



TOGETHER
for a sustainable future

OCCASION

This publication has been made available to the public on the occasion of the 50th anniversary of the United Nations Industrial Development Organisation.



TOGETHER
for a sustainable future

DISCLAIMER

This document has been produced without formal United Nations editing. The designations employed and the presentation of the material in this document do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of the Secretariat of the United Nations Industrial Development Organization (UNIDO) concerning the legal status of any country, territory, city or area or of its authorities, or concerning the delimitation of its frontiers or boundaries, or its economic system or degree of development. Designations such as “developed”, “industrialized” and “developing” are intended for statistical convenience and do not necessarily express a judgment about the stage reached by a particular country or area in the development process. Mention of firm names or commercial products does not constitute an endorsement by UNIDO.

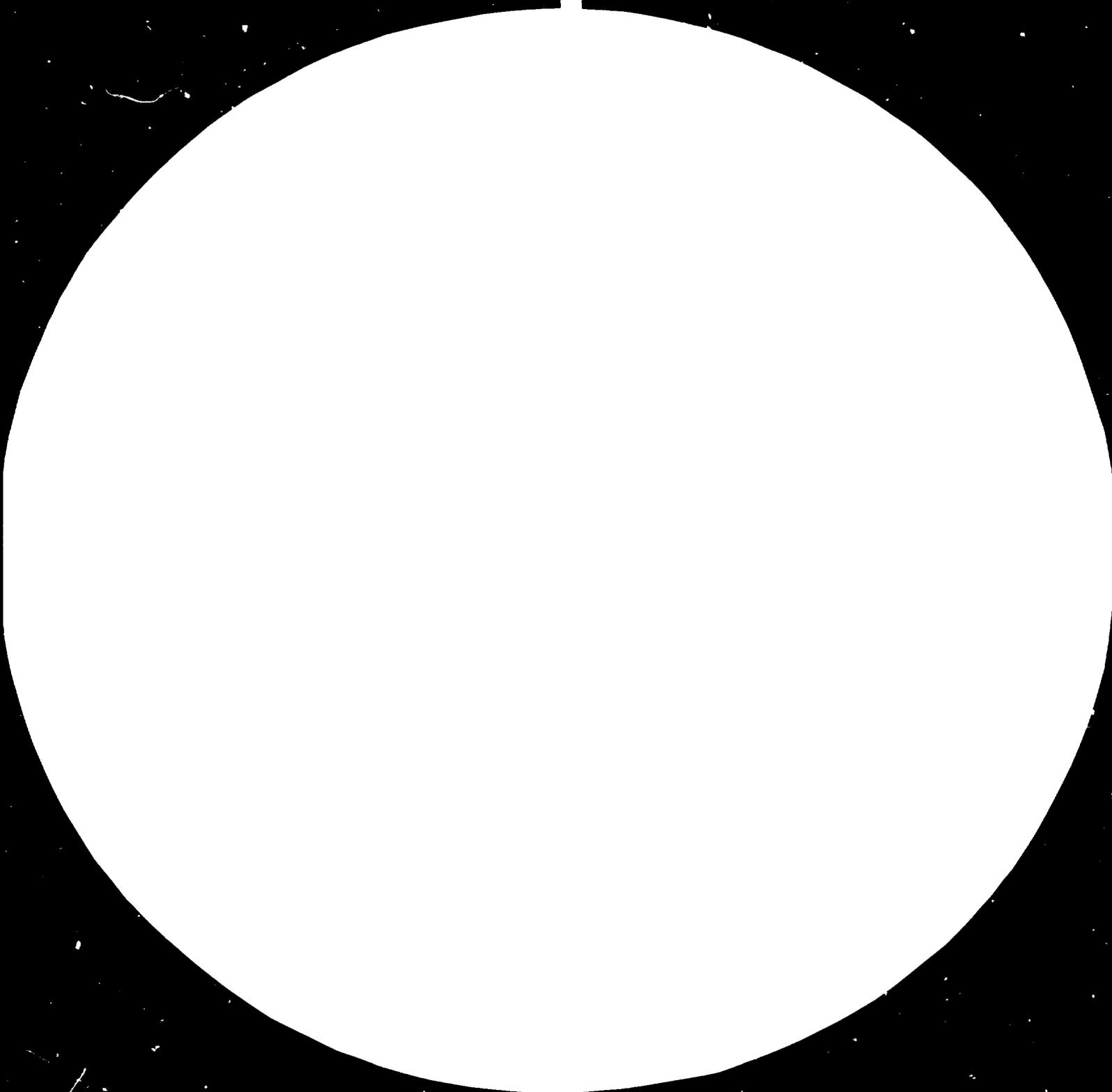
FAIR USE POLICY

Any part of this publication may be quoted and referenced for educational and research purposes without additional permission from UNIDO. However, those who make use of quoting and referencing this publication are requested to follow the Fair Use Policy of giving due credit to UNIDO.

CONTACT

Please contact publications@unido.org for further information concerning UNIDO publications.

For more information about UNIDO, please visit us at www.unido.org





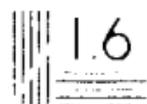
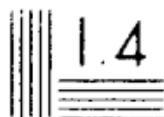
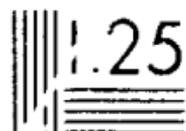
1.0 2.5

1.1 2.2



1.2 2.0

1.3 1.8



RESERVADO

10830

DP/ID/SER.A/307

29 Julio 1981

ESPAÑOL

Original: INGLÉS

ASISTENCIA AL DESARROLLO RURAL Y EL TRANSPORTE

DP/HON/81/002

HONDURAS

Informe técnico: Asistencia al desarrollo de puentes
modulares de madera prefabricados*

Preparado para el Gobierno de Honduras
por la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial,
actuando como organismo de ejecución del Programa de las
Naciones Unidas para el Desarrollo

Basado en el trabajo del Sr. C.R. Francis,
experto en la producción de puentes
modulares de madera prefabricados

Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial
Viena

* El presente documento es traducción de un texto que no ha pasado por los servicios de edición de la Secretaría de la ONUDI.

INDICE

	<u>Página</u>
1. Introducción	3
2. Madera para la construcción	3
3. Componentes de acero	10
4. Taller	11
5. Montaje	14
6. Modificaciones al diseño original	15
7. Puentes de pequeña luz	17
8. Programa de construcción de puentes	18
9. Personal profesional	
10. Referencias bibliográficas	21
Anexo 1. Herramental de taller	22
Anexo 2. Equipo de montaje	24
Anexo 3. Libros sobre construcción en madera que se recomiendan	25

1. Introducción

El Gobierno de la República de Honduras solicitó una misión de asistencia técnica preparatoria en el sector de la industria de transformación de la madera para preparar, entre otras cosas, un documento de proyecto para el desarrollo de un sistema de construcción de puentes modulares de madera prefabricados.

En respuesta a esta solicitud, el Sr. Robert M. Hallett, oficial de desarrollo industrial de la Subdivisión de Agroindustrias de la ONUDI, cumplió una misión en Tegucigalpa del 20 de enero al 4 de febrero de 1981.

El Sr. Hallett preparó un informe técnico -DP/ID/SER. A/285(1)^{1/} -que contenía un borrador de documento de proyecto. Este documento de proyecto se firmó el 2 de abril de 1981. El documento de proyecto incluía misiones por dos expertos de la ONUDI: la primera, una misión corta -de un mes- para iniciar el proyecto y tomar las principales decisiones técnicas y de planificación; y la segunda -más larga- para fabricar los componentes del puente y montar uno o dos puentes de demostración.

Para el primer puesto se contrató al Sr. C.R. Francis, quien permaneció en Honduras del 24 de marzo al 25 de abril de 1981. El Sr. Francis es el jefe de equipo del Proyecto DP/KEN/77/007 del PNUD ("Desarrollo de nuevos productos de madera") en Nairobi (Kenya). Su proyecto en ese país incluye la continuación del proyecto que inicialmente desarrolla el sistema de puentes modulares de madera. Esto se describe plenamente en el informe técnico DP/ID/SER.A/201, relativo a puentes modulares de madera prefabricados de bajo costo. (2).

