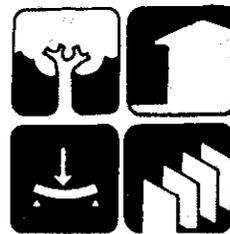


ENSAYOS PRELIMINARES
DE PANELES DE CORTE



PADT REFORT

PROYECTOS ANDINOS
DE DESARROLLO
TECNOLOGICO EN EL
AREA DE LOS RECURSOS
FORESTALES TROPICALES



GRUPO ANDINO

JUNTA DEL ACUERDO
DE CARTAGENA

6081 - A

ENSAYOS PRELIMINARES
DE PANELES DE CORTE



JUNTA DEL ACUERDO DE CARTAGENA
PADT-REFORT
Lima, Junio de 1982

ENSAYOS PRELIMINARES DE PANELES DE CORTE

Resumen

Contenido

- 1.- INTRODUCCION
- 2.- METODOLOGIA DE ENSAYO
- 3.- GEOMETRIA, MATERIALES Y DESCRIPCION DE PANELES
- 5.- RESULTADOS OBTENIDOS
- 6.- ANALISIS DE RESULTADOS
- 7.- CONCLUSIONES

Referencias

Figuras y Tablas

Anexo I: Gráficos de los Registros de Ensayo

Anexo II: Formas de Falla de los Paneles

Lima, Junio de 1982

ENSAYOS PRELIMINARES DE PANELES DE CORTE

1. INTRODUCCION

La resistencia de edificaciones ligeras de madera es usualmente provista por sus muros orientados en las dos direcciones principales de la edificación. Estos, al estar sometidos a fuerzas cortantes en su plano se denominan genéricamente muros o paneles de corte.

El análisis estructural de estos sistemas es complejo debido al alto grado de indeterminación de su sistema estructural. Su comportamiento está determinado por la interacción del entramado, revestimiento y elementos de unión, y cuando se introducen riostras o se dejan aberturas, la respuesta del panel a las fuerzas cortantes es aún más difícil de predecir. Si bien hay algunas teorías que sirven para aproximar este análisis en algunos tipos de paneles (1,2)*, el gran número de variantes posibles, en cuanto a revestimientos y elementos de unión, hacen poco práctica la aplicación generalizada de estos procedimientos; menos aún cuando estos paneles tienen aberturas para puertas y ventanas. Por lo tanto, el análisis de una edificación con distintos tipos de paneles es aún más complejo.

Se han hecho algunos intentos para resolver analíticamente este problema (3,4). Sin embargo estos procedimientos requieren de métodos analíticos modernos que pueden resultar excesivamente trabajosos o costosos para una edificación pequeña de madera. Por lo demás estos modelos se limitan a muros cuyo revestimiento está hecho a base de paneles.

* Los números entre paréntesis indican las referencias que se presentarán al final del informe.

ENSAYOS PRELIMINARES DE PANELES DE CORTE

RESUMEN

Se presentan los resultados de un programa preliminar de ensayos de paneles o muros de entramado de madera y distintos revestimientos, cuyo objetivo es la evaluación de la metodología usada así como de su resistencia a fuerzas cortantes en su plano. Se ensayaron un total de 16 paneles de 2.4 x 2.4 determinándose en cada uno de los cuatro ciclos de carga su rigidez lateral y también su resistencia a la rotura o a una deformación máxima de 10 cm.

La metodología es adecuada para los fines de evaluar el comportamiento de estos componentes constructivos. Los paneles revestidos con tableros son los mas rígidos pero su resistencia está determinada por el número y comportamiento de los clavos. Las riostras no parecen ser tan eficientes como se esperaba. El revestimiento de listonería de madera con mortero yeso-cemento tiene un comportamiento comparable al de los tableros.

Considerando estas limitaciones es conveniente diseñar edificaciones para carga lateral usando un procedimiento basado en la capacidad de los muros determinada experimentalmente (5,6). La referencia (7) presenta un procedimiento de este tipo que consiste en la verificación de la cantidad de muros en cada dirección (sumando sus longitudes) mediante un proceso bastante simple.

Este procedimiento de verificación se basa en la resistencia o rigidez de paneles determinada mediante ensayos normalizados de carga lateral. Al existir distintas posibilidades de revestimientos y entramados se hace necesario ensayar cada una de estas variantes para extender la aplicación del método a los casos mas usados.

Existen investigaciones previas sobre la resistencia lateral de paneles con distintos tipos de revestimiento (1,8,9). Los de la referencia (1,8) realizados según la norma ASTM E-72 (10). Con la finalidad de aprovechar esta información existente se planteó la realización del programa de ensayos aquí reportado basado en una adaptación de la Norma ASTM mencionada (11). Adicionalmente se tiene previsto la realización de un amplio programa de ensayos de paneles con variantes locales de revestimientos que está siendo ejecutado en Bolivia, Colombia, Ecuador y Perú (11). El programa de ensayos tiene por objeto determinar la rigidez y resistencia de paneles o muros, con diversos tipos de estructura portante y revestimientos, cuando se los somete a fuerzas cortantes en su plano.

Se ensayaron un total de 16 paneles con diferentes características, a fin de evaluar -en esta etapa- la metodología de ensayo propuesta en el documento (11), el funcionamiento del equipo de ensayo y hacer una primera revisión de los criterios que se fijaron para la correcta interpretación de los resultados. Estos ensayos se llevaron a cabo en el Laboratorio Andino de Ingeniería de la Madera (LADIMA) en la ciudad de Lima y fueron ejecutados por el personal del Grupo Central de los PADT-REFORT.

En lo que sigue del informe se presenta un resumen de la metodología de ensayo, una breve descripción del equipo, las características de los paneles ensayados, los resultados obtenidos, el análisis de éstos y conclusiones.

Finalmente, se presentan en el Anexo I los gráficos de las curvas carga-desplazamiento obtenidas de las planillas de ensayos, y en el Anexo II las formas de falla de los distintos paneles.

2. METODOLOGIA DE ENSAYO

Los paneles de corte se ensayaron en posición vertical, fijándose la parte inferior empernando la solera inferior del entramado al piso y se arriostró lateralmente la parte superior, colocándose además, un tirante para restringir la rotación como cuerpo rígido del panel durante el ensayo (Fotografía 1 y 2).

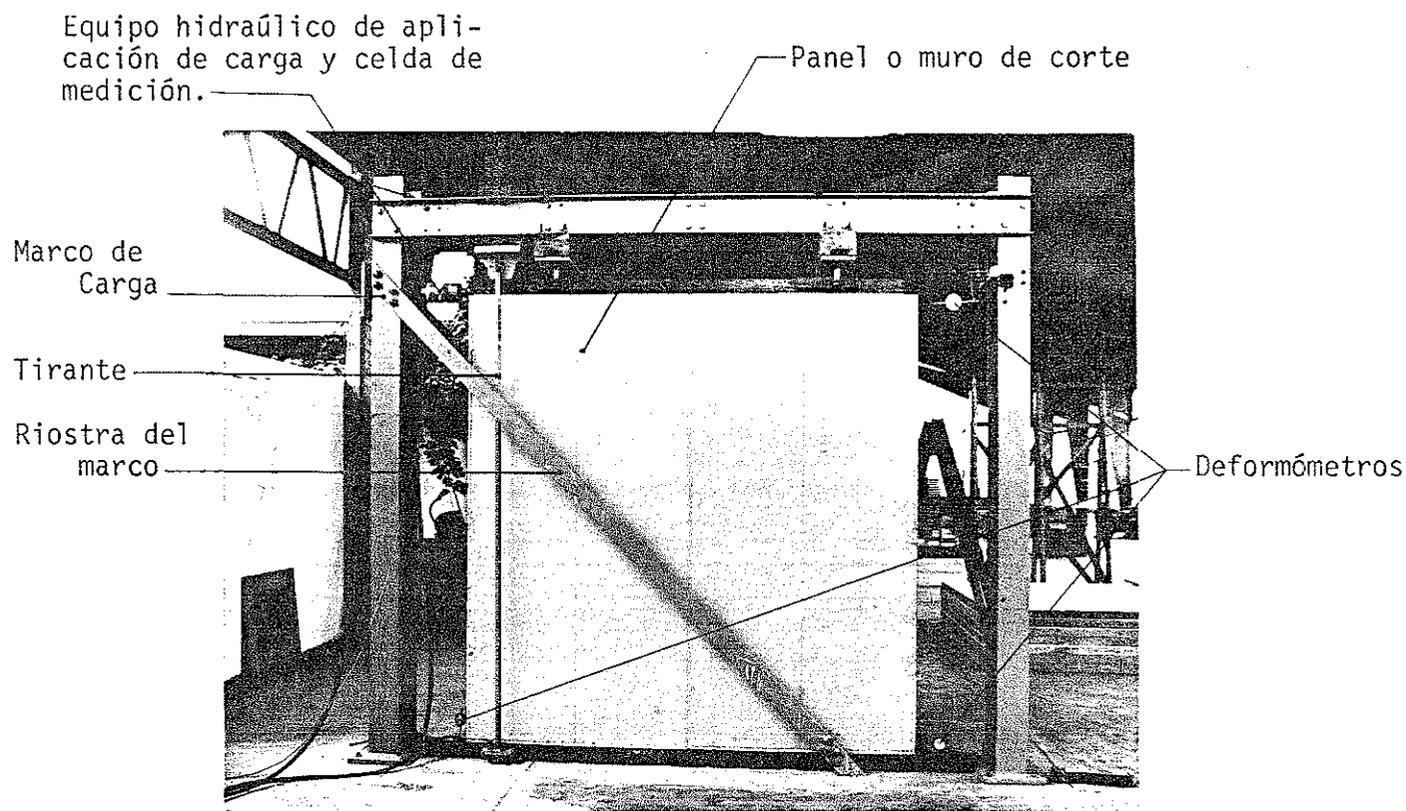
El panel fue sometido a fuerzas cortantes en su plano, mediante una carga concentrada aplicada en la parte superior a través de una solera empernada a la solera superior del entramado. La carga se aplicó en cuatro ciclos. Durante el primer ciclo se incrementó la carga hasta 250 kg., luego de lo cual se descargó completamente. En los dos ciclos siguientes se siguió un procedimiento similar, pero incrementando las cargas hasta 500 y 750 kg. Finalmente, el muro se cargó hasta la rotura o hasta alcanzar una deformación máxima de 10 cm. En cada uno de los ciclos se registraron las cargas aplicadas y las deformaciones del panel a intervalos regulares. En algunos casos, como se reporta más adelante, no se llegaron a efectuar los cuatro ciclos de carga previstos por no alcanzarse en los ciclos previos la carga fijada como máxima para el mismo.

3. EQUIPO DE ENSAYO

El equipo de ensayo está formado por un marco de carga metálico, un e

quipo hidráulico de aplicación de carga, un dinamómetro o celda de carga para la lectura de fuerzas aplicadas y tres deformómetros.

La fotografía 1, muestra el marco de carga y los implementos usados durante el ensayo. La fotografía 2, muestra detalle del gato, la celda de carga y la solera de transmisión de las mismas. También se observa el tirante de arriostre especificado en la norma de ensayo. La fotografía 3 muestra un deformómetro usado para la medición de desplazamientos.



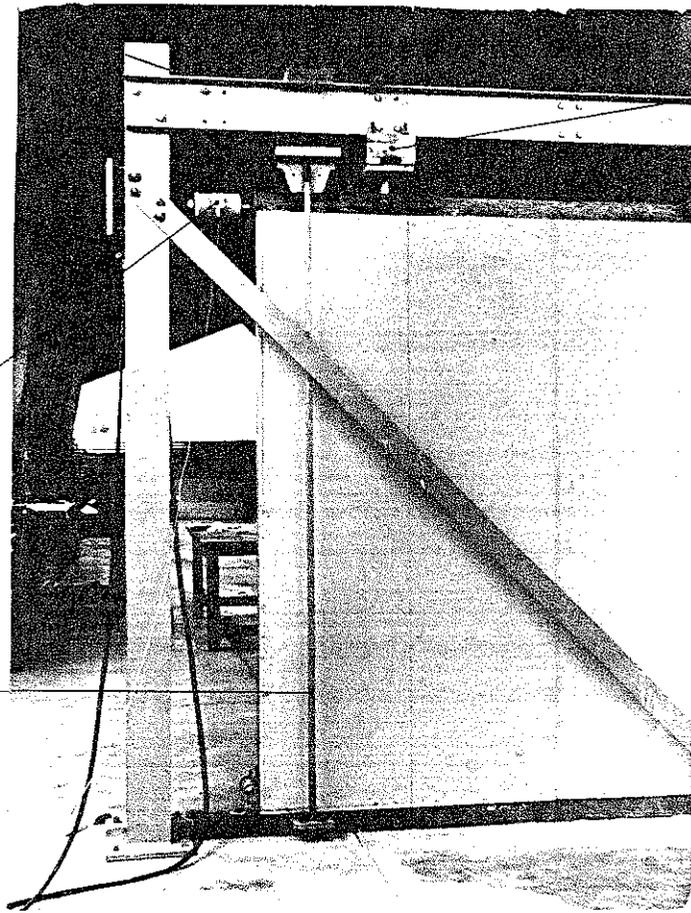
Fot. 1 MARCO DE CARGA Y EQUIPO PARA ENSAYO DE PANELES

8.

