



**TOGETHER**  
*for a sustainable future*

## OCCASION

This publication has been made available to the public on the occasion of the 50<sup>th</sup> 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](mailto:publications@unido.org) for further information concerning UNIDO publications.

For more information about UNIDO, please visit us at [www.unido.org](http://www.unido.org)

19024

Distr. RESERVADA

DP/ID/SER.B/687  
4 de junio de 1991

Original: ESPAÑOL

1, 51 p.

*Handwritten notes:*  
1, 51 p.  
1, 51 p.  
1, 51 p.

**PUENTES MODULARES DE MADERA**

DP/PAN/88/006

P A N A M A

Informe final\*

Preparado para el Gobierno de la República de Panamá por la  
Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo  
Industrial en su calidad de organismo de ejecución  
del Programa de las Naciones Unidas  
para el Desarrollo

Basado en el trabajo de: Herald Erichsen  
Asesor Técnico Principal

Oficial de apoyo: Robert M. Hallett  
Subdivisión de Gestión y Rehabilitación Industriales

Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial

Viena

---

\* El presente documento no ha pasado por los servicios de edición de la Secretaría de la ONUDI.

## CONTENIDO

	<u>Página</u>
1. Introducción y Resumen	1
2. El Sistema	3
3. Diseño	4
4. Estribos	5
5. Materiales	6
5.1 Madera	6
5.2 Acero	10
6. Lanzamiento	12
7. Costos	13
8. Organización del Trabajo	23
9. Proveedores del Proyecto	26
10. Tablas	29
10.1 Pernos y su localización	30
10.2 Lista de Materiales para los Lanzamientos	32
ANEXO I - Fotos del Taller y de los Sitios	33
ANEXO II - Metodo Propuesto de Lanzamiento para puentes de Multiples Tramos	40

## 1. INTRODUCCION Y RESUMEN

Después de una positiva misión preparatoria del consultor en Agosto de 1988, el Gobierno de Panamá ha requerido la implementación práctica de un proyecto para introducir al país un sistema de puentes modulares de madera para poder cumplir con su importante tarea de responder a las necesidades infraestructurales de las marginadas poblaciones rurales, y a emergencias.

Como previsto en la misión preparatoria, el proyecto se desarrolló en cooperación con el PMA (Programa Mundial de Alimentos) con el MOP, como contraparte principal, así como con MIDA y INRENARE en forma muy satisfactoria, a pesar de las dificultades, cuales vivía el país en esta época.

Durante el año 1989 se instaló el equipo importado en el taller, asignado al proyecto por parte del MOP en Curundú, y se procedió a la compra de los materiales y a la prefabricación de los elementos.

Durante el año 1990 fueron lanzados y terminados los siguientes Puentes ONUDI:

- Quebrada Grande / Herrera	18 m	24 módulos
- La Pitaloza / Herrera	21 m	42 "
- Quebrada 'El Gato' / Herrera	18 m	24 "
- Quebrada 'El Tigre' / Herrera	12 m	16 "
- Rio San Juan / Veraguas	15 m	20 "
- La Yeguada / Veraguas	12 m	16 "

( en principios de 1991 se terminó ):

- Charco Negro / Veraguas	21 m	42 "
---------------------------	------	------

---

TOTAL	117 m	184 módulos
-------	-------	-------------

Los costos promedios de un Puente ONUDI en Panamá son :  
(superestructura, sin estribos y accesos - cuyos costos varían según el sitio)

- construcción estándar de 4 cerchas (luces libres de 12, 15 y 18 m)	<b>B/. 670</b>	por metro lineal
- construcción de 6 cerchas (luces libres de 21 y 24 m)	<b>B/. 830</b>	por metro lineal

El proyecto esta en plena ejecución, y esta beneficiando (hasta la fecha) a aprox. 12,000 campesinos en areas de extrema pobreza, y esta recibiendo una buena publicidad y atención nacional e internacional.

El MOP, en coordinación con MIDA y INRENARE esta aplicando el sistema correctamente en la planificación de los trabajos para mejorar la infraestructura rural a nivel nacional.

- Todavía en 1990, el MOP asignó los fondos necesarios para la continuación del programa en 1991 - con aprox. 10 Puentes ONUDI - (B/. 118,000 - cifra, que incluyó la compra de un camión de todo terreno para el proyecto).

- El MIDA en coordinación con INRENARE se comprometió para entregar la madera aserrada al proyecto, lo que representa un valor anual de aprox. B/. 100,000.

- Las regionales del MOP estan construyendo los estribos y accesos en los sitios seleccionados, lo que tambien representa un valor de aprox. B/. 100,000 para un programa de 10 puentes por año.

- La mano de obra no calificada proviene de los campesinos, incentivados por el programa del PMA con raciones alimentarias (aprox. 1,800 D/H por par de estribos y accesos) , o por su propio interes en la obra infraestructural en su región. Este aporte representa un valor de B/. 45,000 anualmente para un programa de 10 puentes.

Quiero, en este lugar agradecer a estos campesinos, a mis contrapartes directos, y a todas las personas y instituciones participantes, sin cuyo dedicado ayudo este exitó no había sido posible.

## **2. EL SISTEMA**

La ONUDI ha creado, mediante un proyecto en Kenya (1973) un sistema unico de puentes modulares de madera, prefabricados y de bajos costos para caminos vecinales, conocido como "Puente ONUDI".

El sistema se ha aplicado desde entonces, y a traves de la implementación de proyectos demostrativos, con buen exito en varios paises en via de desarrollo - interes existe tambien en paises industrializados (Austria, E.E.U.U.).

El elemento basico, el módulo, es un panel triangular de madera de tres metros de largo, con placas de acero. El módulo representa el elemento mas grande y pesado (aprox. 200 kg) del sistema, y es transportable a mano - entre 3-4 hombres.

La construcción y terminación de un Puente ONUDI standard (luz libre de 15 m, construcción de 4 cerchas, con paso manos) toma aprox. 6 días sobre estribos preparados. Su prefabricación en el taller tomara tambien una semana.

Los Puentes ONUDI son diseñados para luzes libres de 6 a 24 metros (en multiples de 3 metros), y para cargas del tipo HS 20. La vida útil se estima en 20 años. Los módulos y elementos prefabricados pueden almacenarse para su inmediata disponibilidad en emergencias, y el sistema completo puede ser transportado por avion - en caso de necesidad.

La estructura básica (las cerchas) puede tambien tener una aplicación interesante como "obra falsa" en la construcción de puentes de hormigón, donde la rapidez del lanzamiento (1-2 días), y la posibilidad de reusar los módulos muchas veces, es importante.

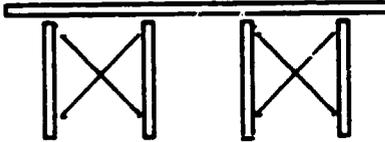
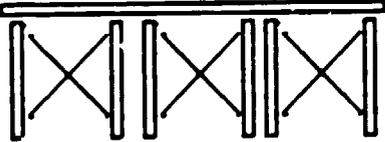
### 3. DISEÑO

El diseño del Puente ONUDI no requiere ninguna calculación, siempre cuando se utilizan maderas de construcción con un grado CTA\* de F 11 - F 22 (peso de la madera seca al aire : 600 - 900 kg / m<sup>3</sup>), y una carga max. de HS 20. ✓

Como el sistema es modular, solo cambia el numero de las cerchas con luces mas grandes, como se puede apreciar en el siguiente cuadro:

#### Diseño de Puentes ONUDI

Luz libre	No. de cerchas	No. de módulos
-----------	----------------	----------------

		
6 m	2	4
9 m	2	6
-----		
		
12 m	4	16
15 m	4	20
18 m	4	24
-----		
		
21 m	6	42
24 m	6	48

Timber: Tropical Hardwoods (Stress Grade F 11 - F 22)

Loading: HS 20

(he 2/87)

\* Carga de Trabajo Admisible (CTA)

#### 4. ESTRIBOS

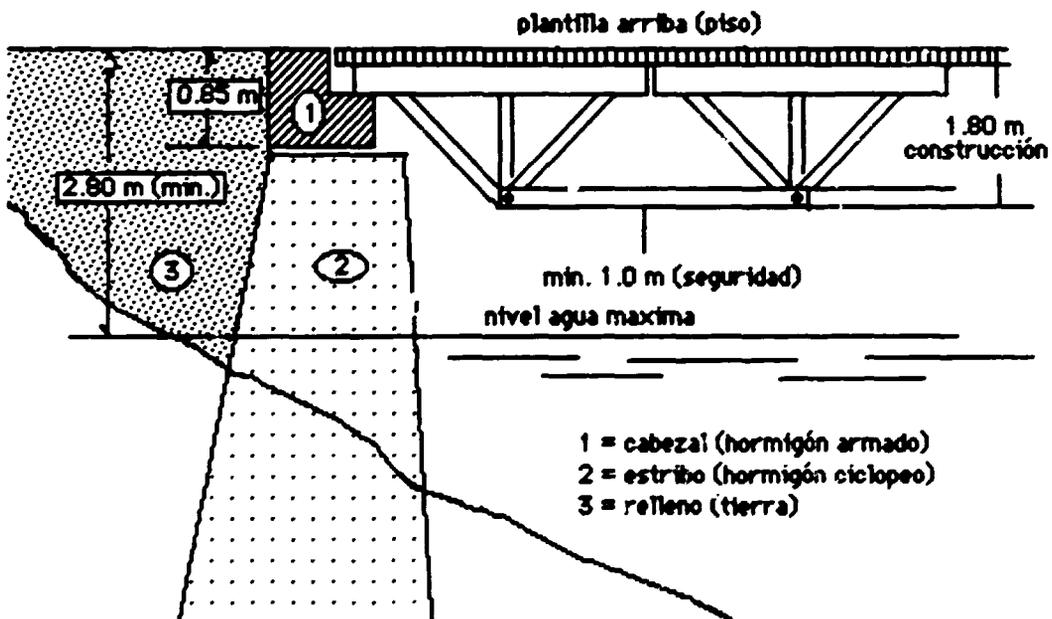
Los estribos para Puentes ONUDI son tradicionalmente construidos de hormigón ciclopeo, con cabezales de hormigón armado (los ultomos segun los planos de la ONUDI).

Tambien pueden construirse estribos en mamposteria, de gabiones, con pilotes, etc.

El proyecto utilizo gabiones con muy buen exito para los muros de ala, y en la rehabilitación de los caminos de acceso.

Para el sistema ONUDI es preciso que los cabezales son exactamente nivelados y alineados. Ademas tienen que levantarse 2.80 m por lo minimo sobre el nivel de las aguas maximas. Para la construcción y las distancias criticas hay que referirse a los planos entregados.

El pequeño resalto entre el estribo (2) y el cabezal (1) provee la base para poder colocar un gato hidraulico (5 t), así permitiendo de levantar las cerchas despues de su lanzamiento y desplazamiento hacia su posición final (fuera de la línea central de los estribos).



## 5. MATERIALES

La siguiente lista indica , en cifras redondadas los materiales principales, y las cantidades necesarias por metro lineal (ml) :

Construcción de :

	<u>2 Cerchas</u>	<u>4 Cerchas</u>	<u>6 Cerchas</u>
MADERA (dimensionada)	0.85 m <sup>3</sup>	1.0 m <sup>3</sup>	1.3 m <sup>3</sup>
ACERO	75 kg	150 kg	225 kg
CLAVOS	12 kg	13 kg	15 kg

El taller del proyecto en Curundú tiene una capacidad de aprox. 10 Puentes ONUDI con un promedio de 15 m de luz / año :

10 Puentes ONUDI = 150 ml = 200 módulos

Hay que prever la compra (presupuesto) y entrega de estos materiales con anticipación de aprox. un año para poder cumplir con lo planificado.

### 5.1. Madera

Panamá cuenta con una riqueza forestal, sobre todo en el Darien, la costa Atlántica, así como en la provincia de Veraguas (Isla Coiba y costa del Golfo de Montijo) para proporcionar el material principal para los Puentes ONUDI - siempre y cuando la tala este autorizada, controlada, y acompañada por un programa de reforestación para garantizar un manejo sostenido del recurso.

Existen muchas especies forestales que se prestan para la construcción, y que cumplen con la mayoría de los siguientes requerimientos para Puentes ONUDI:

- buena resistencia mecánica para construcciones medio pesadas
- buena durabilidad natural para resistir a los ataques de los hongos e insectos xilófagos sin tratamiento químico
- pocas contracciones volumétricas y estabilidad durante el secado
- mediana densidad (600 - 900 kg/m<sup>3</sup> a 15 % de humedad)
- abundancia - fácilmente disponible
- troncos grandes (diámetro: 40 cm o más a la altura del pecho) para poder conseguir tablonés de grano recto y un ancho de 26 cm - sin albura
- ausencia de otros usos de más alto valor (muebles, chapas decorativas, tornería, etc.)

Entre otras, las siguientes especies panameñas se han utilizado o se pueden utilizar en el proyecto con un buen éxito :

AMARGO AMARGO	(Vatairea spp.)
MARIA	(Calophyllum brasiliense)
ZAPATERO	(Hieronyma alchorroides)
AMARILLO	(Terminalia amazonica)
TANGARE	(Carapa guianensis)
CAMARONCILLO	(Minquartia guianensis)
CABIMO	(Copaifera aromatica)
COCO	(Lecythis spp.)
GUAYACAN	(Tabebuia spp.)
NISPERO	(Manilkara y Pouteria spp.)