Los dos informes mencionados deben consultarse conjuntamente con el presente informe. El puente fue también investigado y probado por el British Transport and Road Research Laboratory, que publicó un informe titulado "The Kenyan Low-Cost Modular Timber Bridge" (El puente modular de madera de bajo costo de Kenya), TRRL Laboratory Report 970, 1981 (3).

2. Madera para la construcción

En Honduras abundan dos especies de pino denso, la Pinus caribaea y la Pinus occarpa. Son de excelente calidad y tienen una amplia albura que puede

^{1/} Los números entre paréntesis remiten al apartado 10 ("Referencias").

impregnarse totalmente con sales preservativas de arseniato cuprocromico. Existe también una amplia variedad de maderas duras, y parece ser que algunas de ellas son de gran duración.

El experto tiene una experiencia limitada en cuanto a maderas duras, principalmente especies densas australianas, tales como ironbark gris y rojo, eucalipto microcorys y brush box (*Tristania conferta*) y no le gustaría hacer recomendaciones sobre su uso para la construcción de puentes sin una investigación mucho más detallada.

El pino es muy adecuado para fines estructurales.

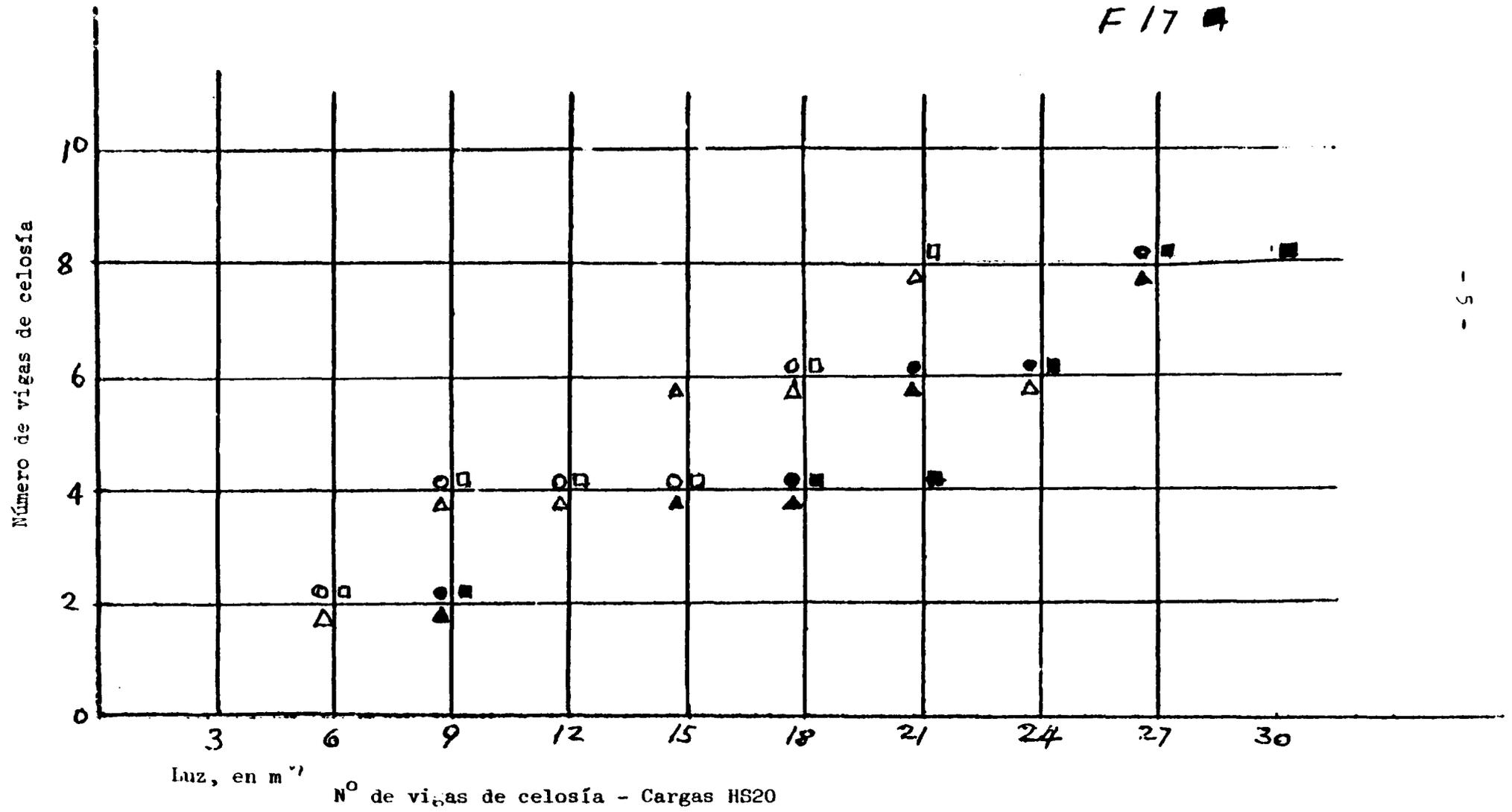
Se dispone fácilmente de madera de construcción de calidad 60% y superior, y a juzgar por los datos con que se cuenta, debería corresponder por lo menos a un grado de resistencia Fl4. Los datos sugieren que quizá pueda elevarse a Fl7, si se observan estrictamente normas rigurosas de clasificación por calidades, pero el experto no ha dispuesto de elementos suficientes para la justificación de esa elevación.

Se recomienda que la ONUDI obtenga para el Proyecto, pidiéndolo a la SP/B, (Southern Pine Inspection Bureau, de Pensacola (Florida, EE.UU.)) un ejemplar de las "Standard Grading Rules for Southern Pine" y que la madera proporcionada se reclasifique conforme a esas reglas. Los correspondientes valores de diseño dados en esas reglas deberán compararse luego con los de la norma australiana ("Australian Standard 1720, SAA Timber Engineering Code"). En realidad, la oportunidad de hacer economías pasando a la calidad Fl7 no es grande, como lo demostrará una comparación de los apartados F y G del cuadro 1 (2). Esta comparación se muestra gráficamente en la Figura 1.

Hay algunos datos sobre resistencia, procedentes de fuentes diversas, incluso un informe incompleto de la FAO ("Properties of Honduran Grown Trees", por C.H. de Zeeuw, R.W. Davidson y E.P. Anderson; y "Properties and Utilization of the Southern Pines", por P. Koch. Estos datos, junto con los valores de diseño de la Southern Pine Inspection Bureau y la de la Oficina correspondiente de Australia, se resumen en el cuadro 1 del presente informe.

Figura 1

Cordón liviano	F 11	△
	F 14	○
	F 17	□
Cordón pesado	F 11	▲
	F 14	●
	F 17	■



Cuadro 1
Valores de diseño y resistencia

FUENTE	DENSIDAD	TENSION DE RUPTURA (Valor de diseño para el esfuerzo de flexión en la fibra)	MODULO DE ELASTICIDAD ² libra/pulg. ² x 10 ⁶
AS 1720 F17	-	2 464	2,0
AS 1720 F14	-	2 029	1,8
AS 1720 F11	-	1 594	1,52
Estructural selecta densa de la SPIB (relación de resistencia: 65%)	-	2 650	2,0
Densa, N° 1 de la SPIB, para viguetas y tablones (relación de resistencia: 55%)	-	2 250	2,0
<u>Pinus caribaea</u> 12% humedad (de Zeeuw y cols.)	0,58	1 430	1,55
<u>Pinus elliottii</u> (Koch)	0,497	1 027	1,34
<u>Pinus taeda</u>	0,497	1 052	1,33

Teniendo presentes los datos anteriores, el autor considera razonable asignar al Pinus caribaea el grado de resistencia F14, siempre que su grado sea SPIB N° 1, densa. En efecto, una proporción muy grande de la madera observada en un aserradero, en almacenes de maderas y en un envigado en construcción y aún no cubierto, estaba en largas extensiones totalmente libre de nudos, y sería posible otorgarle el F17. Sin embargo, como puede advertirse consultando la figura 1, esa asignación no entraña gran economía en el número de vigas, aun partiendo de la calidad F11, si bien cambia el tamaño del cordón de acero inferior. Estudiantes de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de Honduras (U.N.A.H.) han efectuado algunos ensayos mecánicos de muestras pequeñas de pino sin nudos. Algunos de estos resultados fueron examinados por el experto, pero no eran del mismo orden de magnitud que los obtenidos por otros investigadores expertos y se consideran engañosos.