Arriostre lateral del panel

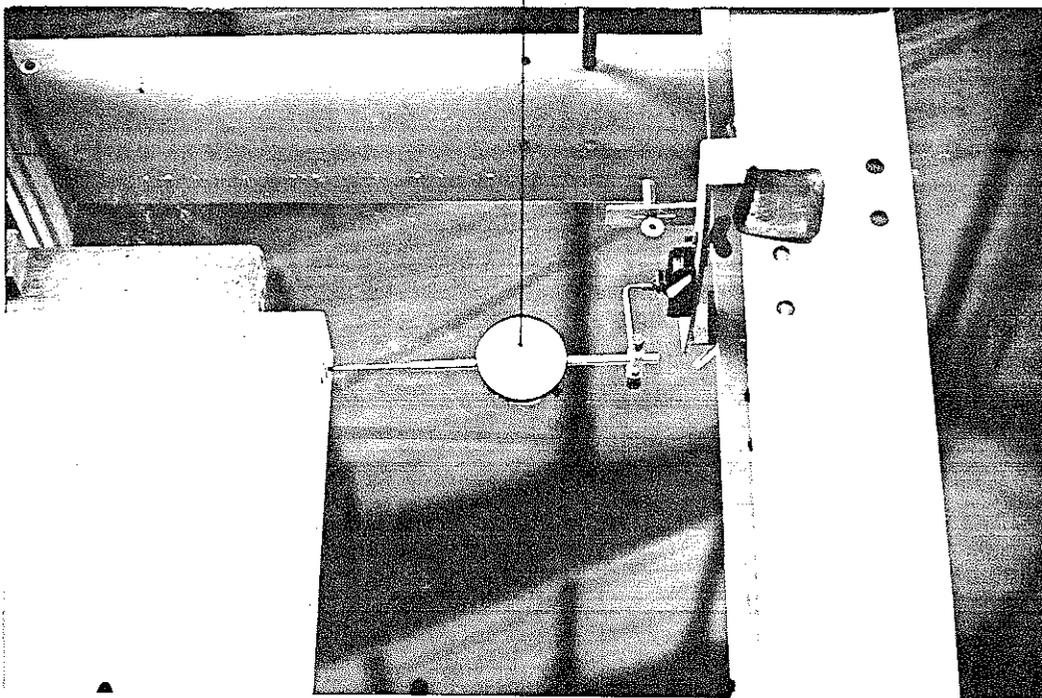
Celda de medición de la carga

Tirante que restringe la rotación como cuerpo rígido del panel



Fot. 2 DETALLE DE APLICACION DE LA CARGA Y ARRIOSTRE DE PANEL

Deformómetro



Fot. 3 MEDICION DEL DESPLAZAMIENTO LATERAL DE LA ESQUINA SUPERIOR

4.- GEOMETRIA, MATERIALES Y DESCRIPCION DE PANELES

GEOMETRIA.

Todos los paneles tienen forma cuadrada de 2.4 m de lado, el espaciamiento entre pie-derechos es de 60 cm ó 40 cm, según se indica. Las dimensiones de los elementos que forman el entramado de panel (v.g. pie-derechos, soleras, espaciadores, dinteles, etc) son 40 x 65 mm de sección recta, a excepción de las riostras que son de 20 x 65 mm. La Fig. 1, muestra la geometría típica de los paneles ensayados.

MATERIALES.

Se usó madera de la especie TORNILLO (*Cedrelinga Catenaeformis*) así como clavos comunes (punta diamante). Se usaron cinco tipos de revestimientos clavados al entramado: madera contrachapada de 6 y 10 mm de espesor, tableros de bagazo de caña de 6 mm, tableros de partículas de madera aglomerado con cemento (tipo Bison) de 8 mm, listonería de madera de 11 x 19 mm de sección revestida con mortero yeso-cemento en proporción 3:1 de 1 a 1.5 cm de espesor y finalmente caña (diámetro aproximado 2 a 3 cm) abierta revestida con enlucido de barro (quincha o bahareque). Los tableros de madera contrachapada fueron de la especie LUPUNA (*Chorisia integrifolia*).

DESCRIPCION DE PANELES.

La Fig. 2, muestra los tipos de entramado que se han usado en la construcción de los paneles. Algunos entramados se han revestido por una sola cara con tableros o con enlucidos de yeso-cemento o barro. Los tipos 7 al 10 no tienen revestimiento. La Fig. 3, presenta la disposición del revestimiento y la Tabla 1, contiene una descripción completa de los paneles.

5. RESULTADOS OBTENIDOS

En el Anexo I se presentan los gráficos de cada uno de los ensayos mostrando los ciclos de carga y descarga, dibujados manteniendo en el inicio de cada ciclo la distorsión remanente del ciclo anterior. Algunas características que se pueden observar en los diagramas son las siguientes:

- a) Comportamiento lineal al inicio de la curva. En la mayoría de los casos este comportamiento lineal se presenta hasta los 3 mm de distorsión ($h/800$ aproximadamente) exceptuando a los paneles más rígidos en que esa deformación es excesiva y corresponde a una carga alta durante el 3° y 4° ciclo.
- b) Aparente ausencia de degradación y en ciertos ciclos un aumento de la rigidez inicial, aunque a partir de una deformación permanente mayor a aquella aceptable como de servicio.
- c) Comportamiento no lineal con apreciable ductilidad.

La rigidez para cada uno de los ciclos de carga se presenta en la Tabla 2. Esta ha sido calculada considerando la pendiente inicial (también para cada ciclo) extrapolarlo la recta a una distorsión de $h/500$ (4.8 mm). En la misma tabla se consigna la resistencia última o carga máxima que fue resistida por el panel. Adicionalmente se describe, muy brevemente, el tipo de falla que originó el colapso. En el Anexo II se presentan gráficamente las fallas, su ubicación así como sus características más saltantes.

6. ANALISIS DE RESULTADOS

En este programa de ensayos preliminares se han hecho variar algunos parámetros para estudiar su influencia en la rigidez y resistencia de los paneles. Así por ejemplo, con referencia a la Tabla 1, se tiene que los paneles 1 y 2 son idénticos a excepción del espaciamiento de los clavos, los paneles 1 y 3 se diferencian en el espesor del tablero de revestimiento, los paneles 1 y 4 se diferencian en el material del tablero al igual que el panel 5. Los paneles 7 y 8 tienen distinto espaciamiento entre pie-derechos, estos mismos paneles han sido ensayados con revestimiento de listonería de madera enlucida con mortero de yeso cemento y de caña con barro (quincha o bahareque), paneles 11 y 12. Se han ensayado también dos series, de tres paneles cada una, de muros sin abertura, con abertura para puerta y con abertura para ventana. (Paneles 1, 13, 15 y 6, 14, 16).

Variación de Rigidez.-

Durante los sucesivos ciclos de carga y descarga se observa que la pendiente inicial de la curva carga-deformación aumenta en la mayoría de los casos. Esto constituye un aparente incremento en la rigidez de los paneles. Sin embargo debe tenerse en cuenta que éste se produce una vez que se ha acumulado una deformación remanente que es por lo general excesiva para ser aceptable en condiciones de servicio. Inclusive las primeras fallas en el revestimiento pueden no ser notorias en los primeros ciclos de carga pero las deformaciones remanentes ya se han acumulado.

Este incremento de rigidez inicial puede deberse a la contribución adicional de los clavos debido a la aparición de una componente axial. Esta última se produce como consecuencia de la deformación de los clavos debida al corte o cizallamiento. Algo similar al comportamiento no lineal de losas planas cuando la deformación modifica la geometría y aparecen tensiones en el plano contribuyendo fuertemente a la resistencia total.

La distorsión remanente después del segundo ciclo es menor que $h/500$ para todos los paneles excepto el 9, 10 (sin revestimiento) y 13 (con abertura para puerta). Esta distorsión de 4.8 mm puede ser excesiva para condiciones de servicio normal.

En algunos casos debido al comportamiento no-lineal no ha sido posible determinar la rigidez inicial del ciclo. En otros casos, los arriostrados y con aberturas y revestimiento de listonería, no ha sido posible concluir los cuatro ciclos de carga debido a que no se alcanzaba la carga máxima especificada en la metodología de ensayo.

Las rigideces iniciales de todos los paneles cerrados (incluyendo aquellos con riostras más revestimiento) son del mismo orden de magnitud. La única variante diferente es la que tiene revestimiento de tablero de partículas aglomeradas con cemento cuya rigidez es más del doble del promedio. Considerando todos los otros paneles la rigidez promedio es 1821 kg/cm con un coeficiente de variación (C.V) de 0.31. Si se incluye este último, el valor sube a 2156 kg/cm con un C.V. de 0.48.

Si se consideran únicamente los paneles cerrados sin riostras la rigidez promedio, sin considerar aquél revestido con madera-cemento, es 1672 kg/cm y un C.V. de 0.27. Cuando se incluye este panel el promedio lógicamente sube a 2143 kg/cm pero el C.V. aumenta a 0.52.

La rigidez de los paneles sin revestimiento, pero con riostras, es menor que la de los anteriores en todos los casos. Cuando se coloca el revestimiento ésta sube a las magnitudes de los paneles sin riostra, pero sin alcanzar valores notoriamente mayores (30% más para el panel revestido con listonería y enlucido).

En el caso de los paneles con aberturas de puerta o ventana la rigidez es también mucho mas baja que la de los paneles cerrados, del orden de $1/3$ a $1/4$.

Espaciamiento de los Clavos.-

El espaciamiento de clavos es un parámetro que influye directamente en la resistencia del panel. El panel 2, por ejemplo, presenta una rigidez y resistencia que son, en promedio, 1.0 y 1.92 veces las del panel 1, lo que representa un incremento de carga máxima sólomente.

Se observa también que el incremento del número de clavos resulta en una disminución importante de las deformaciones permanentes después de la descarga en cada ciclo. Por ejemplo, luego del 2° ciclo el panel 1 se ha deformado ya 4.2 mm, mientras que el panel 2 sólo lo ha hecho en 0.9 mm. En el 3er. ciclo estas deformaciones son 11.9 mm y 1.7 mm respectivamente.

Espesor del Tablero.-

Comparando los paneles 1 y 3 se observa, de la Tabla 2, que la resistencia máxima del panel 3 es 1.84 veces la del panel 1. Las rigideces son del mismo orden de magnitud. Sin embargo, como puede observarse de los gráficos carga-distorsión, las deformaciones remanentes después de cada ciclo de carga del panel 3, con tablero de 10 mm, son mucho menores que las del panel 1. Al iniciar el 3er. ciclo son aproximadamente $1/3$ y al iniciar el 4to. ciclo $1/5$.

Los 6 mm de espesor del tablero de los paneles 1, 2 y 4 no son a

decuados como revestimiento estructural. La rigidez del mismo para cargas perpendiculares a su plano no es suficiente.

Revestimiento.-

Las relaciones entre la rigidez inicial y la resistencia del panel revestido con tableros de bagazo de caña, panel 4, y de madera contrachapada, panel 1, son 1.52 y 1.54 respectivamente. Este mejor comportamiento del panel 4 proviene del mejor agarre de los clavos en el tablero, lo que puede deberse, en parte, a la baja densidad de las chapas del tablero contrachapado (D.B. = 0.28) en comparación con la del tablero de bagazo de caña. En caso de usarse un tablero contrachapado fabricado con madera de mayor densidad este comportamiento comparativo se verá probablemente alterado.

El panel revestido con tableros de madera aglomerada con cemento (tipo Bisson) presenta un excelente comportamiento siendo el más rígido de todos los ensayados y uno de los más resistentes (el tercero). La falla se presenta por rotura del tablero en sus esquinas (Anexo II).

Los paneles revestidos con listonería de madera y enlucido de yeso-cemento también presentan un buen comportamiento. Su rigidez es comparable a la de los paneles revestidos con tableros y, en algunos casos, inclusive mayor. Su resistencia también compara favorablemente con la de los tableros.

Espaciamiento de Pie-derechos.-

La influencia del espaciamiento entre pie-derechos (paneles 7 y 8) en la rigidez no es significativa. No obstante, la resistencia del panel 8 es 2 veces la del panel 7. Ambos paneles tuvieron riostras en V y fueron ensayados sin revestimiento.

Riostras.-

En el caso de los paneles 9 (riostra en compresión) y 10 (riostra en tracción) las cargas máximas resistidas por ambos son iguales. La rigidez del panel 10 es, sin embargo, 2.26 veces la del panel 9. Como puede observarse en el Anexo II, en ambos casos las riostras se desprendieron de los pie-derechos extremos limitando su contribución a la proporcionada por esta unión.

A similar espaciamiento de pie-derechos (60 cm), el panel 7 con riostra en V resiste menos que el 9 o el 10. Su rigidez inicial es sin embargo mayor.

Los paneles 6 y 11 tienen revestimiento similar (listonería de madera enlucida con yeso-cemento) y se diferencian en la presencia de la riostra en V en el segundo de ellos. La resistencia máxima es prácticamente igual (6% diferencia). La rigidez del panel 11 es 1.3 veces la del panel 6. La carga máxima se presenta a 12 mm y a 17 mm para cada panel, 6 y 11. La influencia de la riostra con este revestimiento es muy pequeña ya que sólo se traduce en una mayor ductilidad y un relativo incremento de rigidez inicial.

Aberturas.-

Los paneles con aberturas sufrieron drásticas reducciones de su rigidez y resistencia, comparados con sus similares sin ellas. Con revestimiento de tableros se tiene que el panel 1 es 2.2 y 3.2 veces más rígido que los paneles 13 y 15 respectivamente y es 1.3 veces más resistente que ellos. Con revestimiento de listonería, el panel 6 tiene una rigidez que es 4.5 y 5.2 veces la de los paneles 14 y 16 y su resistencia es 5 veces la de éstos. Estas comparaciones no son tan dramáticas si se considera la resistencia neta por metro lineal, o sea descontando las aberturas. En ese caso el panel 1 resulta siendo menos resistente que el 13 y 15 (66%) y el panel 6 es sólo 3.4 y 2.5 veces más resistente que el 14 y 16.

7. CONCLUSIONES

- a) La metodología empleada en los ensayos es en general adecuada para conocer el comportamiento carga-distorsión de un panel o muro de corte. La única dificultad se presenta en el equipo de lectura de cargas y deformaciones, el cual podría mejorarse usando transductores eléctricos en vez de deformómetros de lectura visual. Esto permitiría leer las distorsiones directamente.
- b) Las rigideces iniciales de todos los paneles cerrados son adecuadas. Las diferencias se manifiestan luego de producidos los ciclos de carga y descarga, principalmente en la magnitud de la deformación remanente que resulta indicando conjuntamente con la rigidez inicial de la curva la degradación de resistencia y rigidez.
- c) El espesor del tablero influye en la resistencia última del panel mas no así en la rigidez lateral. Un espesor mínimo de 10 mm parece ser recomendable en los casos de madera contrachapada y aglomerado. Espesores menores no se comportan adecuadamente ante cargas perpendiculares al panel resultando en una construcción de débil consistencia, además de presentar mayor degradación ante los ciclos sucesivos de carga y descarga.

Debe considerarse también la durabilidad del tablero y su resistencia a la humedad para el caso de revestimientos exteriores. Para revestimientos interiores deberá además tomarse en cuenta la protección ante el fuego del material del tablero.

- d) El menor espaciamiento de clavos para los paneles con revestimiento de tablero contrachapado mejora su resistencia y limita las deformaciones remanentes después de los ciclos de carga y descarga. Esto se debe a que se reduce el desprendimiento del tablero. Sin embargo, desde el punto de vista del diseño, incrementar el número

de clavos como medio de mejorar la capacidad del panel no es una alternativa práctica. Usando un tablero más grueso (de 10 mm) se puede conseguir el mismo resultado y con menos inversión de mano de obra.