Una alternativa ecológicamente valable existe parcialmente ya en la utilización de la madera de PINO (*Pinus caribea*), proveniente de las plantaciones nacionales - bajo la condición que se instalen plantas de tratamiento químico a vacío/presión.

Actualmente, los árboles no tienen todavía los diámetros requeridos para todos los elementos de Puentes ONUDI.

Otra alternativa es la importación de madera de construcción ya dimensionada y tratada por vacío/presión proveniente de Honduras (PINO), o de los E.E.U.U. (DOUGLAS FIR - *Pseudotsuga menziesii*).

Conviene, pedir la madera en simples dimensiones y solo en pocos (3) diferentes largos en los aserraderos, para reducir los desperdicios en el taller de Curundú.

La siguiente lista da la especificación para las cantidades de madera, requeridos para 10 Puentes ONUDI de 15 m de luz (150 ml). Esta cantidad representa un típico pedido anual del proyecto:

<b>Dimension</b>	<b>Largo</b>	<b>Pzas.</b>	<b>PT</b>	<b>ubicación en el sistema ONUDI</b>
2 x 4"	14'	3,300	30,800	piso/4T/diagonales para postes/ conexiones de modulos/ trabajos adicionales
2 x 8"	12'	40	640	aristres transversales
2 x 10"	10'	900	15,000	tablas de rodaje/1T
2 x 6"	10'	330	3,300	aristres verticales/ espacedores / 3T / pasa manos
1 x 6"	10'	100	500	pasa manos
2 x 8"	8'	900	9,600	2T
4 x 4"	8'	100	1,070	postes
6 x 6"	8'	300	7,200	bordillos/espacedores
<b>Total</b>			<b>68,110</b>	

**Especies:**

Maderas duras de construcción. Una mezcla de especies como CAMARONCILLO/MARIA/AMARILLO/TANGARE/CABIMO/AMARGO-AMARGO etc. es aceptable.

El sistema ONUDI requiere madera de buena calidad. Los tablones no deben contener albura sino deben estar de duramen solamente, de grano recto, y sin defectos como grandes nudos, rajaduras, etc. Las medidas hoy que pedirles en sobredimensiones para permitir las contracciones durante el secado (1/2" en el ancho y 1/4" en el espesor).

## Secado

El secado de la madera, sobre todo de los elementos previstos para la fabricación de los módulos, es de alta importancia para su estabilidad dimensional, y para evitar su degradación.

Un contenido de humedad de aprox. 18 % deja la madera en equilibrio con el medio ambiente en el interior de Panamá, y no se producen mas tensiones y contracciones.

La forma mas simple, y normalmente muy adecuada es el secado al aire libre, en pilas planas con espaciadores entre los niveles para dejar pasar el aire.

El proceso es algo lento, y tomara entre 4 y 10 meses (dependiente de la especie y de la dimensión).

Las pilas se ubican dentro del hangar ordenamente sobre zocalos , y en forma bien planificada por dimensiones, para facilitar el acceso posterior en conforme con el flujo de la producción.

En el caso, que se esta utilizando - como previsto - la madera MARIA, proveniente de Zamba-Bonita, se puede directamente proceder a su uso en el proyecto, porque esta madera ya debería estar suficientemente seca (4 años desde el tiempo de su tala).

## Preservación

Las maderas anteriormente mencionadas (con la excepción del PINO) no requieren una inmunización, debido a su alta durabilidad natural, y por no estar en contacto directo con el suelo.

Sin embargo, en el taller se esta aplicando una mano de brea/diesel a todos los elementos debajo del piso del puente (módulos, arriostres, espaciadores entre tensores, etc.). Esto da una cierta protección, y un aspecto uniforme, sobre todo si se esta utilizando una mezcla de diferentes especies de madera.

El unico otro proceso de preservación, aceptable para Puentes ONUDI (con una vida útil de mas que 20 años, y casi sin mantenimiento en el campo) es el proceso de vacio/presión en un autoclave, utilizando una solución de sales (p.e. CCA - Cobre/ Cromo/ Arsenico). Este proceso se presta bien para la inmunización de la madera de PINO.

## 5.2. Acero

Las partes de acero (placas) para Puentes ONUDI se fabrican de acero dulce. El sistema requiere tres diferentes espesores :  
1/4" (6 mm) - 3/8" (9 mm) - 1/2" (12 mm)

El presente proyecto contrató una empresa privada (Industria Metalúrgica de Panamá, S.A.) para fabricar las placas, incl. los trabajos de perforación y soldadura.

La empresa dispone de una cizalla industrial para las cortes, y la calidad y la importante precisión en este trabajo fue muy satisfactoria.

El precio ofrecido refleja el hecho que la empresa puede utilizar material sobrante de otros trabajos para la mayoría de las placas.

Una alternativa es la contratación solo del material cortado (una cotización se encuentra en la parte "Proveedores"), y de dejar los trabajos de perforación y soldadura con INAFORP, donde existe ya un convenio de cooperación interinstitucional (INAFORP / MOP).

En la siguiente lista figuran las medidas de las placas, así como las cantidades necesarias para un programa anual de 10 Puentes ONUDI :

<u>espesor</u>	<u>dimensión (mm)</u>	<u>cantidad (Pzs)</u>	<u>*en los planos</u>
1/4"	300 x 150	800	Mc 5
	300 x 75	400	Mc 8
	150 x 100	640	Mc 6
3/8"	3150 x 120	320	Mc 6
	300 x 288	400	Mc 9/9A (200 c/u)
	250 x 50	800	Mc 5
	150 x 108	200	Mc 13
	113 x 108	200	Mc 13
	113 x 76	200	Mc 9A
1/2"	275 x 200	40	Apoyos
	217 x 200	40	"
	130 x 50	160	"
	174 x 125	400	Mc 10/11 (200 c/u)

aprox. 20 t

Aparte de las placas se requiere tambien:

- acero estructural liso de 1/2" dia - 370 varillas de 20' (2 t)
- eje de transmisión, dia 2" - 10 ejes de 20' (1 t)
- clavos corrientes de 4" - 2 toneladas metricas
- pernos ordinarios con rosca gruesa, y cabeza hexagonal (con una tuerca y dos arandelas c/u)

1 x 12"	160	1/2 x 10"	250
x 10"	400	x 9"	800
x 6"	400	x 7"	450
x 3"	400	x 6"	450
x 2"	400		

- pernos de carruaje (galv.)      3/8 x 7"      1,500

- electrodos      tipo 6011 (en 1/8" y 5/32" )      -      500 lbs

## **6. LANZAMIENTO**

Durante los futuros lanzamientos de Puentes ONUDI, es **indispensable**, que un ingeniero/técnico, formado por el proyecto este encargado con la supervisión, para disminuir el riesgo de un accidente.

Se utilizó un sistema simple con dos torres de lanzamiento, fabricado de madera (150 x 150 mm), con cabezales de acero, montadas en la posición del eje central de los dos estribos.

Este sistema precise desplazar la primera pareja de cerchas - después de su lanzamiento - a un extremo de los estribos para dejar espacio a la segunda (y la tercera - en caso de un puente de 21 o 24m de luz) pareja de cerchas.

Es muy importante, sobre todo con luces grandes, la buena fijación de las torres con "muertos" (profundidad: 2 m / distancia de las torres: min. 12 m), y con cables contravientos.

Se recomienda, donde practicable, de utilizar este sistema también para posibles futuros lanzamientos de varios tramos. Los nuevos cables de 80 m permiten el lanzamiento de dos tramos de hasta 24 m c/u. Sin embargo, en el anexo se se adjunta la descripción de un otro sistema de lanzamiento de varios tramos, elaborado por TRADA.

En lanzamientos de Puentes ONUDI de 18 m o más, es indispensable de cortar las fuerzas en los techos mediante el empleo de pares.

Anticipando lanzamientos regulares de aprox. 10 Puentes ONUDI por año, conviene de fabricar dos torres desarmables de lanzamiento en acero ( tubos de 100 mm (4") dia. ), con una base de 4 x 4 metros, y una altura de aprox. 6 metros.

## **7. COSTOS**

### **A) Superestructura Modular**

Los costos de la superestructura (tipo estandar, de cuatro cerchas, una via) en Panamá se calcula en **aprox. B/. 670 / metro lineal**, incluyendo los costos de la mano de obra en las instalaciones de MOP en Curundú (aprox. **B/. 630 / metro lineal** para una construcción de 6 cerchas).

Estos costos comparen directamente con los costos acopiados en otros proyectos de la ONUDI en la region (Ecuador : US\$ 480 - sin costos de la mano de obra, Bolivia: US\$ 900 - incl. costos de la mano de obra en el taller).

Los costos por metro lineal del puente mismo dependen de los precios de los materiales, y normalmente no tienen variaciones significativos (ver debajo: costos recientes para materiales en Panamá).

Sin embargo, seria posible bajarlos, p.e. mediante:

- un aumento de la eficiencia de producción en el taller. Con el mismo personal se podría llegar a una producción de 6 módulos / día (experiencia de otros proyectos). La precondition es la presencia de todos los materiales, y el buen estado de los herramientas.
- la involucración de instituciones como INAFORP y METROVIAL del MOP en la fabricación de las placas.
- adquisición de los materiales en cantidades significativas, lo que resulta normalmente en precios mas favorables.

#### **Nota:**

Existe la posibilidad, que las contrapartes, tambien en el futuro, pueden efectuar pagos (incl. 3.5 % de gastos administrativos) a la representación del PNUD bajo la modalidad "GCCC" (Contribución del Gobierno en Moneda Local al Proyecto).

Los fondos quedaren a la disponibilidad del proyecto, y las adquisiciones de materiales, vehiculos, etc. podrian agilizarse sustancialmente.

Costos aproximados de los materiales principales en Panamá (Febrero de 1991), calculado para un programa anual de 10 Puentes ONUDI de 15 m = 150 ml = 200 módulos :

<b>Madera:</b> 68,110 P.T. ( B/. 0.70 / p.t.) (aporte del MIDA)	B/. 48,000
<b>Acero (placas):</b> según especificación (Industria Metalurgica de Panamá, S.A.)	B/. 27,000
<b>Acero estructural:</b> 370 varillas, $\varnothing$ 12 mm / 20' (Metales, S.A.)	B/. 2,150
<b>Eje de transmisión:</b> 10 ejes, $\varnothing$ 2" / 20' (Metales, S.A.)	B/. 1,800
<b>Clavos:</b> 2 toneladas metricas - 90 cajas (Acero de Panamá, S.A.)	B/. 1,950
<b>Pernos:</b> según especificación (Centro Industrial, S.A.)	B/. 11,000
<b>Electrodos:</b> #6011 (1/8" + 5/32") - 500 lbs (Geneva, S.A.)	B/. 600
	<hr/>
<b>Total</b>	<b>B/. 92,500</b>
<b>Mano de Obra:</b> 500 D/H (B/. 15) (taller en Curundú)	B/. 7,500
	<hr/>
<b>Grand Total</b>	<b>B/. 100,000</b>
	<b>( B/. 670 / ml)</b>

## B) Estribos

Los costos de los estribos varían según su diseño y en función del terreno en cada sitio. Generalmente, se puede decir que un terreno rocoso y quebrado se presta más para la economía del sistema ONUDI que un terreno arenoso, pantanoso y plano.

La construcción de los estribos en todos los sitios del proyecto es de una construcción mixta: hormigón ciclopeo para los estribos, hormigón armado en los cabezales, y gabiones en los muros de ala. Este tipo de construcción es muy apropiado para caminos vecinales. La construcción con gabiones no solamente es relativamente barato por su fácil aplicación, utilizando materiales locales y mano de obra no calificada, pero tiene también ventajas tecnológicas respecto a su flexibilidad en áreas donde hay movimientos de tierra (sismos, socavamiento, erosión).

La construcción de un par de estribos costó en el proyecto un promedio de B/. 8,800 lo que incluye la mano de obra no calificada, incentivada con raciones alimentarias del PMA (aprox. 1,800 raciones = B/. 4,500 por par de estribos).

## C) Accesos

Los costos de los accesos son muy diferentes, y dependen de la zona, y del estado del camino existente. Se requiere trabajo de tractor. En promedio no deberían sobrepasar B/. 3,000 por sitio.

## D) Lanzamientos

Durante los lanzamientos y la terminación de un Puente ONUDI en el Interior ocurren los más diversos pequeños costos y imprevistos. Por experiencia hay que contar con un monto global de B/. 100 / ml de puente (lo que incluye los viáticos para el responsable).

En las siguientes páginas figuran los (7) sitios terminados hasta la fecha con sus respectivos costos.

En el último sitio - Charco Negro - falta todavía el lanzamiento, pero los módulos necesarios ya están en existencia en el taller de Curundú.

Este sitio queda muy cerca de la carretera principal (500 m), lo que baja los costos de los accesos significativamente.

