instituto nacional de investigaciones sobre recursos bióticos

APDO. POSTAL 63 (INIREB)
KM. 2.5 ANTIGUA CARRETERA A COATEPEC
91000 XALAPA, VERACRUZ
TELS. 75090 75084 75085
75285 75299
TELEX: 015542 INRBME

CERRADA CERRO DE TUERA No. 1
BARRIO OXTOPULCO
DELEGACION COYOACAN
C.P. 01900 MEXICO, D.F.
TEL. 5-50-13-40

INFORME FINAL AL CENTRO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIONES PARA EL DESARROLLO (CIID)

Proyecto:

CALIFICACION Y CLASIFICACION DE LA MADERA DE PINO PARA USOS ESTRUCTURALES (TIMBER GRADING-MEXICO) FASE III

Archivo No. 3-P-83-0126

Director del Proyecto

DR. RAMON ECHENIQUE-MANRIQUE

Investigador responsable

M. en C. RAYMUNDO DAVALOS SOTELO

Investigador Asociado

ING. FRANCISCO ROBLES FERNANDEZ-VILLEGAS

INIREB-LACITEMA

Xalapa, Ver. Julio, 1987.

México

CONTENIDO

0. RESUMEN EJECUTIVO

1. INTRODUCCION

2. ORGANIZACION DEL INFORME

3. OBJETIVOS

4. OBJETIVO A). DETERMINACION DE VALORES DE DISEÑO PARA MADERA DE PINO DE USOS ESTRUCTURALES

5. OBJETIVO B). DISEMINACION DE REGLAS DE CLASIFICACION Y VALORES DE ESFUERZOS

6. OBJETIVO C). ESTABLECIMIENTO DE LAS BASES PARA UN PROGRAMA DE CONTROL DE CALIDAD Y CERTIFICACION

7. ACTIVIDADES ADICIONALES

8. RESUMEN DE CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFIA

ANEXOS

0.2 JUSTIFICACION DEL PROGRAMA DE INVESTIGACION

El motivo principal para llevar a cabo este estudio es que la antigua regla es inapropiada para el uso estructural de la madera por una serie de razones:

La primera es que no refleja de una manera eficiente el comportamiento estructural de la madera, puesto que la manera en que especifica se midan los defectos es más adecuada para fines de carpintería (para los que esta regla es útil) que para propósitos de ingeniería. Par los primeros, importa más la apariencia que el efecto que los defectos tengan sobre la resistencia.

En segundo lugar, no incluye todas las secciones usuales en la construcción, sino que únicamente abarca secciones hasta 50 mm de grosor ("tablas y tablones"). Es decir, que las dimensiones asociadas a estas reglas distan mucho de satisfacer las necesidades de una planta industrial enfocada a la construcción en gran escala de unidades, pues no ofrece toda la gama de secciones necesarias para la fabricación de casas habitación.

Finalmente, y lo que es más importante desde el punto de vista de la utilización estructural del material, los esfuerzos de diseño asociados a piezas clasificadas con este criterio, especificados en la anterior versión de las Normas Técnicas Complementarias para madera, son excesivamente conservadores por falta de información experimental.

0. RESUMEN EJECUTIVO

En esta parte, se hace un resumen breve de los aspectos más sobresalientes de este estudio. Parte del programa de ensaye se describe en los informes de las Fases I y II al CIID.

0.1 ORGANIZACION DEL ESTUDIO

El estudio de la clasificación estructural y la resistencia mecánica de la madera en pinos mexicanos se ha llevado a cabo en tres fases. La primera se realizó de 1979 a 1980 y consistió en desarrollar un sistema de clasificación y calificación para fines estructurales, así como derivar un primer juego de valores de resistencia a la flexión para madera clasificada. En las tres fases las pruebas se han realizado con material de tamaño estructural. En la primera fase se seleccionaron los tres tamaños más comunes en la industria de la construcción en aquella época; a saber, piezas de "2x4" (38x87 mm); "4x4" (87x87 mm) y "4x8" (87x87 mm), que son los conocidos como "pies derechos", "polines" y "vigas", respectivamente.

Por aquellas fechas todavía no se tenía una norma de dimensiones estándar. Este primer lote de piezas fue obtenido de un solo aserradero en el Edo. de México (Protectora e Industrializadora de Bosques - PROTINBOS) y transportado a Xalapa para hacer los ensayes. Se probaron en total aproximadamente 1200 piezas de las tres secciones. La madera, de menor dimensión, fue seleccionada del material clasificado en el aserradero como de "2a" y "3a" de acuerdo con las antiguas reglas de clasificación aplicables en México a la madera de pino (Norma NOM-C-1946).

0.3 RESULTADOS DE LA PRIMERA FASE

Como resultado de esta primera fase, se generó un sistema de calificación y clasificación estructural en una primera versión, el cual sería afinado posteriormente, siendo la base de un nuevo criterio que se convertiría en Norma Oficial Mexicana. Los resultados de las pruebas indicaron también la presencia de un efecto del tamaño sobre la resistencia de la madera, el cual se confirmaría en el futuro.

El nuevo sistema de clasificación permitió obtener proporciones convenientes de material clasificado, siempre tomando como materia prima lo que se conoce como madera de "2a" y de "3a". La nueva regla establece tres clases o grados estructurales, denominados A, B y R en aquella ocasión. La letra "A" significaba madera de alta resistencia, y aun se utiliza para designar a la madera de mayor calidad dentro del grupo de la madera estructural; la letra "B" indicaba que se trataba de material de mediana a baja calidad estructural (aún se conserva con esta connotación); la letra "R" se utilizo en una primera instancia para designar material no apto para uso en la construcción donde tuviera que soportar cargas, es decir, esta letra se usaba para designar al material considerado como de rechazo desde el punto de vista estructural. Obviamente esto no implicaba rechazo en general, sino únicamente para situaciones donde se demanda resistencia estructural. Posteriormente se eliminó la letra "R" en favor de la letra "G", la que designa en forma más apropiada al material de uso general, que no es de rechazo.

0.4 RESULTADOS DE LA SEGUNDA FASE

La segunda fase consistió en una ampliación de las pruebas efectuadas en la primera, con objetivos más ambiciosos. En esta ocasión fueron: verificar la aplicabilidad de las reglas desarrolladas para madera de otras regiones del país, nominalmente, Chihuahua y Durango; verificar o modificar los esfuerzos de diseño asociados al sistema de

clasificación; ampliar las reglas incluyendo material más apto para la industrialización de la construcción con madera, es decir material de 2 pulgadas nominales de grosor (38 mm), de mayor anchura que la única sección de este grosor incluída en la primera fase.

Paralelamente, se decidió evaluar una maquina de un diseño sencillo y económico, destinada a la clasificación estructural de la madera.

Esta segunda fase se realizó de 1981 a 1983 y comprendió la realización de unas 3600 pruebas mecánicas con seis secciones nominales incluidas en el experimento: "2x4" (38x87 mm); "2x6" (38x140); "2x8" (38x190 mm); "2x10" (38x240 mm); "4x4" (87x87 mm) y "4x8" (87x190 mm). En esta etapa, las pruebas se realizaron en los aserraderos (2 en cada estado), por la dificultad de transportar tal cantidad de material al laboratorio de Xalapa, Ver., para lo cual se tuvo que diseñar una nueva maquina de pruebas, que fuera portátil y susceptible de ser transportada en un vehículo de carga de tamaño chico (camioneta "pick-up").

Los experimentos llevados a cabo permitieron afinar la regla de clasificación desarrollada previamente y ampliar su aplicación a las nuevas secciones. Se determinó estadísticamente que no hay diferencias significativas en la resistencia y rigidez de la madera de las tres regiones muestreadas (México, Durango y Chihuahua).

Los valores de resistencia en flexión asociados a estas reglas, también se refinaron y permitieron incluir en la tabla de valores de diseño a las seis secciones más importantes para la industria de la construcción. Análisis adicionales de los datos permitieron extrapolar a otros tamaños.

Se confirmó el hecho de que existe un efecto del tamaño en la resistencia de las piezas, siendo las mayores las menos resistentes. Este hecho se explica por la teoría llamada del "eslabón más débil", la cual señala que a mayor volumen de material, mayor es la probabilidad de encontrar defectos en un especimen dado, y de ahí la disminución de resistencia.

Se pudo comprobar además que el método de clasificación mecánica ensayado no producía mejoras sobre la clasificación visual, por lo que se descartó su uso por el momento.

En esta segunda fase se contó con la colaboración de grupos industriales de Durango y de Chihuahua, tanto del sector privado como del paraestatal. En todas las fases se ha contado además con patrocinio parcial de la institución canadiense CIID de Ottawa. Los estudios de las tres fases se han hecho en coordinación con el Departamento de Materiales de la Universidad Autónoma Metropolitana de Azcapotzalco, D.F.

0.5 RESULTADOS DE LA TERCERA FASE

Finalmente, la tercera fase del estudio, recientemente concluída, involucró pruebas de otras solicitaciones mecánicas aparte de flexión estática. En esta última ocasion se incluyeron pruebas de tensión paralela a la fibra y compresión paralela a la fibra. Las secciones ensayadas fueron las mismas seis de la segunda fase.

Para esta última etapa ya se contó con una norma de dimensiones (NOM-C-224-1983) la cual facilita en gran medida las especificaciones de construcción. Durante el tiempo en que se realizó esta tercera fase se aprobó con carácter de Norma Oficial Mexicana la regla de clasificación para madera de pino (NOM-C-329-1985). Ambas normas son de caracter voluntario, puesto que no se obliga a los productores a usarlas; sin embargo, las ventajas de ponerlas en práctica son evidentes en cuanto que se puede ofrecer un producto de resistencia y rigidez conocidas y más que adecuadas.

El enfoque de las pruebas en la tercera y última fase del estudio varió en relación con las dos primeras. En éstas, todos los ensayes se realizaron a la destrucción, por así requerirlo los objetivos planteados de desarrollar un regla y de obtener una representación completa de las distribuciones de resistencias y rigideces, para determinar las posibles variaciones regionales. En la última fase, se utilizó el concepto de "carga de prueba" ("proof-load") en el cual se aplica un esfuerzo tal que únicamente fallen las piezas representativas de la parte inferior de la distribución de resistencias (del 15% al 20% del total de las piezas). Las razones para escoger este enfoque son múltiples: en primer lugar, el costo de las pruebas sería prohibitivo para las condiciones de México, por ser un número enorme de piezas requeridas. El tiempo de prueba sería consiguientemente más alto, incrementándose también por ese lado el costo de los ensayes. En segundo lugar, el equipo requerido para efectuar estos ensayes tendría que ser bastante más resistente, amén de ser capaz de ejercer mucha mayor fuerza, para poder romper las piezas más grandes, de más alta resistencia.

Por otro lado, no se requiere contar con toda la distribución de resistencias, toda vez que es la cola inferior la que importa conocer con toda precisión, pues se trata de las piezas que gobiernan el diseño. Conociendo esta cola inferior con la precisión necesaria es posible inferir el valor de la media y el coeficiente de variación requeridos por el método de diseño por estados límite.

Los resultados de estos experimentos confirmaron que no hay diferencias consistentes en la resistencia y rigidez de madera clasificada de diferentes regiones. En esta última fase se incluyeron muestras de los Estados de México, Durango y Chihuahua, así como un número limitado de ensayes hechos en el Estado de Oaxaca. De nuevo la participación de industriales incluyó al sector privado y al paraestatal (ver Anexo II).

Se confirmó una vez más la existencia del efecto del tamaño en la resistencia, el cual no es igual para las diferentes propiedades mecánicas.

0.6 REPERCUSION DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

En resumen, durante las tres fases se ensayaron cerca de 15000 piezas en tamaño natural en las seis secciones más comunes en la construcción. Los resultados de estos estudios formaron la base de dos Normas Oficiales de la DGN, así como de la tabla 2.1 de la versión 1987 de las Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Madera del Reglamento de Construcciones del D.F., la cual es un compendio de los resultados de las tres fases. Aunque los estudios fueron hechos con madera de pino, se estima que son aplicables a otras especies de coníferas, según se acotó en esas mismas Normas, si se toma como base la experiencia de otros países como Canadá, Sudáfrica y Estados Unidos.

