

PUENTES METÁLICOS SEMIPERMANENTES 1997

# PUENTES METÁLICOS SEMIPERMANENTES

Escuela de  
Ingenieros Militares

Segunda Edición





© COPYRIGHT  
Escuela de Ingenieros Militares

Presentación del texto  
TC. Luis Felipe Paredes Cadena


Elaboración  
CT. Hernán Oliveros Marín

Revisión de la Segunda Edición  
Comité Oficiales ESING

Diseño y Diagramación  
PROUCONAL  
Alexandra P. Castellanos T.

Este libro se terminó de imprimir  
en el mes de octubre de 1997  
en los talleres de PROUCONAL.

Prohibida su reproducción parcial  
o total bajo cualquier sistema:

Digitalizado por: 

# CONTENIDO

Introducción	9
Generalidades	11
<b>PRIMERA PARTE PUENTES BAILEY</b>	
<b>Capítulo I. Puente Bailey estándar o M-1</b>	<b>17</b>
1.1. Nomenclatura de componentes	17
1.2. Herramientas	30
1.3. Tipos de puentes Bailey	36
1.4. Organización de cuadrillas de trabajo	38
1.5. Replanteo en el sitio	41
1.6. Montaje de la nariz de lanzamiento	44
<b>Capítulo II. Montaje de diferentes puentes con material Bailey</b>	<b>47</b>
2.1. Montaje de un puente Bailey Simple Simple	47
2.2. Montaje de un puente Bailey Doble Simple	52
2.3. Montaje de un puente Bailey Triple Simple	55
2.4. Montaje de un puente Bailey Doble Doble	57
2.5. Montaje de un puente Bailey Triple Doble	59
2.6. Montaje de un puente Bailey Doble Triple y Triple Triple con arriostramiento superior	60
<b>Capítulo III. Puente estándar ensanchado o M-2</b>	<b>63</b>
3.1. Descripción general	63
3.2. Descripción del material	63
3.3. Puente Bailey de vigas cuádruple	66
<b>Capítulo IV. Modificaciones a puentes Bailey para obtener mayor capacidad</b>	<b>69</b>
4.1. Acoplamiento de otro piso a un puente ya existente y conversión de un puente Doble Simple a Doble Doble	69
4.2. Conversión de un puente Triple Simple a uno Triple Doble	72
4.3. Montaje de puentes con cordón de refuerzo	73
<b>Capítulo V. Puente Bailey extra-ancho o M-3</b>	<b>77</b>
5.1. Descripción general	77
5.2. Componentes adicionales	78
5.3. Montaje y lanzamiento	80

<b>Capítulo VI. Rampas y vías peatonales</b>	<b>83</b>
6.1. Rampas de acceso al puente Bailey	83
6.2. Vías para peatones	86
<b>Capítulo VII. Puente Bailey con tablero de acero o Mk-II</b>	<b>89</b>
7.1. Características generales	89
7.2. Elementos adicionales	90
7.3. Montaje del tablero de acero	94
<b>Capítulo VIII. Puentes de varias luces con material Bailey</b>	<b>97</b>
8.1. Generalidades	97
8.2. Descripción de componentes especiales	98
8.3. Métodos de montaje	102
<b>Capítulo IX. Torres, pilares y cumbreras</b>	<b>107</b>
9.1. Generalidades	107
9.2. Elementos adicionales	109
9.3. Montaje de pilares	114
9.4. Torres de cuatro paneles	117
<b>Capítulo X. Cálculos con material Bailey</b>	<b>121</b>
10.1. Cómo seleccionar un puente Bailey	122
10.2. Cálculos típicos para lanzamiento	128
10.3. Cálculos de flecha y deflexión	136
10.4. Resistencia del material Bailey	139
<b>Capítulo XI. Tablas para cálculo con material Bailey</b>	<b>143</b>
Tabla No. 1 Datos de lanzamiento	143
Uso del ábaco	144
Tabla No. 2 Capacidades en toneladas	145
Tabla No. 3 Construcción de la nariz	146
Tabla No. 4 Número de gatos y rodillos	147
Tabla No. 5 Pesos del puente en toneladas	148
Tabla No. 6 Pesos del puente en kilos	149
Tabla No. 7 Medidas de embarque para el puente	150
Tabla No. 8 Efecto de los eslabones de lanzamiento	151
Tabla No. 9 Flecha en la nariz de lanzamiento	152
Tabla No. 10 Momento flector plataf. de madera	153
Tabla No. 11 Esfuerzo cortante plataf. de madera estándar	154
Tabla No. 12 Momento flector plataf. de acero estándar	155
Tabla No. 13 Esfuerzo cortante plataf. de acero	156
Tabla No. 14 Momento flector plataf. de madera	157
Tabla No. 15 Esfuerzo cortante plataf. de madera esanch.	158