Entre 1973 y 1977, el Timber Products Inspection and Testing Service Inc. (TPI), casilla 456, Lithonia (Georgia, 30058, EE.UU.) llevó a cabo un programa masivo de ensayos de clasificación de maderas según se reciben. El contrato entre el TPI y la Cooperación Hondureña de Desarrollo Forestal (COHDEFOR) fue rescindido antes de que se completara el informe final. Los informes provisionales señalaron que las calidades selectas de pino de

Honduras eran comparables a las calidades selectas de pino meridional estadounidense, pero que las tensiones básicas de calidad del N° 1 eran marcadamente inferiores -de menos del 50%- a las correspondientes a valores equivalentes del pino meridional. En el cuadro 2 se resumen los resultados.

En el informe no se explicó por qué eran tan bajas las tensiones de diseño del N° 1. Investigadores especializados en maderas han expresado al experto que este tipo de resultado se ha manifestado en diversos programas de ensayos para determinación de calidades efectuados en todo el mundo y que, por razones comerciales obvias, los informes correspondientes se habían arrinconado en silencio, en lugar de publicarlos. Si esto es cierto, los valores obtenidos en los ensayos de una madera determinada según se recibe no pueden compararse directamente con los valores correspondientes a otra especie obtenidos en ensayos de muestras pequeñas sin nudos conforme a las convenciones aceptadas.

Este es un problema difícil y polémico, y no es este informe el lugar adecuado para discutirlo.

Cabe también la alternativa de usar una forma simple de clasificar las maderas conforme a su resistencia mecánica. Consiste en apoyar la pieza extendida, colocando un peso conocido en el centro y observando si la combadura es menor o mayor que la producida por el valor mínimo de E. Dado que existe una situación de "sí" o "no", puede utilizarse un microconmutador regulado previamente al límite requerido de combadura para que genere las señales apropiadas. Las primeras máquinas "Microstress", producidas en Sydney por Booth and Anton, utilizaban microconmutadores. En la figura 2 aparece un diseño de un deflectómetro cuyo uso se recomienda.

Para determinar el límite de combadura debe seguirse el procedimiento siguiente:

- 1) Utilizando los histogramas de tensión de ruptura de que se dispone, construir un histograma combinado que corresponda a la calidad N° 1 y superiores.
- 2) Determinar el porcentaje de piezas que se requiere alcancen una tensión de ruptura no inferior a 4 261 libras/pulg.² (F14 = 2 029 libras/pulg.² x 2,1).
- 3) Construir un histograma combinado semejante para el módulo de elasticidad. Determinar el valor de E correspondiente al mismo determinado en el paso (2) del procedimiento.
- 4) Calcular la combadura resultante de la combinación de luz, carga aplicada y dimensiones de la madera.

ANCHO NOMINAL DE LA CARA PLANA (en pulgadas)

	4			8			12		
	Valores para el Pino del Sur	Valores para Pinos de Honduras	Núm. de ensayos	Valores para el Pino del Sur	Valores para Pinos de Honduras	Núm. de ensayos	Valores para el Pino del Sur	Valores para Pinos de Honduras	Núm. de ensayos
Estr. Sel. Mixta (con y sin defectos)	F _b - 2 150	F _b - 2 161	58	F _b - 1 850	F _b - 1 528	58	E - 1 800 000	E - 2 110 000	58
	F _c - 1 800	F _c - 2 030	58	E - 1 800 000	E - 2 014 000	58			
	E - 1 800 000	E - 2 289 000	58						
Del Núm. 1, sin defectos	F _b - 1 850	F _b - 1 920	91	F _b - 1 600	F _b - 838	94	E - 1 800 000	E - 1 890 000	87
	F _c - 1 450	F _c - 2 072	58	F _c - 1 450	F _c - 2 040	58			
	E - 1 800 000	E - 1 970 000	91	E - 1 800 000	E - 1 594 000	94			
Del Núm. 2, sin defectos	F _b - 1 550	F _b - 1 502	148	F _b - 1 300	F _b - 874	136	E - 1 600 000	E - 1 947 000	144
	E - 1 600 000	E - 1 970 000	148	F _c - 1 200	F _c - 1 523	144			
	Esfuerzo cortante - 95	Esfuerzo cortante - 144	99	E - 1 600 000	E - 1 576 000	136			
				Esfuerzo cortante - 95	Esfuerzo cortante - 169	86			
Del Núm. 3	F _b 850	F _b - 850	130	F _b - 750	F _b - 642	130	E - 1 500 000	E - 1 633 000	130
	F _c 675	F _c - 999	130	F _c - 725	F _c - 1 433	130			
	E - 1 500 000	E - 1 691 000	130	E - 1 500 000	E - 1 394 000	130			
	Esfuerzo cortante - 95	Esfuerzo cortante - 124	85	Esfuerzo cortante - 95	Esfuerzo cortante - 240	58			

Cuadro 2

Resultados del programa de ensayos de clasificación por calidades de entrada, del TIP (en libras/pulg.²)

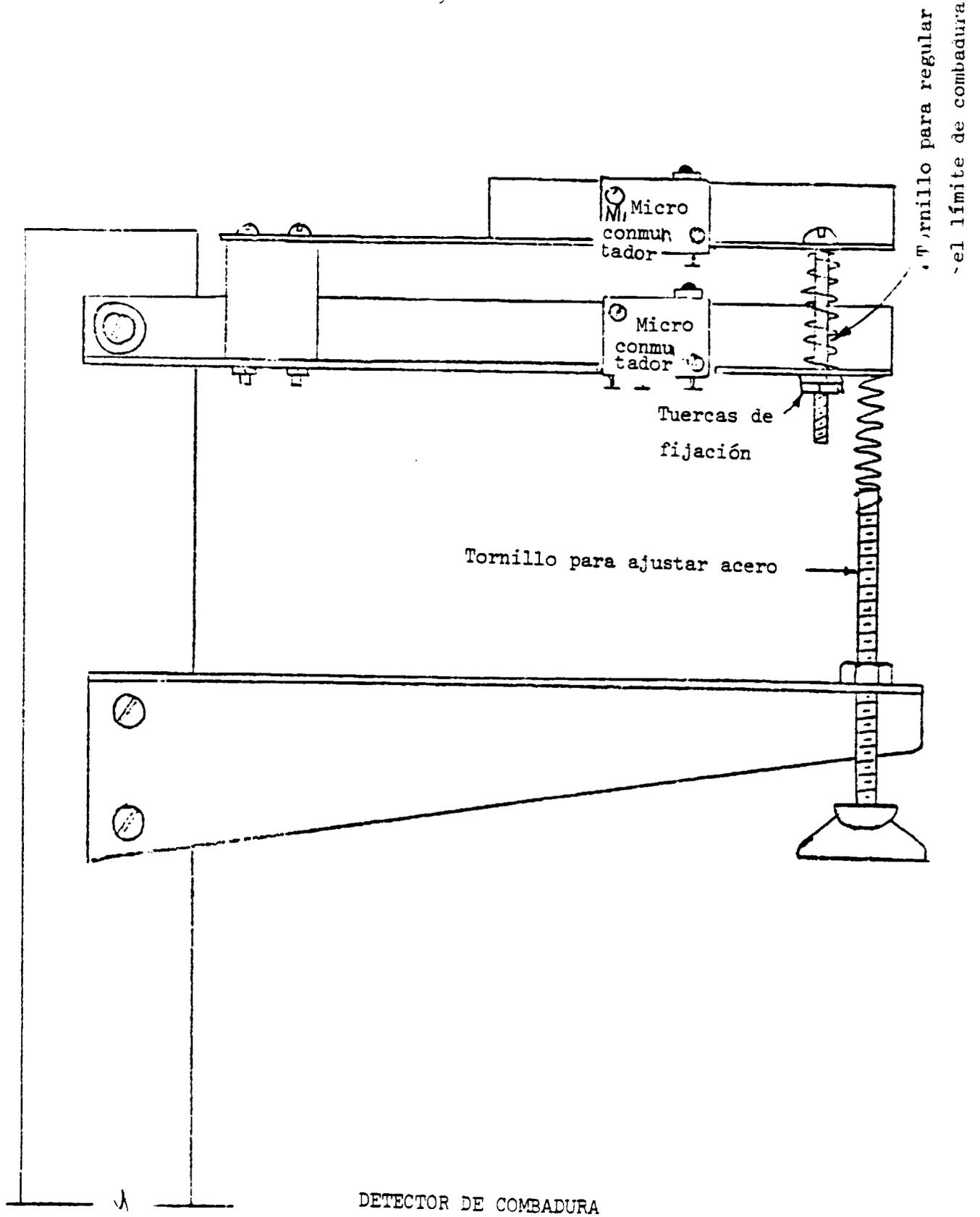


Figura 2

Se sugiere que, para las longitudes y secciones, un peso de unas 100 libras (45 kilos) que dé una combadura de unos 6 mm es un término medio adecuado entre la capacidad de discriminación de los microconmutadores y la facilidad de manejo.