INFORME FINAL AL CENTRO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIONES PARA EL DESARROLLO (CIID)

1. INTRODUCCION

Con este informe, se dan por terminadas (a excepción de la publicación final) las actividades de este Proyecto, el cual inició en su primera fase en el año 1979. En su realización han contribuido de manera preponderante tres grupos u organizaciones:

En primer lugar, el Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (CIID) de Ottawa, Canadá, que ha aportado una parte sustancial del financiamiento. En segundo lugar, de manera muy importante, han contribuido con suministro de material para pruebas y con gran parte de los gastos de estancia en los sitios de los aserraderos la industria forestal paraestatal y algunos grupos de industriales privados; en el Anexo I se incluye una lista de las empresas participantes en este proyecto. La realización operativa ha estado a cargo, en todo tiempo, del personal de INIREB-LACITEMA; para lo cual también se han ejercido algunos fondos suministrados por el Gobierno Federal.

En todas las fases del proyecto la Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco ha colaborado en el análisis y discusión de los resultados y también ha apoyado con la fabricación del equipo de pruebas.

Este estudio es el más importante que se ha realizado en México acerca de la clasificación y la resistencia de la madera, y asimismo el que más impacto ha tenido. Ha significado un avance sustancial en el conocimiento de las características físicas y mecánicas de la madera destinada a la construcción, en usos donde se requiera resis-

tencia mecánica y permitirá que el uso de este material tan importante se optimice.

La aplicación de los resultados ha sido inmediata y de carácter oficial en México, al incorporarse al Reglamento de Construcciones del Distrito Federal y a otros documentos como Normas Oficiales, amén de las publicaciones de tipo técnico.

Tal vez más importante aún, es que ha contribuido a despertar en la industria, tanto oficial como privada, el espíritu de normalización y racionalización que dió origen al proyecto mismo. Las necesidades propias del comercio nacional e internacional, en lo que se refiere a este producto, han provocado que se agudice la necesidad de contar con un producto de calidad comprobada y reconocida, como es la madera clasificada. En estas condiciones, están dadas en forma muy precisa, las posibilidades de adopción inmediata y obligatoria de los resultados de este estudio y de los documentos derivados del mismo, como se detalla en las secciones siguientes.

2. ORGANIZACION DEL INFORME

Para claridad de presentación, el informe se ha organizado de tal forma que los tres objetivos fundamentales del programa de investigación se analizan y discuten por separado. En un capítulo adicional, se repasan las actividades adicionales que se han realizado como parte del Proyecto. Posteriormente, se hace un resumen de conclusiones y finalmente se da una visión panorámica de los logros más importantes y de las actividades futuras relacionadas con el Proyecto.

3. OBJETIVOS

Los objetivos de este Proyecto en su Fase III son:

A). Determinación de Valores de Diseño para Madera de Pino de Usos Estructurales.

B). Diseminación y Difusion de las Reglas de Clasificación y los Valores de Diseño.

C). Establecimiento de las Bases para un Programa de Control de Calidad y Certificación.

4. OBJETIVO A). DETERMINACION DE VALORES DE DISEÑO PARA MADERA DE PINO DE USOS ESTRUCTURALES

4.1 ANTECEDENTES

En la Fase I de este Proyecto, realizada entre 1979 y 1980, se ensayaron en flexión aproximadamente 1200 piezas de tamaño estructural en las tres secciones que se estimó eran en aquel momento las de uso más común en la industria. Las secciones de 38x87 mm ($1^1/2$x $3^1/2$ pulg.), de 87x87 mm ($3^1/2$x$3^1/2$ pulg.) y de 87x190 mm ($3^1/2$x$7^1/2$ pulg. La madera se obtuvo de un aserradero en el Estado de México y se transportó a Xalapa, donde se realizaron los ensayes.

Como resultado de este estudio, se desarrolló una primera regla de clasificación que respondía a las características deseadas de simplicidad y eficiencia, y se determinó un primer juego de valores de diseño para madera clasificada.

Sin embargo, al término de esta primera fase, aún subsistían muchas incógnitas, las principales de las cuales tenían que ver con la aplicabilidad a nivel nacional de los resultados obtenidos.

En la segunda fase aprobada por el CIID y apoyada extensamente por la industria forestal mexicana, se intentó responder a muchas de estas incógnitas. En primer lugar, el estudio se llevó a cabo en los dos estados con la mayor producción de esta madera: Durango y Chihuahua. Se incluyeron además tres secciones con un mayor uso potencial a nivel industrial y masivo: 38x140 mm ($1^1/2$x$5^1/2$ pulg.), 38x190 mm ($1^1/2$ x $7^1/2$ pulg.) y 38x240 mm ($1^1/2$ x $9^1/2$ pulg.). Todos lo ensayos, también se hicieron a flexión.

Entre los reusltados más importantes de este estudio cabe destacar los siguientes:

1. Se desarrolló un conjunto de reglas para las seis secciones objeto de este estudio, a las que en el futuro se denominaría reglas "especiales". Son las más eficientes y de mayor importancia, por contar con un extenso respaldo experimental y ser aplicables a las secciones más empleadas en la construcción.

2. Se desarrolló un juego de reglas paralelas a las que se llamaría mas adelante reglas "industriales", que permiten aumentar la calidad desde el punto de vista estructural, a cambio de disminuir en forma apreciable, las proporciones de madera admisibles. Están destinadas a usos específicos en los que se pretende emplear madera de alta resistencia y rigidez como pueden ser elementos laminados, armaduras de grandes claros, etc.

3. Finalmente, se desarrolló, sobre las mismas bases, un juego de reglas que abarcará al conjunto de secciones estándar permisibles en la construcción, aún aquellas de las que no se disponía de datos como son las secciones macizas de gran tamaño, y algunas secciones intermedias. Estas reglas se plantearán como las más sencillas de todas y recibirían el nombre de reglas "generales". El precio que hay que pagar por la sencillez y la falta de datos experimentales, es una disminución, tanto de los defectos admisibles, como de los valores de resistencia asociados a este conjunto de reglas.

Tanto en la Fase I como en la Fase II se propusieron valores de diseño para propiedades distintas a la flexión: tensión paralela a la fibra, compresión paralela a la fibra y cortante paralelo a la fibra. Para todas éstas, no se disponía de datos experimentales. Las propuestas se hicieron con base en información bibliográfica de especies extranjeras parecidas a los pinos mexicanos, guiados por la experiencia y el buen juicio ingenieril.

Faltaba entonces, verificar o corregir estas propuestas, amén de aplicar las reglas en una forma sistemática para comprobar su utilidad. Con estos objetivos en mente se echó a andar la Fase III.

4.2 DESARROLLO DE LA FASE III

Otro aspecto de fundamental importancia que reforzó la necesidad de llevar a cabo un estudio tan extenso como el planteado para la Fase III fué la intención de las autoridades del Departamento del Distrito Federal (DDF) de modificar y modernizar el Reglamento para Construcciones del Distrito Federal. La intención de llevar a cabo estas modificaciones se tenía de algunos años atrás, y a principios

de 1985 se iniciaron los contactos informales del Departamento del Distrito Federan con las instituciones más abocadas a ello, como la Universidad Nacional Autónoma de México, por intermedio del Instituto de Ingeniería, la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM), también de México, D.F. y por lo que respecta a la madera estructural con el INIREB.

A decir verdad, a mediados de 1985 ya se tenían muy avanzados los planes para efectuar esas modificaciones, y por lo que respecta a la madera, el INIREB y la UAM tenían previsto iniciar los trabajos formales a principios de 1986. El sismo de septiembre de 1985 aceleró el plan de trabajo previsto inicialmente, debido a la decisión de las autoridades del DDF de efectuar los cambios con la brevedad posible y retrasó en forma importante la redacción de este informe, entre otras actividades del LACITEMA.

No se podía dejar pasar por alto esta ocasión, pues los cambios en los Reglamentos de Construcción, sobre todo un cambio tan radical, se llevan a cabo cada 10 años como regla general y haber desperdiciado la opción de hacer el nuevo Reglamento en su parte correspondiente a madera, habría significado un retraso incalculable en el diseño de estructuras con este material, lo que habría relegado quien sabe por cuanto tiempo a la madera, a posiciones aún menos importantes que la que tiene actualmente, por el retraso tecnológico tan sensible que existiría.

En una sección posterior se mencionaran las características mas importantes del nuevo Reglamento. La principal de todas ellas es el enfoque probabilista que se le da a los valores de cargas y resistencias, de lo cual no se contaba en el caso de la madera que aún recibía un enfoque determinista, diferente a los demás materiales de construcción.

4.2.1 METODOLOGIA

4.2.1 PRUEBAS A REALIZAR

Se plantearon los siguientes tipos de pruebas y todas con madera de tamaño estructural

- Flexión
- Tensión paralela a la fibra
- Compresión paralela a la fibra

4.2.1.2 SITIOS DE MUESTREO

Se solicitó y se obtuvo el apoyo de los grupos industriales y empresas paraestatales que habian brindado su apoyo en las fases previas, en los tres estados que más importancia tienen en el comercio de la madera en México: los de Chihuahua y Durango, por razones obvias de su volumen de producción y el Estado de México, importante por su cercanía geográfica con el Distrito Federal, del cual es un importante abastecedor.

Se seleccionaron 2 aserraderos en cada uno de los estados con mayor producción y uno en el Estado de México.

Se procuró hacer una selección representativa, de acuerdo con el volumen de producción registrado en 1983 de las empresas participantes, y se logro en parte, al menos en el Edo. de Chihuahua, con la intervención de la "Unión de Productores e Industriales Forestales de Chihuahua, A.C." No se alcanzó un éxito completo en esta selección en este estado, pues no todos los miembros de la Unión que en lo general aprobó el apoyo, pudieron hacer sus envíos de madera a los sitios de concentración en Ciudad Madera y Parral. Sin embargo, los más importantes productores sí participaron, con lo que se aseguró la representatividad de la muestra.

En el Estado de Durango, la división del material se hizo entre el grupo industrial privado más fuerte y con mayor volumen de producción (Grupo Guadiana) y la empresa paraestatal ubicada en ese estado (PROFORMEX).

Entre los dos cubren la mayor parte de los sitios de aprovechamiento en el estado.

En el estado de México, se obtuvo una vez más la colaboración de la empresa paraestatal PROTINBOS, la cual también es el mayor productor en su estado.

4.2.1.3 PROCEDIMIENTO DE SELECCION Y TAMAÑO DE MUESTRA

Originalmente se plantearon tres visitas a cada uno de los aserraderos participantes. Razones de tipo logístico forzaron la reducción del programa de pruebas a dos visitas únicamente, las cuales, se comprobó estadísticamente fueron suficientes. Estas razones fueron, una la falta de disponibilidad de material en algunas épocas del año (la época de lluvias) en varios de los aserraderos y la contracción en los recursos financieros de las empresas, las cuales vieron disminuir la demanda y consecuentemente la producción, como resultado de los problemas económicos del país. No resultó tan fácil entonces, que las empresas aportaran tanta madera como habían aprobado en un principio, y además los períodos de entrega de la misma se ampliaron al no tener una producción tan constante como habían previsto.

Tomando en cuenta la variabilidad de un material como la madera estructural, se precisó un tamaño de muestra grande, para cubrir todo el espectro de posibilidades de aparición de defectos y características. Se estimó necesario ensayar 50 piezas por sección, por clase, por prueba en cada visita, como se indica en el Cuadro No. 1.

Cuadro 1. Tamaño de muestra solicitado

TIPO DE PRUEBA	No. DE SECCIONES ENSAYADAS	No. DE CLASES ESTRUCTURALES	No. de PRUEBAS POR CLASE Y SECCION	TOTAL DE PRUEBAS
Flexión	6	2	50	600
Tensión paralela a la fibra	4	2	50	400
Compresión paralela a la fibra	4	2	50	400
			TOTAL	1 400

No en todos los casos se tuvo este tamaño de muestra pero en la mayoría de los casos el número de pruebas fué muy cercano a lo previsto.

No todas las piezas se iban a ensayar a la destrucción, por el alto costo y el tiempo tan largo que ello implicaba. Se optó por efectuar pruebas de cargas ("proof-load") esperando romper en cada caso, entre el 15% y el 20% del material ensayado, siendo ésta la parte más débil, lo que representa la parte o cola inferior de la distribución de resistencias, que es la más importante conocer para fines de diseño.

La información así obtenida se podría extrapolar para determinar el valor medio de la resistencia, el cual también es requerido por el método de derivación de esfuerzos que se usaría, basado en el enfoque probabilista.

En el Cuadro no. 2 se indican el tamaño final de la muestra y el número y porcentaje de piezas falladas, por prueba, por cada estado.

En el Cuadro No. 3 se muestran el número de piezas falladas, ensayadas y el porcentaje, por cada sección transversal probada.