**PUENTE ONUDI**  
**QUEBRADA GRANDE**  
Camino Los Pozos-El Cedro / Herrera  
Panama

Lanzamiento: 19 de Febrero de 1990  
Luz libre: 18 metros  
Carga max.: HS 20 (AASHTO) - 35 toneladas  
Vida útil: 20 - 25 años  
Construcción: 4 cerchas (24 modulos)  
Costo total: B/. 23,400  
Beneficiados: Aprox. 3,000 Personas

**COSTOS DIRECTOS**

A) Estribos (Hormigon ciclopeo/Hormigon armado /Gabiones)	
- Materiales (cemento, lastre, hierro, gabiones)	\$ 2,800
- Mano de Obra (incentivada con aprox. 1,800 raciones de alimentos - PMA)	\$ 4,500
- Transportes en camión	\$ 1,800
TOTAL	\$ 9,100
B) Accesos (trabajos de arreglo con tractor)	\$ 2,000
C) Puente (estructura completa)	
-Materiales : madera (20 m3)	\$ 5,000
placas metalicas	\$ 3,200
pernos y clavos	\$ 1,400
- Mano de Obra (basado en una producción de 3 módulos/día - 60 D/H)	\$ 900
TOTAL	\$ 10,500
D) Lanzamiento - monto global : \$ 100/ml (incl.viaticos, combustible, imprevistos)	\$ 1,800
<b>TOTAL (\$ 1,300 por metro lineal)</b>	<b>\$ 23,400</b>

## PUENTE ONUDI QUEBRADA DE PIEDRA

La Pitaloza Abajo / Herrera  
Panama

Lanzamiento:	26 de Abril de 1990
Luz libre:	21 metros
Carga max.:	HS 20 (AASHTO) - 35 toneladas
Vida útil:	20 - 25 años
Construcción:	6 cerchas (42 modulos)
Costo total:	<b>B/. 41,300</b>
Beneficiados:	<b>Aprox. 5,000 Personas</b>

### COSTOS DIRECTOS

<b>A) Estribos (Hormigon ciclopeo/Hormigon armado /Gabiones)</b>	
- Materiales (cemento, lastre, hierro, gabiones)	\$ 2,800
- Mano de Obra (incentivada con aprox. 1,800 raciones de alimentos - PMA)	\$ 4,500
- Transportes en camión	<u>\$ 1,800</u>
TOTAL	<b>\$ 9,100</b>
<b>B) Accesos (trabajos de arreglo con tractor)</b>	<b>\$ 15,000</b>
<b>C) Puente (estructura completa)</b>	
-Materiales : madera (25 m3)	\$ 6,250
placas metalicas	\$ 5,600
pernos y clavos	\$ 1,700
- Mano de Obra (basado en una producción de 3 módulos/día - 105 D/H)	<u>\$ 1,550</u>
TOTAL	<b>\$ 15,100</b>
<b>D) Lanzamiento - monto global : \$ 100/ml (incl.viaticos, combustible, imprevistos)</b>	<b>\$ 2,100</b>
<b>TOTAL (\$ 1,970 por metro lineal)</b>	<hr/> <b>\$ 41,300</b>

**PUENTE ONUDI**  
**QUEBRADA EL GATO**  
Camino Las Minas-El Rosario / Herrera  
Panama

Lanzamiento:	18 de Septiembre de 1990
Luz libre:	<b>18 metros</b>
Carga max.:	HS 20 (AASHTO) - 35 toneladas
Vida útil:	20 - 25 años
Construcción:	4 cerchas (24 modulos)
Costo total:	<b>B/. 26,400</b>
Beneficiados:	<b>Aprox. 4,000 Personas</b>

**COSTOS DIRECTOS**

<b>A) Estribos</b> (Hormigon ciclopeo/Hormigon armado /Gabiones)	
- Materiales (cemento, lastre, hierro, gabiones)	\$ 2,800
- Mano de Obra (incentivada con aprox. 1,800 raciones de alimentos - PMA)	\$ 4,500
- Transportes en camión	\$ 1,800
TOTAL	\$ 9,100
<b>B) Accesos</b> (trabajos de arreglo con tractor)	\$ 5,000
<b>C) Puente</b> (estructura completa)	
-Materiales : madera (20 m3)	\$ 5,000
placas metalicas	\$ 3,200
pernos y clavos	\$ 1,400
- Mano de Obra (basado en una producción de 3 módulos/día - 60 D/H)	\$ 900
TOTAL	\$ 10,500
<b>D) Lanzamiento</b> - monto global : \$ 100/ml (incl.viaticos, combustible, imprevistos)	\$ 1,800
<hr/>	
<b>TOTAL</b> (\$ 1,465 por metro lineal)	\$ 26,400

**PUENTE ONUDI**  
**QUEBRADA EL TIGRE**  
Camino Las Minas-El Rosario / Herrera  
Panama

Lanzamiento:	18 de Septiembre de 1990
Luz libre:	12 metros
Carga max.:	HS 20 (AASHTO) - 35 toneladas
Vida útil:	20 - 25 años
Construcción:	4 cerchas (16 modulos)
Costo total:	B/. 18,520
Beneficiados:	Aprox. 4,000 Personas

**COSTOS DIRECTOS**

<b>A) Estribos (Hormigon ciclopeo/Hormigon armado /Gabiones)</b>	
- Materiales (cemento, lastre, hierro, gabiones)	\$ 2,800
- Mano de Obra (incentivada con aprox. 1,800 raciones de alimentos - PMA)	\$ 4,500
- Transportes en camión	<u>\$ 1,200</u>
TOTAL	<b>\$ 8,500</b>
<b>B) Accesos (trabajos de arreglo con tractor)</b>	<b>\$ 2,000</b>
<b>C) Puente (estructura completo)</b>	
-Materiales : madera (13 m3)	\$ 3,250
placas metalicas	\$ 2,135
pernos y clavos	\$ 935
- Mano de Obra (basado en una producción de 3 módulos/día - 40 D/H)	<u>\$ 600</u>
TOTAL	<b>\$ 6,920</b>
<b>D) Lanzamiento - monto global : \$ 100/ml (incl.viaticos, combustible, imprevistos)</b>	<b>\$ 1,200</b>
<b>TOTAL (\$ 1,550 por metro lineal)</b>	<hr/> <b>\$ 18,620</b>

## PUENTE ONUDI RIO SAN JUAN

Camino La Yeguada-El Satro / Veraguas  
Panama

Lanzamiento:	03 de Noviembre de 1990
Luz libre:	15 metros
Carga max.:	HS 20 (AASHTO) - 35 toneladas
Vida útil:	20 - 25 años
Construcción:	4 cerchas (20 modulos)
Costo total:	B/. 22,590
Beneficiados:	Reserva Forestal 'La Yeguada', IRHE, y aprox. 500 Personas marginadas

### COSTOS DIRECTOS

A) Estribos (Hormigon ciclopeo/Hormigon armado /Gabiones)	
- Materiales (cemento, lastre, hierro, gabiones)	\$ 2,800
- Mano de Obra (incentivada con aprox. 1,800 raciones de alimentos - PMA)	\$ 4,500
- Transportes en camión	<u>\$ 1,200</u>
TOTAL	\$ 8,500
B) Accesos (trabajos de arreglo con tractor)	\$ 4,000
C) Puente (estructura completa)	
-Materiales : madera (16 m3)	\$ 4,000
placas metalicas	\$ 2,670
pernos y clavos	\$ 1,170
- Mano de Obra (basado en una producción de 3 módulos/día - 50 D/H)	<u>\$ 750</u>
TOTAL	\$ 8,590
D) Lanzamiento - monto global : \$ 100/m (incl.viaticos, combustible, imprevistos)	\$ 1,500
<b>TOTAL</b> (\$ 1,505 por metro lineal)	<hr/> <b>\$ 22,590</b>

## PUENTE ONUDI QUEBRADA VERDE

Reserva Forestal "La Yeguada", Varaguas  
Panama

Lanzamiento:	16 de Noviembre de 1990
Luz libre:	<b>12 metros</b>
Carga max.:	HS 20 (AASHTO) - 35 toneladas
Vida útil:	20 - 25 años
Construcción:	4 cerchas (16 modulos)
Costo total:	<b>B/. 18,620</b>
Beneficiados:	<b>Aprox. 4,000 Personas</b>

### COSTOS DIRECTOS

A) <b>Estribos</b> (Hormigon ciclopeo/Hormigon armado /Gabiones)		
- Materiales (cemento, lastre, hierro, gabiones)		\$ 2,800
- Mano de Obra (incentivada con aprox. 1,800 raciones de alimentos - PMA)		\$ 4,500
- Transportes en camión		<u>\$ 1,200</u>
	TOTAL	<b>\$ 8,500</b>
B) <b>Accesos</b> (trabajos de arreglo con tractor)		<b>\$ 2,000</b>
C) <b>Puente</b> (estructura completa)		
-Materiales : madera (13 m3)		\$ 3,250
placas metalicas		\$ 2,135
pernos y clavos		\$ 935
- Mano de Obra (basado en una producción de 3 módulos/día - 40 D/H)		<u>\$ 600</u>
	TOTAL	<b>\$ 6,920</b>
D) <b>Lanzamiento</b> - monto global : \$ 100/ml (Incl.viaticos, combustible, imprevistos)		<b>\$ 1,200</b>
<hr/>		
<b>TOTAL</b>	(\$ 1,550 por metro lineal)	<b>\$ 18,620</b>

# PUENTE ONUDI QUEBRADA CHARCO NEGRO

Camino Santiago - Sona / Veraguas  
Panama

Lanzamiento:	Febrero de 1991
Luz libre:	<b>21 metros</b>
Carga max.:	HS 20 (AASHTO) - 35 toneladas
Vida util:	20 - 25 años
Construcción:	6 cerchas (42 modulos)
Costo total:	<b>B/. 41,300</b>
Beneficiados:	<b>Aprox. 5,000 Personas</b>

## COSTOS DIRECTOS

<b>A) Estribos</b> (Hormigon ciclopeo/Hormigon armado /Gabiones)	
- Materiales (cemento, lastre, hierro, gabiones)	\$ 2,800
- Mano de Obra (voluntaria)	
- Transportes en camión	<u>\$ 1,800</u>
TOTAL	<b>\$ 4,600</b>
<b>B) Accesos</b> (trabajos de arreglo con tractor)	<b>\$ 2,000</b>
<b>C) Puente</b> (estructura completa)	
-Materiales : madera (25 m3)	\$ 6,250
placas metalicas	\$ 5,600
pernos y clavos	\$ 1,700
- Mano de Obra (basado en una producción de 3 módulos/día - 105 D/H)	<u>\$ 1,550</u>
TOTAL	<b>\$ 15,100</b>
<b>D) Lanzamiento</b> - monto global : \$ 100/ml (incl.viaticos, combustible, imprevistos)	<b>\$ 2,100</b>
<b>TOTAL</b> (\$ 1,135 por metro lineal)	<hr/> <b>\$ 23,800</b>

## **8. ORGANISACION DEL TRABAJO**

El trabajo de la construcción de Puentes Modulares ONUDI consiste de tres áreas principales:

1. **Coordinación General**  
encargado: el Director Ejecutivo del Dept. Industrial del MOP,  
(Ing. Jaime Pashales)
2. **Trabajos en el Campo - Sitios/Estribos**  
encargado: Ing. Rodolfo Rivera
3. **Taller de Curundú**  
encargado: Tec. Hasdrubal Terreros

En el presente proyecto, la importante coordinación entre estos tres áreas funcionó bien.

El **Coordinador General** recibe la demanda en puentes a través de los regionales del MOP, de las otras instituciones contrapartes - MIDA y INRENARE - y también directamente de las comunidades campesinas o de particulares.

- En conjunto con el ingeniero responsable para la organización de los trabajos en el campo, el establece el plan para la construcción de los Puentes ONUDI durante un cierto período (normalmente durante un año), según las prioridades y fondos disponibles.

- El prepara el presupuesto necesario, consigue su aprobación por el Ministerio, y es luego responsable para la adquisición y contratación de los materiales principales (madera, placas metálicas, pernos y clavos).

Por parte del técnico responsable para el taller, el recibe regularmente información sobre la existencia actual (o falta anticipada) de estos materiales, así que sobre la cantidad de módulos y otros elementos prefabricados, para poder planificar los lanzamientos y transportes en conjunto con el ingeniero de campo.

El **Ingeniero de Campo** coordina y organiza todos los trabajos en el interior.

Sus tareas son muy diversas, y requieren un alto grado de movilidad (vehículo de doble tracción con guinche es indispensable). En el programa de Puentes ONUDI para 1991 en adelante, ampliándose a otras provincias, conviene de poder contar con su asignación al programa de tiempo completo.

- El es apoyado por personal calificado (cuadrillas de puentes) de los regionales del MGP, en cuya area se prevee la instalación de los Puentes ONUDI.
- Bajo su responsabilidad se determine la idoneidad de los sitios y se seleccione el lugar exacto de la construcción con sus medidas. Donde nesesarrio, el organiza estudios de suelo.
- Respecto a la mano de obra, el coordina con los funcionarios del MIDA y del PMA (Programa Mundial de Alimentos) la participación de los campesinos beneficiados bajo el sistema **"Trabajo por Alimentos"**, el cual tenia una parte importante durante todo el proyecto. Las actividades del PMA estan exteniendose ahora a varias otras provincias, permitiendo entonces este tipo de cooperación casi ya a nivel nacional.
- El establece el diseño de los estribos, de los muros de ala (gabiones), de los accesos, y hace la calculación de los materiales con sus costos.
- El coordina los trabajos en los sitios, y los transportes, empleo de equipo pesado, etc. - preferiblemente durante la estación seca - y informa el Coordinador General sobre los avances, para que se puede planificar los lanzamientos.