3. Componentes de acero

Se acordó entre el experto y su homólogo de contraparte que, inicialmente, la fabricación de los componentes de acero se contrataría afuera. Esto eliminó del proyecto la responsabilidad de los detalles correspondientes, lo que permitía concentrarse plenamente en la fabricación de los componentes del puente propiamente tales.

Factor importante de esta decisión fue la pequeñez del local destinado a talleres.

Se acordó que los precios que se cobraran y la calidad de los componentes proporcionados deberían ser cuidadosamente controlados y que, a su debido tiempo, se adoptaría una decisión en cuanto a si los elementos de acero deberían fabricarse completa o parcialmente en el taller (o talleres) del proyecto.

Otra posibilidad es que los elementos de acero pudiesen fabricarse en el taller de mantenimiento de la Secretaría de Comunicaciones, Obras Públicas y Transporte (SECOPT). Para eso habría que contar con medios para hacer trabajos de taladrado de media pulgada, lo cual no costaría más de 500 dólares EE.UU. Son puntos a favor de la fabricación en el propio Proyecto las ventajas siguientes:

- 1) El control completo de la producción;
- 2 El control completo de la calidad.

A favor de la fabricación privada (o por la SECOPT) están:

- 1) La existencia de instalaciones que sólo se utilizan en parte;
- 2) Que no se requiere personal calificado supervisor adicional;
- 3) Que no se requiere que el Proyecto adquiriera medios para trabajos de taladro en diámetros de 1 1/2 pulgadas (o, posiblemente de 2 pulgadas).

El experto considera que esto es una decisión administrativa interna que debe tomar el Gobierno de Honduras.

Anteriormente el experto había expresado ciertas reservas a la ONUDI sobre lo delgado (6 mm, 1/4 pulg.) de las cartelas y los cordones en la forma

en que originalmente se habían diseñado. La mayoría de los códigos de diseños de puentes (CSA S6, Especificación AASHTO, etc.) exigen un grosor mínimo del acero de 3/8 pulg. o 10 mm. El acero de 6 mm puede ser satisfactorio en un clima árido, pero no deja margen para la oxidación.

En consecuencia, el experto y su homólogo de contraparte acordaron que deberían pedirse cotizaciones alternativas para las cartelas en acero de 3/8 pulg. Deberían también pedirse cotizaciones alternativas para los cordones en barra de 3 x 1/2 pulg. de sección extremo de los cordones, conforme al diseño original.

En Honduras, especialmente en las zonas costeras, la corrosión del acero será probablemente un problema. Faltan instalaciones de galvanizado en baño caliente. En reemplazo, y como la medida más adecuada, se decidió que a todos los componentes de acero debería dárseles una primera mano de pintura anticorrosiva en el taller.

Ya que ni el experto ni el homólogo de contraparte están especialmente al día en la práctica de la pintura anticorrosiva del acero, se recomienda que la ONUDI obtenga el asesoramiento separado de un experto en acero sobre este aspecto determinado.

Debe señalarse que las caras interiores del acero irán contra madera tratada con arseniato cuprocromico, lo que es una ubicación inaccesible que forma una trampa de agua contra madera con muy bajo pH.

4. Taller

Se acordó que debería utilizarse el local propuesto para taller en la unidad de mantenimiento de la SECOPT en el Aeropuerto de Tegucigalpa, que se compone de tres naves de un cobertizo que antes se usó para mantenimiento de camiones y que tiene unos 70 m². Se construiría una barraca de 8 x 12 pies (2,44 x 3,66 m) para guardar herramientas y artículos tentadores. Esta superficie es apenas adecuada para la producción e indudablemente insuficiente para la fabricación de los componentes de acero, pero su aceptación permite al Proyecto proceder con una demora y un gasto mínimos. Existen diversas posibilidades subsiguientes, que dependen de acontecimientos futuros.

- 1) Si el Gobierno decide no llevar adelante el Proyecto, la inversión hecha es mínima.
- 2) Si se resuelve crear una unidad centralizada, la experiencia adquirida será útil para planificar esta nueva unidad. Indudablemente, si se

acuerda un programa continuado de construcción de puentes, tendrán que proporcionarse mejores instalaciones, sobre todo si la unidad encargada de construirlos ha de ocuparse también de los elementos de acero (véase también el apartado 3)).

- 3) Si se decide descentralizar la fabricación en diversos talleres rurales, entonces, con algunas pequeñas mejoras la unidad podrá seguir actuando como base de capacitación siempre y cuando puedan proporcionarse unos pocos servicios administrativos complementarios. En este contexto, lo exiguo de sus instalaciones deberá ser un incentivo para que los talleres rurales demuestren lo que es posible alcanzar con un mínimo de medios. La existencia de instalaciones lujosas en un taller de capacitación puede ser desmoralizador para los encargados de establecer una unidad similar en una zona apartada.

Al término de la misión, se había limpiado el cobertizo y se iban a acometer los trabajos de la instalación eléctrica.

En el Anexo 1 se da la lista de herramientas y equipo de taller; y en la Figura 3, que es la distribución en planta, se indica la trayectoria de circulación del material.

El personal y sus labores son:

	<u>Número</u>
Aserrador: corta los componentes a la longitud y ángulo deseados	1
Peones: acarrean la madera hacia el puesto de aserradero y la sacan de él	2
Carpinteros de armar: arman los componentes en la plantilla, clavan, taladran los agujeros para las clavijas y los pernos	2
Soldador: Suelda las clavijas y las placas extremas	1
Obreros: acarrean los componentes terminados, pintan las partes soldadas, apilan y amarran la madera	2
Capataz: supervisa, verifica las dimensiones y controla las existencias	1

9

Al nivel de producción requerido estos hombres están permanentemente ocupados.