4.2.1.4 PROCEDIMIENTO DE PRUEBA

4.2.1.4.1 FLEXION

Para llevar a cabo estas pruebas se disponía de la máquina de ensayos portátil empleada en la Fase II, la cual es una viga I de acero dividida en tres secciones. La única modificación que se le hizo fué añadirle cuatro varillas diagonales que van del centro al extremo de la viga por los lados de la misma, para incrementar su rigidez. El procedimiento de prueba detallado se describe en la referencia 1. En las Figuras 1 y 2 se muestran la configuración de cargas y el diagrama de momentos de esta prueba, y el diagrama del equipo de ensayes respectivamente.

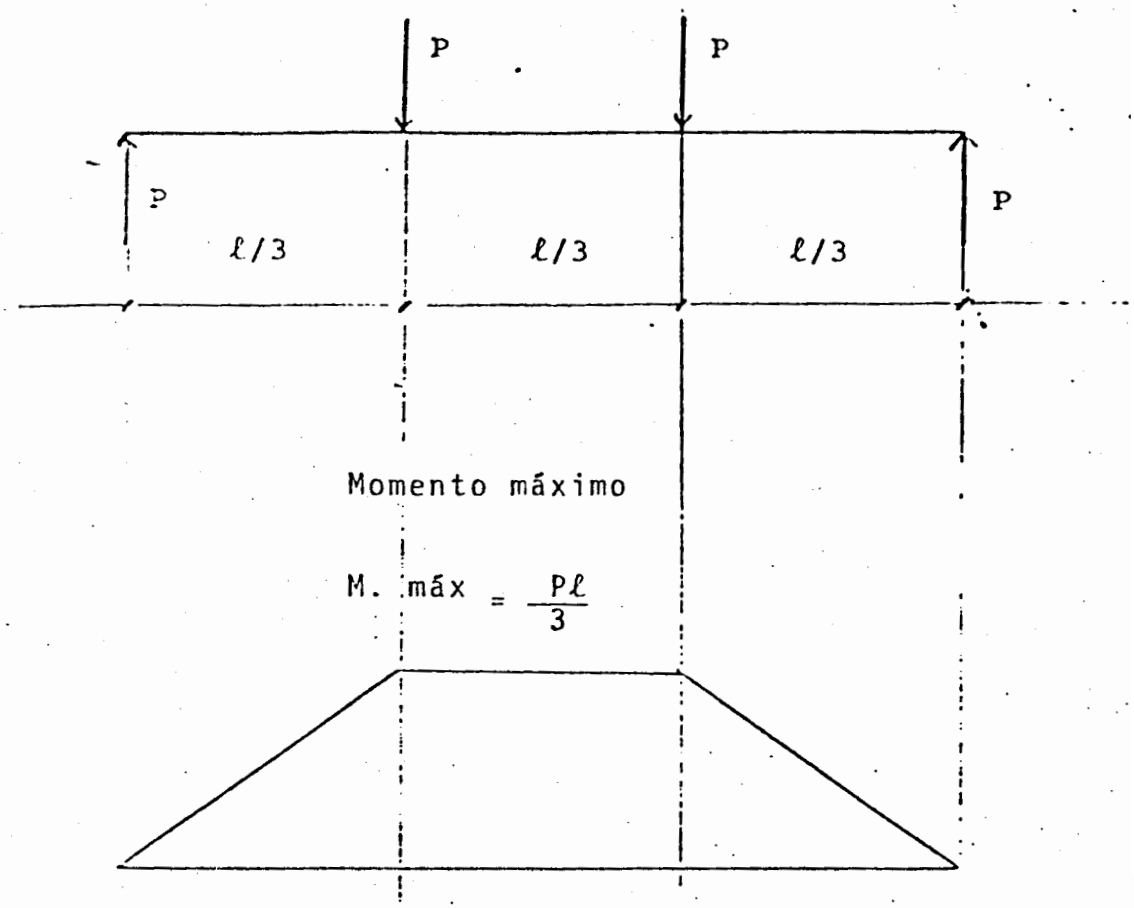
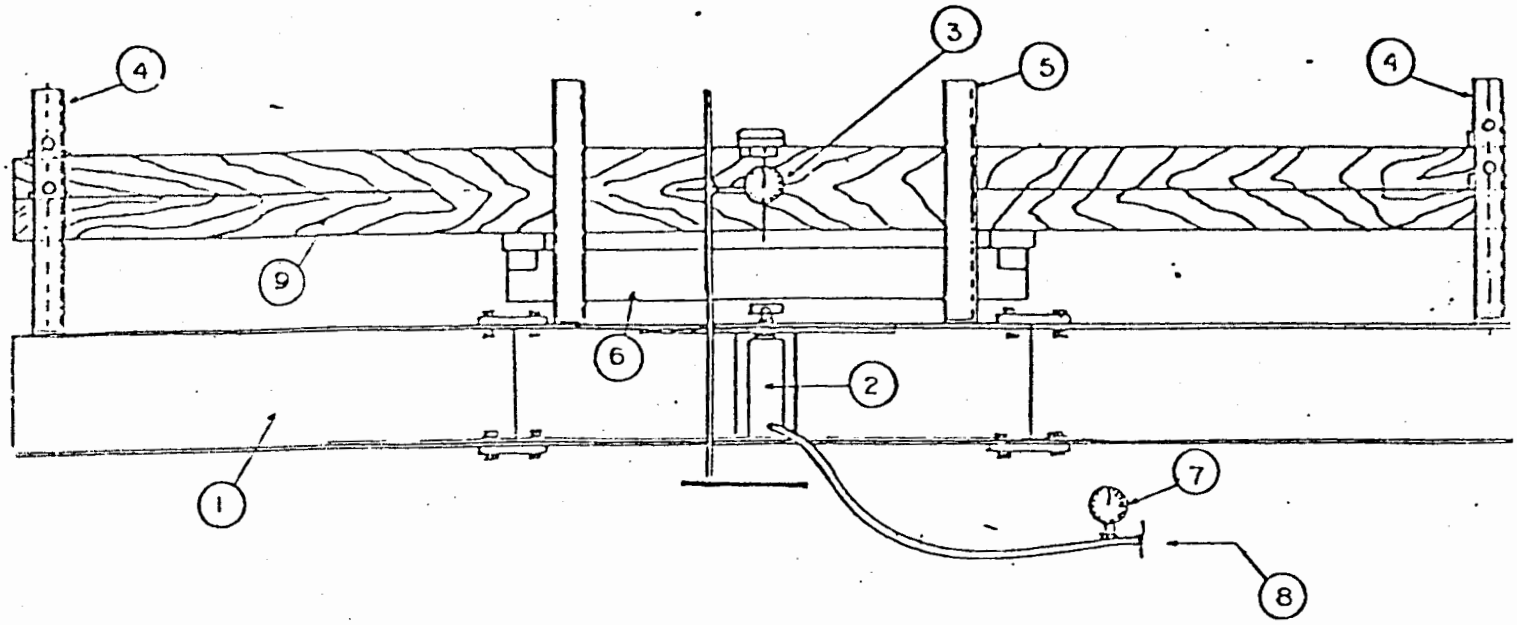


Figura 1. Configuración de cargas y diagrama de momentos de la prueba en flexión.



1. Viga de soporte, sección I de acero. Ancho 191 mm, peralte 305 mm, longitud 4400 mm.
2. Cilindro hidráulico.
3. Indicador de deformación
4. Soportes movibles
5. Soportes laterales
6. Barra repartidora de carga
7. Manómetro
8. Línea de presión de la bomba
9. Especímen

Figura 2. Diagrama del equipo para las pruebas de flexión estática.

Cuadro 2. Tamaño de muestra, número y porcentaje de piezas falladas por estado y por propiedad.

	ESTADO DE MEXICO			CHIHUAHUA			DURANGO			TOTALES				
	FLEX.	TENS.	COMPR.	FLEX.	TENS.	COMPR.	FLEX.	TENS.	COMPR.	FLEX.	TENS.	COMPR.		TOTAL DE PRUEBAS
ENSAYADAS	661	526	431	1485	1337	1181	1374	1437	1204	3530	330	2820	E	9650
FALLADAS	63	75	40	260	203	170	185	185	167	508	461	377	F	1346
PORCENTAJE DE FALLAS	10	14	9	17	14	14	13	13	14	14	14	13	%	14

FLEX. = FLEXION; TENS.= TENSION; COMPR. = COMPRESION; E = ENSAYADAS; F = FALLADAS

Cuadro 3. Número de piezas falladas, ensayadas y porcentaje por sección transversal y por propiedad.

SECCION (mm)	FLEXION			TENSION			COMPRESION			TOTALES		
	F	E	%	F	E	%	F	E	%	F	E	%
38x 87	127	817	16	73	638	11	77	518	15	297	1973	14
38x140	89	589	15	133	871	15	157	733	21	379	2193	17
38x190	84	698	12	125	930	13	71	823	9	280	2451	11
38x240	115	646	18	130	861	17	72	746	10	317	2253	14
87x 87	77	550	14	-	-	-	-	-	-	77	550	14
87x190	16	230	7	-	-	-	-	-	-	16	230	7
TOTALES	508	3530	14	461	3300	14	377	2820	13	1346	9650	14

4.2.1.4.2 TENSION PARALELA A LA FIBRA

Esta prueba consiste en someter a la madera a esfuerzos axiales de tensión paralela a la fibra. El equipo de pruebas incluye dos sistemas hidráulicos; uno sirve para sujetar los especímenes en los extremos por medio de presión que aplican 4 cilíndros de 25 ton. cada uno a las mortazas. El otro consiste de dos cilíndros huecos de doble acción para aplicar la carga. Las mordazas son dos placas de acero en cada extremo de la máquina, a cada una de las cuales se le adhirió una placa de poliuretano, para no dañar el especimen.

La figura 3 muestra un diagrama del equipo de pruebas para tensión y compresión paralela a la fibra y la figura 4 indica la manera de transportar dicho equipo, para lo cual se empleó un remolque fabricado especialmente.

El diseño de la máquina se basó en el equipo diseñado por B. Madsen en la Universidad de la Columbia Británica (ref. 2).

4.2.1.4.3 COMPRESION PARALELA A LA FIBRA

Se empleó el mismo equipo que el usado para las pruebas de tensión, invirtiendo la dirección de aplicación de la carga. Adicionalmente se emplearon soportes laterales en ambos lados del especimen para evitar fallas de las piezas por pandeo. La separación entre estos soportes fue de 35 cm.