El debe que tener a su disposición o de fácil acceso un fondo para el mantenimiento y reparación del equipo empleado en el proyecto, (sobre todo para su vehiculo de transporte, y para el camión Kamaz 6x6 del proyecto). El presupuesto del proyecto debería preveer una suma anual de aprox. B/. 5,000 para este fin.

Ademas el personalmente debe contar con una 'caja chica' renovable (p.e. B/. 500) para pequeños gastos imprevistos, cuales siempre hay en el campo.

**El Encargado del Taller** organiza y coordina los trabajos de la prefabricación de los elementos en Curundú con su equipo de diez personas, capacitadas durante el proyecto: dos carpinteros, un carpintero ayudante, un soldador, cinco trabajadores manuales, y un chofer de camión/vehiculo.

En la supervisión de los trabajos practicos el es apoyado por el carpintero principal.

- Su responsabilidad es el control de los materiales y del equipo/herramientas del proyecto, y la planificación de la producción según las nesesidades del programa. - Conviene, de siempre producir módulos e elementos "en stock" para poder responder a emergencias.

- El recibe las entregas de materiales, y dispone su lugar de almacenaje (p.e. la madera en pilas separadas según su dimensión, y su posterior utilización - los pernos en sus estanterías - las placas metálicas en un lugar accesible, etc. Todo en una forma ordenada para poder fácilmente hacer un inventario en cualquier momento).
- El determina la reposición o reparación del equipo, y efectúa las necesarias compras según los criterios prácticos de su trabajo.

Para esto es indispensable de prever un monto en el presupuesto anual del proyecto (p.e. B/. 3,000), el cual debe estar fácilmente accesible por parte del técnico, encargado del taller

- Además, el Tec. Hasrubal Terreros se destacó en la organización y las técnicas de los lanzamientos y la terminación de Puentes ONUDI en el campo.

También en la continuación del programa el debería ocupar esta importante función (aprox. 10 días por lanzamiento).

El presupuesto debe prever un monto (típicamente B/. 100 por metro lineal de Puente ONUDI) para sus viáticos y otros gastos durante los lanzamientos.

## 9. PROVEEDORES DEL PROYECTO

### **Madera**

- Asserradero Généné de la Corporación del Bayano  
Chepo/Cañita Dirección Tel. 55-0248
- Asserradero Chagres, Panamá  
Gerente: Lic. César Manfredo Tel. 61-1000 / Fax 61-0106
- Sr. Dario Pinto  
Santiago (contacto a través del MOP, Ing. Rodolfo Rivera)
- Samba Bonita  
Colón INRENARE

### **Fabricación de las Placas Metalicas**

- Industria Metalúrgica de Panamá, S.A.  
Ing. Camilo Amado / Ing. Bustamante Tel. 31-0611 / Fax 31-0021
- INAFORP  
Ing. Cevallos Tel 66-6682
- Metrovial del MOP en Panamá

### **Importación de Placas Cortadas**

- DUFER, S.A.  
Ing. José Torres Netto Tel. 5511 914-2544 / Fax 5511 272-0228  
São Paulo - SP - Brazil

### **Acero Redondo (barras, ejes)**

- Metales S.A. Tel. 30-0333 / Fax 30-1382

### **Pernos**

- Centro Industrial, S.A. Tel. 21-6868 / Fax 21-4343

### **Clavos**

- HATO, Acero Panamá Tel. 20-5335 / Fax 20-4189
- MAFSA

### **Electrodos y Equipo de Soldadura**

- Almacenes Geneva, S.A. Tel. 60-1036 / Fax 36-1590

### **Gabiones**

- Fabrica de Clavos Guayas S.A.  
Quito y Guayaquil / Ecuador (Sr. Galo Jaramillo)  
Tel. 00593-4-35 1780 FAX 00593-4-354 392 Telex 3389

**Nota:**

Actualmente (Febrero de 1991) las siguientes **materiales** para el programa de Puentes ONUDI durante el año 1991 estan contratados y parcialmente pagados (**pendientes**):

**1. Industria Metalúrgica de Panamá, S.A.**  
Tel. 31-0611 (Ing. Amado / Ing. Bustamante)

fabricación de las placas metalicas (según los planos ONUDI)

Mc-5	900 piezas
Mc-6	393 "
Mc-8	450 "
Mc-9	225 "
Mc-9A	225 "
Mc-10	225 "
Mc-11	225 "
Mc-13	225 "
Apoyos Machos	40 "
Apoyos Hembras	40 "

Entregas hasta la fecha: - 0 -

Valor Total del contrato:	B/. 29,000
Pagado:	B/. 14,500
Resto a pagar con las entregas que se vayan efectuando:	B/. 14,500

este monto existe en la cuenta del proyecto en las oficinas del PNUD  
- Línea 42 (MOD 19-0-09266) -

La dirección del Dept. Industrial del MOP está autorizado de pedir la  
emisión de los respectivos cheques .

**2. Almacenes GENEVA, S.A.**

1.125 libras de electrodos # 6011 (1/8" y 5/32")

valor total (pagado): B/. 1,046.25

entregas: 16. Octubre 1990 100 lbs resto 1,025 lbs

### **3. MIDA**

**Encargado: Ing. Rafael Flores, Tels. 62-0241 / 69-5229 / 984595**

#### **Madera según especificación**

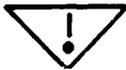
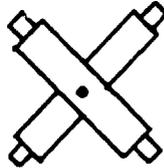
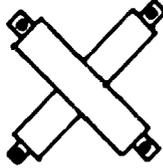
**En la reunión del día 26 de Enero de 1991 (presentes: Ministro MOP, Ministro MIDA, DG INRENARE, encargado jurídico del INRENARE, Ing. Rafael Flores del MIDA, Ing. Jaime Pasholes del MOP. Harald Erichsen de la ONUDI) los tres dirigentes tomaron la decisión conjunta, de facilitar la madera MARIA (*Calophyllum brasiliensis*), existente en Zamba Bonita / Colón al MIDA para su aserrio según las especificaciones del proyecto. Así el MIDA puede cumplir con su compromiso de proveer el material de madera al proyecto. La cantidad existente en Zamba-Bonita es de aprox. 1,726 tucas, suficiente para que el proyecto puede trabajar durante 2 - 3 años (30-40 Puentes Modulares).**

**10. TABLAS**

**Tabla 10.1.**

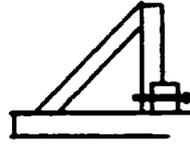
**PUENTES MODULARES D.N.U.D.I.**

**PERNOS** de hierro negro comun, con cabeza hexagonal y rosca gruesa (con una tuerca y dos arandelas c/u)

<b>Dimensión</b>	<b>Lugar de Utilización (planos)</b>	<b>Cantidad</b>
1" x 12"	enclaje de las placas de apoyo	16 / puente de 4 cerchas
1" x 10"	MC 13 	2 / módulo
1" x 6"	MC 9 y arriostre vertical  y 	2 / módulo
1" x 3"	MC 8 	2 / módulo
1" x 2"	MC 8 	2 / módulo

1/2" x 10"

guardabanda/poste



1 / poste

1/2" x 9"

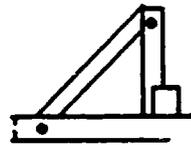
empaques (#1 T)



4 / módulo

1/2" x 7"

poste y arriostre



2 / poste

1/2" x 6"

MC 9



2 / módulo

3/8" x 7"