Galpón de
almacenaje

Zona de almacenamiento
de componentes de acero

Banco de taller

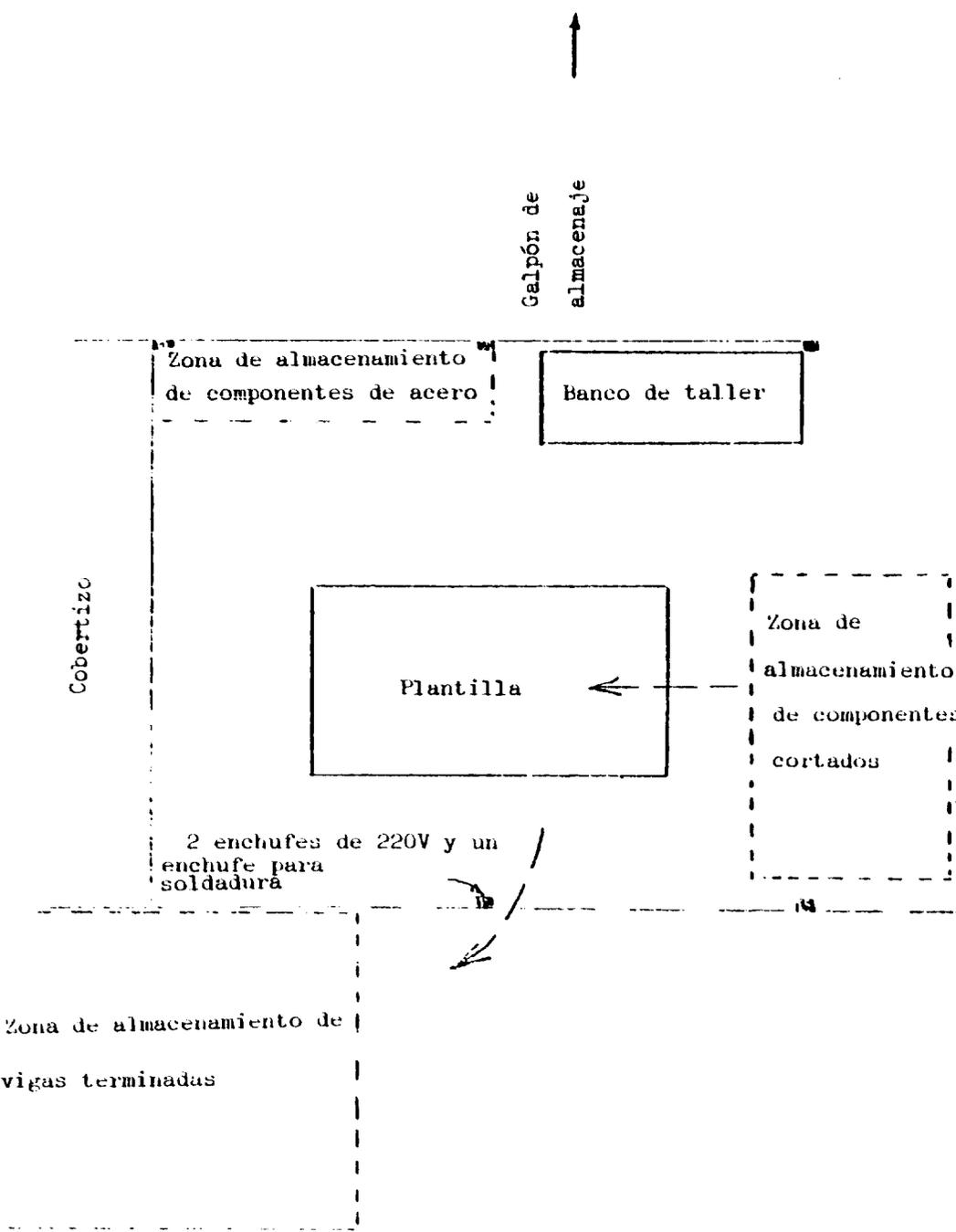
Cobertizo

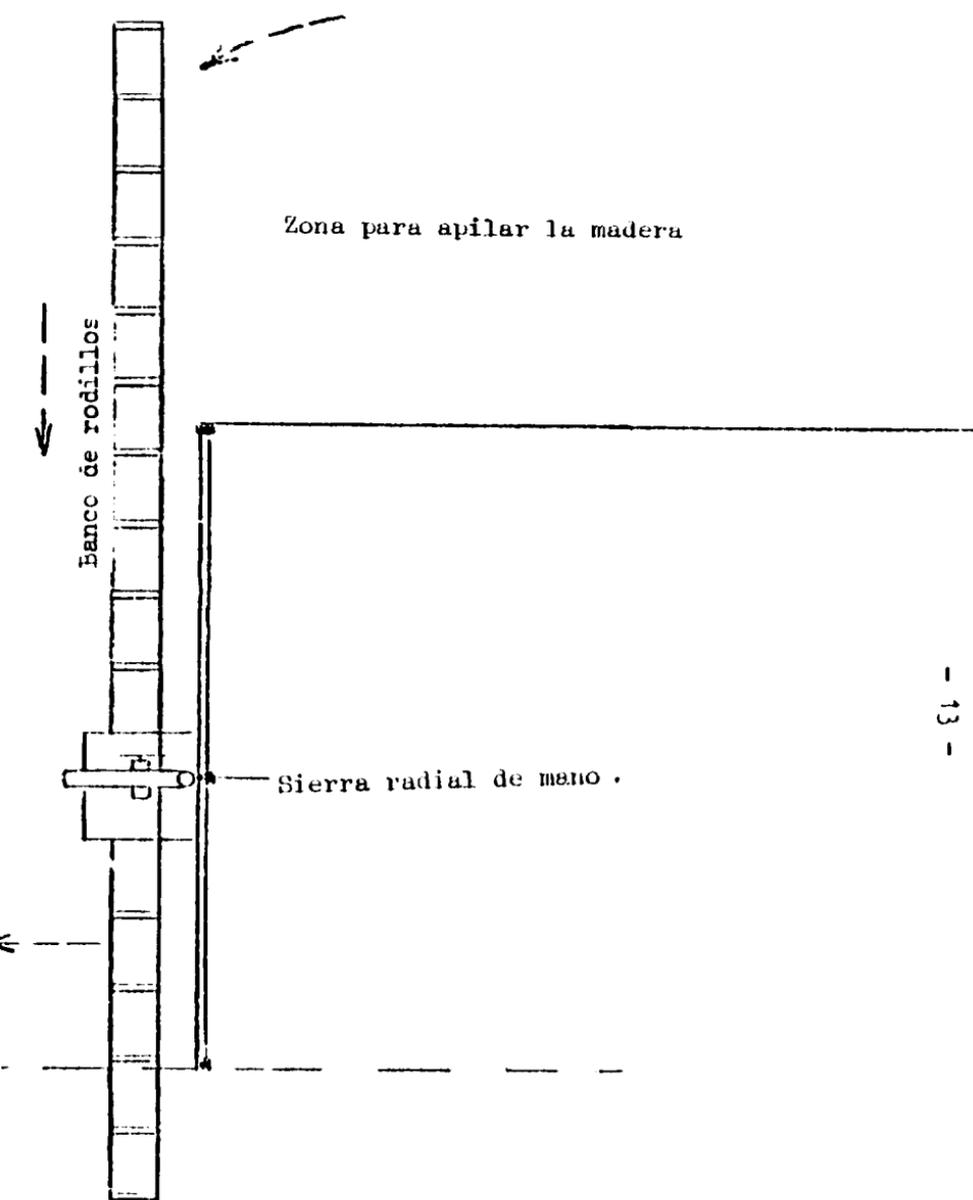
Plantilla

Zona de
almacenamiento
de componentes
cortados

2 enchufes de 220V y un
enchufe para
soldadura

Zona de almacenamiento de
vigas terminadas





ESQUEMA DEL TALLER

Figura 3

5. Montaje

El personal de taller estará dedicado totalmente a la fabricación de los componentes, y deberá establecerse una cuadrilla de montaje separada formada por cuatro hombres. Estos deberán ser un carpintero, dos obreros especializados y un chófer, que trabaja también como obrero. Deberá contarse con una camioneta para el transporte de herramientas y de materiales livianos.

Deberán proporcionarse pilares de derricks permanentes con arriostamiento apernado. Los derricks contruidos sobre el terreno no son adecuados para luces más largas, como lo demuestra la experiencia en Kenya.

El procedimiento de montaje descrito (2) no es totalmente satisfactorio, y está siendo redactado de nuevo por el experto. Entre los cambios principales que se incluyen está el uso de un cuadernal de cadena en el derrick ubicado en la orilla de partida, arriostando las partes superiores de los derricks al nivel del puente, y cambios en el lanzamiento de vigas adicionales. Estos puntos fueron explicados en detalle al homólogo de contraparte.

Para el lanzamiento de puentes de luces múltiples habrá que modificar el sistema.

Se recomienda que esto se haga utilizando un derrick en la orilla de partida y un mástil vertical para levantar pesos, 2 metros detrás de la primera pila, encontrándose en el lecho del río. El mástil debe ser al menos 6 metros más alto que la pila. El poste se arriestra aguas arriba y aguas abajo, hacia atrás en la próxima pila o a un macizo de anclaje, y hacia adelante en la parte superior del derrick. La construcción prosigue en la forma usual y se coloca el tablero sobre el primer vano. El derrick y el mástil vertical para levantar pesos se hacen avanzar un vano y se repite la operación.

Para este procedimiento será necesario disponer de cables de alambre de acero adicionales. Particularmente el dispositivo sujetador del cable fijo no debe atarse al puente, sino que debe quedar amarrado al macizo de anclaje construido para el primer vano.

La construcción de un puente de mediana longitud requerirá unos 10 días, conforme al calendario siguiente:

<u>Día:</u>	1	Preparar el emplazamiento, montar los derricks, armar la plataforma de la construcción
	2	Lanzar la jácena 1
	3	Lanzar la jácena 2
	4	Lanzar vigas adicionales
	5	Completar el arriostramiento horizontal fijo
	6	Tablero, desarmar derricks
	7	Tablero
	8	Tablero
	9	Construir largueros y parapetos
	10	Construir largueros y parapetos

Deberá contratarse mano de obra local para cavar los hoyos de los macizos de anclaje, acarrear componentes y madera y ayudar a clavar los tableros. Deberán acordarse los procedimientos administrativos adecuados para su contratación y pago.