Tabla No. 16	Momento flector plataf. de acero	159
Tabla No. 17	Esfuerzo cortante plataf. de acero ensanch.	160
Tabla No. 18	Momento flector plataf. de madera extra-ancho	161
Tabla No. 19	Esfuerzo cortante plataf. de madera extra-ancho	162
Tabla No. 20	Momento flector plataf. de acero extra-ancho	163
Tabla No. 21	Esfuerzo cortante plataf. de acero extra-ancho	164
Tabla No. 22	Momentos de inercia	165
Tabla No. 23	Anchos de puentes de tablero infer.	166
Tabla No. 24	Capacidad total esfuerzo cortante	167
Tabla No. 25	Dimensiones críticas	168
Tabla No. 26	Clase por tipo de construcción y de cruce	170
Tabla No. 27	Material necesario varios tipos de puentes	171
Tabla No. 28	Rodillos requeridos por longitud	173
Tabla No. 29	Tiempo estimado de construcción	174
Tabla No. 30	Capacidad para varios tipos de suelos	175
Tabla No. 31	Máxima carga concentrada soportada	176
Tabla No. 32	Máxima carga concentrada Bailey ensanch	177
Tabla No. 33	Tipo de emparrillado	178
Tabla No. 34	Datos técnicos del emparrillado	179
Tabla No. 35	Personal requerido para ensamblar	180
<b>SEGUNDA PARTE OTROS TIPOS DE PUENTES SEMIPERMANENTES</b>		
<b>Capítulo XII. Puentes pesados AH-ACROW</b>		<b>183</b>
12.1.	Introducción	183
12.2.	Generalidades	183
12.3.	Descripción de componentes básicos	186
12.4.	Principales componentes de la viga	189
12.5.	Lanzamiento del puente	190
<b>Capítulo XII. Puente metálico de fabricación nacional "PARMS"</b>		<b>193</b>
13.1.	Introducción	193
13.2.	Clasificación puentes PARMS	195
13.3.	Tipo de puentes PARMS	197
13.4.	Descripción de componentes básicos	201
13.5.	Montaje del puente	205
13.6.	Tablas	210
<b>TERCERA PARTE MANEJO Y AYUDAS PARA EL CONTROL DE TRÁFICOS Y ESTRIBOS</b>		
<b>Capítulo XIV. Manejo de los componentes del puente</b>		<b>217</b>
14.1.	Cuidados en el transporte, almacenamiento y montaje	217
<b>Capítulo XV. Mantenimiento y ayudas para el control de tránsito</b>		<b>221</b>
15.1.	Cuidado de las partes y del equipo	221

15.2. Mantenimiento de los puentes	222
15.3. Control de tránsito	223
15.4. Proceso de galvanizado en caliente	225
15.5. Propiedades del recubrimiento	225
15.6. Causas de prevención de daños en el acero galvanizado	226
<b>Capítulo XVI. Cálculo de estribos</b>	<b>229</b>
16.1. Generalidades	229
16.2. Descripción	230
16.3. Consideraciones de diseño	230
16.4. Problema de ejemplo	232
Tabla No. 1 Largueros de acero con piso de madera	243
Tabla No. 2 Propiedades de los suelos	244
Tabla No. 3 Coeficientes de fricción	245
Tabla No. 4 Capacidades permisibles de estabilidad del suelo	246
Glosario	247
Bibliografía	249

# Introducción

Es grato para el Comando de la Escuela de Ingenieros presentar, en el Centésimo Octagésimo Quinto aniversario de los Ingenieros Militares, la segunda edición del libro "Puentes Semipermanentes", como un aporte técnico-científico para estudiantes, profesionales y militares, que en algún momento de sus responsabilidades: como Ingenieros, y en ayuda de sus conciudadanos, construirán estos medios de paso.

Los puentes semipermanentes han sido una solución temporal, pero inmediata, a las necesidades de comunicación en la mayoría de las regiones de Colombia; movimientos tectónicos y de acciones del hombre. Aquí cobra vital relevancia el puente Bailey, estructura metálica inglesa, empleado en la Segunda Guerra Mundial por los Ingenieros Militares, para garantizar el avance de las tropas. Luego en tiempos de paz, fue utilizado por un gran número de Ejércitos e Ingenieros civiles que buscaban el desarrollo de sus naciones.