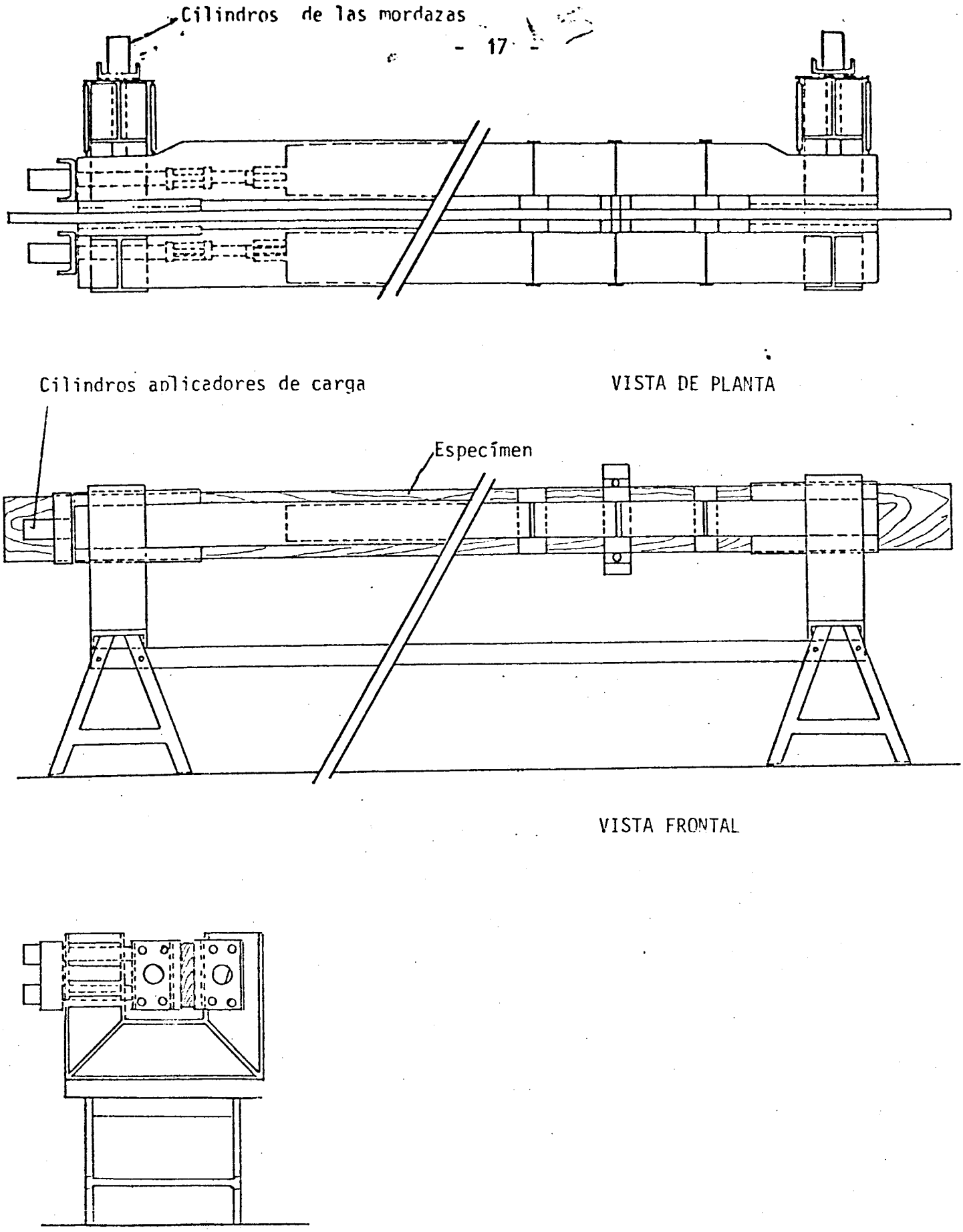


Figura 3. Diagrama del equipo de pruebas en tensión y compresión paralela al grano.

En los tres tipos de prueba efectuados, se registraron los siguientes datos para cada especimen ensayado:

- Localidad de origen de la pieza.
- Clase estructural.
- Contenido de humedad.
- Dimensiones reales
- Carga de prueba.
- Clave de la pieza
- Carga de falla, en su caso.
- Defecto que provocó la falla, incluyendo un croquis del mismo.

4.2.2 CALCULO DE RESULTADOS

Como se señaló anteriormente, se pretendía hacer fallar cuando menos el 15% de las piezas de cada lote ensayado. Las cargas de prueba se determinaron previamente a los ensayes utilizando información de la referencia 1 para las pruebas de flexión y datos de Madsen para las pruebas de tensión y compresión paralela a las fibras (ref. 3).

En el caso de flexión se determinó el módulo de ruptura de cada pieza fallada y el módulo de elasticidad de cada pieza ensayada. Para las pruebas de tensión y compresión paralela a la fibra se determino únicamente el esfuerzo resistente de las piezas falladas. Los valores de estas propiedades mecánicas se determinaron empleando las fórmulas usuales de mecánica de materiales.

Los resultados así obtenidos se ajustaron al 12% de contenido de humedad empleando fórmulas derivadas de información obtenida por Madsen para especies canadienses.

Las fórmulas utilizadas son las siguientes:

FLEXION

$$MOR_{12} = MOR_1 \left(1 + \frac{CH_1 - 12}{53} L_n \frac{MOR_1}{283}\right)$$

$$MOE_{12}^{(1)} = MOE_1 \left(1 + \frac{CH_1 - 12}{98.7} L_n \frac{MOE_1}{52.89}\right)$$

COMPRESION

$$F_{max\ 12} = F_c \left(1 + \frac{CH_1 - 12}{75} L_n \frac{F_c}{64.5}\right)$$

(1) $MOE_1 = \dfrac{MOE\ real}{1000}$

TENSION

$$F_{t_{12}} = F_{t<20} \left(1 + \frac{(CH_1 - 12)}{101} L_n \frac{F_{t<20}}{902}\right)$$

$$F_{t_{20}} = F_{t>20} \left(1 + \frac{CH_1 - 20}{9.5} L_n \frac{F_{t>20}}{150}\right)$$

Los cálculos se efectuaron con un Programa de Microcomputadora escrito en lenguaje BASIC para cada propiedad. Los listados de los tres programas se incluyen en el Anexo I.

4.2.3 ANALISIS DE RESULTADOS

Los resultados de los cálculos hechos con el primer programa ("DATOS") fueron grabados automáticamente en un segundo programa ("RESULTADOS") el cual tiene la capacidad de ordenar en forma progresiva los valores de resistencia, conservado la etiqueta o clase de la pieza ensayada.

En un primer análisis, se manejaron 280 archivos, obtenidos de 6 secciones ensayadas en flexión, 4 en tensión y 4 en compresión, (un total de 14 secciones), dos clases estructurales ("A" y "B"), 5 sitios de muestreo (dos en Chihuahua, dos en Durango y uno en el Estado de México) y 2 visitas a cada ciclo de muestreo ("CICLOS").

Aunque cada archivo contiene un promedio de 5 datos, el manejo de tan formidable número de archivos supone una labor cuantiosa.

Son tres las cuestiones principales que se pretende resolver con este análisis.

1). Determinar si existen diferencias en la resistencia para las diferentes secciones transversales.

2). Determinar si existen diferencias regionales en la resistencia.

3). Determinar si existen diferencias entre la madera ensayada en épocas distintas.

4.2.3.1 DIFERENCIA EN RESISTENCIA DE LAS DIFERENTES SECCIONES TRANSVERSALES

Un simple vistazo a los Cuadros 4 al 9 en los cuales se han combinado los datos de todas las regiones, permite establecer sin lugar a dudas que sí existen diferencias en la resistencia de las diferentes secciones ensayadas, cuando menos para las condiciones de carga empleadas en este estudio. Las secciones con menor resistencia son las de mayor tamaño expresado por el peralte o ancho de la sección, para el mismo grosor. Lo cual coincide con la "teoría del eslabón más débil" descrita hace varias décadas por Weibull (ref. 5). Esta teoría expresa que los materiales con falla frágil, como podría suponerse a la madera, tienden a presentar una menor resistencia a los esfuerzos conforme aumenta su volumen, debido a que las probabilidades de aparición de defectos aumentan en forma proporcional a éste y consiguientemente, existe una reducción en la resistencia, como tendencia general.

Cuadro 4. Módulo de ruptura en flexión correspondiente al 5º percentíl de la distribución, $f_{f\ 0.05}$, kg/cm2

CLASE A

SECCION (mm)	CICLO 1	CICLO 2	COMB.
38x87	368	346	349
38x140	342	348	345
38x190	299	281	291
38x240	275	285	275

Cuadro 5. Módulo de ruptura en flexión correspondiente al 5% percentíl de la distribución, $f_{f\ 0.05}$, kg/cm2.

CLASE B

SECCION (mm)	CICLO 1	CICLO 2	COMB.
38x87	252	225	241
38x140	232	203	221
38x190	201	171	183
38x240	162	173	162

Cuadro 6. Esfuerzo resistente en tensión correspondiente al 5º percentil de la distribución $f_{t\ 0.05}$, kg/cm2.

CLASE A

SECCION (mm)	CICLO 1	CICLO 2	COMB.
38x87	215	223	223
38x140	208	218	214
38x190	186	184	184
38x240	188	195	189

Cuadro 7. Esfuerzo resistente en tensión correspondiente al 5º percentil de la distribución, $f_{t\ 0.05}$, kg/cm2.

CLASE B

SECCION (mm)	CICLO 1	CICLO 2	COMB.
38x87	152	161	153
38x140	137	134	135
38x190	110	123	115
38x240	113	86	103

Cuadro 8. Esfuerzo resistente en compresión correspondiente al 5º percentil de la distribución, $f_{c\ 0.05}$, kg/cm2.

CLASE A

SECCION (mm)	CICLO 1	CICLO 2	COMB.
38x87	285	255	259
38x140	259	243	257
38x190	213	238	220
38x240	238	230	231

Cuadro 9. Esfuerzo resistente en compresión correspondiente al 5º percentil de la distribución f_c 0.05, kg/cm2.

CLASE B

SECCION (mm)	CICLO 1	CICLO 2	COMB.
38x87	212	246	219
38x140	219	231	221
38x190	186	198	192
38x240	187	192	188

Resultó menos sencillo establecer si existen diferencias significativas para secciones de diferente grosor. En este caso particular, es de esperarse que existan, pues además del efecto del volumen, se tiene el debido a los diferentes tamaños de defectos admisibles para los distintos grosores, como consecuencia de las reglas de clasificación "especiales" (una es aplicable a secciones de 38 mm de grueso y otra a piezas de 87x87 mm y 87x190 mm, para obtener proporciones convenientes de madera estructural).

En el Cuadro No. 10 se presentan los datos correspondientes a secciones con el mismo peralte ensayadas en flexión, incluyendo el tamaño de muestra.

Cuadro 10. Módulo de ruptura en flexión correspondiente al 5º percentil de la distribución de secciones con el mismo peralte y diferente grosor, $f_{t\ 0.05}$, kg/cm2

SECCION (mm)	CLASE A						CLASE B					
	CICLO 1		CICLO 2		COMB.		CICLO 1		CICLO 2		COMB.	
	n	f 0.05	n	f 0.05	n	f 0.05	n	f 0.05	n	f 0.05	n	f 0.05
38x87	233	368	200	346	433	349	217	252	167	225	384	241
38x190	217	299	215	281	432	219	155	201	111	171	266	183
87x87	198	317	91	287	289	303	192	202	69	187	261	194
87x190	66	342	46	294	112	319	69	228	49	240	118	240

La sección de 87x87 mm presentó el comportamiento esperado de acuerdo con los resultados de la Fase II. Tiene una menor resistencia que la sección de 38x87, y comparable a la resistencia de la sección de 38x190 mm, la cual tiene aproximadamente la misma área en sección transversal. (Cuadro 11).

Cuadro 11. Módulo de ruptura en flexion, con una confianza del 75%, para dos secciones específicas, $f_{f\ 0.05}$, kg/cm2

SECCION	FASE II		FASE III	
CLASE	A	B	A	B
87x87	292	162	299	193
87x190	267	167	286	181

La sección de 87x190 presento un comportamiento anomalo. De acuerdo con toda la discusión presentada hasta este punto, debería tener una menor resistencia que las secciones de 87x87 mm y 38x190 mm. Sin embargo, no fué así. La única explicación posible es que se tuvo una muestra muy reducida en comparación con las otras secciones (del orden de la cuarta parte), debido a que no en todos los aserraderos ní en todas las épocas se maneja esta sección, sino que su producción depende de la demanda, y en las condiciones actuales, este tamaño de pieza ha dejado de tener la demanda que antes tenía, en favor de secciones más delgadas, más fáciles de producir, más eficientes y más productivas económicamente hablando.

Se plantea entonces, que el tamaño de muestra ensayado para la sección de 87x190 mm no permite hacer inferencias con la misma consistencia que para los demás tamaños. Se consideran como válidos los resultados de la Fase II para los efectos de derivación de esfuerzos de diseño.

En conclusión, con respecto a este punto, se establece que:

1). Existen diferencias significativas en la resistencia entre secciones de diferente peralte, de acuerdo con la teoría de Weibull.

2). Existen diferencias significativas en la resistencia de secciones de diferente grosor, que además son clasificadas con reglas distintas.

4.2.3.2 DIFERENCIAS REGIONALES

Para responder a la pregunta de si existen diferencias significativas en la resistencia de la madera, de diferentes regiones del país se utilizó un método no paramético, es decir, un método que no hace ninguna suposición acerca de la forma de la distribución. El método utilizado fué el de análisis de variancia de una vía de las estadísticas de orden de Kruskal-Wallis (ref. 6).

El análisis de variancia de Kruskal-Wallis de las estadísticas de orden (observaciones arregladas en orden progresivo, de menor a mayor) es una prueba muy útil para decidir si k muestras independientes son de poblaciones diferentes. Los valores de las diversas muestras casi invariablemente difieren algo entre sí, y la cuestión es determinar si las diferencias entre las muestras representan diferencias genuinas entre poblaciones o si únicamente representan meras variaciones debidas al azar como las que pueden esperarse entre varias muestras aleatorias

de la misma población. La técnica de Kruskal-Wallis prueba la hipótesis nula de si las k muestras provienen de la misma población o de poblaciones identicas con respecto a los promedios. La única suposición hecha con relación a la distribución de la variable bajo estudio es que es continua.