En el Anexo 2 figura una lista de las herramientas y equipo de montaje necesarios.

6. Modificaciones al diseño original

Se acordó que debía adoptarse la recomendación que aparece en el informe del TRRL (3), en el sentido de que la pieza de empaquetadura del cordón superior debe hacerse en toda su extensión y que el pendolón se acorte en 2 pulgadas. Sin embargo, el experto opina que los pernos que sujetan la abrazadera de arriostramiento N° 13 no deben bajarse en la medida recomendada por el TRRL, sino sólo a no más de 3 pulgadas (75 mm) del borde inferior del cordón de base. Estos puntos fueron discutidos con el Sr. Parry en Nairobi a fines de 1979.

El largo del arriostramiento diagonal (2), (Figura 4, pág. 13) necesita ajustarse de acuerdo a lo anterior.

Un problema grave con que se tropezó en Kenya es la dificultad de alinear las clavijas del cordón en la placa panel 1 exactamente frente a frente. Cualquier error que se haga aquí al colocar los cordones de base produce dificultades y hace que estos miembros soporten cargas desiguales.

Se recomienda que se investigue el procedimiento siguiente:

- 1) Las placas de panel 1 se fabrican sin soldar las clavijas del cordón.
- 2) Una mitad del panel se fabrica en la forma usual pero se prescinde de su placa de panel 1.
- 3) El panel montado se lleva a la prensa taladradora, con el lazo original para arriba y se practica un orificio de pulgada y media a través del orificio que hay en la placa panel 1 atravesando el alma de los cuatro miembros.
- 4) Se inserta una clavija de largo completo (196 mm) por 1 1/2 pulgada y se coloca la segunda placa panel sobre ésta.

Se tiene la intención de probar este procedimiento en Kenya cuando las circunstancias lo permitan; y los resultados se comunicarán a la ONUDI.

Luces no normales

Uno de los usos principales para los que se propone la aplicación del sistema es el reemplazo de los tramos de escasa resistencia de puentes ya existentes. En estas circunstancias es muy improbable que los módulos de 3 metros se ajusten a los estribos existentes, y será necesario adaptar los módulos.

Se recomienda que esta situación se resuelva acortando la luz normal simétricamente respecto de la línea central del pendolón, con un acortamiento máximo de 1,5 metros.

El uso de uno o dos paneles acortados a lo largo del puente permitirá adaptar la construcción a cualquier variación de luces.

Se han investigado los detalles estructurales, y deben señalarse los aspectos siguientes:

- 1) La resistencia mecánica de los paneles no resultará afectada, ya que la conexión entre la placa final 5 y el cordón superior no varía.
- 2) La fuerza ejercida en el miembro diagonal es función del esfuerzo cortante y del cosecante (ángulo de inclinación). A medida que el ángulo aumenta, la fuerza se reduce hasta que, en el caso de un miembro de alma vertical (ángulo = 90°), la fuerza es igual al esfuerzo cortante. En estas circunstancias, cabe variar sin riesgo el ángulo del miembro diagonal siempre que el eje del miembro pase a través de los puntos centroides de los orificios de las placas de panel 1 y 5.

Como estos requisitos exceden de la capacidad de comprensión de los proveedores, será preciso contar con los servicios de un delineante con

conocimientos de proyección de estructuras que indique con detalle las dimensiones y la configuración de los paneles acortados conforme se señala en el punto (2) supra; asimismo, habrá que mantener la distancia vertical desde el cordón superior a la placa de panel 1. Se requerirán también cordones de base acortados, pero no es de prever que su fabricación plantee problemas.

La soldadura de piezas cortas a la longitud requerida está específicamente prohibida en el informe original (2) (pág. 46); no obstante, se estimó que, al aumentar la sección (1 1/2 pulg., frente a 1 pulg. en el caso normal), podría tolerarse la soldadura a tope de los cordones, ya que el esfuerzo a soportar es menor. Al mismo tiempo, en la especificación relativa a los componentes de acero entregada a los contratistas se incluyó una nota sobre la calidad de la soldadura que se requiere en esta ubicación particular.

7. Puentes de pequeña luz

En el contexto del programa diario para el medio rural recién cumplido se requería aún la construcción de varios puentes. La política seguida consistía en recurrir a los vados siempre que fuera posible, aceptando el hecho de que los caminos quedarían interceptados a causa de inundaciones durante la estación de las lluvias, dejando la construcción de puentes para más adelante, cuando la situación financiera lo permitiese.

A consecuencia de esta política, los cruces de los ríos están en zonas bajas, que no se prestan a la construcción de un puente de vigas de celosía y tablero superior, pues, dada la profundidad de su estructura, el costo de elevar los accesos y construir estribos elevados sería excesivo. En tales condiciones, son más apropiados los puentes bajos, de tramos continuos recubiertos con planchas. Un tipo de plancha adecuado -y que apenas requiere tecnología compleja o importada- es la plancha mixta (madera de construcción y hormigón). Los detalles pueden apreciarse en los dibujos de las figuras 4 y 5 reproducidos de la obra "Modern Timber Bridges" (4) y amablemente cedidos por el Instituto Canadiense de Construcciones en Madera.

Para trabajar la madera puede utilizarse una sierra eléctrica portátil con ranurador acoplado, o un trazador de cavetos, y herramientas manuales

Todo el trabajo de construcción necesario puede hacerse perfectamente en el medio rural. Se determinaron los costos de los materiales para la construcción, con criterio conservador, de tablas de 200 y de 150 mm de ancho (8 y 6 pulgadas) en tramos de 4,8 m (16 pies) para una longitud media de 3 tramos. No se incluyó el costo de los áridos para el hormigón, que se supuso se produciría a pie de obra (en la mayor parte de las fotos de esos vados se veía que en los lechos de los ríos había grava). El costo por metro para puentes de un solo carril de 4,5 m (15 pies) de ancho no llegaba a las 450 lempiras = 225 dólares EE.UU.

Se recomienda incluir la construcción de este tipo de tramo en el programa de construcción de puentes.

Haría falta un mínimo de equipo adicional, a saber:

- 1 Un acanalador de 170 mm Ø para medias cañas de 12 x 6 mm
- 2 mazos de carpintero
- 2 cortafríos de 32 mm
- 1 berbiquí de 20 mm.

Se calcula que el costo total de este equipo no pasaría de 120 dólares EE.UU.

8. Programa de construcción de puentes

Poco después de la llegada del experto, el Gobierno asignó 2 millones de lempiras más, a añadir al millón de lempiras inicial, como consignación para gastos a efectuar en 1981. Con estos fondos se habrán de sufragar también los gastos de cementación.

Cabe calcular, a groso modo, que se habrán de construir unos diez puentes durante un semestre, contando, por término medio, con la construcción de 6 vigas de celosía x 21 m de longitud; esto supone construir más de 600 vigas en 130 jornadas de trabajo, es decir cinco al día, lo cual será seguramente posible siempre que no se exija al equipo de producción que se ocupe también del montaje.

De la construcción de los caminos y puentes rurales están encargados varios departamentos diferentes de la SECOPT. El homólogo de contraparte encargado del proyecto está preparando una lista completa de los elementos necesarios, y se mantiene el debido enlace. En la fecha en que se escriben estas líneas, la lista no estaba completa.