- e) Es recomendable usar tableros de madera contrachapada cuyas capas exteriores sean por lo menos de mediana densidad (D.B. = 0.4) con la finalidad de proveer una mejor resistencia a la penetración de las cabezas de los clavos, tendencia que se manifiesta al cargar los paneles.
- f) Los tableros aglomerados de bagazo de caña muestran un mejor comportamiento que los de madera contrachapada ensayados debido a un mejor comportamiento de los clavos. Esto puede no ser cierto si se usaran tableros contrachapados de mayor densidad.
- g) Los tableros de partículas aglomeradas con cemento (tipo Bisson) presentan un magnífico comportamiento, además de sumar las ventajas de su incombustibilidad y aspecto. Alguna fragilidad durante la construcción y baja resistencia a cargas perpendiculares puntuales son sus desventajas.
- h) Los paneles revestidos con listonería de madera enlucida con mortero de yeso-cemento se comportan también adecuadamente. Otras ventajas de este tipo de revestimiento son su resistencia al fuego, su acabado y sobre todo la posibilidad de ser fabricados localmente. La cantidad de mano de obra empleada en su construcción puede ser una limitación pero que se compensa con la posibilidad de usar retazos de madera para la listonería, que es por lo general de bajo costo.
- i) La influencia de las riostras en el comportamiento del panel -cuando este tiene un revestimiento debidamente adherido al entramado- es

muy poco significativa para que sea considerada una práctica recomendable. Para colocar las riostras es necesario rebajar la sección transversal de los pie-derechos, lo que disminuye su resistencia, además de exigir mano de obra adicional y precisión en los cortes.

La resistencia de un panel arriostrado está casi siempre limitada por la capacidad de la unión de la riostra en sus extremos y cuando trabaja en compresión por su capacidad al pandeo lateral, que es baja en las piezas delgadas (2 cm) normalmente usadas para este fin.

En el caso de usarse, las riostras deben conectar la solera superior con la inferior y no los pie-derechos exteriores del panel. Las diagonales a 45° son más eficientes que las colocadas en V a 60° . En la Tabla 2 se observa, sin embargo, que la carga máxima del panel 8 (riostra en V y pie-derechos a 40 cm) es mayor que la de los paneles 9 y 10 (riostra a 45° y pie-derechos a 60 cm) aunque es probable que esto se deba al espaciamiento de los pie-derechos y no a la inclinación de las diagonales.

- j) El espaciamiento entre pie-derechos no influye aparentemente en la rigidez del panel de manera apreciable, pero si lo hace en la resistencia máxima. En todo caso esta variable debe ser función de las cargas verticales y las perpendiculares al plano del panel (impacto local, viento) y del espesor del revestimiento mismo.
- k) Las aberturas inciden de manera apreciable en la rigidez y resistencia del panel, considerado como un todo, comparando con los paneles cerrados. Sin embargo, en el caso de revestimiento de tableros si se calcula la resistencia por unidad de longitud de panel, descontando las aberturas, ésta resulta mayor a los valores que se obtie

nen para los paneles cerrados. Esto último podría indicar que sería posible considerarlos como colaborantes en la resistencia de una edificación a base de paneles si se descuenta la longitud de los vanos correspondientes.

Con el revestimiento de enlistonado y mortero la disminución de rigidez y resistencia debida a las aberturas es más notoria y no es suficiente para ser considerada.

Reconocimiento

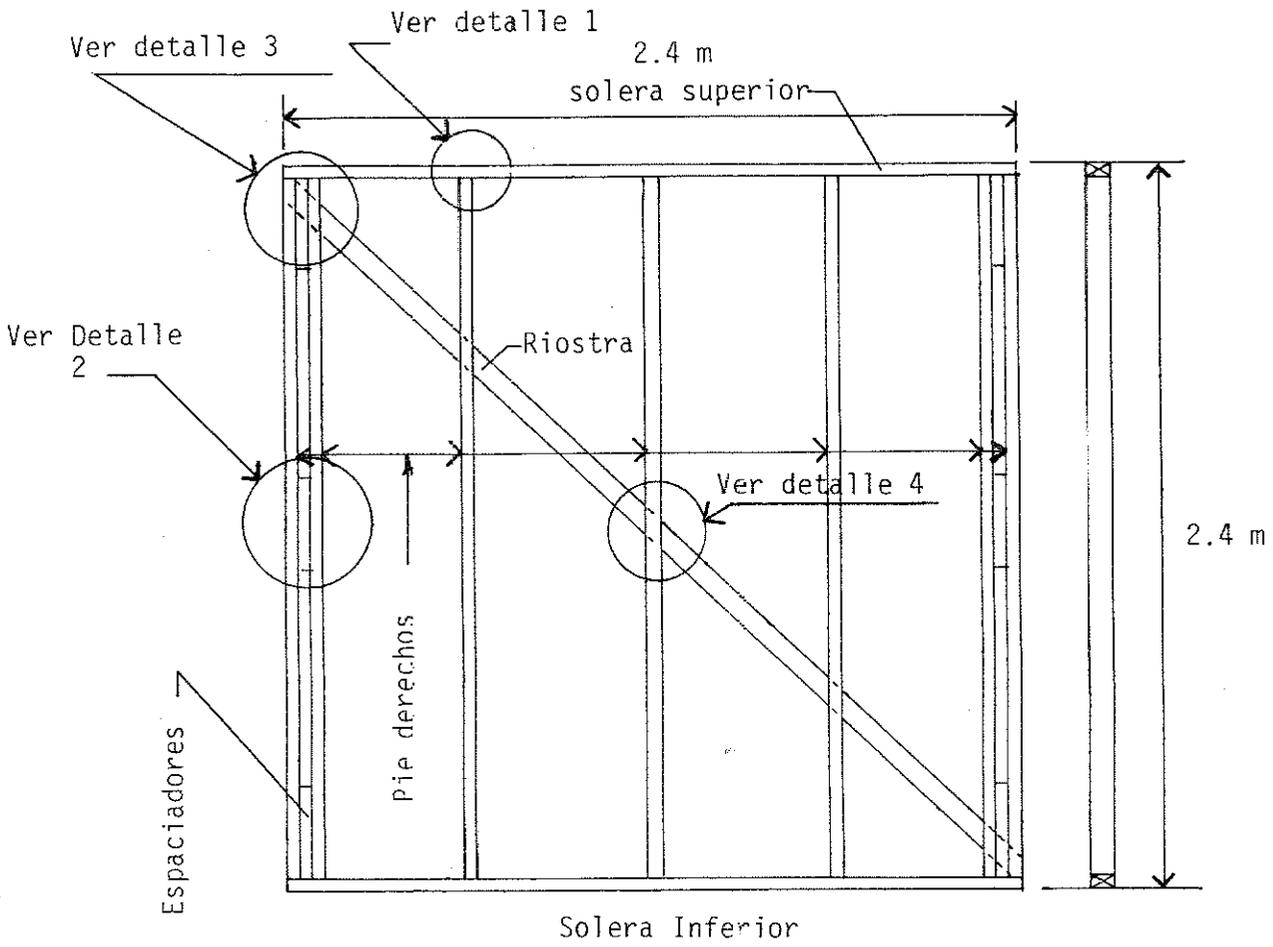
Los ensayos fueron ejecutados por los ingenieros Luis Vargas L. y Fernando Alvarez P. El informe fue preparado por el Ing° Miguel Medina D. y revisado por los doctores Hugo Scaletti y Javier Piqué, los diagramas y dibujos fueron preparados por los señores Antonio Collao e Italo Macassi.

Agradecemos al Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (CIID) y a la Comunidad Económica Europea (CEE) cuyos aportes financieros han permitido desarrollar las actividades del PADT-REFORT. Nuestro agradecimiento al Profesor Fred J. Keenan de la Universidad de Toronto por sus valiosos comentarios y sugerencias para la mejor presentación de este informe.

REFERENCIAS

1. TUOMI, R.L., GROMALA, D.S. 1977. Racking Strength of Walls: let-in corner bracing, sheet materials, and effect of loading rate. USDA Forest Service Research Paper FPL 301. Forest Products Laboratory Madison, Wisconsin.
2. OZELTON, E.C., BAIRD, J.S. 1976. Timber Designers' Manual. Crosby Lockwood Staples. London.
3. ITANI, R.Y., TUOMI, R.L., McCUTCHEON, W.J. 1982. Methodology to Evaluate Racking Resistance of Nailed Walls. Forest Products Journal 32 (1): 30-36.
4. BURGESS, H. J. 1976. Derivation of the Wall Racking Formulae. En TRADA's Design Guide for Timber Frame Housing. Timber Research and Development Association. England.
5. IIZUKA, G. 1977. Report of the Consultation on the Anti-earthquake Wooden Construction for Junta del Acuerdo de Cartagena. PADT.RFT/di 8. Junta del Acuerdo de Cartagena. Lima, Perú.
6. ARCHITECTURAL INSTITUTE OF JAPAN. AIJ Standard for Structural Design of Timber Structures, Tokio, Japón.
7. PADT-REFORT/JUNAC. 1979. Manual de Diseño para Maderas de la Subregión Andina. 2da. edición preliminar. Junta del Acuerdo de Cartagena. Lima, Perú.
8. ANDERSON, L.O. 1965. Guides to Improved Framed Walls for Houses. USDA Forest Service. Research Paper FPL 31. Forest Products Laboratory. Madison. Wisconsin.
9. IIZUKA, G. 1975. Effect of the Sheathing Materials on the In-Plane Shear Strength of the Wood Frame. Bulletin of the Faculty of Engineering. Yokohama National University. Vol 24. March 1975. Japan.
10. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. 1974. Standard Methods of Conducting Strength Tests of Panels for Building Construction. ASTM E 72-80. Annual Book of ASTM Standards. Part 18. Philadelphia. Pa.
11. PADT-REFORT/JUNAC. 1981. Programa y Metodología para Ensayos a Escala Natural. Sub-proyecto 1: Estudio de la Tecnología e Ingeniería de la Madera. Junta del Acuerdo de Cartagena. Lima, Perú.