pernos galvanizados de carruaje  
para tablonés de rodaje

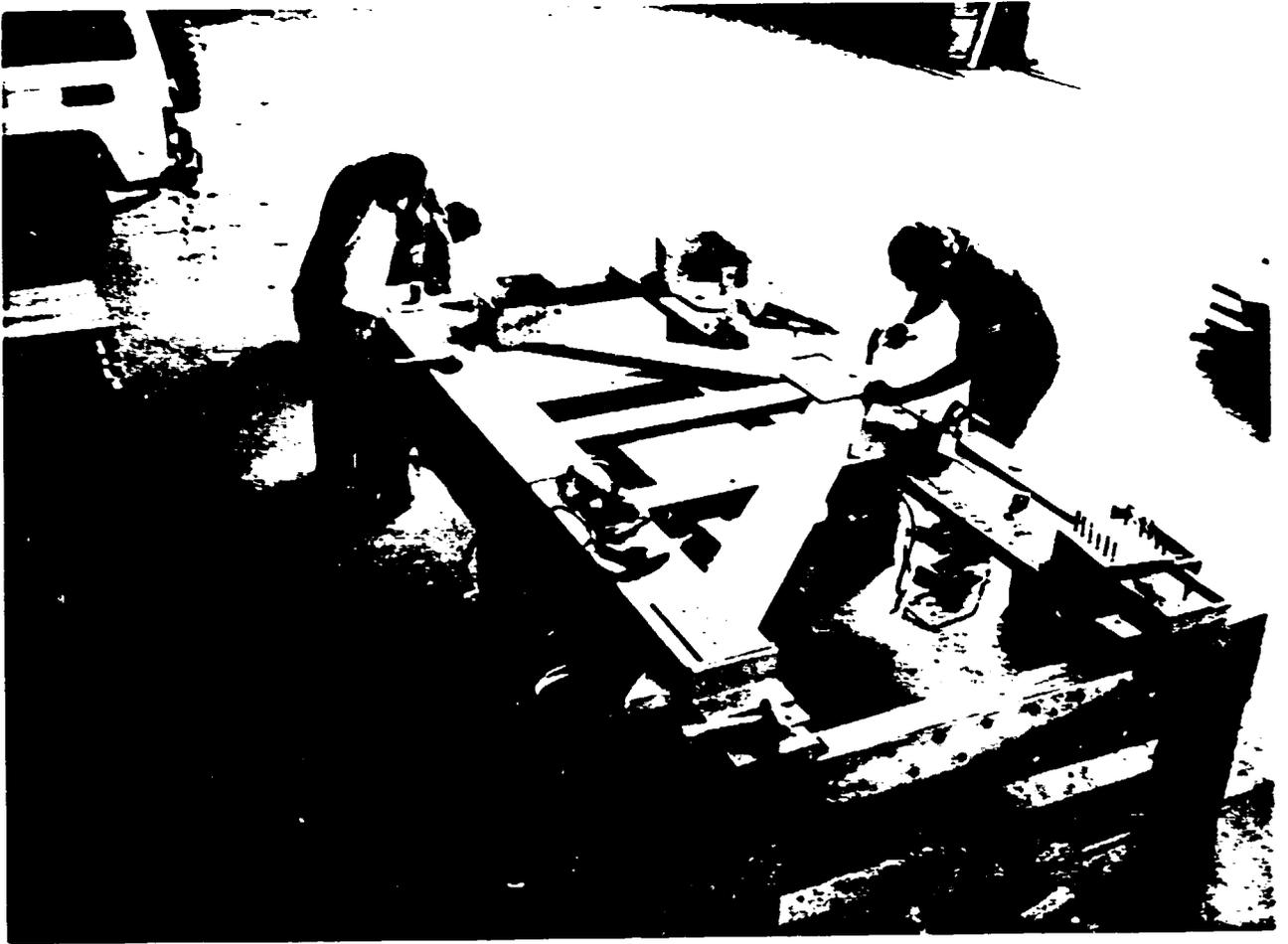
10 / metro lineal  
de puente

TABLA 10.2. LISTA DE MATERIALES PARA LANZAMIENTOS

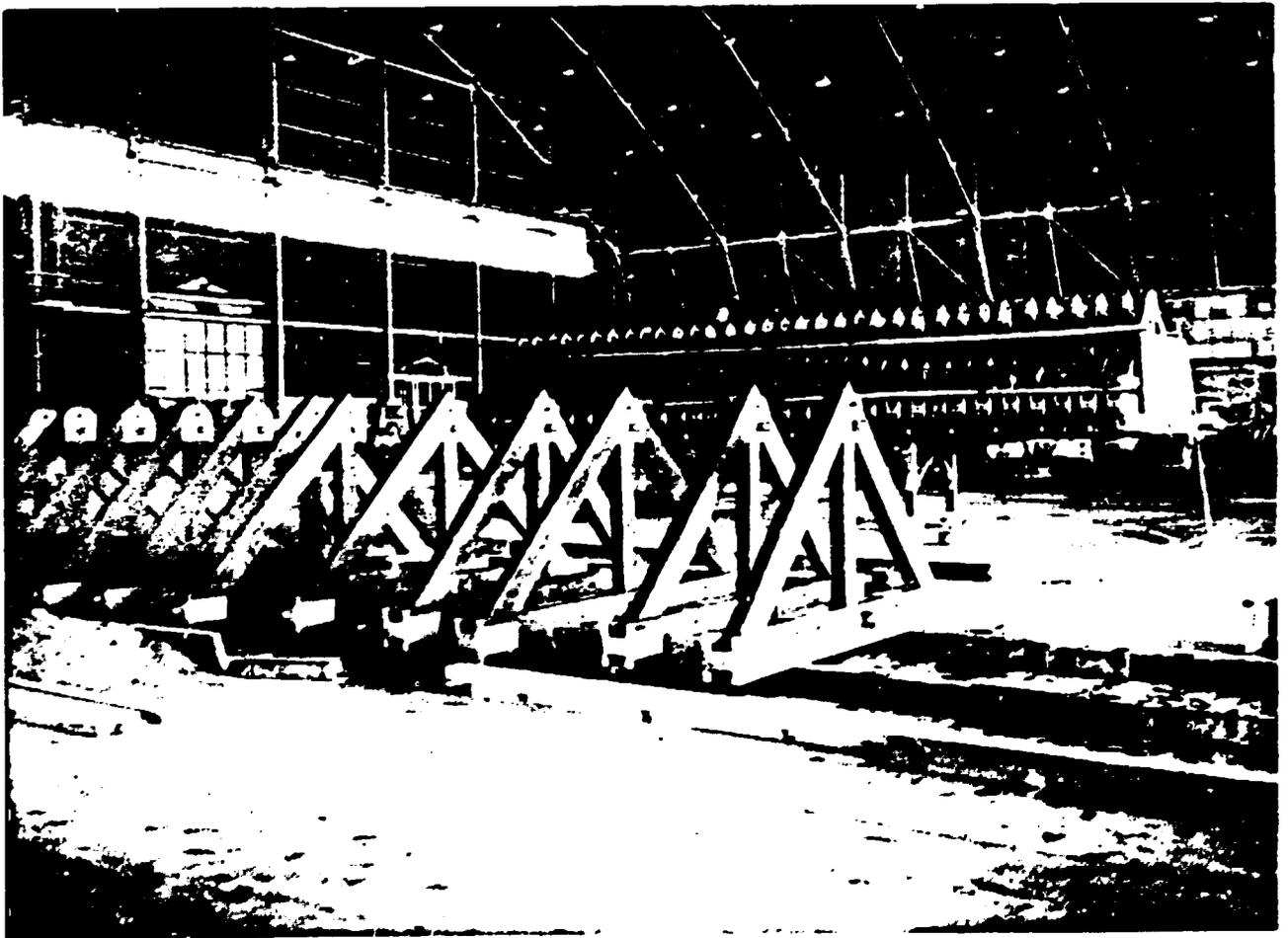
Elemento / Descripción	color	9 m	12 m	15 m	18 m	21 m	24 m
Modulos triangulares basicos (prefabricados)	N	6	16	20	24	42	48
Ariostres verticales (con placas MC 8)							
50 x 150 x 1140 mm	N	6 (especial)	16	20	24	42	48
Ariostres horizontales							
50 x 125 x 2080 mm (con angulos)	N	3 (especial)	8	10	12	21	24
Ariostres transversales							
50 x 200 mm (largo: 3.35 m)	N	3	4	5	6	7	8
Espaceadores entre tensores							
140 x 150 mm (largo: 2.5 m)	N	4	12	16	20	24	28
Espaceadores entre ariostres vert.							
21 x 150 x 300 mm	N	3	8	10	12	21	24
Conectores de modulos							
50 x 100 x 1100 mm	N	8	24	32	40	72	84
Material de piso, pasa manos, etc.							
50 x 100 mm (largo: 4.0 m)	-	200	260	320	380	440	500
Bordillos							
150 x 150 mm (largo promedio: 3.0 m)	-	6	8	10	12	14	16
Tablones de rodaje							
50 x 250 mm (largo promedio: 3.0 m)	-	25	34	42	50	58	66
Postes para pasa manos							
100 x 100 x 775 mm	-	14	18	22	26	30	34
Ariostres para postes							
50 x 100 x 1100 mm (perforados)	-	14	18	22	26	30	34
Pasa manos							
21 x 150 mm (largo promedio: 3.0 m)		6	8	10	12	14	16
Tensores metalicos (MC 6)	R	8	24	32	40	72	84
Apoyos machos/hembras	R	2 / 2	4 / 4	4 / 4	4 / 4	6 / 6	6 / 6
Pernos (con 1 tuerca/2 arandelas o/u):							
1 x 6" (ariostres verticales)		6	16	20	24	42	48
1 x 2" (ariostres verticales)		12	32	40	48	84	96
1 x 12" (apoyos)		8	16	16	16	24	24
1/2 x 10" (postes)		14	18	22	26	30	34
1/2 x 7" (postes)		28	36	44	52	60	68
Clavos de 4" (cajas de 30 lbs)		3	7	8	10	11	13

ANEXO I

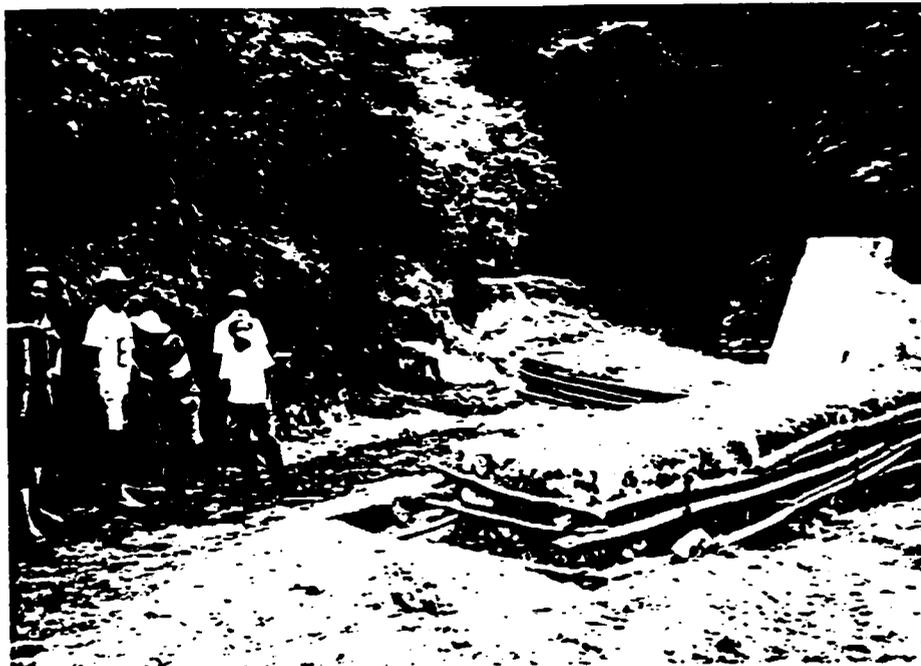
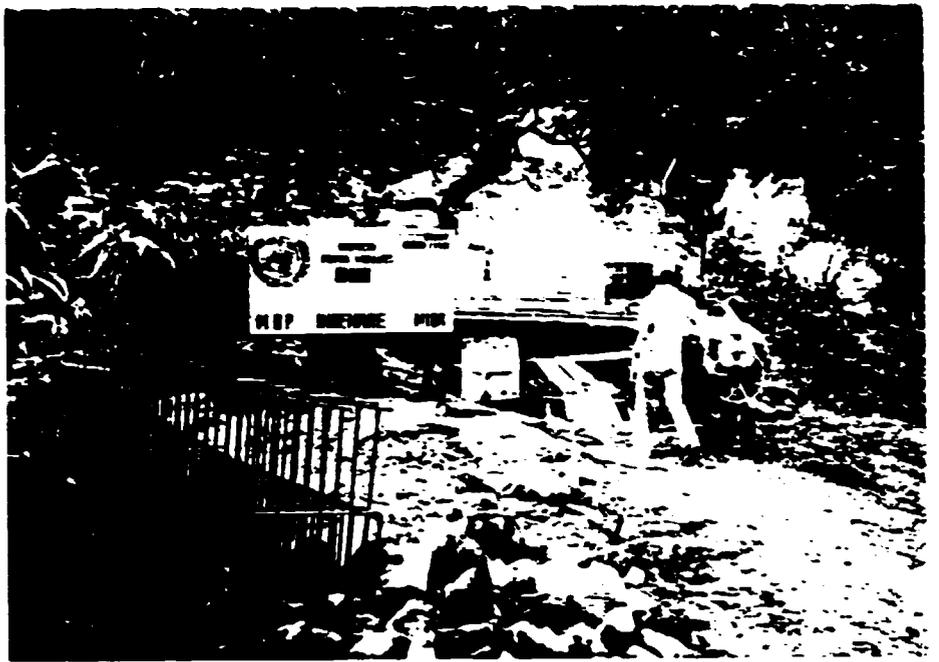
Photos del Taller y de los Sitios