El contenido temático de la obra comprende lo siguiente: la primera parte trata con amplitud el cálculo, la preparación, la construcción, el lanzamiento y la instalación del puente Bailey, explicando con especial detalle dos métodos de cálculo para su armado y capacidad.

Será un texto de gran ayuda, tanto para el Ingeniero militar, como para el Ingeniero civil, en razón a que esta estructura es comúnmente empleada por ambos.



Por fortuna, la Ingeniería nacional, desde hace varias décadas, ha venido investigando y participando activamente en el diseño y fabricación de estructuras metálicas de fácil cálculo y construcción; es así como la Industria Colombiana aportó al país el puente armado rápido modular PARMS, compatible con las partes del puente Bailey y con similares características técnicas y tácticas de empleo y armado.

También se ha incluido el puente pesado AH-CROWN, de fabricación inglesa, compatible con el puente Bailey en su armado y lanzamiento, por ser una buena alternativa cuando se tienen o se combinan las partes de estas dos estructuras.

En el área de mantenimiento, se hace énfasis en el almacenamiento y manejo de las estructuras de los puentes semipermanentes, con el ánimo de prolongar su vida útil. De otra parte, para la prevención de accidentes, se presentan diferentes ayudas de tráfico que indican la capacidad de carga y otras especificaciones técnicas del puente.

Igualmente se ha incluido en esta edición, un capítulo de estribos, en vista que en la mayoría de los casos, esas soluciones temporales de los puentes se convierten en permanentes. Además, en esta subestructura descansa el puente y se recogen las reacciones extremas provenientes de la superestructura hasta transmitirías al suelo.

Aprovecho tan significativa oportunidad para hacer especial reconocimiento al comité de oficiales de la Escuela de Ingenieros Militares, quienes recogieron las observaciones positivas y negativas de la primera edición, las experiencias de técnicos e ingenieros militares y civiles, la adaptación y traducción de manuales del ejército de los Estados Unidos sobre el puente Bailey y el aporte significativo de entidades que quisieron participar en la elaboración de esta segunda edición. Indudablemente su colaboración, además de quedar grabada en las páginas de ingeniería, incrementará la fe en el desarrollo de la vías de comunicación para el porvenir de Colombia.

Teniente Coronel LUIS FELIPE PAREDES CADENA  
Comandante Escuela de Ingenieros Militares

# Generalidades

## Los puentes

Comúnmente en las carreteras se encuentran obstáculos casi siempre naturales, que deben sobrepasarse para continuar adelante, sin que el alineamiento de la carretera se interrumpa.

Estos pasos se evaden mediante la construcción de puentes o pontones, según su magnitud y tipo de terreno; pretendemos en este breve resumen, recordar algunos conceptos básicos de gran utilidad para los interesados en el tema, al igual que las diferencias entre los elementos constitutivos de estas estructuras.

## Definición

El puente es una estructura de madera, piedra, ladrillo, concreto simple, concreto armado o hierro estructural, que se utiliza para que una vía de comunicación pueda continuar a través de un río, una depresión de terreno u otra vía de comunicación.

## Historia

Históricamente no se le atribuye a alguien en especial la invención de los puentes; podríamos decir que nacieron de la necesidad de nuestros antepasados de franquear obstáculos, es así como los primeros puentes fueron los elaborados con elementos naturales como árboles caídos o estructuras de guadua o bambú; posteriormente a lo largo de la historia fueron evolucionando con la necesidad de su empleo; así fue como las antiguas culturas Egipcia y Romana construyeron muchos puentes de madera y grandes arcos de mampostería, con el tiempo, los Ingleses fueron los

primeros en utilizar las estructuras metálicas para la construcción de puentes, tales como el Bailey y el puente pesado AH - ACROW, muy utilizados en el mundo entero.

En China se usaron los puentes colgantes y en Estados Unidos los Pielés Rojas usaron voladizos en sus primitivas construcciones.

Cuando el puente tiene menos de 6 metros y está elaborado de madera, guadua o mampostería, se le llama Pontón, y están formados por estructuras de Box-culbert que cruzan una vía.

### **Tipo de puentes**

Los puentes por su uso se pueden dividir en puentes para carreteras, ferrocarriles, mixtos, canales, peatonales. Según su duración pueden ser temporales o permanentes. Por su condición de instalación, en fijos, móviles y desmontables; por la forma de efectuar el cruce, en normal, diagonal y curvo. Si los puentes cruzan otra vía de comunicación pueden ser de paso superior o de paso inferior.