En el cálculo de la prueba Kruskal-Wallis, cada una de las N observaciones se reemplaza por el número de orden progresivo correspondiente. Esto es, todos los registros de todas las k muestras combinadas se ordenan en una sola serie. El valor más pequeño es reemplazado por el número 1, el siguiente más grande por el número 2 y el mayor por el valor N, donde N es el número total de observaciones independientes en las k muestras.

Una vez hecho ésto, se efectúa la suma de los números de las observaciones en cada muestra (columna). La prueba de Kruskal-Wallis determina si estas sumas de números de observaciones o registros son tan diferentes que no sea probable que provengan de muestras extraídas de la población.

Puede demostrarse que si las k muestras realmente pertenecen a la misma población, esto es, si H_0 es verdadera, entonces H (la estadistica utilizada en la prueba de Kruskal-Wallis y definida por la fórmula (1) a continuación) esta distribuida como X (ji) cuadrada con grados de libertad G.L. = k-1, siempre que el tamaño de las varias k muestras no sea muy pequeño.

$$H = \frac{12}{N(N+1)} \sum_{j=1}^{k} \frac{R_j^2}{n_j} - 3(N+1) \quad (1)$$

donde k = número de muestras

n_j = número de casos en la j-ésima muestra

$N = \sum n_j$, el número de casos en todas las muestras combinadas.

R_j = suma de los números de las observaciones en la j-ésima muestra (columna).

$\sum_{j=1}^{k}$ indica que debe sumarse en todas las k muestras (columnas).

Cuando hay más de 5 casos en cada uno de los diversos grupos, es decir, $n_j > 5$, la probabilidad asociada con la ocurrencia bajo Ho de valores tan grandes como una H observada puede determinarse con referencia a una tabla de valores críticos de X (ji) cuadrada.

Si el valor observado de H es igual o mayor que el valor de X(ji) cuadrada dado en la Tabla C para el nivel de significancia previo y para el valor observado de G.L. = k-1, entonces Ho puede ser rechazado a tal nivel de significancia.

En este caso, no se trata de muestras completas, puesto que únicamente se manejan las colas interiores de la distribución. Sin embargo, se consideró que el metodo de Kruskal-Wallis era aplicable, pues el punto de corte de cada muestra para un tamaño y una clase dada es el mismo en todos los casos (el nivel de la carga de prueba preestablecida), siendo válida la agrupación en una sola serie. Es decir, que se están manejando fracciones idénticas en cuanto al nivel de resistencia. Para los fines específicos de determinar y comparar el nivel del 5º percentil, carece de interés el resto de la población. El promedio analizado se referiría al promedio de la fracción de la muestra correspondiente, y no al promedio de la muestra total.

En todos los casos, la hipótesis Nula, Ho, es que no hay diferencias entre los promedios de las muestras. La inferencia que se hace es que si los promedios de estas fracciones no son distintos, entonces los 5º percentiles de la muestra completa tampoco lo serían.

El nivel de significancia se fijó en $\alpha = 0.05$.

La región de rechazo consistió en todos los valores de H tan grandes que la probabilidad asociada con su ocurrencia bajo Ho es igual o menor que 0.05. Cuando la probabilidad de ocurrencia de H es menor que $\alpha = 0.05$, la decisión que se debe tomar es rechazar Ho en favor de H_1. En estos casos se concluye que las muestras provienen de poblaciones diferentes.

Como ejemplo de este tipo de análisis se presenta el caso de la sección de 38x87 mm, ensayada en flexión, de la Clase A, durante el Ciclo 1 (Cuadro No.12)

Cuadro 12. Análisis Kruskal-Wallis de flexión. Clase A. Sección 38x87 mm. Ciclo 1.

Números de observaciones de resistencia

PARRAL	MADERA	TOLUCA	SANTIAGO	GUADIANA
1	2	3	6	7
4	8	5	10	38
9	23	70	11	40
13	30	25	12	
17	31	28	14	
21	33		15	
22	37		16	
26			18	
34			19	
35			24	
			27	
			29	
			32	
			36	
			39	
182	164	81	308	85

$$H = \frac{12}{40(41)} \left(\frac{182^2}{10} + \frac{164^2}{7} + \frac{81^2}{5} + \frac{308^2}{15} + \frac{85^2}{3} \right) - 3\,(41)$$

$H = 2.85$

G.L. = 5-1 = 4

$p < 0.70$

∴ No se rechaza Ho y se concluye que las muestras provienen de la misma población. Para fines de este estudio, se concluye que para esta sección, no hay diferencia en la resistencia de la madera de diferentes regiones.

El mismo análisis se efectuó con otros tamaños, las dos clases, en los dos ciclos. Los resultados de estos análisis se resumen en el Cuadro 13.

Revisando a fondo los resultados de todas las muestras, se concluyó que únicamente en 5 casos de 24 posibles se detectaron diferencias significativas entre las muestras de diferentes regiones y todos ellos ocurrieron con el Ciclo 2 (y en un caso con la combinación de los dos ciclos) en el cual el tamaño de muestra fue más pequeño, debido a los problemas financieros y de no disponibilidad de material para prueba en algunos aserraderos. En este caso, se presume que estas pocas muestras estuvieron sesgadas.

Como en la mayoría de los casos no fué posible detectar diferencias, se puede afirmar que no hay diferencias consistentes en la resistencia en flexión de la madera de las diferentes regiones, por lo que es justificado utilizar un valor único de diseño para todo el país.

Cuadro 13. Resumen de análisis Kruskal-Wallis en flexión

SECCION	CLASE	CICLO	H CALCULADA	G.L.	p	DECISION
38x87	A	1	2.85	< 4	0.70	La misma población
38x87	B	1	2.50	< 4	0.70	La misma población
38x87	A	2	9.35	< 3	0.025	Poblaciones diferentes
38x190	B	1	3.31	< 2	0.20	La misma población
38x190	B	Combinados	8.35	< 2	0.02	Poblaciones diferentes
38x190	A	2	3.07	< 4	0.70	La misma población
38x240	A	2	0.12	< 4	0.995	La misma pobación
38x240	B	2	7.54	< 2	0.025	Poblaciones diferentes

El análisis de los resultados de tensión se efectuó por estados, agrupando para los estados del norte (Chihuahua y Durango) los resultados de las pruebas en los dos aserraderos de cada uno.

En el Cuadro 14 se resumen los resultados de este análisis.

De la observación del Cuadro 14 se infiere que para el caso de tensión paralela a la fibra, las muestras ensayadas, en ocasiones, provienen de poblaciones diferentes. Sin embargo, no es posible afirmar que la madera de una región sea más resistente que la de otras, puesto que no siempre la madera de una de esas tres regiones es más resistente. En algunos casos, la de Durango parecía ser más resistente y en otros la del Edo. de México. Aún en el caso de las del Edo. de México, hubo ocasiones en que la pieza de menor resistencia de toda la muestra era de ese sitio. Después había un salto y no aparecía otra pieza hasta después de un cierto tramo de la distribución. Es de esperarse que si se repitiera en otras ocasiones el experimento, se encontrarían piezas de resistencia intermedia entre la menor y las que actualmente se detectaron.

En el Cuadro No. 15 se presentan los resultados obtenidos del Análisis de variancia Kruskal-Wallis para las pruebas de compresión paralela a la fibra. En este caso, la situación es más clara, en favor de la igualdad en resistencia de la madera de distintas regiones. Unicamente en un caso se detectaron diferencias significativas, y aún en éste, la diferencia fué marginal.

Resumiendo, únicamente en el caso de la resistencia en tensión paralela a la fibra, que es una propiedad muy variable, se detectaron con frecuencia diferencias regionales y aún en esta situación, las regiones que mayor resistencia mostraron no siempre fueron las mismas para los distintos tamaños.

Cuadro 14. Análisis Kruskal-Wallis de la resistencia a tensión paralela a la fibra.

SECCION	CLASE	CICLO	H CALCULADA	G.L.	p	DECISION
38x87	A	Combinados	1.97	2	< 0.50	La misma población
38x87	B	Combinados	1.17	2	< 0.70	La misma población
38x140	A	Combinados	7.70	2	< 0.025	Poblaciones diferentes
38x140	B	Combinados	13.47	2	< 0.005	Poblaciones diferentes
38x190	A	Combinados	5.06	2	< 0.10	La misma población
38x240	A	Combinados	22.92	2	< 0.001	Poblaciones diferentes
38x240	B	Combinados	7.08	2	< 0.05	Poblaciones diferentes

9

Cuadro 15. Análisis de variancia Kruskal-Wallis para las pruebas de compresión paralela a la fibra.

SECCION	CLASE	CICLO	H. CALCULADA	G.L.	p	DECISION
38x87	A	COMBINADOS	1.46	1	0.25	La misma población
38x87	B	COMBINADOS	3.71	2	0.20	La misma población
38x140	A	COMBINADOS	3.97	2	0.20	La misma población
38x140	B	COMBINADOS	1.79	2	0.50	La misma población
38x190	A	COMBINADOS	1.57	2	0.50	La misma población
38x190	B	COMBINADOS	0.98	2	0.70	La misma población
38x240	A	COMBINADDS	3.42	2	0.20	La misma población
38x240	B)	COMBINADOS	6.22	2	0.05	Poblaciones diferentes

Se concluye entonces, que las diferencias encontradas, al no ser consistentes; y ser poco frecuentes, son debidas al azar, y cabe combinar los resultados en una sola muestra general para investigar la cuestión de diferencias en las épocas de muestreo.

4.2.4 DIFERENCIAS POR LA EPOCA DE MUESTREO

La determinación de las posibles diferencias en la resistencia de madera cortada en diferentes épocas se realizó combinando las muestras de los diferentes lugares en una sola para cada ciclo, y aplicando el criterio de Kruskal-Wallis.

Como ejemplos representativos se incluyen en el Cuadro 16 los resultados de diversos análisis.

Se escogieron para su análisis los casos extremos, donde parecía haber diferencias mayores, y donde casi no se detectaban a simple vista.

Unicamente en un caso, el del tamaño 38x240 mm, clase B, en tensión, se detectaron diferencias en la resistencia de la madera de los dos ciclos de prueba. Se puede concluir, basado en estos análisis, que no existen diferencias en la resistencia de la madera de diferentes épocas de corte.

Si se comparan estos resultados con los de la Fase II (Cuadros 17 y 17) se observa que únicamente para la madera de 87x190 mm, las diferencias son importantes. El tamaño de muestra para esta sección fué el menor, por los problemas de disponibilidad descritos, por lo que se considera que no es concluyente esta diferencia.

Cuadro 16. Análisis de variancias de Kruskal-Wallis para madera cortada en diferentes épocas

PROPIEDAD	SECCION	CLASE	H CALCULADA	G.L.	p	DECISION
Flexión	38x87	A	2.57	1	0.20	La misma población
Flexión	38x140	A	0.40	1	0.70	La misma población
Flexión	38x190	B	0.76	1	0.50	La misma población
Flexión	38x240	B	0.86	1	0.50	La misma población
Tensión	38x190	B	1.11	1	0.30	La misma población
Tensión	38x240	B	10.66	1	0.01	Poblaciones diferentes
Compresión	38x87	B	3.35	1	0.10	La misma población
Compresión	38x190	A	0.46	1	0.50	La misma población

Cuadro 17. Esfuerzos de ruptura en flexión (Módulo de ruptura) correspondientes al 5º percentíl con confianza de 0.75 (kg/cm2)

CLASE A

SECCION (mm)	FASE II	CICLO 1	CICLO 2	COMBINACION
38x87	372	363	321	348
38x140	300	339	345	344
38x190	267	295	275	286
38x240	255	269	273	274
87x87	292	317	280	299
87x190	248	340	278	312

Cuadro 18. Esfuerzos de rotura en flexión (Módulo ruptura) correspondientes al 5º percentil con confianza de 0.75 (kg/cm2)

CLASE B

SECCION	FASE II	CICLO 1	CICLO 2	COMBINACION
38x87	200	257	219	239
38x140	187	231	202	216
38x190	167	190	166	181
38x240	152	161	160	162
87x87	162	195	180	193
87x190	138	224	240	237

4.3 DETERMINACION DE VALORES DE DISEÑO

La nueva versión del Reglamento de Construcciones del D.F. está basada en un enfoque de estados límite, a diferencia de la versión anterior, que estaba basada en el método de esfuerzos permisibles o de trabajo. El más moderno enfoque de estados límite es un formato en el que se consideran todos los aspectos de diseño en forma ordenada y racional y que permite la fácil incorporación de criterios probabilistas (ref. 7). Según este enfoque, una estructura o un elemento estructural deja de ser útil cuando alcanza un estado, llamado estado límite en el que deja de realizar adecuadamente la función para la cual fué diseñado.