**MODULOS - TALLER DEL M.O.P. EN CURUNDU**



**TRABAJOS  
DEL PROYECTO  
EN LOS  
SITIOS**



**MUROS DE ALA  
CON  
GABIONES**

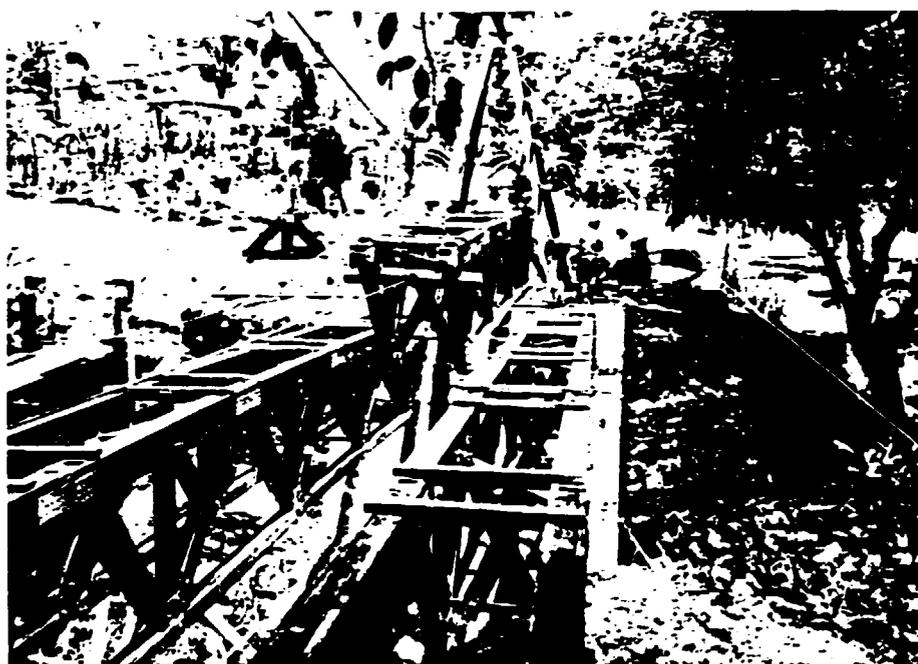




**TRANSPORTE DE MODULOS  
A LOS SITIOS  
(Camión 6 x 6 del Proyecto)**

**LANZAMIENTOS**

**"TIGRE" (12 m)**



**"PITALOZA" (21 m)**

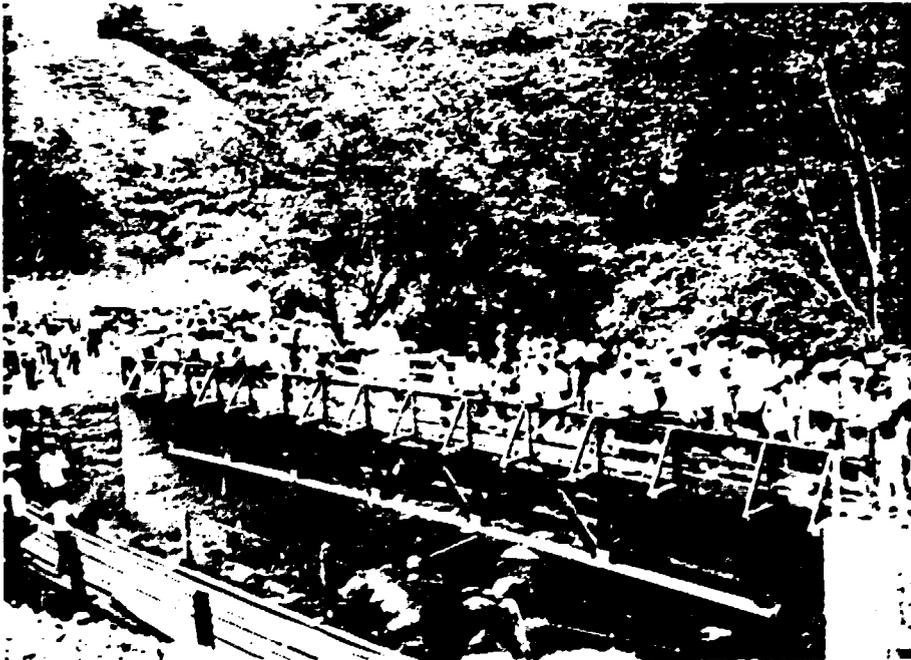
**3 pares de cerchas**

**"GATO" (18 M)**





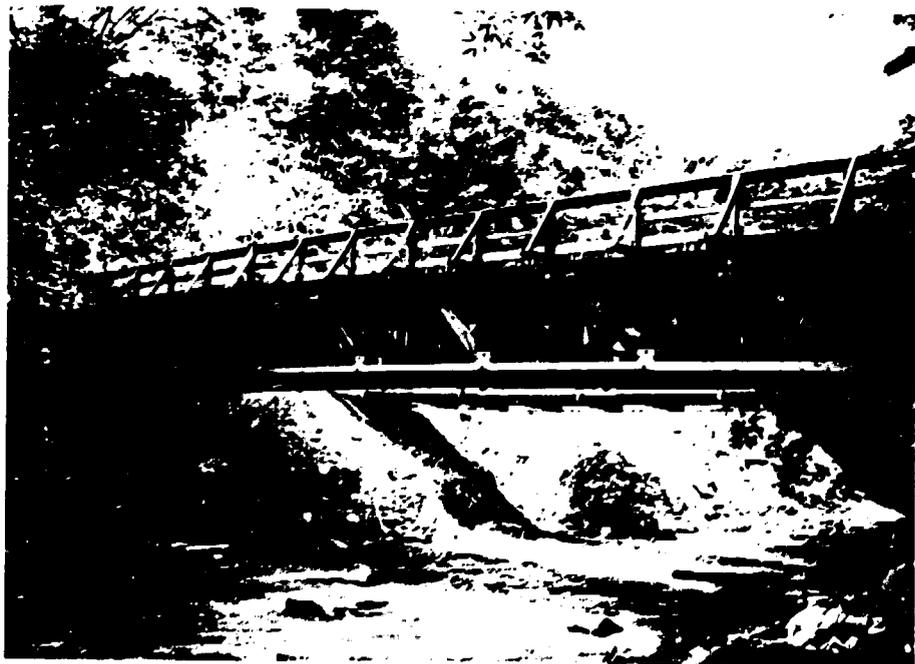
**TRABAJS  
DE TERMINACION**



**INAUGURACION - "PITALOZA"**



**PUNTES MODULARES O.N.U.D.I. EN PANAMA**



ANEXO II

METODO PROPUESTO DE LANZAMIENTO PARA  
PUENTES DE MULTIPLES TRAMOS

Contrato entre

ODA - Overseas Development Administration

y

TRADA - Timber Research and Development Association

TRADA,  
Stocking Lane,  
Hughenden Valley,  
High Wycombe,  
Bucks. HP14 4ND. R.U.

PUENTES MODULARES PREFABRICADOS DE MADERA

METODO PROPUESTO DE LANZAMIENTO PARA  
PUENTES DE MULTIPLES TRAMOS

CONTENIDO

---

INTRODUCCION

METODO DE LANZAMIENTO

ESTRUCTURAS DE APOYO

PUNTOS DE ANCLAJES

COLOCACION DEL TABLERO SOBRE CEPAS

MATERIALES Y EQUIPO REQUERIDO

Materiales y equipo para el lanzamiento:

Items permanentes por cada cepa intermedia:

Items permanentes por cada estribo:

Figuras

1. Etapas del lanzamiento
2. Disposición general para el lanzamiento
3. Método de tensionar tirantes
4. Detalle de las estructuras de apoyo
5. Abrazadera del tirante
6. Abrazadera del cable de lanzamiento
7. Detalles de los puntos de anclaje
8. Apoyos de continuidad del tablero sobre cepas
9. Abrazadera para la pieza de continuidad

Los métodos de lanzamiento de puentes de un tramo se describen en la Parte 3 del manual, siendo el mas recomendado el "cruce aereo", utilizando grúas en ambos accesos y un cable suspendido. La esencia del sistema de lanzamiento propuesto para puentes de tramos multiples es idéntica a la del sistema anteriormente indicado y consiste en construir estructuras de apoyo y anclajes tales, que permitan que el procedimiento de lanzamiento para los tramos individuales sea idéntico al de tramos simplemente apoyados. Este método propuesto requiere obviamente nuevo equipo para las estructuras de apoyo, pero aparte de ello, es posible utilizar el existente con un mínimo de alteraciones y agregados. De esta forma, los equipos de lanzamiento podrían efectuar lanzamientos multiples con confianza y después de algunas puentes sin supervisión extra.

No se indicará en esta proposición detalles para el diseño de las cepas, por cuanto ellos deben establecerse localmente de acuerdo a las condiciones de terreno y material disponible.

#### METODO DE LANZAMIENTO

En la Figura 1 se indica el método de lanzamiento en tres etapas para un puente de tres tramos. En el acceso más cercano se usa una grúa con el método normal. En la primera cepa (No. 1), se construye una estructura de apoyo y se fija a los puntos de anclaje en la base del estribo más cercano y cepa 2.

En el acceso cercano el cable de lanzamiento ancla como antes y el otro extremo a la base del pilote 2. El cable que se usará para tirar el puente sobre el cauce se ancla también allí. El winche de arrastre se opera más convenientemente desde una plataforma construida sobre la estructura de apoyo. Como el punto de anclaje está a un nivel más inferior que la parte superior de la cepa, deberá protegerse ésta, con madera engrasada para facilitar el movimiento del cable de arrastre. El lanzamiento se efectúa entonces del modo normal. (Figura 1, Etapa 1 y Figura 2).

Una vez completado el lanzamiento del primer tramo se pueden arristrar las vigas y colocar el tablero parcialmente. El tablero debe colocarse partiendo de la cepa 1 y trabajando hacia el estribo cercano. No es posible hacerlo en su totalidad, por que en la etapa II el cable de lanzamiento debe pasar a través del tablero al punto de anclaje del estribo cercano.

Se construirá una segunda estructura en la cepa 2 y se anclará a la cepa 1 y al estribo alejado. Se desarmará la plataforma del winche y se reconstruirá solo la segunda estructura y el cable de lanzamiento se lanzará entre las estructuras de apoyo y anclado de ambos estribos. Como el cable pasa a través de vigas ya lanzadas, puede ser necesario algún arriostamiento vertical y deberá colocarse arriostamientos temporales adecuados en su lugar. El lanzamiento ha quedado terminado como antes (Figura 1, Etapa II). El tablero construido parcialmente en el primer tramo sirve de plataforma útil para la construcción de las vigas del segundo tramo, debiendo colocarse el tablero en el resto, temporalmente, para permitir el acceso de los módulos.

Se lanza el tercer tramo, seguido del arriostreamiento y colocación parcial del tablero del segundo tramo. Como antes, se lanzan desde el tablero parcialmente colocado en el tramo anterior. El método se ilustra en la Figura 1, Etapa III.

El método de lanzamiento descrito anteriormente para un puente de tres tramos puede claramente usarse para un número cualquiera de tramos. El procedimiento para un tramo doble es más simple y se puede deducir de la Figura 1, Etapas I y III, y se requiere sólo una estructura de apoyo.

#### ESTRUCTURAS DE APOYO

La Figura 4 muestra las estructuras de apoyo. Las estructuras permanecen en su lugar durante la construcción de las vigas adyacentes, siendo por consiguiente la distancia entre las verticales, mayor que el ancho de la infraestructura del puente. Cuando se dispone de postes seguros del tamaño adecuado como en Honduras, los verticales pueden ser de madera. De otra forma deberá utilizarse postes huecos de acero. La abrazadera del cable de lanzamiento sobre la barra en cruz es desmontable y puede ser ubicada correctamente para ambas vigas y se puede ver los detalles de la abrazadera en la Figura 6.

Las bases de las estructuras están localizadas en un borde construido especialmente 2,5 metros bajo el extremo superior de las cepas y se aseguran en su lugar con cuerda atada a eslabones empotrados en la cepa. Los tirantes para asegurar la parte superior de las estructuras son de cuerda de "Manilla" de 18 mm y se atan a ellas en las "abrazaderas de los tirantes" según se detalla en la Figura 5. Las estructuras se rigidizan tensionando las abrazaderas como se indica en la Figura 3. Abrazaderas adicionales perpendiculares al tramo se pueden considerar para mayor seguridad como se indica en la Figura 2, y se puede asegurar a arboles or estacas. Durante el uso, por consiguiente, las estructuras están completamente sujetas por los tirantes, y las verticales cargadas únicamente a la compresión.

#### PUNTOS DE ANCLAJE

Seis puntos de anclaje deben considerarse en ambos estribos y sobre las dos caras de todas las cepas según se detalla en la Figura 7. Los puntos exteriores se usan para sujetar las estructuras y asegurar la base de las verticales y las dos interiores para anclar el cable de lanzamiento y el cable de arrastre.

Los puntos de anclaje deben construirse fuertemente y consisten en eslabones amarrados a las armaduras de estribos y cepas. En estribos no armados se debe colocar una barra vertical para unir los puntos de anclaje entre si.

#### COLOCACION DEL TABLERO SOBRE CEPAS

El tablero del puente deberá ser continuo sobre las cepas intermedias. Esto se logra mediante "apoyos de continuidad" de madera sobre las cepas, que se fijan a las cuerdas compresionadas de los paneles adyacentes y a los pernos de anclaje. En la Figura 8 se indican los detalles para estas piezas de continuidad y la abrazadera de sujeción se muestra en la Figura 9.

## MATERIALES Y EQUIPO REQUERIDO

El siguiente equipo se requiere para el lanzamiento de puentes de tramos múltiples además del equipo estándar detallado en la Parte 3 de los manuales. Para un puente de dos tramos se requiere menos equipo. La maquinaria y elementos requeridos para un puente de 4 vigas enrejadas con una longitud máxima individual por tramo de 21 metros son:

### Materiales y equipos para el lanzamiento

- 4 postes largos de 8000 mm, diámetro mínimo superior 150 mm,
- 4 tablones de 50 x 250 x 4600 mm para vigas cruzadas
- 8 tablones de 50 x 150 x 1500 mm para tirantes
- 2 tablones de 50 x 150 x 4600 mm como espaciadores
- 16 pernos M20 x 300 mm de largo
- 16 golillas para los pernos M20
- 8 abrazaderas del tirante (según se detalla en la Figura 5)
- 8 espaciadores de 75 mm de diámetro y 20 mm espesor para los pernos de 20 mm de diámetro
- 2 abrazaderas para los cables de lanzamiento (según se detalla en Figura 6)
- 4 pernos M20 x 320 mm de largo para las abrazaderas de los cables de lanzamiento
- 8 cuerdas "Manilla" de 18 mm de diámetro y 27 m de largo con un lazo extremo
- 8 trabes de 12 mm para los tirantes
- Madera para la plataforma del winche
- Items adicionales se requieren también para fijar los cables verticales y el cable de arrastre.

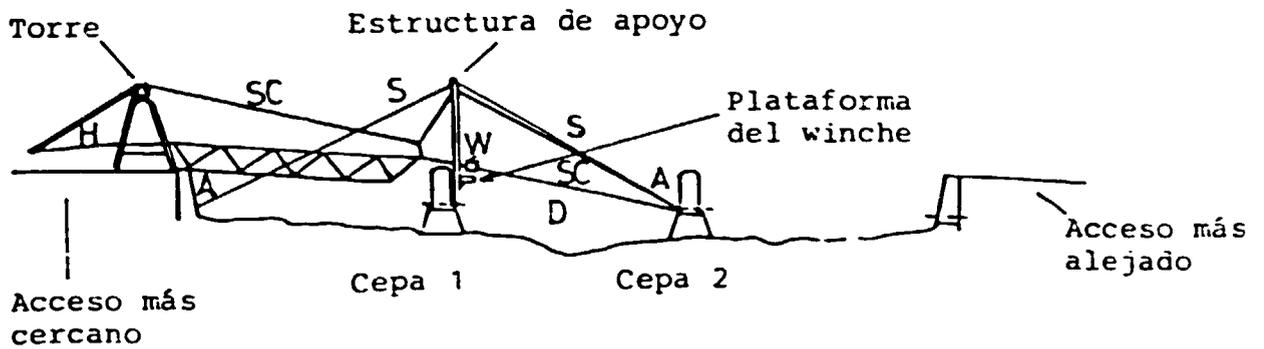
### Items permanentes para cada cepa intermedia:

- 2 tablones de 50 x 250 x 3000 mm
- 24 pernos M16 x 100 mm de largo y golillas
- 16 separadores de madera contrachapada de 280 x 250 mm de espesor
- 4 abrazaderas para las piezas de continuidad (según se detalla en la Figura 9)
- 32 golillas de 50 mm de diámetro y 2 mm de espesor para los pernos de 25 mm de diámetro (usar como separadores si es necesario)
- 6 eslabones de 1200 mm de largo formado por una barra de acero dulce de 12 mm de diámetro

### Items permanentes por cada estribo

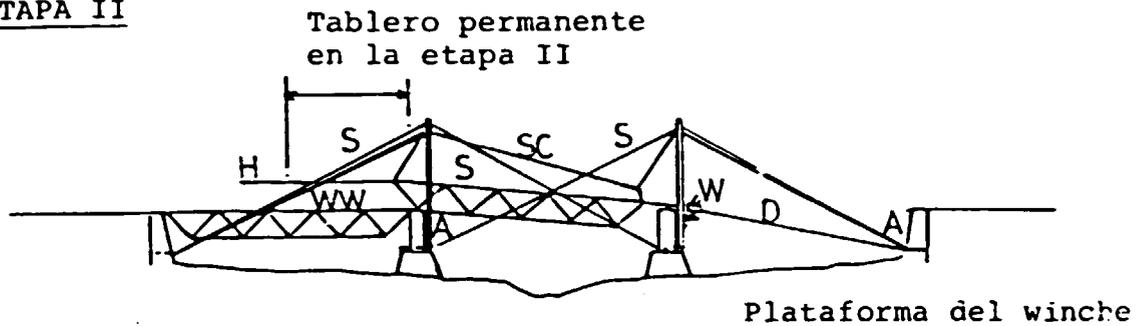
- 6 eslabones de 600 mm de largo formado por una barra de acero dulce de 12 mm de diámetro
- 1 barra de 12 mm de diámetro x 5000 mm de largo para armadura longitudinal, si se requiere.