### **Elementos esenciales de un puente**

La estructura de un puente está constituida por la superestructura, la subestructura y la infraestructura.

#### **La superestructura**

Puede estar conformada de diferentes materiales y formas, así por ejemplo: pisos y largueros de madera, losa de concreto armado sobre estructuras de hierro o losas y vigas de concreto, arcos de: mampostería, de concreto, metálicos, concreto armado, armaduras en estructura metálica (colgante, voladizos, basculantes, giratorios, etc.), tableros, vigas, barandas y andenes en concreto reforzado o prefabricados.

##### **a. Tableros y vigas**

Los tableros o losas son lo que constituye la parte superior de la superestructura, son elementos generalmente de concreto reforzado que soportan directamente al tránsito de los vehículos, transmitiendo estos esfuerzos a las vigas y que obedecen a un diseño previo, de acuerdo con las cargas que se van a presentar.

Las vigas son elementos estructurales generalmente de concreto armado, cuya función es la de transmitir las cargas a los pilares y estribos.

##### **b. Barandas y andenes**

Las barandas son elementos de la superestructura, indispensables para la protección lateral de los vehículos y los peatones; pueden ser construidas en material de concreto reforzado, componente de la estructura del puente, o prefabricados que sirven de zona de circulación peatonal.

## La subestructura

Puede ser de caballetes de madera, pilas y estribos de concreto armado, pilas y estribos de mampostería, torres metálicas sobre pedestales de concreto, pilas y estribos de concreto ciclópeo (mezcla con el 60% de concreto simple y 40% de piedra media zonga). Son elementos constitutivos de la subestructura, los estribos y las pilas.

### a. Estribos

Los estribos son estructuras en los extremos de los puentes, con el propósito de transmitir cargas de la superestructura a la cimentación y dar además un soporte lateral al terraplén. Sirven como pila y como muro de contención y consisten por lo general en un muro frontal y dos muros en forma de ala o U.

Ordinariamente es independiente de la superestructura, pero en algunos casos forma parte de un marco rígido y transmite además fuerzas y momentos de ella.

Como partes principales de éstos, tenemos:

- 1) Corona: Parte que recibe directamente la superestructura para transmitirla al cuerpo.
- 2) Cuerpo: Su función principal es la de ligar y transmitir las cargas de la corona a la zapata.
- 3) Zapata: Transmite las cargas al terreno de manera que no sobrepasan al esfuerzo admisible de éste.

### b. Pilares

Se entiende por pilares de un puente, aquella parte de la subestructura que recibe la acción de dos tramos de la superestructura y tiene como función transmitir las cargas al terreno y repartirlas en tal forma que no excedan su esfuerzo admisible. Cuando la luz del puente es de consideración y no pudiéndose apoyar a la superestructura en los estribos, se utilizan pilares equidistantes a lo largo de dicha luz.

Además, éstos deben causar la menor perturbación posible al paso del agua, por esto se utiliza generalmente formas rectangulares con triángulos o segmentos de círculos en los extremos.

Estos extremos frontales a la dirección de la corriente, reciben el nombre de tajamares. La ventaja de hacer los tajamares iguales radica en que la cimentación se hace simétrica respecto a las cargas verticales de la pila.

Un aspecto muy importante que hay que tener en cuenta en la cimentación de los pilares de un puente, es el relacionado con la socavación debido a la acción de erosión del agua.

El método más adecuado para conocer en forma apropiada la profundidad de la socavación, es el llamado "Alemán", que consiste en lo siguiente: En diferentes puntos del lecho del río se hacen excavaciones, el material extraído se pinta con una sustancia insoluble en el agua y así pintado se vuelve a colocar en el interior de la excavación en el mismo orden que antes se encontraba y con la misma compactación, en esas condiciones se deja a la acción del río hasta que se produzca una creciente. Al presentarse la creciente, se iniciará la socavación y una vez haya pasado se vuelve a producir las excavaciones en los mismos puntos, para obtener por observación directa la profundidad de socavación, que será aquella a la cual vuelve a aparecer las piedras pintadas y que no fueron removidas por la creciente.

### **La infraestructura**

Puede ser constituida de pedestales de mampostería o de concreto, pilotes, cilindros de fricción, etc.

# PRIMERA PARTE Puentes Bailey



# CAPÍTULO I

## Puente Bailey estándar o M-1

### **1.1. Nomenclatura de componentes**

#### **a. El panel Bailey (figura No. 1-1)**

Es una armazón soldada que comprende dos cordones unidos por montantes verticales y diagonales. Estos elementos se fabrican con acero especial de alta resistencia. En un extremo del panel, ambos cordones terminan en un muñón perforado y en el otro extremo en dos orejas perforadas.