En el método, el procedimiento general para la evaluación de la seguridad consiste en comprobar que para las distintas combinaciones que especifica el reglamento y ante la aparición de cualquier estado límite, la resistencia de diseño sea igual o mayor que la fuerza de diseño.

Las resistencias de diseño se obtienen multiplicando las resistencias teóricas por un factor de resistencia, F_R. En el caso de la madera, los valores especificados de resistencias corresponden al quinto percentil inferior de las distribuciones de resistencias obtenidas de los ensayes con piezas de tamaño estructural en condición seca y de corta duración.

Se consideró conveniente definir los valores especificados como los correspondientes al quinto percentil inferior por ser éste el criterio utilizado en la mayoría de los reglamentos y especificaciones de diseño, en particular los de América del Norte y Sudamérica (refs. 8 a 10). Estos valores se determinaron con una confianza de 0.75, también de manera acorde con la mayoría de reglamentos actualmente en vigor (refs. 11 a 14).

El procedimiento de obtención de estos valores fué el siguiente:

a). Se agruparon los datos correspondientes a cada propiedad mecánica por clase y por tamaño.

b). Se ordenaron progresivamente los datos de las piezas falladas, empezando por el valor de resistencia más bajo.

c). Se utilizó una técnica no paramétrica para determinar el nivel de resistencia correspondiente al límite de tolerancia o de confianza del 75%, para el 5º percentil de la distribución (ref. 15).

Este procedimiento estadístico consiste en la solución de la integral

$$D = \int_{L_1}^{L_2} f(x;\ \theta)dx = F(L_2;\theta) - F(L_1;\theta) \qquad (2)$$

donde

D es la fracción de posibles observaciones de la variable que esta siendo medida, X, entre los límites L_1 y L_2.

L_1, L_2 son llamados "límites estadísticos de tolerancia".

Puesto que L_1 y L_2 son variables aleatorias, D también es una variable aleatoria, y se puede establecer la siguiente aseveración probabilista.

$$Pr((D = \int_{L_1}^{L_2} f(x;\theta)dx) \quad d \quad = \quad) \qquad (3)$$

En (3), L_1 y L_2 son los límites de tolerancia 100d de la fracción D de la distribución al nivel de probabilidad α . Esto es, en una serie grande de muestras x*, los valores 1_1* y 1_2^* encierran cuando menos 100d por ciento de F(x;θ), 100α porciento del tiempo. Cuando la distribución de la variable aleatoria D es independiente del modelo de medición F(x;θ), L_1 y L_2 se llaman límites de tolerancia "independientes de la distribución".

Estos límites de tolerancia se pueden expresar en términos de estadísticas de orden. Haciendo $L_1 = X_{(r)}$ y $L_2 = X_{(s)}$, donde r es el número de la observación en orden ascendente y s es el número de la observación en orden descendente, para r s, y realizando transformaciones adecuadas, puede derivarse la siguiente ecuación (ref. 15).

$$Pr(D \geq dn,\ r,|s) = 1 - F_B(d;s - r,\ n - s + r + 1) \qquad (4)$$
$$= \alpha$$

donde

F_B es la función de densidad de probabilidad acumulada Beta y n es el tamaño de la muestra. En este caso los límites de tolerancia 100d porciento idependientes de la distribución son $X_{(r)}$ y $X_{(s)}$ al nivel de probabilidad .

Para valores dados de n, α , y d, (C.2.3) no determina r y s con valores únicos. Para superar esta dificultad, los limites de tolerancia $X_{(r)}$ y $X_{(s)}$ se escogen comúnmente en forma simétrica, y la expresión (3) se especializa a otra que sí permite soluciones únicas.

Puesto que para este problema, las estadísticas de orden superior no existen (se trata de una prueba de carga donde únicamente se obtiene información de la cola inferior de la distribución), es necesario considerar límites de tolerancia unilaterales, donde $L_2 = X_{(s)} \to \infty$, de tal manera que $V = (F(x_{(s)};\theta) \to 1$. La fracción de la

distribución es por lo tanto $D = 1 - U^{(1)}$ y el límite de tolerancia unilateral es

$$Pr(D \geq d|n, r) = 1 - F_B\ (d;n - r + 1, r) \qquad (5)$$

Para valores grandes del tamaño de muestra n, puede utilizarse la aproximación Normal de la función de densidades acumuladas Beta para evaluar la expresión (5)

$$Pr(D \geq d|n, r) = 1 - F_N(l_u;0,1) + F_N(1_l;0,1) = \qquad (6)$$

donde

$$l_u = \frac{r - 0.5 - n(1 - d)}{\sqrt{nd(1 - d)}}$$

$$l_l = - \frac{n(1 - d) + 0.5}{\sqrt{nd(1 - d)}}$$

Como una ilustración, considérese el tamaño de 38x 240 mm (2 x 10 pulgadas) ensayado en flexión, para la clase "A":

Datos:

$n = 388$

$d = 0.05$

$$1_l = - \frac{388(1 - 0.05) + 0.5}{\sqrt{388 \times 0.05\ (0.95)}}$$

$$1_l = - 4.64$$

$$F_N(1_l;0,1) = 0$$

El cuadro 19 muestra los resultados obtenidos en las pruebas, los valores de las constantes l_u y de $Pr(D_{=} d\ n,r)$.

El número de la observación en orden ascendente, r, correspondiente a Pr(D) = 0.75 es el valor buscado y en este caso es el número 17, al cual está asociado un esfuerzo a la rotura (MOR) de 274 kg/cm2. Es decir, para maderas de este maño, de esta clase, en flexión, $MOR_{0.05}$ = 274 kg/cm2. En términos estadísticos, ésto significa que el valor derivado de la muestra (274 kg/cm2) es igualado o excedido cuando menos por el 95% de la población, 75% de las veces.

El mismo proceso se repitió para todos los tamaños. Los resultados de este análisis se presentan en Cuadro 20.

Un análisis similar se realizó para los casos de tensión paralela a la fibra y compresión paralela a la fibra y para el módulo de elasticidad. (Cuadros 21 y 22).

El número total de ensayes realizados, incluyendo todas las propiedades, siguiendo el procedimiento de prueba de carga (este procedimiento consiste en aplicar una carga tal que produzca un esfuerzo que rompa las piezas más débiles sin dañar las más resistentes), fué de aproximadamente 9000, en los cuales cerca de 1350 piezas fallaron.

Debido al gran tamaño de muestra, el valor correspondiente al 5º percentil calculado de acuerdo con este procedimiento, no resulta muy diferente del valor del 5º percentil de la muestra, que en este caso correspondería a 284 kg/cm2. El valor calculado es más conservador en todos los casos.

Cuadro 19. Resultados de pruebas y del análisis estadístico resistencia en flexión.

Tamaño 38 x 240 mm

Clase "A"

r	$\frac{r}{n+1}$	Esfuerzo a la rotura al 12% de Ch (MOR) (kg/cm2)	l_u	Pr(D)
1	0.00	188	-4.40	1.00
2	0.01	189	-4.17	1.00
3	0.01	198	-3.94	1.00
4	0.01	217	-3.70	1.00
5	0.01	219	-3.47	1.00
6	0.02	229	-3.24	1.00
7	0.02	243	-3.00	1.00
8	0.02	244	-2.77	1.00
9	0.02	251	-2.54	0.99
10	0.03	254	-2.31	0.99
11	0.03	258	-2.07	0.98
12	0.03	259	-1.84	0.97
13	0.03	261	-1.61	0.95
14	0.04	264	-1.37	0.91
15	0.04	272	-1.14	0.87
16	0.04	272	-0.91	0.82
17	0.04	274	-0.68	0.75
18	0.05	275	-0.44	0.67
19	0.05	285	-0.21	0.58
20	0.05	288	0.02	0.49
21	0.05	289	0.26	0.40
22	0.06	292	0.49	0.31

Cuadro 20. Esfuerzos de rotura en flexión (MOR) correspondientes al 5º percentil con confianza del 0.75 para madera de pino (kg/cm2)

Sección (mm)	Clase "A"	Clase "B"
38 x 87	349	241
38 x140	345	221
38 x190	291	183
38 x240	274	162

Los valores de las propiedades mecánicas utilizados en los análisis arriba citados fueron los resultados de los ensayes modificado por contenido de humedad (CH). Para el caso de las coníferas, los ensayes se realizaron en condición seca y se homogeneizaron al 12% de CH de acuerdo con la metodología desarrollada por Madsen. (ref. 4). Tomando en cuenta esta misma información, los resultados en compresión ajustados al 12% de CH fueron modificados para considerar la disminución de resistencia que para esta propiedad mecánica se tiene al aumentar el CH al 18%, que es el máximo admitido para que la madera se considere seca de acuerdo con los reglamentos de construcción mexicanos. No se ajustaron así los resultados de flexión y tensión porque, de acuerdo con la misma referencia (Maden, ref. 4), al nivel del 5º percentil, las diferencias debidas a la humedad son indiscernibles.

Cuadro 21. Esfuerzos de tensión correspondientes al 5º percentil con una confianza de 0.75

SECCION (mm)	CLASE "A"	CLASE "B"
38 x 87	218	152
38 x 140	211	135
38 x 190	182	114
38 x 140	188	98

Cuadro 22. Esfuerzos de compresión correspondientes al 5º percentil con una confianza de 0.75 (kg/cm2) (contenido de humedad 12%).

SECCION (mm)	CLASE "A"	CLASE "B"
38 x 87	255	218
38 x 140	253	220
38 x 190	219	191
38 x 240	230	187

d). Finalmente, los valores de esfuerzo de rotura correspondientes al 5º percentil para las diferentes propiedades, clases y tamaños, se dividieron entre 1.6 para tomar en cuenta el efecto de la duración de carga sobre la resistencia, ajustándolos a la condición "normal" de carga (ref. 16); para esta condición se estima que la carga total de diseño se presentará por un período total acumulado de 10 años durante la vida útil de la estructura.

Los resultados de estos experimentos confirmaron que no hay diferencias consistentes en la resistencia de madera clasificada de coníferas proveniente de diferentes regiones.

Se confirmó la existencia del efecto del tamaño en la resistencia, el cual no es igual para las diferentes propiedades mecánicas.

Se puede afirmar que las reglas son muy eficientes para seleccionar material para flexión (vigas). La eficiencia de las reglas disminuye, sin ser de algún modo ineficientes, para tensión, y un poco más para compresión. Esto es comprensible, si se considera que las reglas se desarrollaron originalmente con pruebas de flexión.

El efecto que tienen las características de crecimiento o defectos sobre la resistencia es diferente para los diferentes tipos de solicitaciones. Un nudo en el canto es muy crítico en una prueba de flexión, un poco menos en tensión, donde no importa tanto la ubicación en la sección transversal como la magnitud, y aún menos, para el caso de compresión.

Para completar el juego de valores se tomó información citada en los informes de las Fases I y II de este Proyecto. Igualmente se hicieron los ajustes correspondientes a duración de carga y contenido de humedad.

El cuadro 23 incluye los valores de diseño propuestos para madera de pino. Aunque de momento no se puede confirmar fehacientemente, se estima que estos valores son aplicables a otras especies de coníferas, si se toma como base la experiencia de otros países como Canadá y Sudáfrica (refs. 17 y 18).

Cuadro 23. Valores especificados de resistencias y módulos de elasticidad de madera de pino (kg/cm2).

		CLASE A	CLASE B
Flexión	f'_{fu}	170	100
Tensión paralela a la fibra	f'_{tu}	115	70
Compresión paralela a la fibra	f'_{cu}	120	95
Compresión perpendicular a la fibra	f'_{nu}	40	40
Cortante paralelo a la fibra	f'vv	15	15
Módulo de elasticidad promedio	E 0.50	100 000	80 000
Módulo de elasticidad correspondiente al 5º percentil	E 0.05	65 000	50 000

4.4 MODIFICACION DE RESISTENCIA

El metódo de diseño por estados límite puede expresarse como sigue:

Resistencia de diseño $\geq$ Fuerza interna de diseño

F_Rx Resistencia teórica $\geq$ Fcx Fuerza interna debida a las acciones externas especificadas

La resistencia teórica es la que se determinó en el inciso anterior.