Tamaños de las láminas de tablero

Tipo de tablero		10/12	
2x4	2x6	2x8	2x10
2x6	2x8	2x10	2x12
2x4	2x6	2x8	2x10
2x6	2x8	2x10	2x12

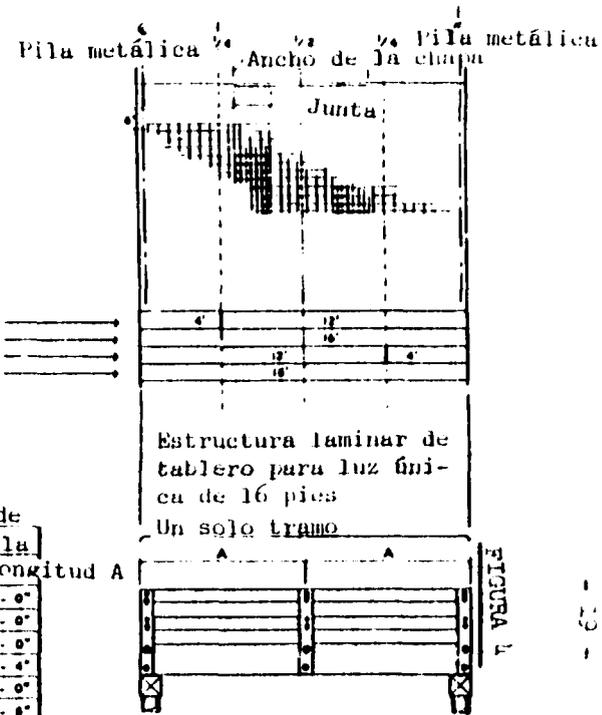


Vista lateral

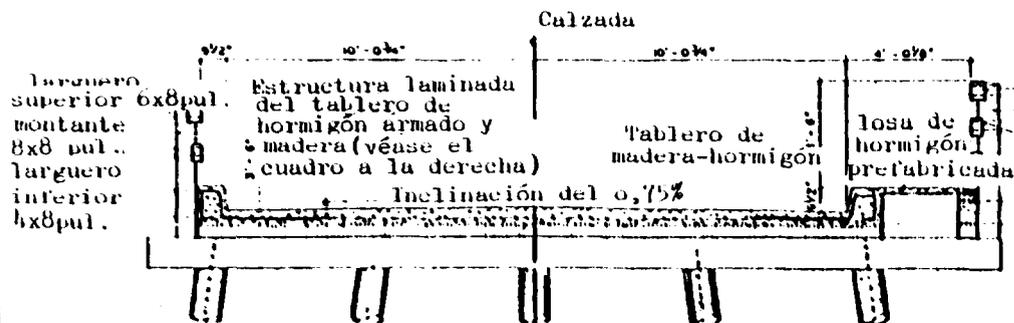
Tipo de Tramos de Luz de tablero (barandilla)

Nivel de esfuerzo	Número		Longitud A
por tramo			
16'	4/8	4/8	3 8'-0"
18'	4/8	4/8	3 8'-0"
20'	4/8	4/8	3 10'-0"
22'	4/8	4/8	3 1'-4"
24'	4/8	4/10	3 8'-0"
26'	4/10	4/10	3 8'-8"
28'	4/10	10/12	3 8'-4"
30'	10/12	10/12	3 10'-0"

Nota: Para los niveles de refuerzo, consúltese el cuadro 5 y la nota 2 de las especificaciones



Vista lateral



Semisección sin acera para calzada de 20 pies
Semisección con acera para otros anchos de calzada similar

El presente plano debe utilizarse conjuntamente con:
Especificaciones de materiales
Detalles de construcción
Detalles sobre juntas de dilatación y aceras
Estribos y pilas

Aviso: Plano típico. Para cada aplicación concreta debe consultarse a un ingeniero



Puentes de madera modernos
Diseño estándar Carga H20-S16

Tablero de madera-hormigón luces: 16-30 pies; Anchos de calzada: 20, 24 y 30 pies

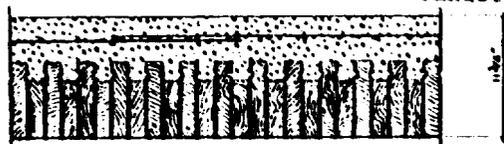
Instituto Canadiense para la Construcción en Madera
Ottawa (Ontario, Canadá)

DWG TC

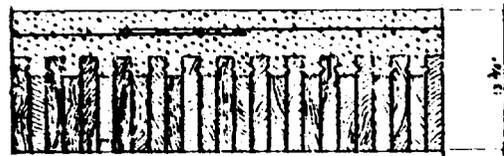
Tela metálica soldada de 4x4 pul. de no haber chapas enteras, no usar longitudes inferiores a 12 pul.



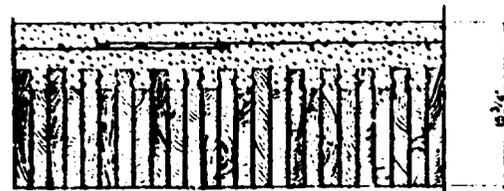
TIPO 4/6



TIPO 6/8



TIPO 8/10



TIPO 10/12

SECCION DE UN TABLERO COMPUESTO

Marcador de acercamiento, de madera terciada

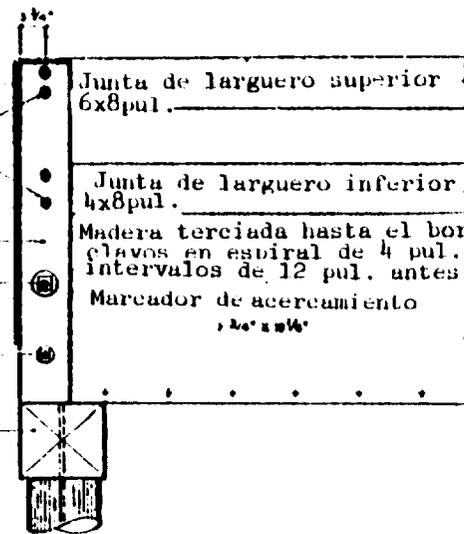
Arandelas de hierro maleable E.B.

Montantes de 8x8 pul.

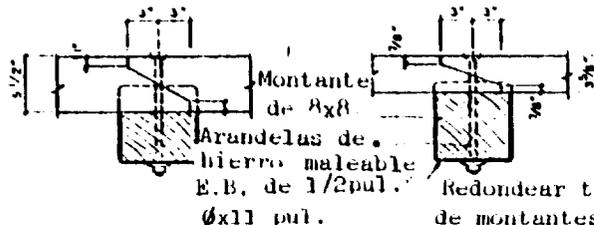
Perno de anclaje de 1 pul. Øx24 pul. arandela Ogel (véase el detalle "A")

Arandela de hierro maleable E.B. de 5/8 pul. Øx24 pul

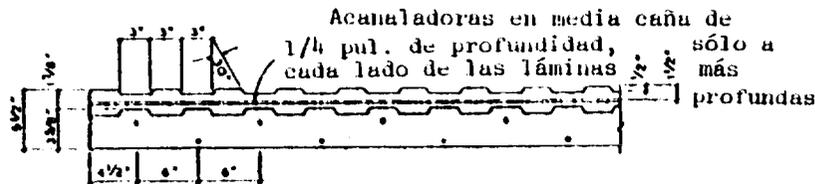
Cabeza



ALZADA

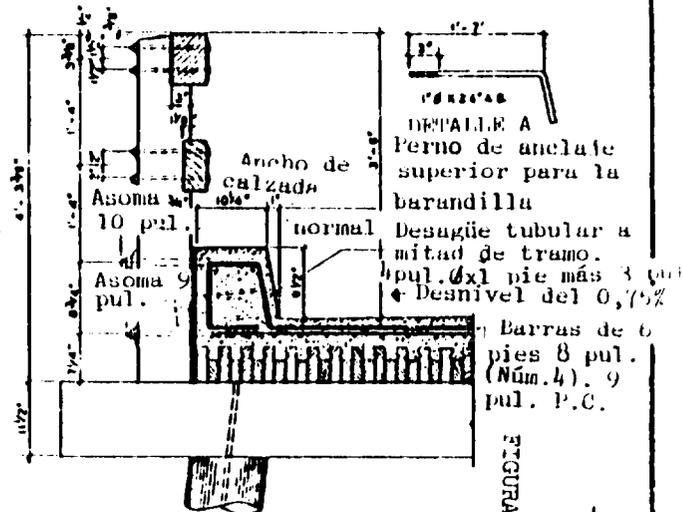


JUNTA DE LARGUERO SUPERIOR JUNTA DE LARGUERO INFERIOR



Clávense las láminas a 18 pul. con clavos de 5 pul. al trespelillo según dibujo
Primera lám. empieza a 4 1/2 pul. del extremo
Segunda lám. empieza a 10 1/2 pul. del extremo
Tercera lám. empieza a 16 1/2 pul. del extremo
Clávense oblicuamente cada lámina a cada cabeza usando clavos de 4 pul.