FIGURAS Y TABLAS



DIMENSIONES Y DISPOSICION TIPICA DE PANELES

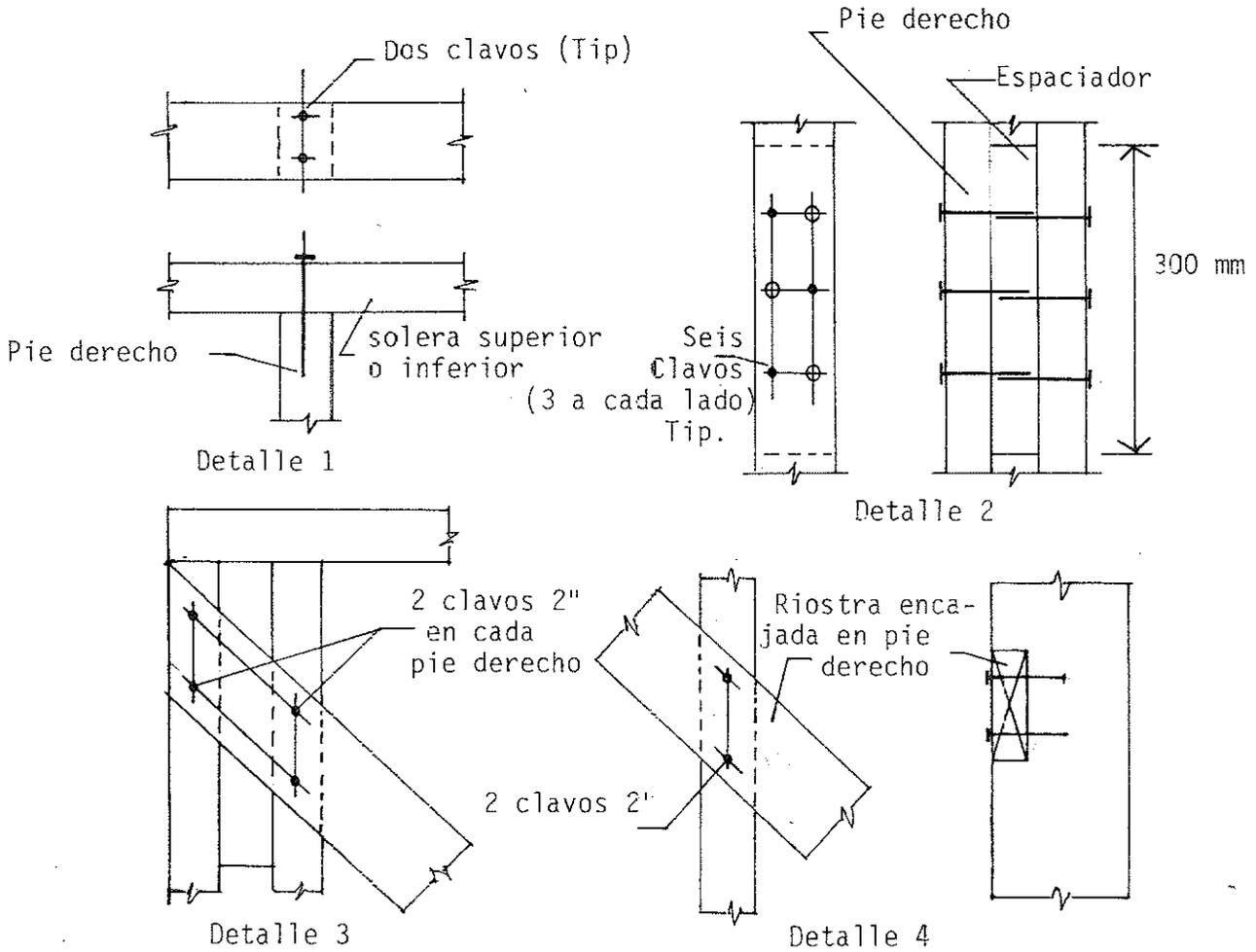


FIG. 1 DETALLES TIPICOS DE LOS PANELES

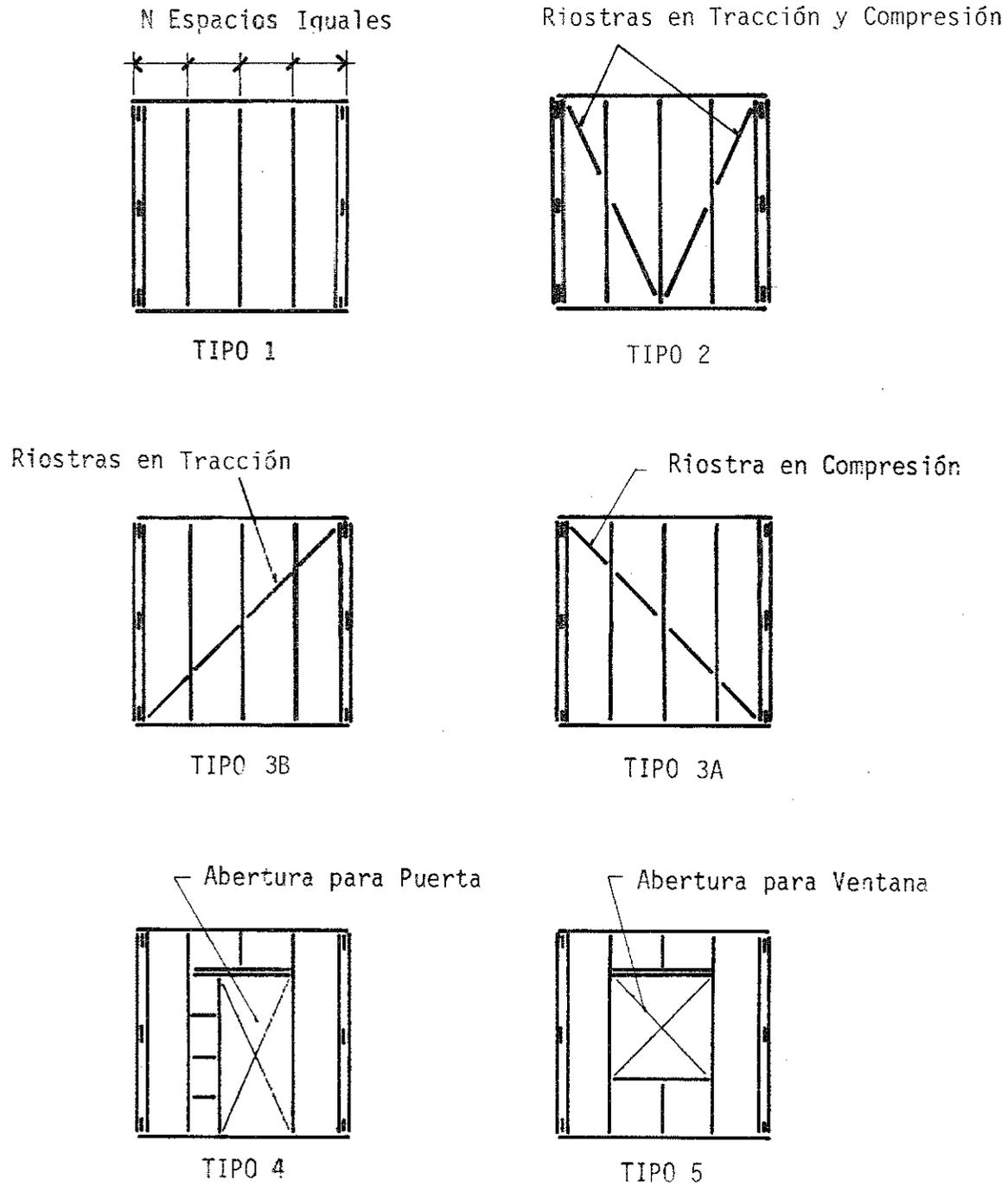


FIG. 2 TIPOS DE ENTRAMADO USADO EN LOS PANELES

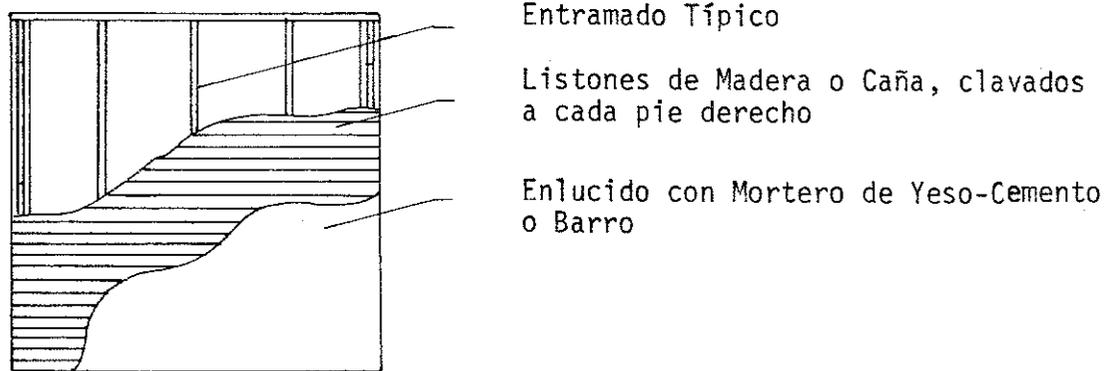
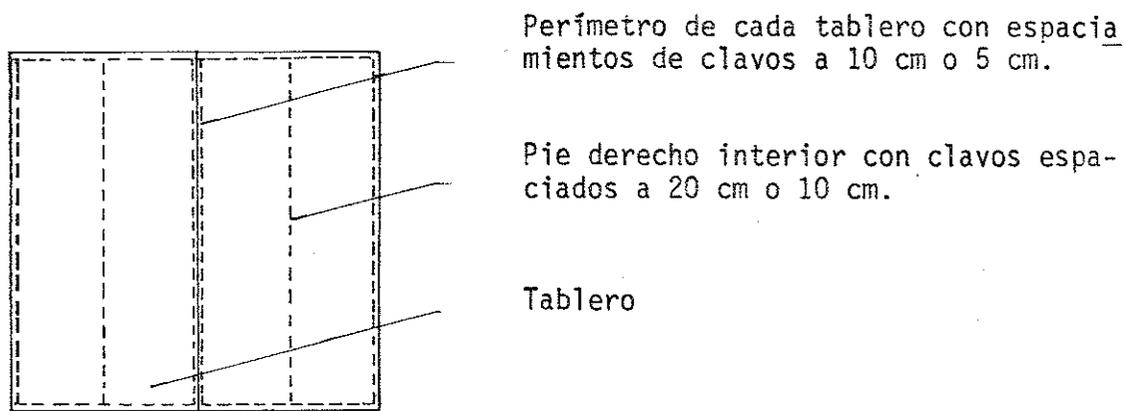


FIG. 3 DISPOSICION DEL REVESTIMIENTO

TABLA 1 DESCRIPCION DE LOS PANELES ENSAYADOS

Panel N°	Espaciamiento Pie derechos mm	Entramado (Figura 1) Tipo	CLAVOS				Revestimiento
			Perímetro		Interior		
			Pulg.	Cm	Pulg.	Cm	
1	600	1	1 1/2 @	10	1 1/2 @	20	Tablero de madera contrachapada de 6 mm
2	600	1	1 1/2 @	5	1 1/2 @	10	Tablero de madera contrachapada de 6 mm
3	600	1	2 @	10	2 @	20	Tablero de madera contrachapada de 10 mm
4	600	1	1 1/2 @	10	1 1/2 @	20	Tablero de bagazo de caña de 6 mm
5	600	1	2 @	10	2 @	20	Tablero de madera-cemento de 8 mm
6	600	1	1 1/2 por pie-derecho				Listonería madera (11 mm x 19 mm) espaciadas @ 6 mm revestida con mortero yeso-cemento (3:1) espesor 1.5 cm
7	600	2	(Ver detalle típico de unión riostra a pie derecho en la figura 2.)				Sin revestimiento, riostra en V
8	400	2					Sin revestimiento, riostra en V
9	600	3A					Sin revestimiento, riost.en compres.45°
10	600	3B					Sin revestimiento, riost.en tracc. .45°
11	600	2					Listonería madera (11 mm x 19 mm) espaciados @ 6 mm revestida con mortero yeso-cemento (3:1) espesor 1 cm
12	400	2					Caña con enlucido de barro (1/2 caña partida).
13	600	4	1 1/2 @	10	1 1/2 @	10	Tablero de madera contrachapada de 6 mm
14	600	4	1 1/2 por pie-derecho				Listonería de madera (11 mm x 18 mm) espaciadas @ 6 mm revestida con mortero yeso-cemento (3:1)
15	600	5	1 1/2 @	10	1 1/2 @	10	Tablero de madera contrachapada de 6 mm
16	600	5	1 1/2 por pie derecho				Listonería de madera con mortero yeso-cemento (3:1)

TABLA 2 RESULTADO DE LOS ENSAYOS

	Panel	Rigidez kg/cm				Carga Máxima (kg)	Descripción de la Falla
		1 ciclo	2 ciclo	3 ciclo	4 ciclo		
cerrados	1	1470	1336	1690	1260	1230	Extracción de clavos y desprendimiento del revest.
	2	1340	1380	1530	1530	2360	Pandeo de pie-derechos fuera del plano del panel
	3	1130	1326	1400	1420	2260	Igual a panel 1
	4	2240	2300	2140	2080	1890	Igual a panel 1
	5	4500	4840	4200	3700	2170	Rotura del panel de madera-cemento en las esquinas
	6	2180	2800	2820		1790	Rajadura y desprendimiento del revestimiento de yeso-cemento.
con riostras	7	750	860	--	--	330	Falla unión riostra-pie derecho exterior
	8	830	1030	--	--	540*	Igual a panel 7
	9	190	580	--	--	470	Idem, posterior flexión de pie-derechos
	10	430	880	--	--	470	Igual a panel 9
	11	2840	3240	3260	3380	1890	Igual a panel 6
	12	1550	2160	1740	1820	1700	Rajadura del revestimiento de barro paralelo a la caña.
con aberturas	13	660	760	730	480	940	Fallan uniones tablero y entramado en el dintel
	14	480	840	--	--	280	Falla el revestimiento en la esquina
	15	460	580	500	540	940	El revestimiento se desprende, se hunden las cabezas de clavos
	16	420	570	--	--	380	Igual a panel 14

* En el 3er. ciclo

ANEXO I : :GRAFICOS DE LOS REGISTROS DE ENSAYO

ESPECIMEN N°1

Pie-derechos \varnothing 60 cm

Tablero contrachapado de 6 mm

Clavos 1/2" \varnothing 10 cm perimetro \varnothing 20 cm interior

P (Kg)