El factor de reducción de resistencia, F_R, que se debe considerar en los varios casos, es menor que la unidad y toma en cuenta la variación de los resultados experimentales, el grado de seguridad involucrado en las fórmulas y el tipo de falla (frágil o dúctil).

Las acciones de diseño se obtienen multiplicando las fuerzas internas por un factor de carga, F_C. Las fuerzas internas son las fuerzas axiales, fuerzas cortantes y momentos producidos en los elementos estructurales por las acciones externas. Se obtienen a partir de un análisis elástico. Las acciones externas son las cargas diversas que actúan sobre la estructura tales como el peso propio, el peso de muebles y personas, los sismos y el viento. Los valores convenientes de las acciones externas se especifican en el Título III. El factor de carga, F_C, cuyo valor varía de 0.9 a 1.5, tiene por objeto tomar en cuenta las consecuencias de la falla y las incertidumbres en la magnitud de las acciones y los métodos de análisis.

En los cálculos de resistencia y deformación deben utilizarse los valores modificados de las propiedades mecánicas correspondientes. Estos valores se obtienen multiplicando los valores especificados por

los factores de modificación apropiados. Así, para la madera maciza, de una manera general, si f'_u es un valor especificado dado por el Cuadro 23, el valor modificado correspondiente se obtendrá con la siguiente expresión

$$f_u = f'_u (K_1, K_2, \ldots K_i, \ldots K_n) \qquad (7)$$

donde

f_u = valor modificado

f'_u = valor especificado

K_i = factor de modificación según se indica a continuación.

Los factores de modificación de resistencia que deben considerarse en el diseño de estructuras de madera incluyen a los siguientes:

- Factor por contenido de humedad.
- Factor por duración de carga.
- Factor por compartición de carga.
- Factor por peralte.
- Factor por recorte
- Factor por tamaño de la superficie de apoyo.

Una explicación detallada de cada uno de estos factores puede encontrarse en la ref. 7.

5. OBJETIVO B). DISEMINACION DE REGLAS DE CLASIFICACION Y VALORES DE ESFUERZOS

El cumplimiento de este objetivo se ha abordado en variadas formas. La más importante de todas ellas es, la inclusión de la información generada de este proyecto en documentos legales como el reglamento de construcciones del Distrito Federal (Normas Técnicas Complementarias y sus Comentarios: Anexo III).

Sin embargo, se han utilizado muchos otros foros; entre los más importantes, se pueden destacar los siguientes:

- Presentación de ponencias en Congresos de IUFRO.
- Reuniones informativas del 2º Concurso Nacional de Vivienda Popular organizado por FONHAPO.
- Conferencias en la Universidad Autónoma de Chapingo.
- Participación en cursos intensivos organizados por CCMACC, A.C.
- Presentación de ponencias en los Congresos de la Sociedad mexicana de Ingeniería Estructural.
- Notas peridísticas, tanto en periódicos de circulación local y nacional, como en revistas de carácter técnico (Construnoticias, el Informador, etc).

Un muestrario de este tipo de información se incluye en el Anexo IV.

Puede asegurarse que en la mayoria de los medios mexicanos, relacionados con el uso de la madera en la construcción se conoce el trabajo de INIREB en esta rama y se reconoce su importancia y el gran potencial que representan para el desarrollo de la industria mexicana, tanto forestal como construcción.

La última actividad a realizar en relación con este objetivo, es la elaboración de una publicación de carácter técnico-científico que aparezca en una revista de prestigio a nivel nacional.

6. OBJETIVO C). ESTABLECIMIENTO DE LAS BASES PARA UN PROGRAMA DE CONTROL DE CALIDAD Y CERTIFICACION

El primer intento efectuado en relación con este objetivo fué el de establecer contacto con la Dirección General de Normas de la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial, que es la dependencia oficial responsable de elaborar o aprobar las Normas Oficiales Mexicanas.

Se ha informado ya que se han producido dos normas derivadas de este proyecto (refs. 19 y 20) y que se presentó a la Dirección General de Normas una propuesta de esquema de verificación de la calidad. Esta primera propuesta no fué aceptada, ya que la DGN cuenta con sus propios mecanismos de supervisión. Lo que no tiene esta dependencia, son inspectores capacitados en el área de clasificación de la madera. Esta labor la tendría que efectuar un Laboratorio acreditado ante la DGN.

El enorme interés de los industriales mexicanos por aumentar sus ventas tanto nacionales como en el extranjero, ha hecho que participen activamente en la elaboración de este programa de control de calidad.

Cuando menos dos asociaciones de industriales han acudido tanto a COMACC como a INIREB con el fin de establecer este programa; tales organizaciones son:

- La Unión de Productores e Industriales Forestales de Chihuahua, A.C.
- Cámara Nacional de las Industrias Derivadas de la Silvicultura (CNIDS)

Se han efectuado reuniones de carácter informal con representantes de estas organizaciones y se tiene previsto que antes de finalizar este año, exista un planteamiento general a nivel nacional.

INIREB indudablemente llevará la parte principal de este trabajo, al contar con la información y la experiencia en la clasificación. Se tomarán como base los resultados del proyecto apoyado por CIID.

Se han dado ya tres cursos a clasificadores de empresas participantes en el proyecto y se planea uno más para septiembre de este año.

También se preveen dos reuniones más formales con representantes de la Unión y la CNIDS para fines del mes de agosto o principios de septiembre.

Conforme se avance en este tema, se incrementarán las actividades de LACITEMA aún mas, al entrenar a los supervisores y capacitarlos para que a su vez sean maestros para otros clasificadores.

7. ACTIVIDADES ADICIONALES

Se ha informado anteriormente al CIID de la participación de LACITEMA en el diseño y construcción de la "Casa COFAN" para la exhibición paralela al Congreso Mundial Forestal efectuado en la ciudad de México en 1985. El coordinador de esta participación es el Ing. Mario O. Ricalde Camacho con la colaboración del Ing. Dávalos, investigador de este proyecto. Falta por concluir la publicación derivada de esta actividad, la cual se ha retrasado por situaciones no imputables a INIREB.

Por la parte mexicana, además de INIREB, participaron COMACO, A.C. y la Subsecretaría Forestal y de la Fauna de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH).

La otra actividad adicional, fue la participación en los trabajos del Acuerdo de Entendimiento México-Canadá en materia forestal, coordinado por la parte mexicana por la SARH. Esta participación incluyó el viaje del Ing. Dávalos a Canadá el mes de octubre próximo pasado. Se está en espera de la respuesta canadiense al planteamiento mexicano, el cual fué de carácter muy amplio y ambicioso. Se presume que el Departamento de Agricultura de Canadá seleccionará dos o tres temas específicos de los propuestos por México, para efectuar trabajos conjuntos. (Anexo V).

8. RESUMEN DE CONCLUSIONES

Los resultados de estos experimentos confirmaron que no hay diferencias consistentes en la resistencia de madera clasificada de diferentes regiones. En esta última fase se incluyeron muestras de los estados de México, Durango y Chihuahua. La participación de industriales incluyó al sector privado y al paraestatal.

Se confirmó una vez más la existencia del efecto del tamaño en la resistencia, el cual no es igual para las diferentes propiedades mecánicas.

En resumen, durante las tres fases se ensayaron cerca de 15 000 piezas en tamaño natural en las seis secciones más comunes en la construcción. Los resultados de estos estudios formaron la base de dos Normas Oficiales de la DGN, así como de las Normas Técnicas Complementarias, la cual es un compendio de los resultados de las tres fases. Aunque los estudios fueron hechos con madera de pino, se estima que son aplicables a otras especies de coníferas, según se acotó en estas mismas Normas, si se toma como base la experiencia de otros países como Canadá, Sudáfrica y Estados Unidos.

La metodología desarrollada con la madera de coníferas en el estudio descrito se adaptó para ensayar madera de especies latifoliadas de las regiones tropicales del sureste de México. Estos estudios son llevados a cabo por la Universidad Autónoma de Yucatán con la participación de INIREB y la UAM-Azcapotzalco.

REFERENCIAS

1. Echenique-Manrique, R., Dávalos-Sotelo, R., y Robles F.-V., F. Final Report to IDRC. Project: Timber Grading (México) Phase II. INIREB-LACITEMA, Xalapa, Ver., 1984.

2. Madsen, B. y Nielse, P.C. 1978. In-Grade Compression Tests in Canada. The University British Columbia Structural Research series report. Vancouver, B.C.

3. Madsen, B. 1981. Testing of Mexican Pine. Report presented to Grupo Guadiana, Durango, México.

4. Madsen, B. 1982. Recommended Moisture Adjustment Factors for Lumber Stresses.. Canadian Journal of Civil Engineering, Vol. 9, pp. 602-610.

5. Weibull, W. 1939. A statistical theory on the strength of materials. Ingeniors Vetenskaps Akademiens, Handlinger, Stockholm, No. 151 (5-45) (en suecc).

6. Siegel, S. 1956. No Parametric Statistics for the behavioral sciences. International Student Edition. Mc.Graw Hill Kogakusha, LTC. Tokyo, Japón.

7. Robles, F-V, F., Dávalos Sotelo, R. y Ricalde Camacho, M.O. 1967. Comentarios a las Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Madera UAM-INIREB.

8. National Forest Products Association. 1982. National Design Specification for Wood Construction. Washington, D.C.

9. USDA. 1955. Wood Handbook. Agriculture Handbook No. 72, U.S. Department of Agriculture. Madison, W.

10. PADT-Refort. 1982. Manual de Diseño para Maderas del Gruppo Andino. Junta del Acuerdo de Cartagena. Lima, Perú.

11. Grupo de trabajo W 18: Estructuras de Madera (Working Group W 18: Timber Structures). 1983. CIB Structural Timber Design Code (6a. ed). Conseil International (du Bätiment, Rotterdam.

12. Dansk Ingenion fönening. 1983. Structural Use of Timber. Traducción al inglés del reglamento danés para uso estructural de la madera, DS 413. Teknisk Forlag Norwstyrelsens Publikationer NP-158-T. Copenhague, Dinamarca, Sep.

13. Huggins, N.W., et al. 1983. Section 13, Wood Structures, Ontorio Highway Bridge Design Code (2a. ed.) Technical Code Developent Committe. Ministry of Transportation and Communications Highway Engineering Division, Toronto, Ont.

14. Canadian Standars Associatio. 1984. Engineering Design in Wood (Limit States Design). CAN 3-086. 1-M84. Canadian Standars Association, Rexdale (Toronto), Ont.

15. Bury, K.V. 1975. Statistical Methods in Applied Science. John Wiley and Sons, Nueva York.

16. American Society for Testing and Materials. 1984. Standard Methods for Establishing Structural Gades and Related Allowable Properties for visual Graded Lumber. ASTM D 245-81, Philadelphia, Pa.

17. Knuffel, W.E. 1983. The Determination of Design Stresses for the various Grades of South African Sawn Timber. Part II: In-Gade Testing of S.A. Pine Visual Gadea. NTRI, CSIR, Pretoria, South Africa.

18. Madsen, B., y Nielsen, P.C. 1978. In-Grade testing: Bending Tests in Canada. The University of British Columbia Structural Research Series Report No. 25 Vancouver, B.C.

19. Dirección General de Normas. 1985. Calificación y clasificación visual para madera de pino en usos estructurales. NOM-C-239-1985. México, D.F.