ETAPA I



- W - winche
- SC - cable de lanzamiento
- S - tirantes

ETAPA II



- A - punto de anclaje
- H - cuerda de frenado
- D - cable de arrastre

ETAPA III

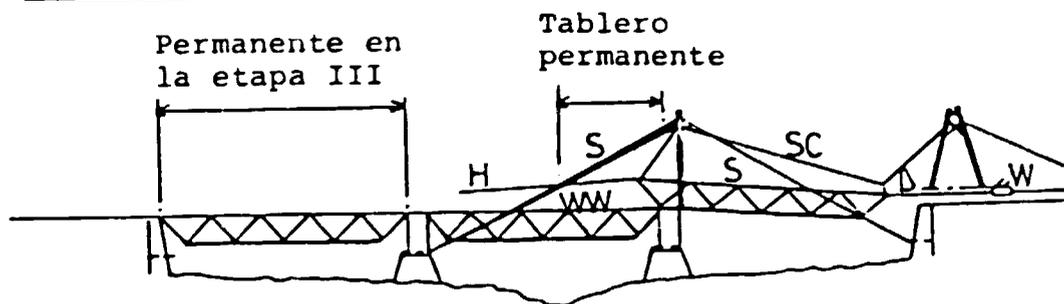


FIGURA 1: ETAPAS DEL LANZAMIENTO

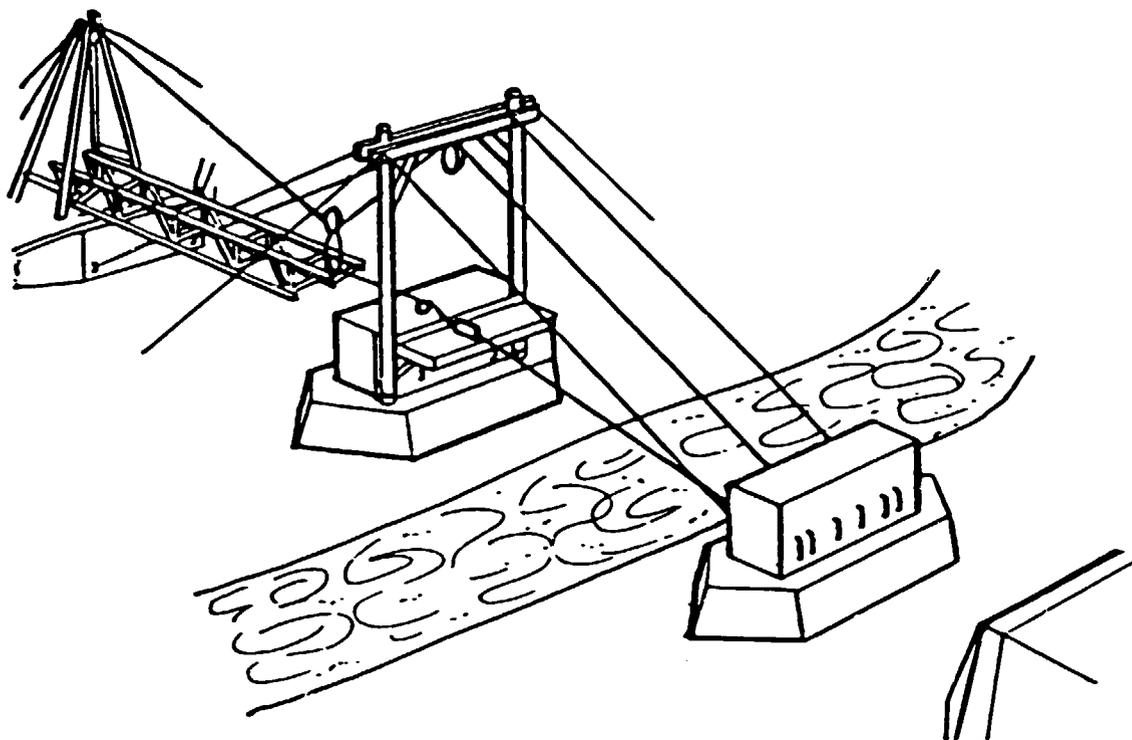


FIGURA 2: DISPOSICION GENERAL PARA EL PRIMER LANZAMIENTO

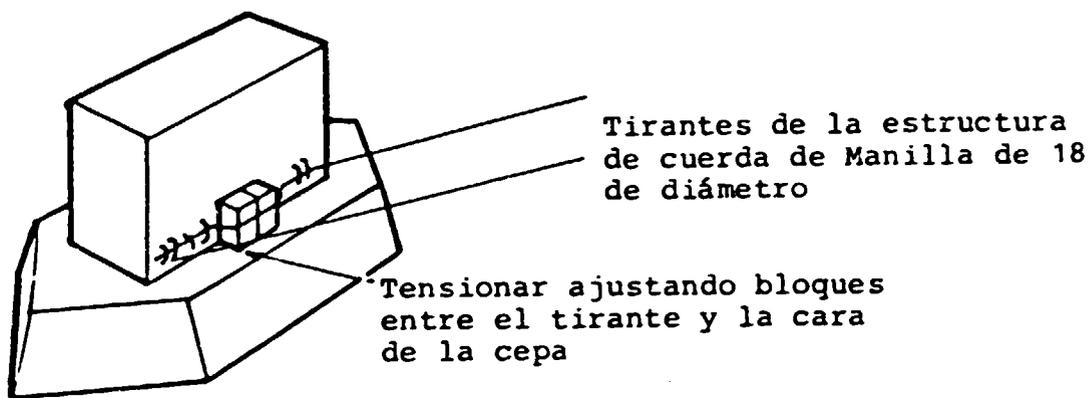
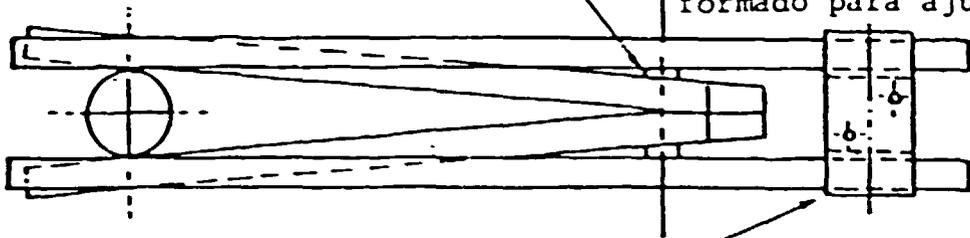


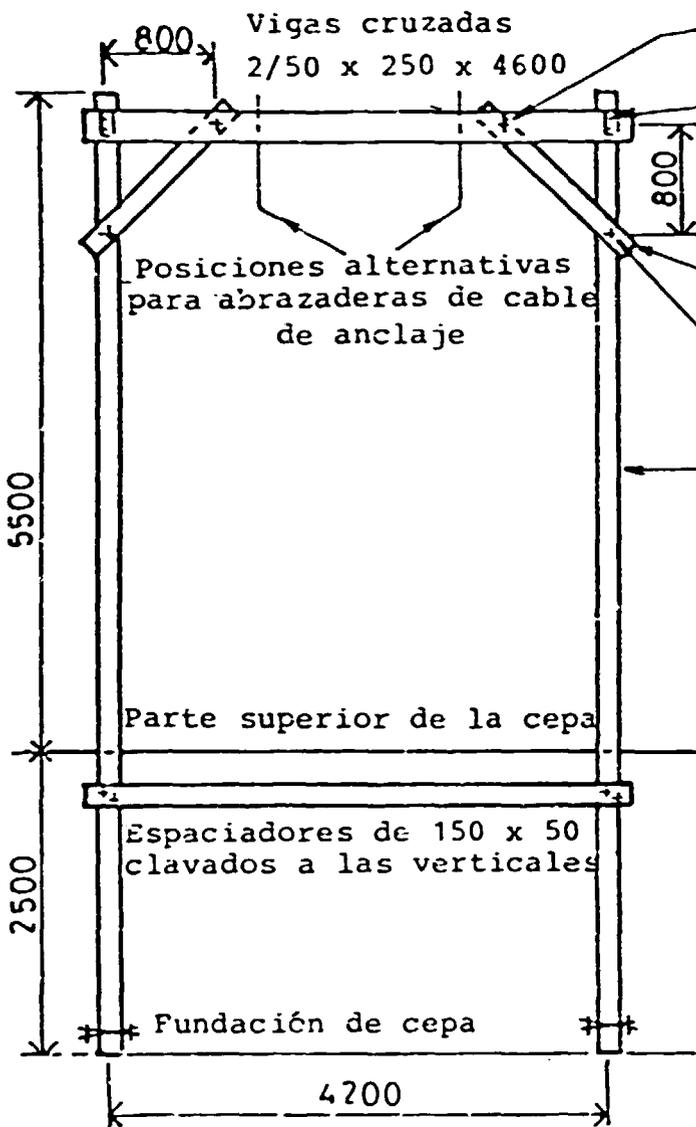
FIGURA 3: METODO DE TENSIONAR LOS TIRANTES

Separador de acero de 75 de diámetro  
x 20

Extremo de arriostramientos  
formado para ajustar



Abrazadera de cable de  
anclaje (Ver Figura 6)



Vigas cruzadas  
2/50 x 250 x 4600

Pernos M20 x 300 con  
golillas

Pernos 2/M20 x 300 con  
dos abrazaderas de anclaje  
(Ver Figura 5)

Posiciones alternativas  
para abrazaderas de cable  
de anclaje

Arriostramiento 2/50  
x 150 x 1500

Perno M20 x 300 con golillas

Poste de 8000 de largo con  
un diámetro mínimo superior  
de 150 concretado en la  
base de la cepa

Parte superior de la cepa

Espaciadores de 150 x 50  
clavados a las verticales

Fundación de cepa

Nota:  
Todas las maderas deben  
tratarse con preservantes.  
Debe usarse " Honduran pitch  
pine " o una madera de  
resistencia equivalente.