1200

1100

1000

900

800

700

600

500

400

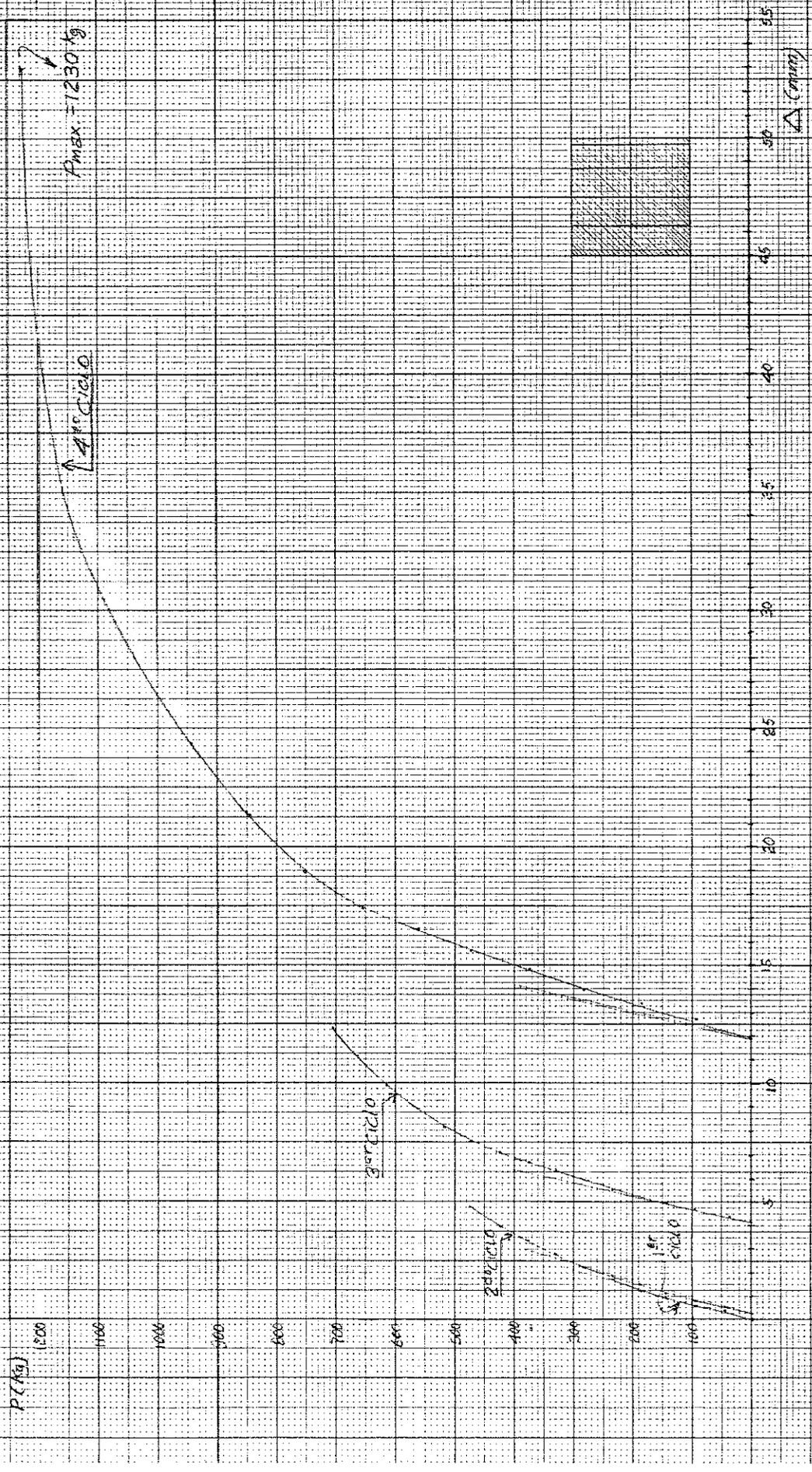
300

200

100

↑ Acero

$F_{max} = 1230 \text{ kg}$



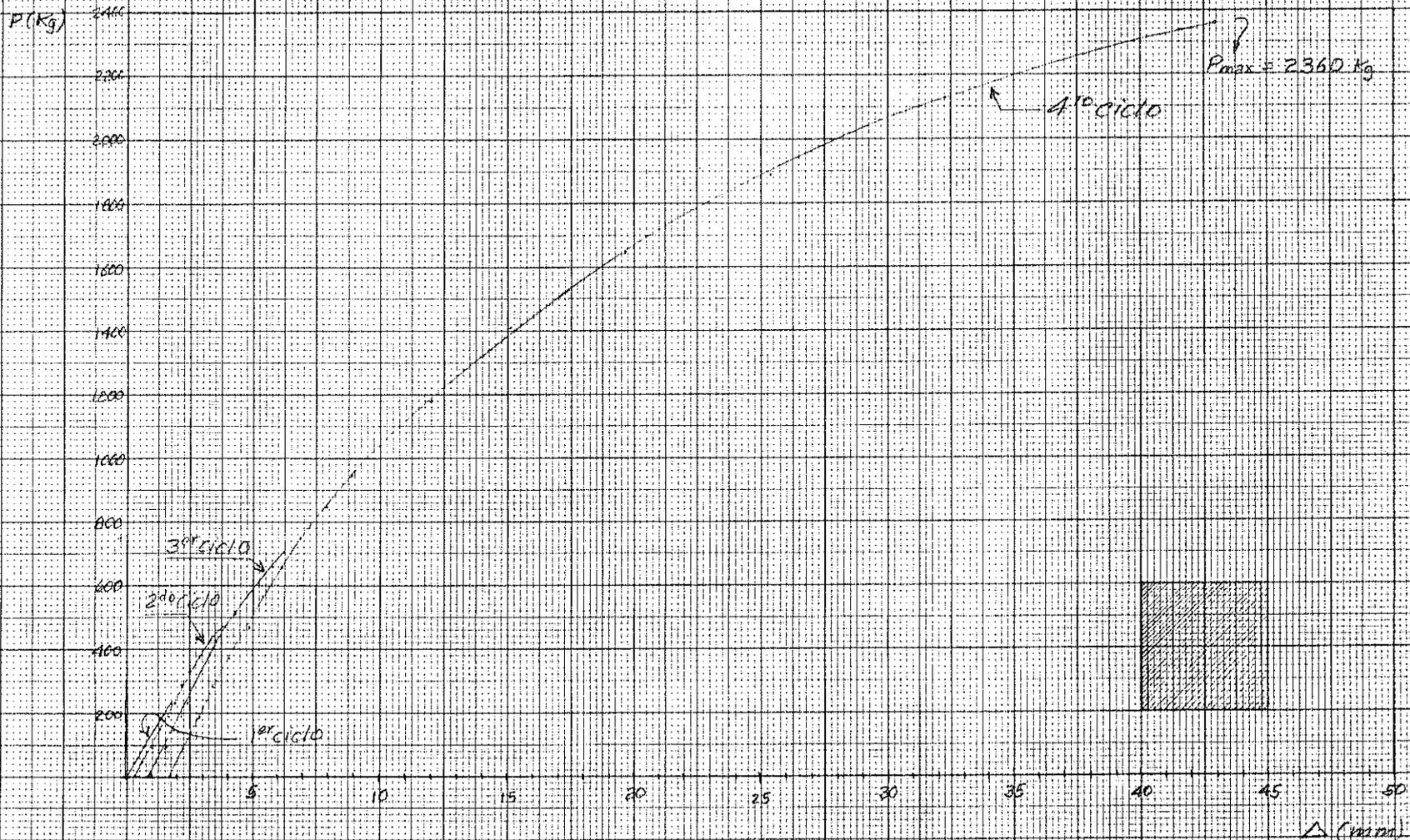
Δ (cm)

ESPECIMEN N° 2

Pie-derechos \varnothing 60 cm.

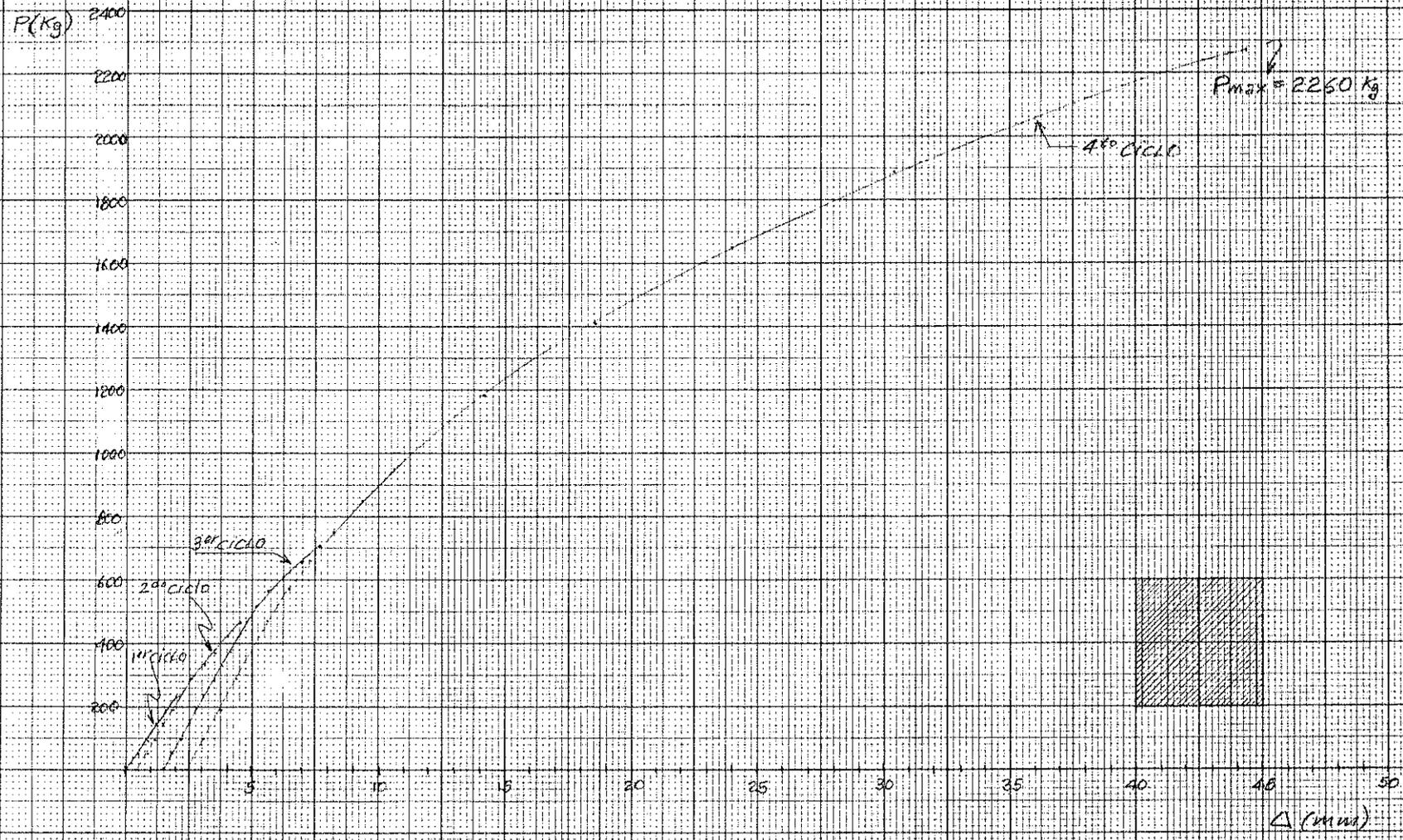
Tablero contrachapado de 6 mm.

Clavos 1 1/2" \varnothing 5 cm perimetro, \varnothing 10 cm interior



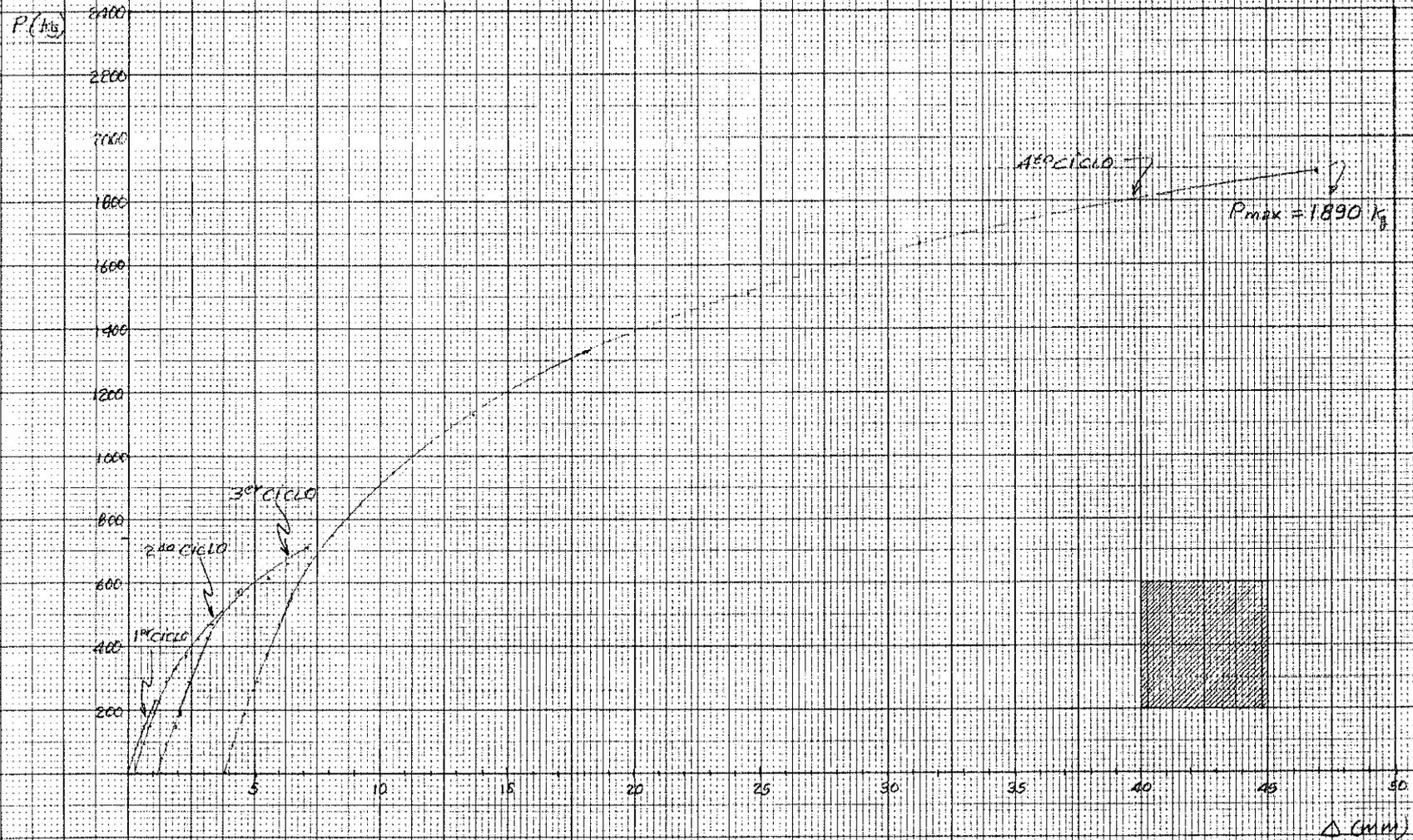
ESPECIMEN N° 3

Ple-derechos \varnothing 60 cm
Tablero contrachapado de 10mm
Clavos 2" \varnothing 10 cm perimetro, \varnothing 20 cm interior



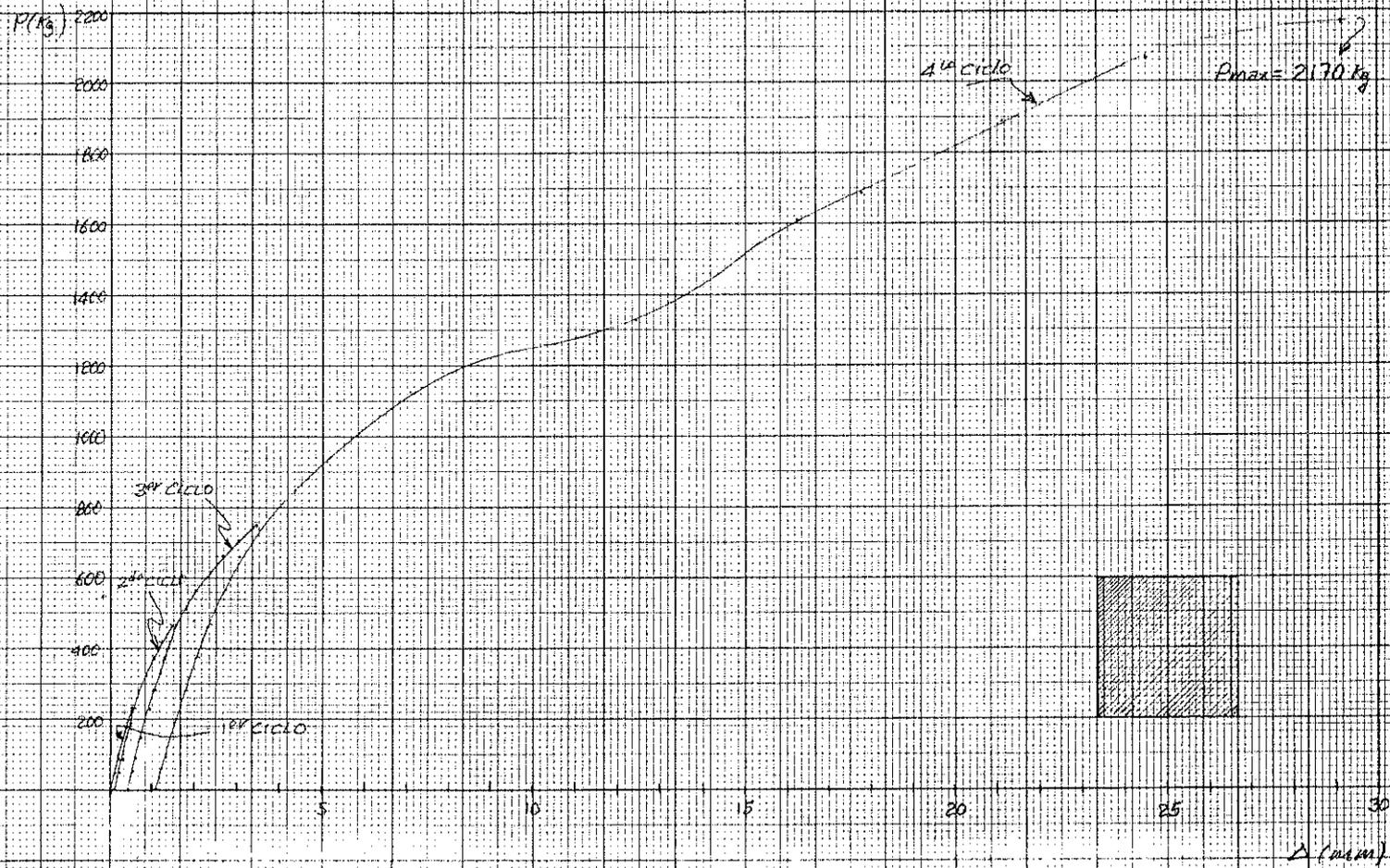
ESPECIMEN N°4

Pie derechos \varnothing 60 cm
Tablero de bagazo de caña de 6 mm
Clavos 1 1/2" \varnothing 10 cm perimetro, \varnothing 20 cm interior