20. Dirección General de Normas. 1983. Dimensiones de la madera aserrada para su uso en la construcción. NOM-C-224-1983-México, D.F.

instituto nacional de investigaciones sobre recursos bióticos

APDO. POSTAL 53 (INIREB)
KM. 2.5 ANTIGUA CARR. A COATEPEC
91000 XALAPA, VERACRUZ
CONMUTADOR TEL 56000
TELEX: 015542 INRBME

CERRADA CERRO DE TUERA No. 21
BARRIO OXTOPULCO
DELEGACION COYOACAN
C.P. 01900 MEXICO, D.F.
TEL. 5-50-13-40

CENTRO LACITEMA-INIREB
INFORME FINANCIERO DEL PROYECTO 3-P-83-0126 IDRC-CANADA FASE III
"CLASIFICACION Y CALIFICACION DE MADERAS DE PINO PARA USOS ESTRUCTURALES"
PERIODO DEL 1º DE MARZO DE 1986 AL 31 DE DICIEMBRE DE 1986

		M.N.
SALARIOS Y COMPENSACIONES		4'670,821.00
Asistentes técnicos		
GASTOS DE INVESTIGACION		482,538.00
Material de Ofna. y Fot.	94,550.00	
Combustible	327,792.00	
Uso de computadora	50,000.00	
Comunicaciones	10,196.00	
VIAJES LOCALES		503,943.00
VIAJES INTERNACIONALES		856,492.00
PUBLICACIONES		270,000.00
		$ 6'783,794.00

RESUMEN:

Fondos enviados por el Centro Fase III		
Período de extensión (Del 1º/03/86 al 31-12-86)		
Orden de pago 626822 aviso Citibank New York		
$ 2,878 Dlls. al tipo de cambio de 658.00 x 1		
Fecha de liquidación 6-08-86	1'893,724.00	
Remanente fase III (año 1 y 2)	2'175,119.00	4'068,843.00
Total (fondos requeridos)		$ 2'714,951.00

ING. RAYMUNDO DAVALOS SOTELO
LIDER DEL PROYECTO

C.P. GONZALO GARCIA HERNANDEZ
RESPONSABLE FINANCIERO

MARZO, 1986

SALARIOS Y COMPENSACIONES		705,444.32
Asistentes técnicos	705,444.32	
GASTOS DE INVESTIGACION		11,991.00
Material de oficina y fotografía	10,000.00	
Combustibles	1,991.00	
VIAJES LOCALES		33,805.00
	T O T A L	$ 751,240.32

MAYO, 1986

SALARIOS Y COMPENSACIONES		418,842.96
Asistentes técnicos	418,842.96	
GASTOS DE INVESTIGACION		51,245.00
Material de Ofna. y fotografía	1,245.00	
Combustibles	50,000.00	
VIAJES LOCALES		124,830.00
	T O T A L	$ 594,917.96 ✓

ABRIL, 1986

SALARIOS Y COMPENSACIONES		475,273.66
Asistentes técnicos	475,273.66	
GASTOS DE INVESTIGACION		27,362.74
Materiales de ofna. fot.	13,895.80	
Combustibles	12,710.00	
Comunicaciones	756.94	
VIAJES LOCALES		14,341.00
	T O T A L	516,977.40 ✓

JULIO, 1986

SALARIOS Y COMPENSACIONES		474,610.27
Asistentes técnicos	474,610.27	
GASTOS DE INVESTIGACION		76,998.00
Materiales de Ofna. y Fot.	56,508.00	
Combustibles	20,490.00	
VIAJES LOCALES		53,019.00
	T O T A L	$ 604,627.27

JUNIO , 1986

SALARIOS Y COMPENSACIONES		533,137.00
Asistentes técnicos	533,137.00	
GASTOS DE INVESTIGACION		41,551.16
Materiales de Ofna. y Fot.	2,395.00	
Combustibles	37,430.00	
Comunicaciones	1,726.16	
VIAJES LOCALES		87,849.70
	T O T A L	$ 662,537.86

AGOSTO, 1986

SALARIOS Y COMPENSACIONES		440,683.60
Asistentes técnicos	440,683.60	
GASTOS DE INVESTIGACION		32,715.90
Combustibles	31,885.00	
Comunicaciones	830.90	
VIAJES LOCALES		,28,708.00
	T O T A L	$ 502,107.50

SEPTIEMBRE, 1986

SALARIOS Y COMPENSACIONES		534,038.06
Asistentes técnicos	534,038.06	
GASTOS DE INVESTIGACION		130,000.00
Combustibles	80,000.00	
Uso de computadora	50,000.00	
VIAJES LOCALES		91,699.00
	T O T A L	$ 755,737.06

OCTUBRE, 1986

SALARIOS Y COMPENSACIONES		450,199.98
Asistentes técnicos	450,199.98	
GASTOS DE INVESTIGACION		110,674.16
Materiales de Ofna. y Fot.	10,506.20	
Combustibles	93,286.35	
Comunicaciones	6,881.61	
VIAJES LOCALES		69,691.00
VIAJES INTERNACIONALES		331,062.74
(Viáticos del Ing. Raymundo Dávalos Sotelo a Canadá).		
	T O T A L	$ 961,627.88

NOVIEMBRE, 1986

VIAJES INTERNACIONALES (Boleto de avión del Irg. Raymundo Dávalos Sotelo a Canadá).	525,429.00
T O T A L	$ 525,429.00

instituto nacional de investigaciones sobre recursos bióticos

APDO. POSTAL 63 (INIREB)
KM. 2.5 ANTIGUA CARR. A COATEPEC
91000 XALAPA, VERACRUZ
CONMUTADOR TEL 86000
TELEX: 015542 INRBME

CERRADA CERRO DE TUERA No. 21
BARRIO OXTOPULCO
DELEGACION COYOACAN
C.P. 01900 MEXICO, D.F.
TEL. 5-50-13-40

IDRC/CANADA FASE III

Comentarios derivados del análisis comparativo al informe financiero (período de extensión), del proyecto IDRC-CANADA Fase III correspondiente al período del 1º de marzo al 31 de diciembre de 1986.

1). Salarios y compensaciones

Asistentes técnicos

Este rubro corresponde al pago de los tres asistentes técnicos contratados para el proyecto. Durante el año de 1986 hubo incrementos a los salarios del orden del 70%, mismo que se reflejó en el pago de las prestaciones a que tienen derecho estos técnicos. Por reglamento las contrataciones eventuales de personal para incorporarse a proyectos con financiamiento externo, deben de tener las mismas prestaciones que el personal de base y los incrementos salariales repercutieron también en el pago de las prestaciones pagagas.

2). Gastos de investigación

Material de oficina, fotografía y combustibles.

Los incrementos a estos gastos se debieron fundamentalmente a la inflación que durante el año de 1986 fue muy alta y esto repercutió en los costos que se habían contemplado originalmente.

Uso de computadora.- No hubo variación en este gasto.

Comunicaciones.- En esta partida hubo un ahorro significativo, en virtud de que la mayoría de los gastos por este concepto fueron absorbidos por la institución.

3). Viajes locales

En este renglón hubo un ahorro considerable de más del 10%, en virtud de que no se hicieron tantas salidas como se habían programado tal como se indica en el informe técnico correspondiente.

4). Viajes internacionales

Cuando se hizo la proyección presupuestal por el período de la ampliación no se contempló el viaje del Ing. Raymundo Dávalos Sotelo al Canadá con el propósito de establecer un convenio Mexicano-Canadiense, sobre investigación en uso de la madera en la construcción celebrado en Toronto y Ottawa, durante los días comprendidos entre Octubre 25 y noviembre 1º, de 1986.

#....

DICIEMBRE, 1986

SALARIOS Y COMPENSACIONES	638,590.91
Asistentes técnicos	
T O T A L	$ 638,590.91

- A -

BENEFICIARIO: INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES SOBRE RECURSOS BIOT

INGRESOS DEL PROYECTO

DEL 1º DE MARZO DE 1986 AL 31-DE DICIEMBRE DE 1986

TITULO: CLASIFICACION DE MADERAS (MEXICO) III

NUMERO: 3-P- 83-0126

FECHA	MONTO REMESA (CDN)	MONTO US$	EQUIVALENTE EN MONEDA LOCAL
6-08-86		2,878.00	1'893,724.00

INGRESOS FINANCIEROS		
OTROS INGRESOS		
TOTAL	$	1'893,724.00

Firma del Lider del Proyecto

Firma del Responsable Financiero

Nombre: ING. RAYMUNDO DAVALOS SOTELO

Cargo: DIRECTOR DEL PROYECTO (EN FUNCIONES)

Nombre: C.P. GONZALO GARCIA HERNANDEZ

Cargo: JEFE DEL DEPTO. ADMINISTRATIVO LACITEMA-INIREB

instituto nacional de investigaciones sobre recursos bióticos

APDO. POSTAL 63 (INIREB)
KM. 2.5 ANTIGUA CARR. A COATEPEC
91000 XALAPA, VERACRUZ
CONMUTADOR TEL 86000
TELEX: 015542 INRBME

CERRADA CERRO DE TUERA No. 21
BARRIO OXTOPULCO
DELEGACION COYOACAN
C.P. 01900 MEXICO, D.F.
TEL. 5-50-13-40

El total de gastos ascendió a $ 856,492.00 en moneda nacional, como se indica en el informe financiero, y ésta fue una variación importante del presupuesto del período de extensión en relación con los gastos totales del período.

5). Publicaciones

Estamos considerando como gastos causados la cantidad de $ 270,000.00 que se refieren a los gastos de impresión y publicación de los trabajos terminados correspondientes a esta última fase del proyecto.

Nota de aclaración:- En los anexos de este informe financiero aparecen gastos reportados en los meses de noviembre y diciembre de 1986, debido fundamentalmente a que hasta estos meses hubo erogaciones tales como el pago del boleto de avión del Ing. Raymundo Dávalos Sotelo por su viaje a Canadá y el pago en el mes de diciembre correspondiente a la gratificación anual a empleados que laboraron durante el período de la extensión.

BENEFICIARIO: INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES SOBRE RECURSOS BIOTICOS

INFORME DE EJECUCION PRESUPUESTAL

Periodo Reportado: DEL 86 (AÑO) 03 (MES) 01 (DIA) AL 86 (AÑO) 12 (MES) 31 (DIA)

NUMERO: 3-P- 83-0126

TITULO: CLASIFICACION DE MADERAS (MEXICO) III

MONEDA PESOS MEXICANOS

RUBROS DEL PRESUPUESTO 1	PRESUPUESTO TOTAL DEL PROYECTO 2	PRESUPUESTO DEL PERIODO 3	GASTOS DEL PERIODO POR CAJA 4	GASTOS DEL PERIODO CAUSADOS 5	GASTOS DEL PERIODO TOTAL 6	GASTOS TOTALES ACUMULADOS DEL PROYECTO 7	VARIACIONES DEL PERIODO PRESUPUESTO VS. ACTUAL 8	COMENTARIOS 9
SALARIOS Y COMPENSACIONES.		3'000,000.00	4'670,821.00		4'670,821.		(1'670,821.00)	(ANEXO)
GASTOS DE INVEST.								
MAT.DE OF. Y FOT.		50,000.00	94,550.00		94,550.		(44,550.00)	
COMBUSTIBLE		200,000.00	327,792.00		327,792.		(127,792.00)	
USO DE COMPUTAD.		50,000.00	50,000.00		50,000.		0.00	
COMUNICACIONES		100,000.00	10,196.00		10,196.		89,804.00	
VIAJES LOCALES		600,000.00	503,943.00		503,943.		96,057.00	
VIAJES INTERNACION			856,492.00		856,492.		(856,492.00)	
PUBLICACIONES		270,000.00	0.00	270,000.00	270,000.		0.00	
TOTAL		4'270,000.00	6'513,794.00	270,000.00	6'783,794.00		(2'513,794.00)	

EL LIDER DEL PROYECTO

FIRMA DEL RESPONSABLE FINANCIERO

Nombre: C.P. GONZALO GARCIA HERNANDEZ

BENEFICIARIO: INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES SOBRE RECUR BIOTI

ESTADO DE CAJA Y REQUERIMIENTO DE FONDOS

MONEDA: PESOS MEXICANOS

TITULO: CLASIFICACION DE MADERAS (MEXICO) III

NUMERO: 3-P-83-0126

INGRESOS:		
Contribución del CIID	$ 1'893,724.00	
Otros Ingresos	$ 0.00	$ 1'893,724.00
MENOS:		
- Gastos pagados hasta Diciembre 31, de 1986.		$ (6'513,794)
Saldo (deficit) en Bancos		2'175,119
- Gastos causados en el período no pagados		(270,000)
Saldo (deficit) al final del período		(2'714,951.)
Proyección gastos siguiente período		(0.)
FONDOS REQUERIDOS		2'714,951.00

Firma del Líder del Proyecto

Firma del Responsable Financiero

Nombre: M.en C. RAYMUNDO DAVALOS SOTELO

Cargo: JEFE DEL PROYECTO CARACTERIZACION TECNOLOGICA DE MADERAS MEXICANAS

Nombre: C.P. GONZALO GARCIA HDEZ.

Cargo: JEFE DEL DEPTO. ADMINISTRA LACITEMA-INIREB

Notas:

(1) Pagos recibidos del CIID. Ver informe "A".

(2) Ingresos de otras fuentes. Ver informe "A".

(3) Es el total mostrado en el informe "A" - "Ingresos del Proyecto".

(4) Gastos totales del proyecto pagados por Caja.

(5) Este saldo debe coincidir con el saldo mostrado por el extracto bancario o Estado de cuenta que emite el banco de la cuenta del proyecto.