FIGURA 4: DETALLES DE ESTRUCTURAS DE APOYO

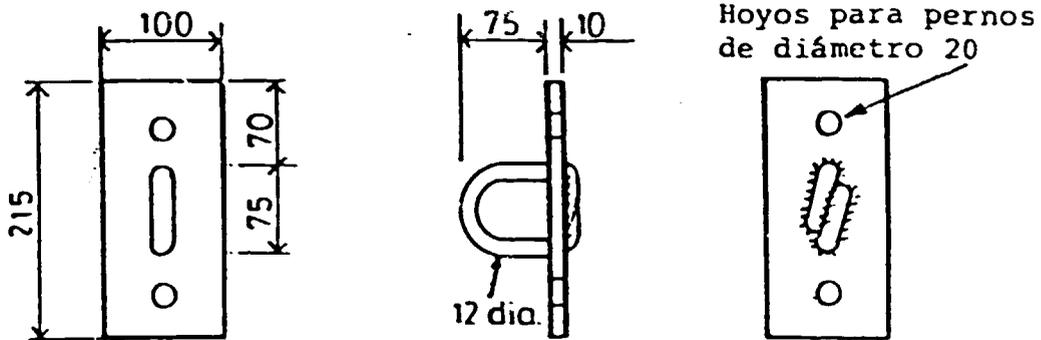


FIGURA 5: ABRAZADERA DEL TIRANTE

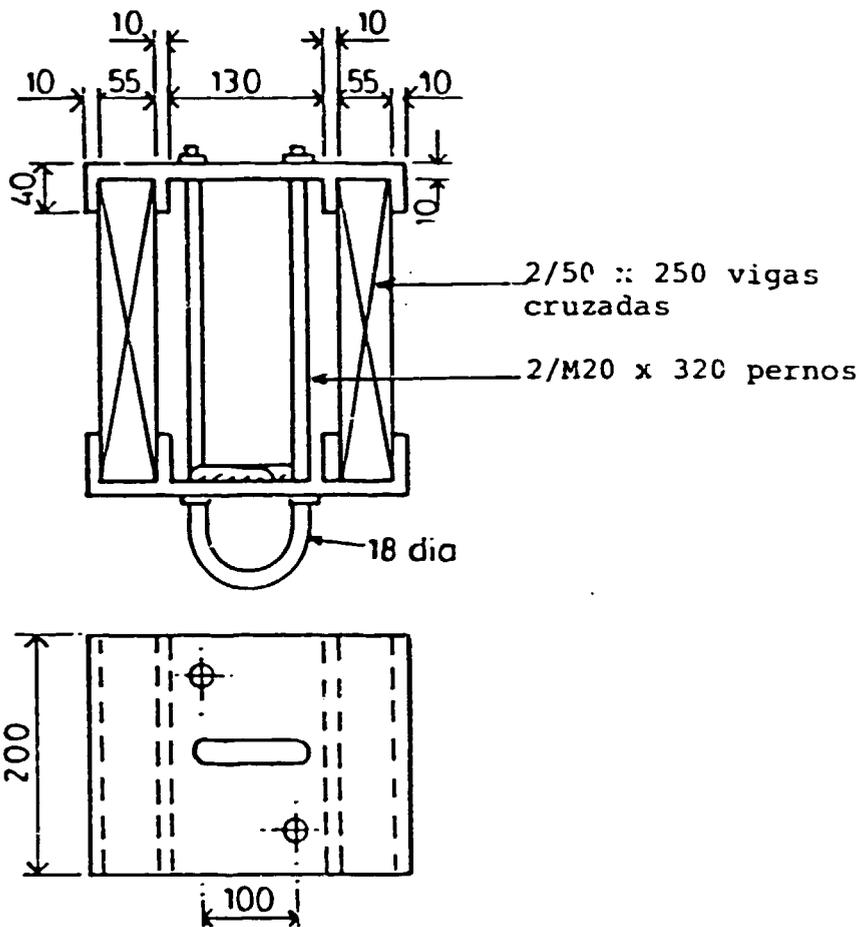
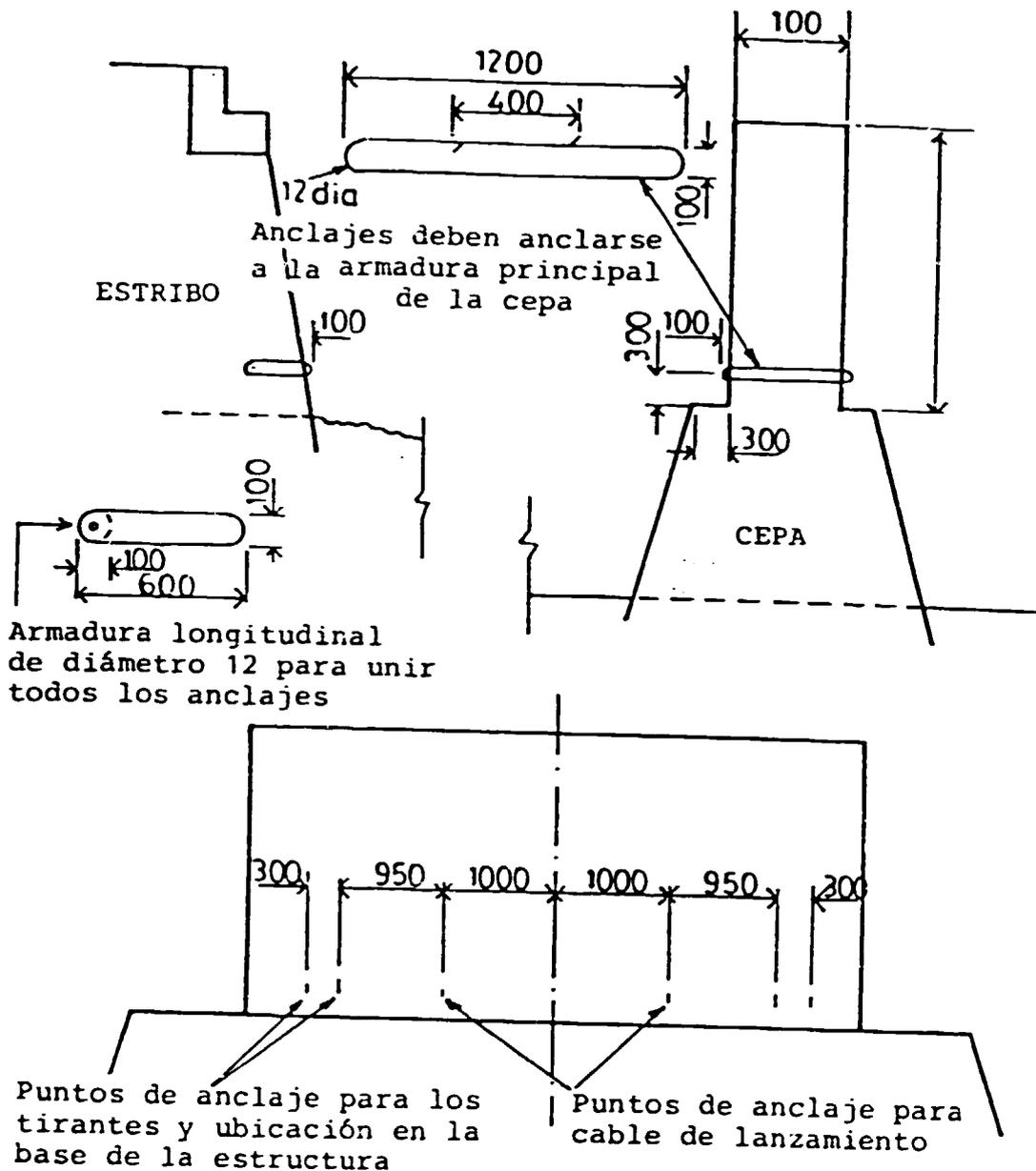


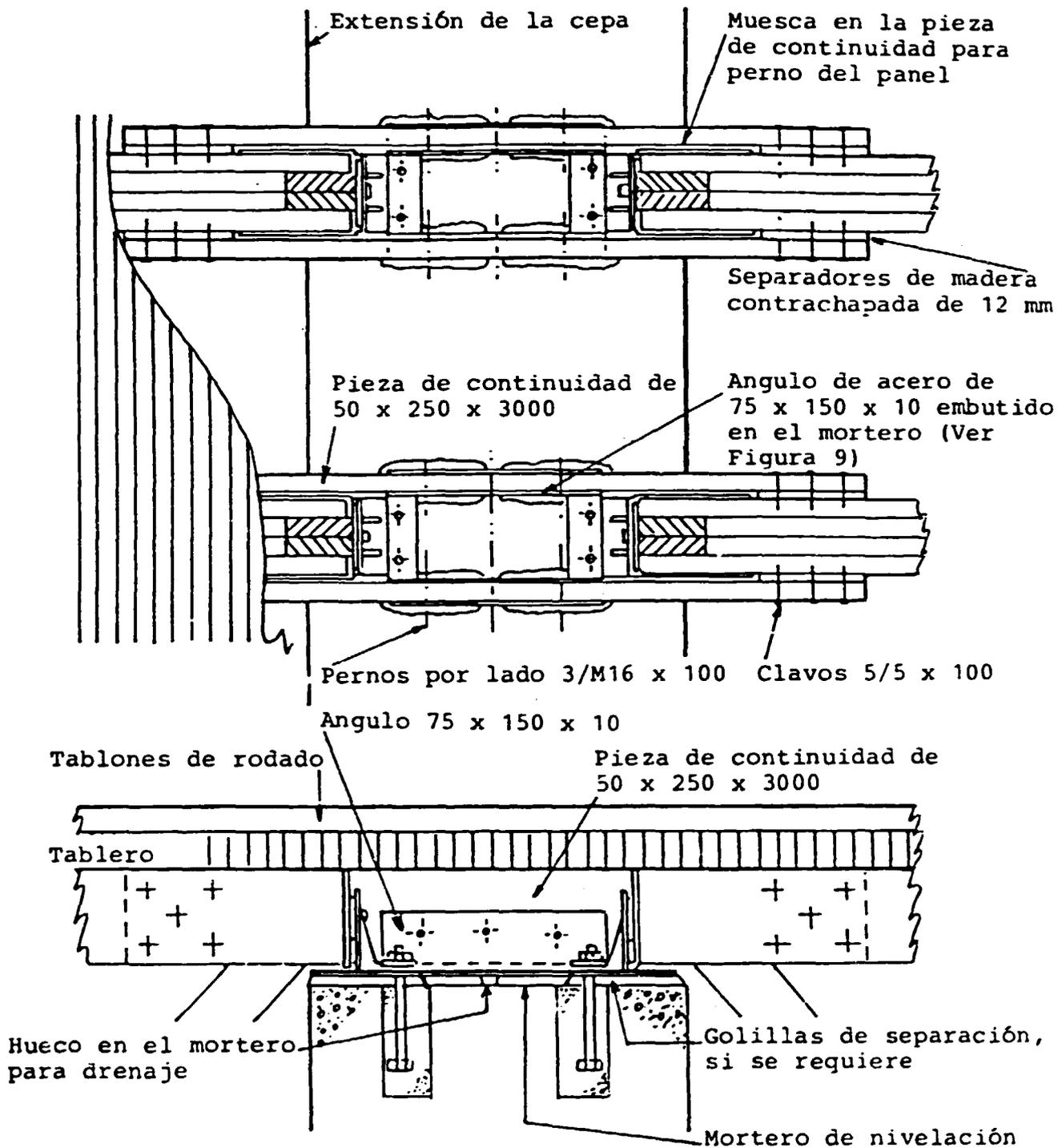
FIGURA 6: ABRAZADERA DEL CABLE DE LANZAMIENTO



Notas: Puntos de anclaje como los indicados deberán considerarse en todas las caras de ambos estribos y cepas aunque no necesariamente en las mismas posiciones.

El diseño del anclaje supone concreto de  $20 \text{ N/mm}^2$  (CP110) y barras simples de acero dulce, sin embargo se prefiere barras deformadas y concreto de mayor resistencia.

FIGURA 7: DETALLES DE LOS PUNTOS DE ANCLAJE



**FIGURA 8: APOYOS PARA CONTINUIDAD SOBRE CEPAS**

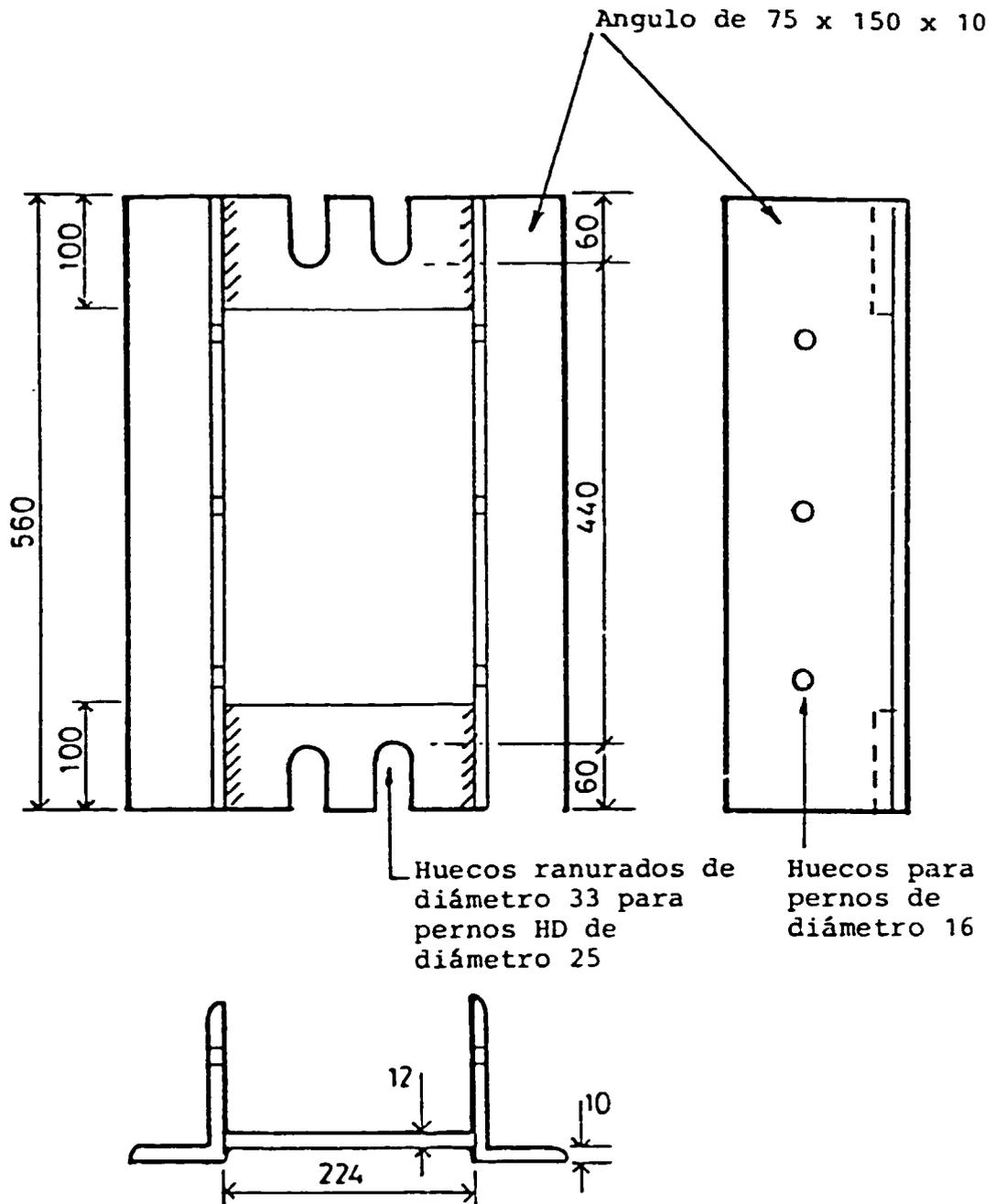


FIGURA 9: ABRAZADERA PARA LAS PIEZAS DE CONTINUIDAD