ESPECIMEN N°5

Pie-derechos \varnothing 60 cm
Tablero de madera cemento de 8 mm
Clavos 2" \varnothing 10 cm perimetro, \varnothing 20 cm interior



ESPECIMEN N° 8

Pie derechos \varnothing 60 cm
Listonería de madera revestida con mortero, yeso-cemento de 1.5 cm
Clavos 1 1/2", 1 clavo sobre cada listón en cada pie derecho



ESPECIMEN Nº 7

Pie-derechos \varnothing 60 cm con doble riostra en V
Sin revestimiento

P (Kg)

400

300

200

100

1º ciclo

2º ciclo

3º ciclo

$P_{max} = 330 \text{ Kg}$

5

10

15

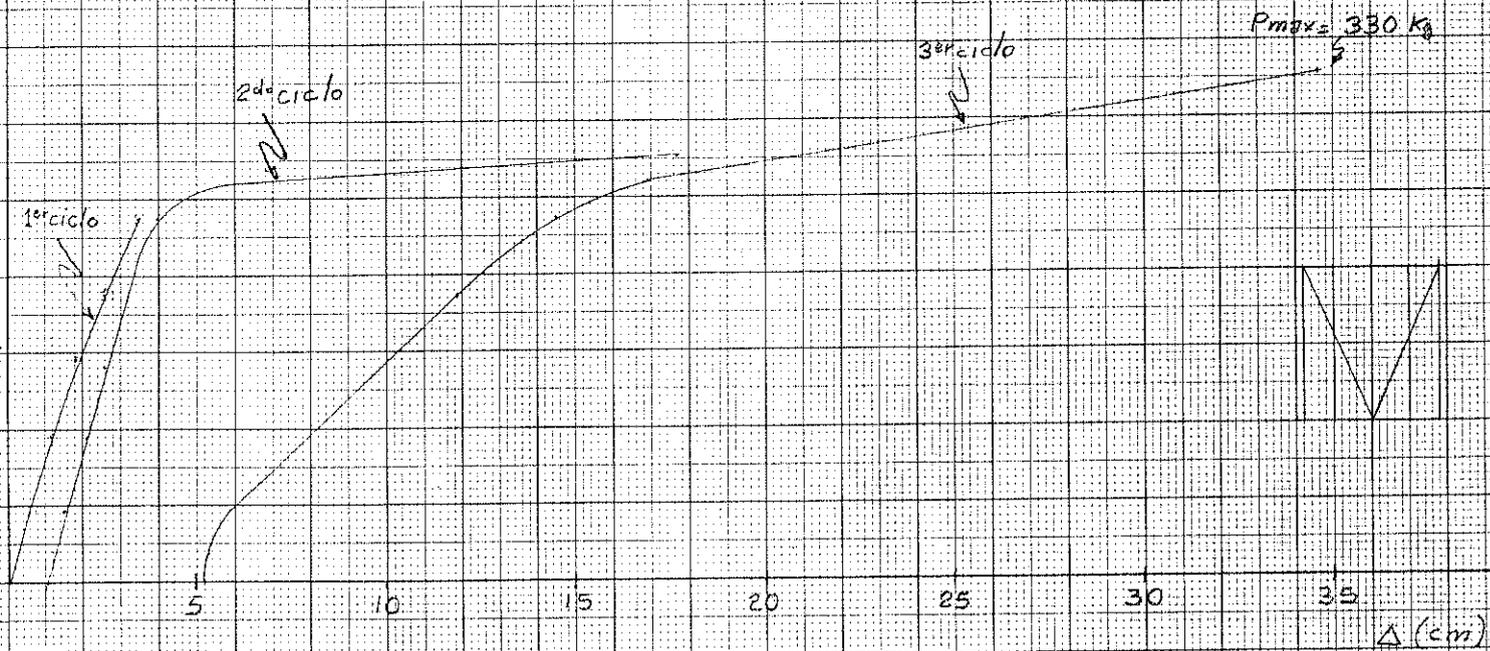
20

25

30

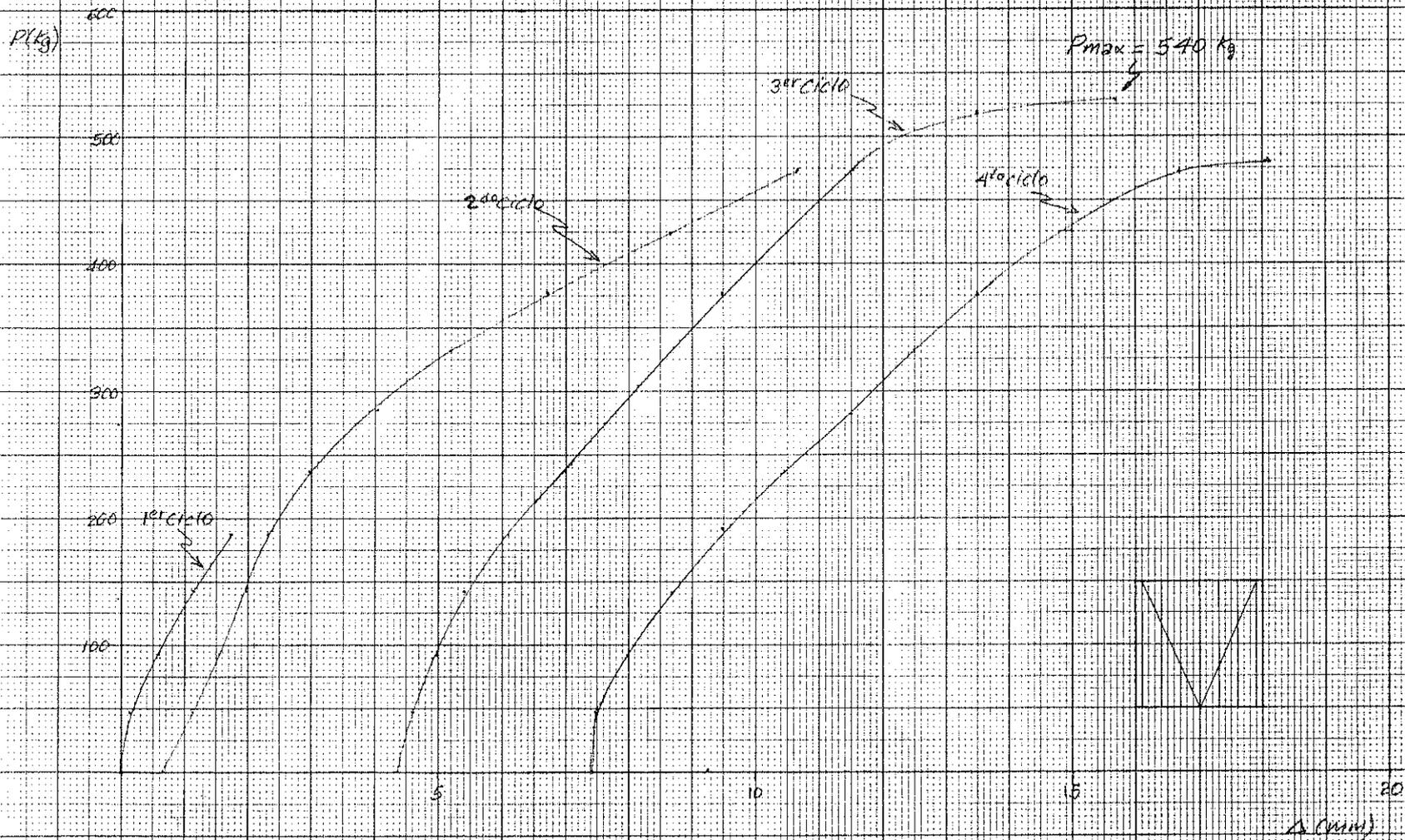
35

Δ (cm)