Los paneles se ensamblan unos con otros por los extremos mediante el acoplamiento de los muñones, insertando los pasadores del panel a través de los agujeros correspondientes.

A los dos cordones de los paneles se les denomina Cordón Superior y Cordón Inferior, siendo este último fácilmente identificable por las cuatro placas de apoyo de travesaños, adyacentes a los montantes. Cada una de estas placas tiene una espiga cónica vertical que se conecta al agujero del travesaño; los agujeros rectangulares en los montantes de los paneles, encima de las placas, reciben el apéndice de la abrazadera del travesaño; el talón del mismo se acomoda dentro de la ranura de la placa de apoyo. También en el cordón inferior, cerca de cada extremo, hay un agujero ovalado horizontal que recibe las varillas tensores.



Tanto el cordón superior como el inferior tiene cada uno un par de salientes taladrados para alojamiento de pernos de cordón; los paneles se ensamblan unos encima de otros por medio de estos pernos de cordón. Los cordones de refuerzo también se fijan en estos puntos. También en ambos cordones hay un par de agujeros en los que se coloca el marco de refuerzo.

Cada uno de los dos montantes extremos tiene también un par de agujeros para el bastidor de arriostramiento; además, el agujero más cercano al cordón superior se emplea también para fijar el puntal y la placa de unión. El agujero ovalado en la parte superior del montante central facilita el izado del panel por grúa.

**b. El pasador de panel (figuras Nos. 1-2 y 1-6A)**

Está hecho de una aleación de acero tratado en caliente; se puede utilizar un martillo de 14 lb (7kg) para insertar estos pasadores en su lugar. El extremo del pasador está ligeramente conificado para facilitar esta operación y cerca de su extremo lleva un agujero para colocar el seguro del pasador de panel.

**c. Seguro del pasador de panel (figuras Nos. 1-2 y 1-6A)**

En la cabeza del pasador de panel hay una ranura paralela al agujero para el seguro del pasador, para que al insertarlo tome la precaución de que esta ranura se mantenga paralela al cordón del panel.

**ch. El travesaño (figura No. 1-2A)**

Es una viga de acero especial de alta resistencia, que forma la viga transversal del puente, extendiéndose entre las vigas maestras para soporte del tablero. En el ala inferior, cerca de cada extremo, tiene una serie de tres agujeros que se acoplan sobre las espigas de las placas de asiento en los paneles que forman las vigas maestras. Sobre el ala superior, espaciadas proporcionalmente desde el centro, hay una serie de orejas que sirven para fijar los apoyos del tablero o largueros.



Figura No. 1-1

**d. Marco de refuerzo (figura No. 1-3A)**

Es una armazón de perfiles y barras de acero dulce, con una espiga cónica en cada una de sus cuatro esquinas. Se emplea para arriostrar los paneles entre sí, como sigue:

1) En los puentes dobles simple y triple simple, horizontalmente sobre los cordones superiores de los paneles de cada extremo.