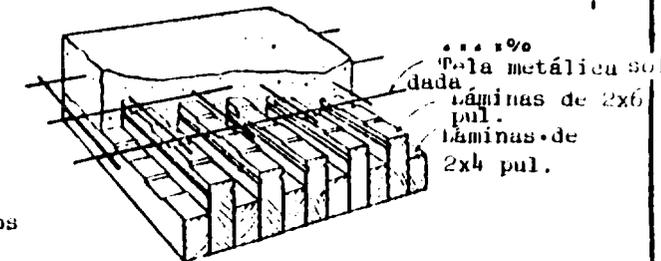
MODELO PARA CLAVAR EL TABLERO



SECCION TRANSVERSAL

DETALLE A
Perno de anclaje superior para la barandilla
Desagüe tubular a mitad de tramo. pul. Øx1 pie más 3 pul. Desnivel del 0,75%
Barras de 6 pies 8 pul. (Núm. 4) 9 pul. P.C.

FIGURA 5



SECCION TIPICA DE UN TABLERO DE MADERA-HORMIGON
Plano típico. Para cada aplicación concreta debe consultarse a un ingeniero



Puentes de madera modernos
Diseño estándar Carga H20-316

Tablero de madera-hormigón
Detalles de construcción
Instituto Canadiense para la Construcción en Madera
DWG TC/D1

Ottawa (Ontario, Canadá)

Este plano debe utilizarse conjuntamente con: Dibujos de la página 24

Se pide al Gobierno de Honduras que lleve nota de los costos y plazos de construcción y que comunique estos detalles a la ONUDI para coadyuvar así a su programa de construcción de puentes en otros países en desarrollo.

9. Personal profesional

El homólogo de contraparte nombrado por la SECOPT, Sr. Alex X.Z. Bendeck, es un ingeniero civil de gran competencia. Carece, empero, de experiencia especializada en ingeniería de la madera. En el anexo 3 se da una lista de libros recomendables; convendría que la ONUDI los comprara para que se utilizaran en el proyecto a los fines de transferencia de tecnología.

El Sr. Bendeck estará plenamente ocupado con los aspectos de administración y supervisión del proyecto, y necesitará ayuda paraprofesional para: a) levantamientos topográficos detallados; y b) trabajos detallados de delineación. Se recomienda que, a ser posible, el Sr. Bendeck y su personal trabajen en los locales de las oficinas de mantenimiento del aeropuerto de Tancotin, cerca del taller.

10. Referencias bibliográficas

- (1) Assistance to Rural Development and Transport, Technical Report, DP/ID/SER.A/285, 3 March 1981, UNIDO, Vienna.
- (2) Development of Timber Engineering Industries, Technical Report, DP/ID/SER.A/201, 19 October 1978, UNIDO, Vienna.
- (3) The Kenyan Low-Cost Modular Timber Bridge, TRRL Laboratory Report 970, United Kingdom Transport and Road Research Laboratory.
- (4) Modern Timber Bridges, Canadian Institute of Timber Construction, Ottawa.

ANEXO 1

HERRAMENTAL DE TALLER

(Sin incluir el equipo y herramental de ensayo)

<u>Herramientas mecánicas</u>	<u>Cantidad</u>
Sierra radial DeWalt de 2 HP, 12 pulg.	1
Taladros eléctricos de gran potencia, 1/2 pie	2
Sierra eléctrica de gran potencia, 9 pulg.	1
Caja de herramientas	2
Prensas de tornillo de gran potencia, 8 pulg.	2
Llaves (de apriete) - de trinquete, cuadrada, 3/4 pulg.	1
- de cubo	2
- múltiple, para pernos, 1 pulg.	1
- múltiple, 1/2 pulg.	1
- ajustable, 15 pulg.	1
- ajustable, 12 pulg.	1
Cepillo	1
Sierra de arco y hojas	1
Martillo de fragua, 8 libras, con asa	1
Tornillo de mecánico, 4 pulg.	1
Sierras de mano, 26 pulg.	2
Martillos, 2 1/2 libras	2
Martillos de uña hendida, 20 onzas	4
Rollos de cinta, 3 m (10 pies) x 3/4 pulg.	3
Falsa escuadra	1
Triscador	1
Gusanillos de rosca, 1 pulg.	3
Gusanillos de rosca, 9/16 pulg.	2
Escuadras de carpintero, 10 pulg.	2
Escuadra de techar (great Neck)	1
Brocas mecánicas para madera, 1 1/8 pulg.	2
Brocas mecánicas para madera, 1/2 pulg.	2
Brocas Blacksmiths HSS, 1 pulg.	2
Brocas helicoidales "long-Shank" HSS, 1/2 pulg.	4

Herramientas mecánicas

Cantidad

Limas triangulares, 6 pulg.	6
Limas de sierra, 10 pulg.	4
Muela de carborundo	1
Muela de mano	1
Hojas de repuesto para sierra circular	3
Lata de aceite	1
Tamos de 3 pies de transportador de rodillos	3

ANEXO 2

EQUIPO DE MONTAJE

<u>Tipo</u>	<u>Cantidad</u>
Guinches Tirfor, 4 t.	1
Guinches Tirfor, 2 t.	2
Aparejos de poleas dobles para 3 t. CTA*	2
Aparejo de polea pazteca para 3 t. CTA	1
Estribos para 3 t. CTA	3
Estribos para 2 t. CTA	6
Palas de mango largo	2
Pala de mango corto	1
Picos	2
Carretilla	1
Palancas de pie de cabra	2
Gato hidráulico, 5 t.	1
Aparejo diferencialde cadena de 8 m (26 pies) para 2 t. CTA	1
Bragas de argolla blanda de 3 m (10 pies) para 5 t. CTA	2
Bragas de argolla blanda de 2 m (7 pies) para 5 t. CTA	2
Bragas de argolla dura de 4,8 m (16 pies) para 2 t. CTA	3
Cable de alambre de acero para guinches, de argolla dura o gancho en un extremo, 60 m	1
Cable de alambre de acero para guinches, de argolla dura o gancho en un extremo, 40 m	3
Generador eléctrico 110 v, 60 Hz, 20 A	1
Sierra de cadena, 14 pulg.	1
Bidón de gasolina, 20 litros	1
Latas de aceite, 5 litros	2
10 m (33 pies) de maroma de abacá de 4 pulg. de circunferencia	1
Macho de fragua de 8 libras	1
Llaves de apriete - de trinquete para pernos de 1 pulg.	1
- múltiple, para pernos de 1 pulg.	1
- ajustable, de 15 pulg.	1
Taladradora eléctrica de gran potencia, 1/2 pulg.	1
Gusanillos de rosca, 1 pulg. (modificados para uso mecánico)	3
Gusanillos de rosca de 9/16 pulg. (modificados para uso mecánico)	3

* Nota: Las cargas de trabajo admisibles (CTA) se expresan en toneladas métricas (1000 kg, 2.240 libras).

ANEXO 3

LIBROS SOBRE CONSTRUCCION EN MADERA QUE SE RECOMIENDAN

- 1) "Wood Handbook" Forest Service, United States Department of Agriculture, Supt. of Documents, US Government Printing Office, Washington D.C.
- 2) "Timber Construction Manual", American Institute of Timber Construction.
- 3) "Timber Construction Handbook", Canadian Institute of Timber Construction, Ottawa, Canada.
- 4) "Modern Timber Bridges", Canadian Institute of Timber Construction.
- 5) "Standard Specifications for Highway Bridges", Association of American State Highway and Transportation Officials.
- 6) "SAA Timber Engineering Code", Australian Standard 1720. Standards Association of Australia, 80 Arthur Street, North Sydney, New South Wales, Australia.
- 7) Canadian Standard CAN 3 - S6 - M78, "Design of Highway Bridges", Canadian Standards Association, 178 Rexdale Boulevard, Rexdale, Ontario, Canada M9W 1R3.
- 8) Standard Grading Rules for Southern Pine Lumber, Southern Pine Inspection Bureau, Pensacola, Florida, United States of America.

NOTA: En el trabajo señalado con la referencia número 2 se puede obtener la fórmula para el tratamiento de conservación a presión con arseniato cuprocromico, contenida en la correspondiente norma AWPI.