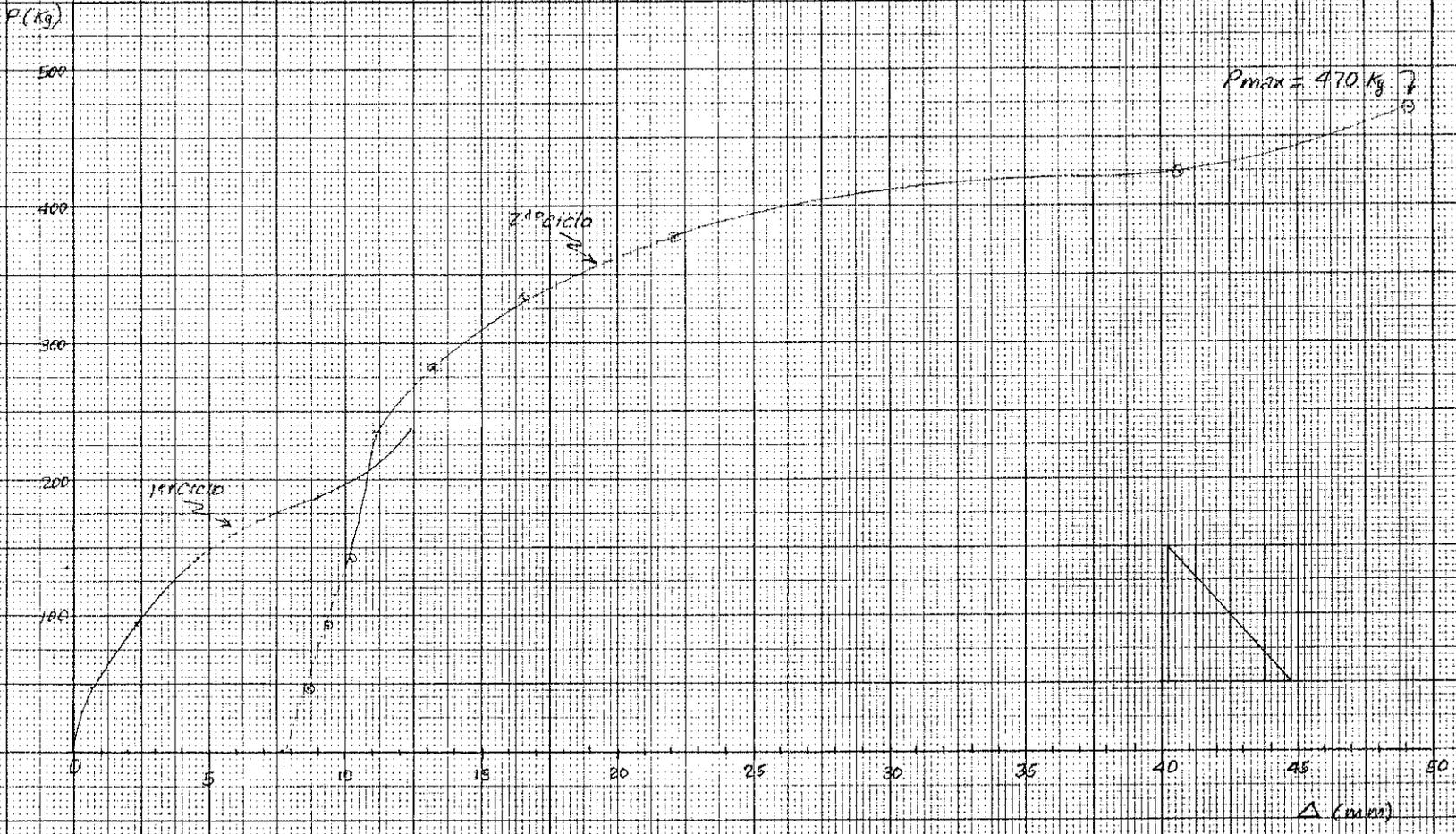
ESPECIMEN N° 8

Ple-derechos ω 40 cm con doble riostra
sin revestimiento



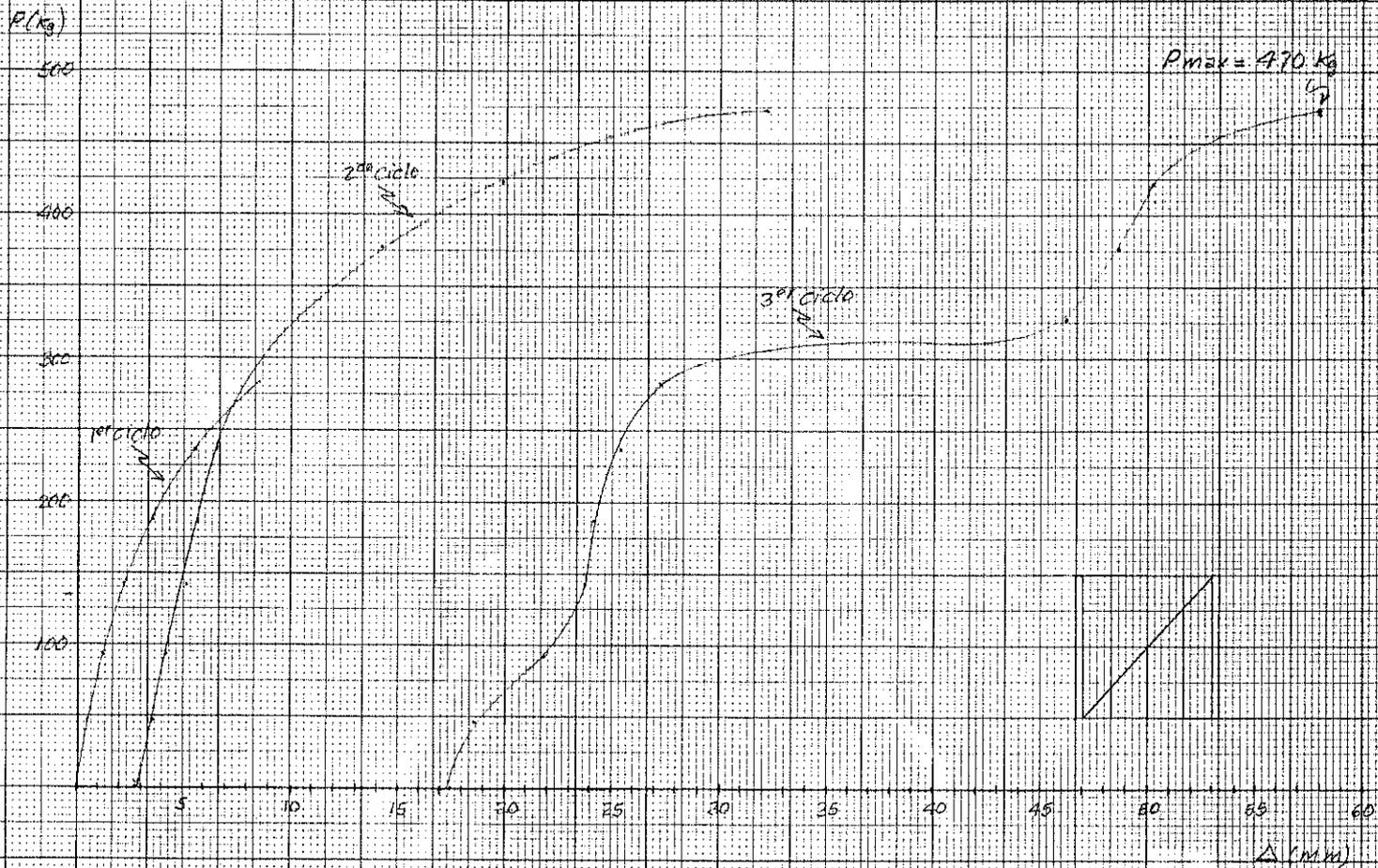
ESPECIMEN N° 9

Pie-derechos a 60 cm con riestra diagonal en compresión
Sin revestimiento



ESPECIMEN N° 10

Pie-derechos a 60 cm con rastro diagonal en tracción
Sin revestimiento



ESPECIMEN N° IV

Pie-derechos \varnothing 60 cm con doble riostra en V

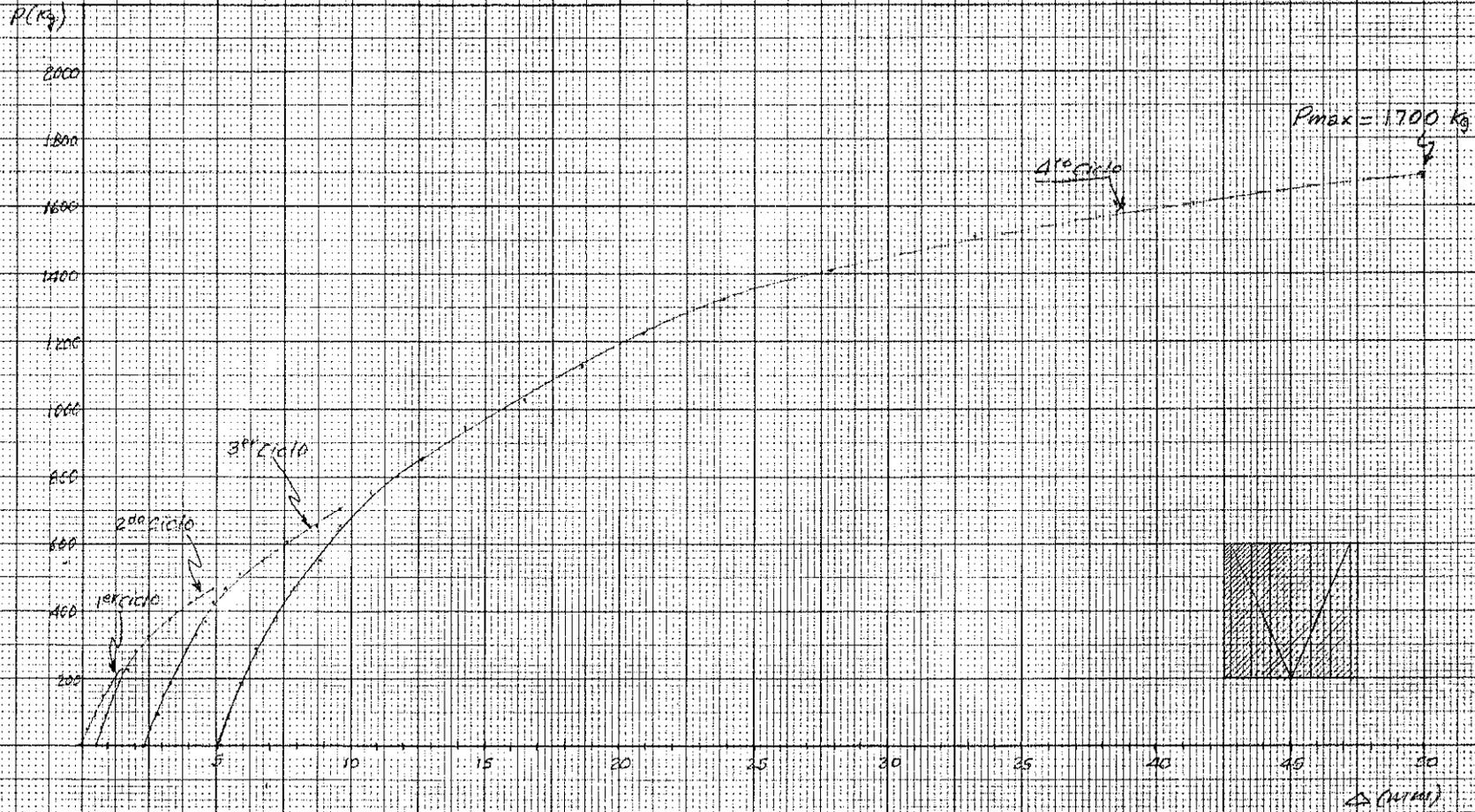
Listonería de madera revestida con mortero,
yeso-cemento de 1 cm.

Clavos 1 1/2", 1 clavo sobre cada listón en cada pie derecho



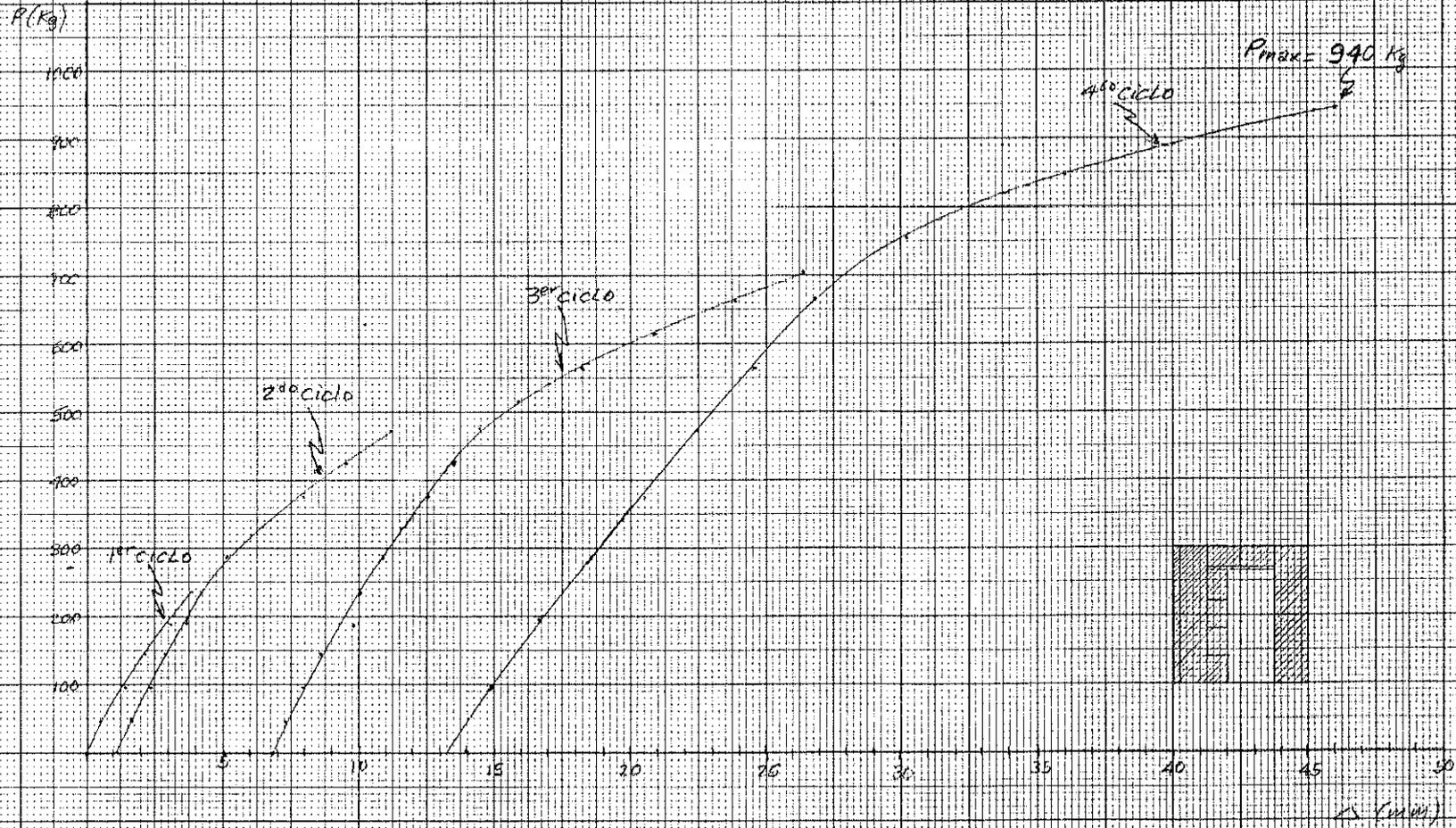
ESPECIMEN N° 12

Pie-derechos a 40 cm con doble rlostra en V
Caña y torta de barro
Clavos 1 1/2", 1 clavo doblado por cada dos cañas en
cada pie-derecho



ESPECIMEN N° 13

Ple-derechos \varnothing 60 cm con abertura para puerta
Tablero contrachapado de 6 mm
Clavos 1 1/2" espaciamento \varnothing 10 cm



ESPECIMEN N° 14

Pie-derechos \varnothing 60 cm con abertura para puerta
Listonería de madera revestida con mortero
yeso-cemento
Clavos 1 1/2", 1 clavo en cada listón en cada pie-derecho

P(kg)

100

200

300

400

$P_{max} = 280 \text{ kg}$

2^{da} ciclo

1^{er} ciclo

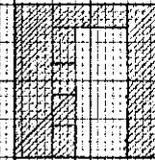
5

10

15

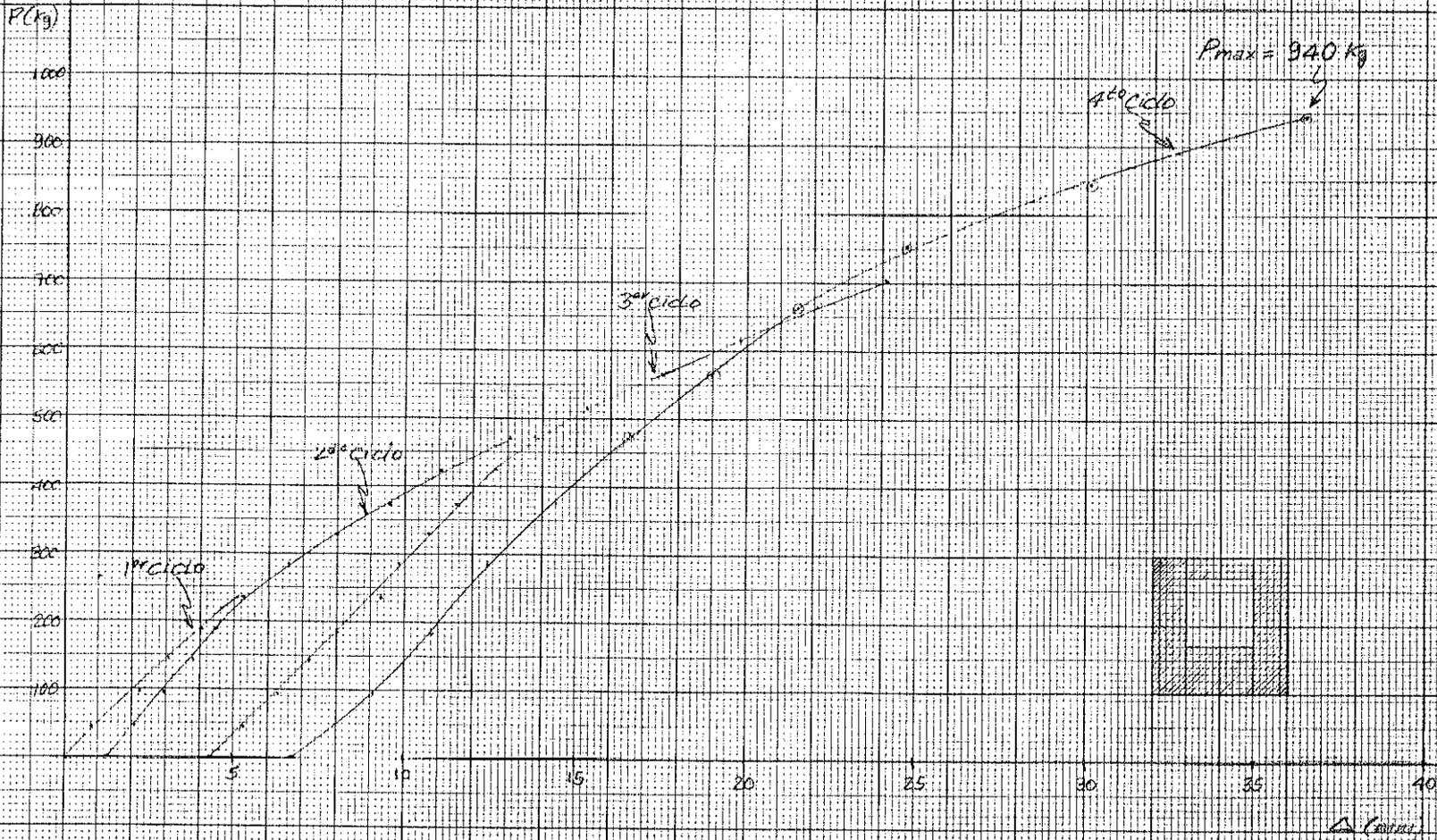
20

Δ (mm)