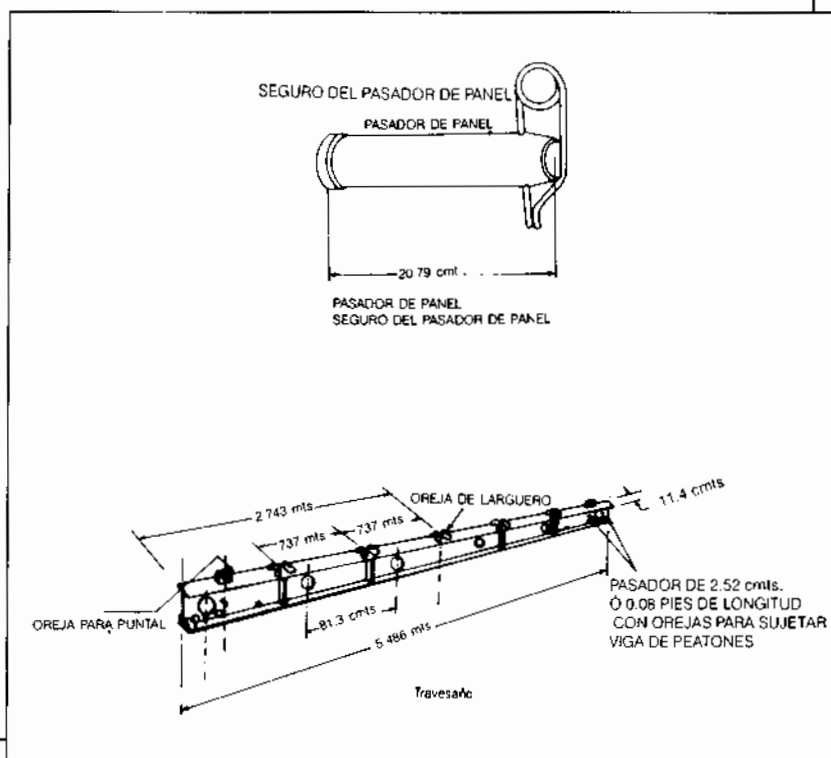


Figura No. 1-2

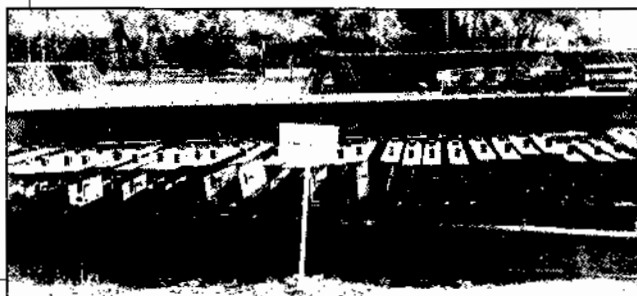


Figura No. 1-2A

2) En los puentes de doble y triple, alzado horizontalmente en los cordones superiores del nivel más alto y verticalmente en los montantes exteriores a un extremo de todos los paneles del segundo y tercer niveles en cada tramo. El marco de refuerzo se ensambla con cuatro pernos de arriostamiento.

### e. El puntal (figuras Nos. 1-3 y 1-6A)

Es un perfil de acero especial de alta resistencia con una espiga cónica en cada extremo. Se conecta entre la parte superior del travesaño y el agujero de la parte superior interna del montante del panel y representa el principal elemento de estabilización del puente. Se asegura con dos pernos de arriostamiento.

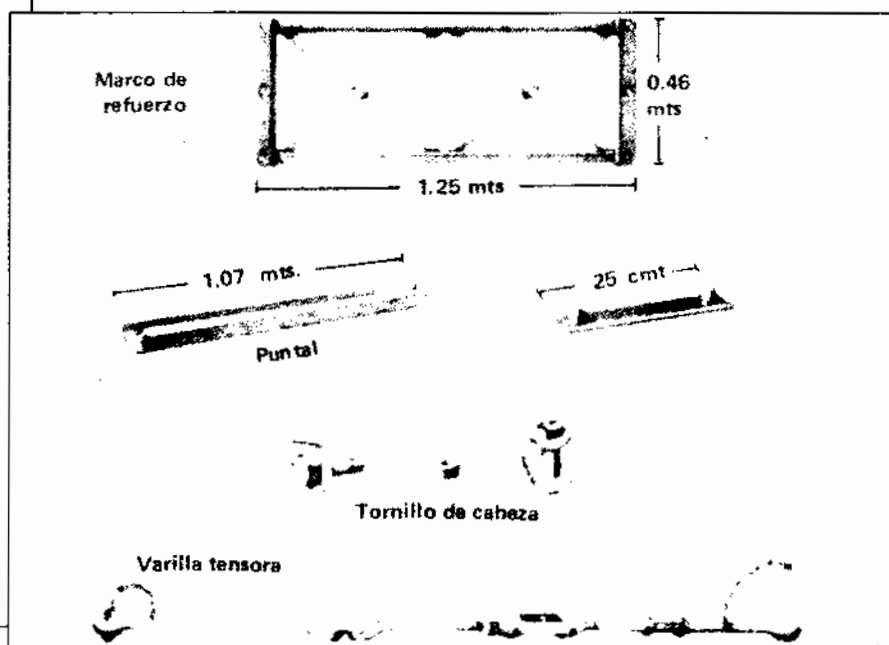


Figura No. 1-3



Figura No. 1-3A

**f. El perno de cabeza o de arriostramiento (figuras Nos. 1-3 y 1-6A)**

Se suministra con tuerca y arandela. Otra arandela en forma especial acoplada debajo de la cabeza impide que el perno gire mientras se está ajustando la tuerca. Se emplean para los siguientes propósitos:

- 1) Para asegurar los puntales al panel y al travesaño.
- 2) Para asegurar el marco de refuerzo al panel.
- 3) Para asegurar la placa de unión al panel.

