto:  
Armaduras planas de bambú bajo cargas verticales

Durante el trimestre 13P  
enseñanza-aprendizaje bajo mi asesoría

A esta evaluación se anexan tres ejemplares del informe final (en su caso) elaborado por el alumno Chávez Mejía Erick Francisco

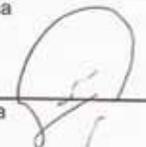
Por el trabajo realizado, de acuerdo con los lineamientos correspondientes, le he asignado la calificación: Muy Bien (MB)

Firma del asesor 

20/08/2013  
Fecha

Recibido por la Coordinación (Fecha)



Firma 

Original: Coordinador de Estudios  
Copia 1: Asesor  
Copia 2: Interesado

COORDINACIÓN DE ING. CIVIL  
UNIDAD AZCAPOTZALCO



**FORMATO DE EVALUACIÓN DE PROYECTO DE INTEGRACIÓN EN INGENIERÍA CIVIL**



PI-E-CIV

Trimestre de evaluación:  Fecha:  PI-E-CIV

**DATOS DEL ALUMNO**

Nombre:  Matrícula:

Correo personal:

**ASESOR RESPONSABLE / DATOS DE LA EMPRESA**

Nombre del asesor/Empresa:

No. económico:  Adscripción/Departamento o sección:

Área de investigación:

Correo institucional:

  
Firma

**COASESOR O ASESOR EXTERNO / JEFE O RESPONSABLE LEGAL DE LA EMPRESA**

Nombre del asesor/Jefe o Responsable legal:

No. económico/Teléfono:  Adscripción/Puesto:

Área de investigación/Departamento:

Correo electrónico:

Firma

**MODALIDAD DEL PROYECTO**

Proyecto tecnológico     Proyecto de investigación     Estancia profesional     Experiencia profesional

**TÍTULO DEL PROYECTO**

**OBJETIVO GENERAL**

**UNIDADES DE ENSEÑANZA APRENDIZAJE QUE SE EVALÚAN**

Clave	UEA	Evalúan			
1100112	Proyecto de Integración en Ingeniería Civil I	MS	<input checked="" type="radio"/> B	<input type="radio"/> S	<input type="radio"/> NA
1100122	Proyecto de Integración en Ingeniería Civil II	MS	<input type="radio"/> B	<input type="radio"/> S	<input type="radio"/> NA
1100132	Introducción al Trabajo de Investigación en Ingeniería Civil	MS	<input type="radio"/> B	<input type="radio"/> S	<input type="radio"/> NA

Nombre y firma del Coordinador de Estudios

  
**Dr. Alonso Gómez Bernal**

Sello de la Coordinación de Estudios

Originales: Coordinador de Estudios.  
Copias: Alumno, Asesor(es).

Revisión: Octubre 2013

## RESUMEN DEL INFORME DE AVANCES DEL PROYECTO

La armadura de bambú propuesta está estructurada utilizando bambú en la cuerda superior, acero en la cuerda inferior y montantes y diagonales a base de tornillería de acero. Se considera una longitud de estudio de 2.5m, diámetro del bambú de 7-9.5 cm, solera de acero en la cuerda inferior de 1/8" de espesor y 1.5" de ancho y dos diámetros de conectores 3/8" y 1/2". Para cada combinación se probarán 12 armaduras, ensayando un total de 24.

Es importante ubicar cada uno de los materiales y principios que se utilizarán en este trabajo, por lo que a continuación se tratarán los más importantes. Definiciones:

### Bambú:

Bambú es el nombre común que recibe el conjunto de plantas pertenecientes a la familia de las gramíneas herbáceas, que se caracterizan por ser de tallos largos, leñosos, de porte arbustivo y que desarrolla culmos (cañas) de buen diámetro y tamaño.

### Solera:

La Solera es una lengüeta de acero de 6.10 metros de longitud, que según su medida y grosor puede utilizarse para la fabricación de diferentes aplicaciones de herrería y estructuras metálicas.

### Espárragos:

Tornillo de acero con cuerda a lo largo de su eje longitudinal con el fin de usar tuercas que fijen uniones de elementos desmontables.

### Tuercas y rondanas:

Una tuerca es una pieza con un orificio central, el cual presenta una rosca, que se utiliza para acoplar a un tornillo en forma fija o deslizante. La tuerca permite sujetar y fijar uniones de elementos desmontables.

### Uniones perradas.

Conexión hecha a base de tornillos de acero unidos al bambú por medio de tuercas y rondanas con una camisa tubular de acero de mayor diámetro. Es necesario tener muy en cuenta que para materiales maderables como el bambú y en general, las conexiones son de gran importancia ya que de esto depende que el material se comporte bien estructuralmente.

### PRUEBAS.

Las pruebas se realizaron utilizando apoyos móviles, aplicando la carga verticalmente en la parte media de la armadura en los primeros 5 ensayos, y a cada 1/3 para las restantes, para esto la carga se aplicara con gato hidráulico y se medirá el desplazamiento en la parte inferior de la solera con un deformímetro.

### ANÁLISIS DE RESULTADOS.

Con los resultados de las armaduras probadas y las propiedades geométricas de las mismas llegamos a lo siguiente:

Las primeras 5 armaduras a las que se les aplico carga al centro del claro presentaron las resistencias más bajas.

3 de las 5 armaduras probadas con carga al centro presentaron problemas de aplastamiento al centro porque la carga se concentraba en la zona de aplicación de carga (gato hidráulico) provocando aplastamiento en la caña de bambú.

La diferencia de diámetros en los espárragos favoreció al de tamaño 3/8 obteniendo los valores más altos en la resistencia de las armaduras

La falla por aplastamiento en los extremos en la mayoría de los casos se dieron por la falta de nudo en el apoyo y a esto sumámosle que en este extremo se tenía un menor espesor en el culmo.

La aplicación de la carga a cada 1/3 del claro hizo que las armaduras aceptaran más carga que la correspondiente al caso de carga concentrada al centro del claro, esto se debe a que se distribuye mejor la carga a lo largo de la longitud del culmo, siendo lo más parecido a aplicar una carga distribuida.

La mayoría de las armaduras que tuvieron una mayor resistencia fallaron por la aparición de una fisura en la parte superior de la parte central del culmo, soportando la mayoría de los ensayos resistencias por arriba de los 900kg.

## REFERENCIAS.

- Portal de Arquitectura - [www.arquba.com](http://www.arquba.com)  
Uniones - CURSO DE CONSTRUCCIÓN SISMO RESISTENTE DE VIVIENDAS DE CAÑA EN BAMBÚ.
  
- Bamboo Structural Desing, ISO/TC 165/ N313, 2001-11-21.
  
- Manual de industrialización del bambú. Ing. Luis F. Botero Cortés. COMPYMEFOR.
  
- Cortés Rodríguez, G.R. 2000. Los bambúes nativos de México. CONABIO. Biodiversitas 30:12-15.