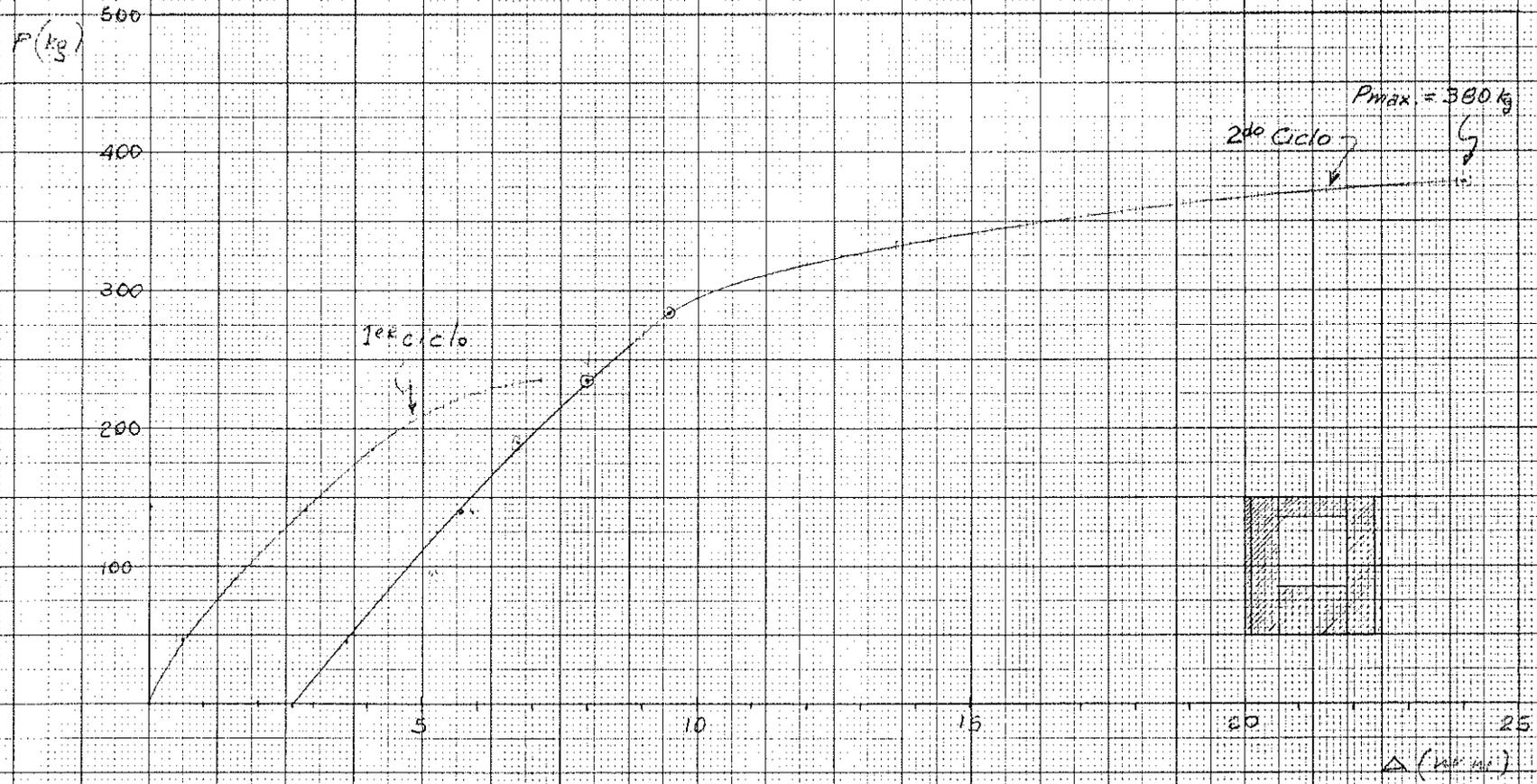
ESPECIMEN N° 15

Pie-derechos \varnothing 60 cm con abertura para ventana
Tablero contrachapado de 6 mm
Clavos 1 1/2" espaciamento \varnothing 10 cm



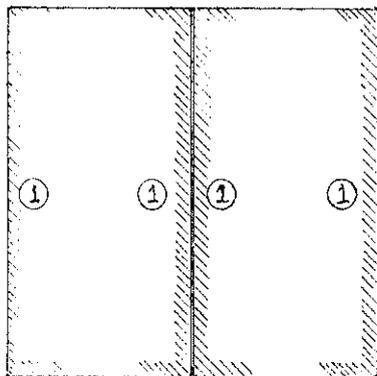
ESPECIMEN N°16

Pie derechos a 60 cm con abertura para ventana
Listonería de madera revestida con mortero de
yeso-cemento
Clavos 1 1/2", 1 clavo sobre cada listón en cada pie-derecho.



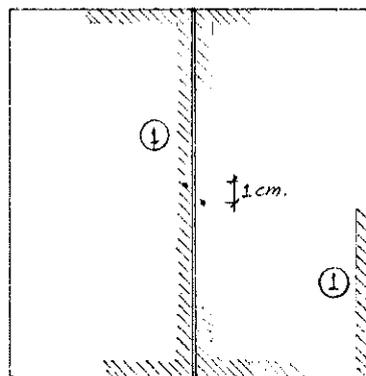
ANEXO II : FORMAS DE FALLA DE LOS PANELES

Panel 1



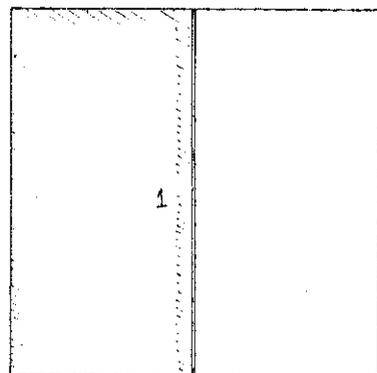
1. Desprendimiento del tablero contrachapado en la zona achurada (se observó efecto de extracción de clavos en zonas del desprendimiento)

Panel 2



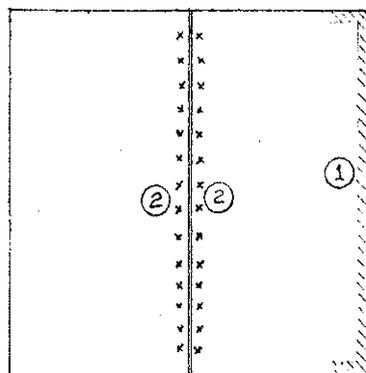
1. Desprendimiento del tablero contrachapado en zona achurada. Pandeo de los pie derechos interiores. Desplazamiento relativo entre tableros de 1 cm. en zona de la junta.

Panel 3



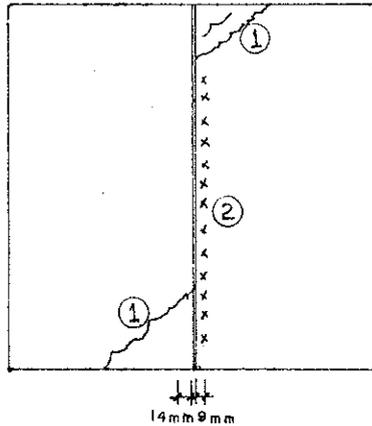
1. Hundimiento de las cabezas de los clavos en el revestimiento en zona achurada. Ligero doblado de los clavos en la zona cercana a la cabeza.

Panel 4



1. Desprendimiento del revestimiento en la zona achurada.
2. Solo hundimiento de las cabezas de los clavos.

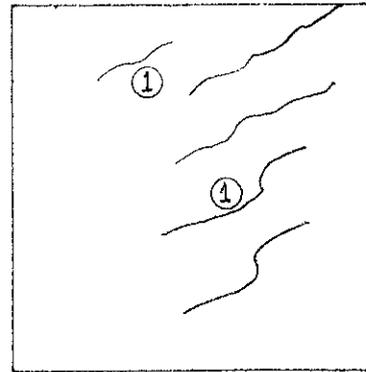
Panel 5



1. Rotura del tablero.
2. Hincado de las cabezas de los clavos en el tablero en lado donde distancia al borde era 9mm.

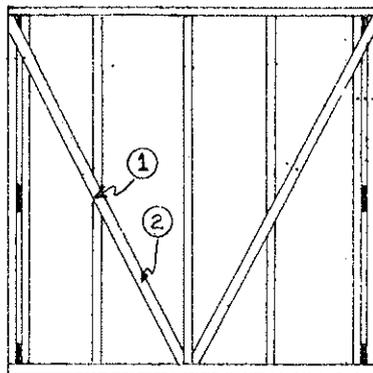
Lado adyacente con distancia al borde de 14 mm no presenta esta falla.

Panel 6



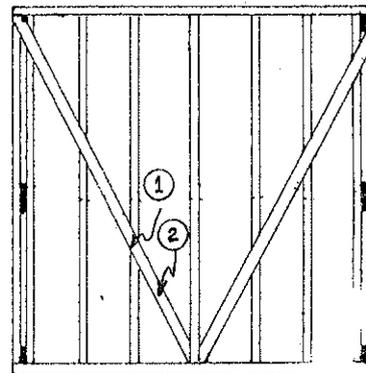
1. Rajaduras del revestimiento. Desprendimiento parcial entre el marco y la capa de revestimiento.

Panel 7



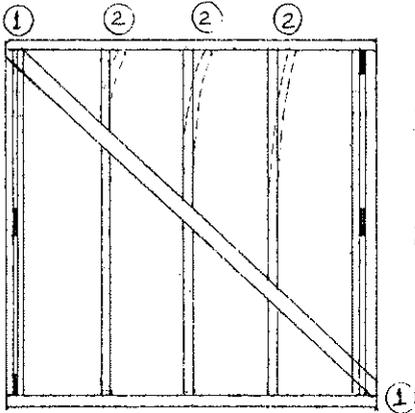
1. Extracción de clavos del pie derecho.
2. Pandeo de la riostra izquierda en plano perpendicular al panel.

Panel 8



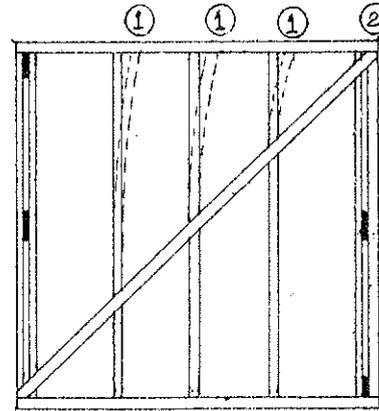
1. Extracción de clavos del pie derecho.
2. Pandeo de la riostra izquierda en plano perpendicular al panel.

Panel 9



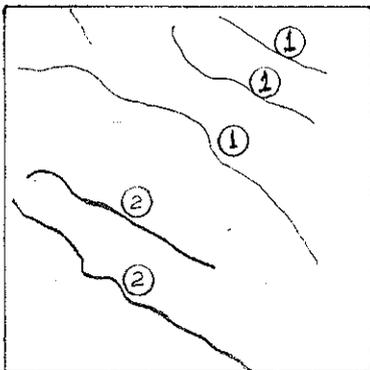
1. Fallas en uniones de riostra con pie derechos externos.
2. Flexión de los pie derechos en la zona superior junto al desplazamiento de la solera.

Panel 10



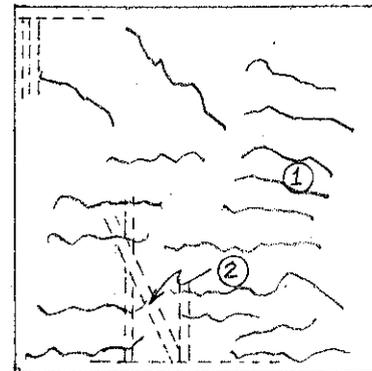
1. Desplazamiento de la solera superior originando la flexión de los pie derechos.
2. Desprendimiento de la riostra por falla en la unión superior con pie derecho exterior luego de desplazamiento de 20 mm.

Panel 11



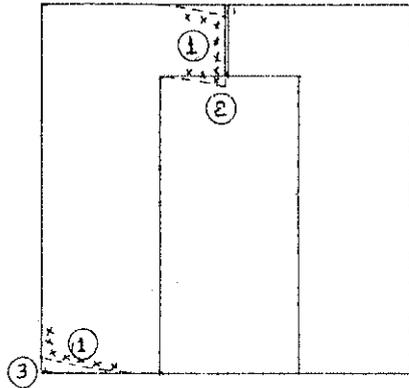
1. Fallas a 1040 kg; rajaduras en el revestimiento.
2. Fallas a 1510 kg; rajaduras en el revestimiento, desprendimiento parcial entre la placa de revestimiento y el marco.

Panel 12



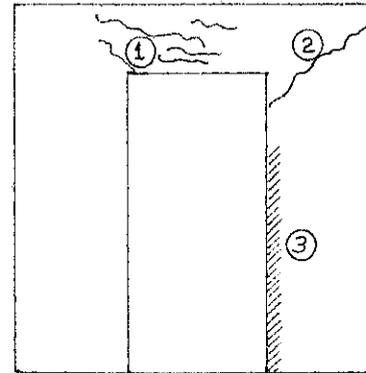
1. Rajaduras de 2 mm de espesor siguiendo la orientación de la caña.
2. Falla riostra izquierda (en compresión) por pandeo.

Panel 13



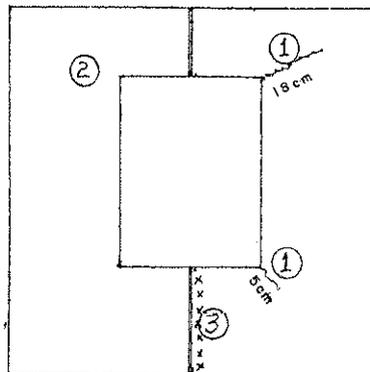
1. Desprendimiento del ta
blero contrachapado;
originando el hundimien-
to de las cabezas de
los clavos.
2. Separación de la junta
y revirado del tablero
en 21 mm.
3. Revirado del tablero en
3.9 mm

Panel 14



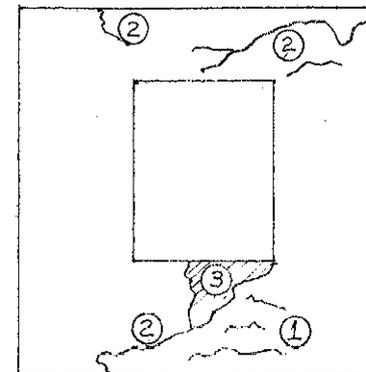
1. Presenta rajaduras super
ficiales en el revesti-
miento antes del ensayo.
2. Rajadura superficial a
235 kg.
3. Separación entre el reves
timiento y el enlistonado
base. Acentuación de la fa
lla (2)

Panel 15



1. Rajadura del revestimien
to.
2. Pandeo del revestimien
to.
3. Hundimiento de las cabe
zas de los clavos a tra
vés del revestimien
to.

Panel 16



1. Rajaduras a 235 kg.
2. Rajaduras en el revesti
miento a 380 kg.
3. Desprendimiento del revesti
miento.