**g. La placa de unión (figuras Nos. 1-3 y 1-6A)**

Es una placa de dos espigas huecas separadas  $8\frac{1}{2}$  pulgadas (0.22 m) entre centros. Se emplea para conectar la segunda y tercera vigas en los puentes de viga triple, empleando pernos de arriostramiento.

**h. La varilla tensora (figura No. 1-3)**

Es una varilla de acero dulce con ojal en cada extremo que se inserta dentro del agujero ovalado en el cordón inferior del panel. Dos pasadores encadenados, uno a cada extremo, la fijan al panel.

Una articulación permite que la varilla tensora se pueda doblar para el transporte y en el más corto de los brazos hay un torniquete. Este puede hacerse girar con el mango de una llave de boca  $1\frac{1}{4}$  la cual es también usada para la contratuerca. El puntal tiene un bloque calibrador y cuando se ajusta, los extremos de ambas varillas roscadas hacen tope dentro de este bloque; esto quiere decir que la varilla tensora está correctamente templada. Un par de varillas tensoras así templadas automáticamente escuadran cada tramo del puente.

**i. Abrazadera de travesaño (figuras Nos. 1-4 y 1-6A)**

Comprende una parte soldada con un apéndice en un extremo, un tornillo con manubrio en el centro y una pieza móvil en el talón. Cuando se opera, el apéndice se inserta dentro del agujero rectangular del montante vertical del panel. La pieza

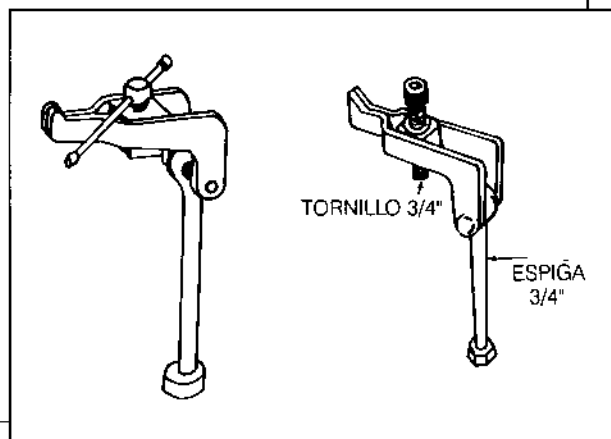


Figura No.1-4

móvil tiene una cabeza, la cual se coloca bajo la ranura de la placa de asiento del travesaño y ajustando hacia abajo el perno asegura el travesaño en posición respecto al cordón inferior y montante del panel. No está proyectado como elemento resistente, pero en una emergencia puede absorber un esfuerzo hacia arriba, procedente del travesaño de 2 toneladas (4.408 lb).

#### **j. Abrazadera de travesaño Mk-III (figura No. 1-4)**

Puede ser usada en lugar de las abrazaderas de travesaño Mk-I y Mk-II. Se diferencia de estos dos tipos solamente en lo que se refiere al tornillo. En ésta el tornillo es con cabeza hexagonal. En consecuencia, solamente puede ser atornillada o desatornillada con una llave hexagonal.

#### **k. Los largueros lisos (figura No. 1-5)**

Constituyen los soportes longitudinales del tablero del puente, consisten en tres perfiles soldados entre sí para formar un marco, en el cual los elementos transversales tiene como función dar rigidez a las vigas principales. Unas mordazas que llevan en ambos extremos, se acoplan con las grapas de la parte superior de los travesaños para impedir el juego lateral o longitudinal del emparillado. El larguero puede colocarse en el puente en cualquier sentido.

#### **l. El larguero de botones (figura No. 1-5)**

Es de construcción similar al larguero plano, pero tiene adicionalmente una serie de botones a lo largo del ala superior de uno de los perfiles exteriores.

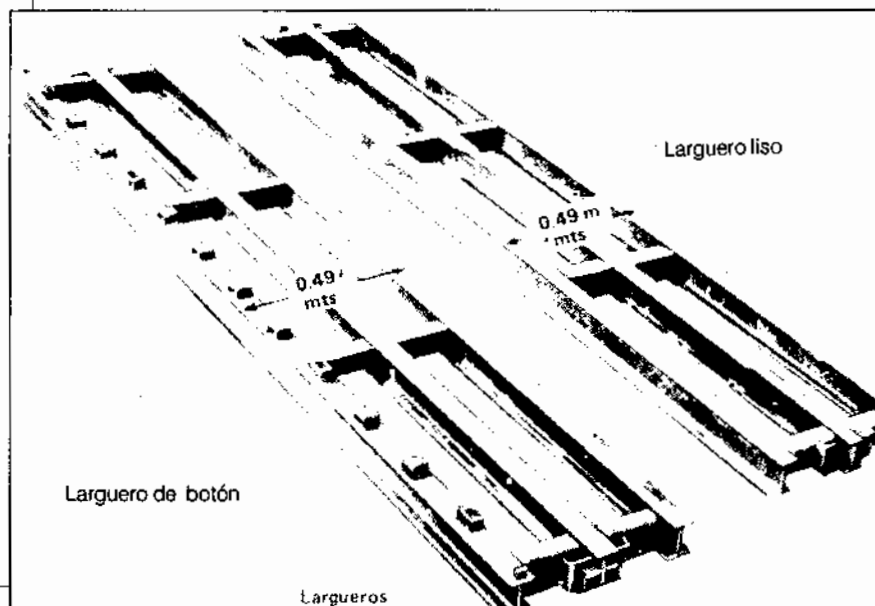


Figura No. 1-5

Estos botones sirven para fijar y retener la posición de los tablonos del tablero; cuatro de los botones son huecos para permitir la inserción y ajuste de la cabeza T del perno de trinca. Los largueros de botones se colocan en el puente con los botones en las posiciones extremas exteriores bajo las trincas guardabandas.

**II. El perno de cordón o pasador de tornillo (figuras Nos. 1-6 y 1-6A)**

Es de acero dulce y su cuerpo principal ha sido diseñado para que encaje en los cordones del panel. Para facilitar este encaje, el cuerpo tiene una pequeña conicidad que empieza en su mitad inferior y termina en una cabeza roscada que va provista de tuerca y anillo. Conecta los paneles y los cordones de refuerzo a través de los cordones de los paneles.

**m. El perno de trinca (figura No. 1-6)**

Construido de acero dulce, viene completo con tuerca y arandela y no necesita sacarse durante el montaje, puesto que su cabeza T pasa hacia abajo a través de

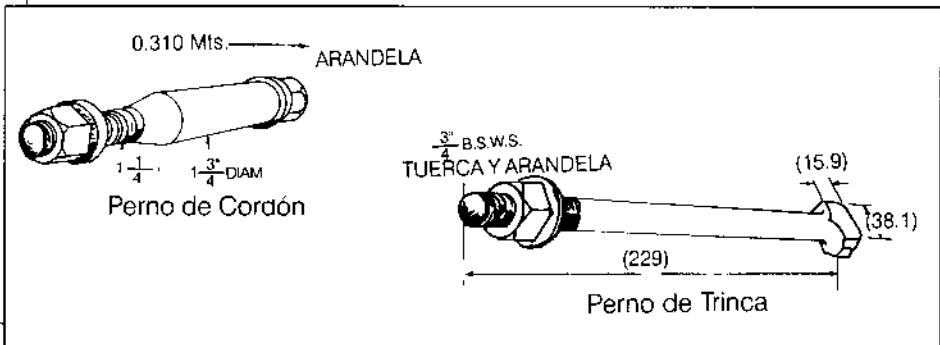


Figura No. 1-6

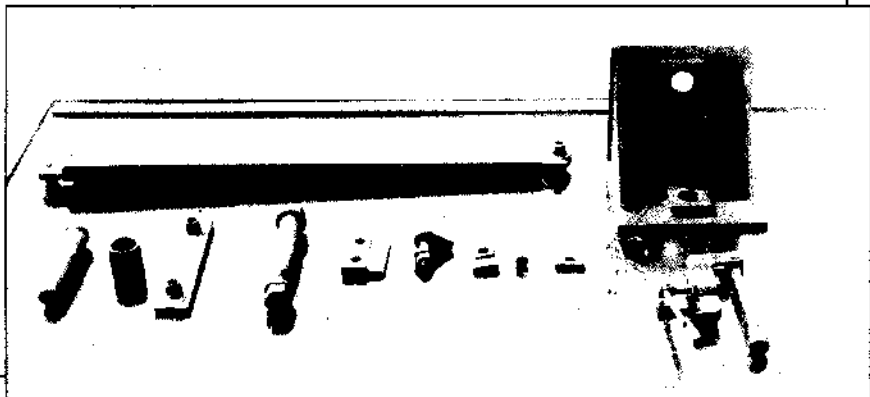


Figura No. 1-6A

un agujero rectangular en la trinca guardalado y se asegura en el botón especial del larguero con un giro de 90 grados.

#### **n. La trinca guardabanda (figura No. 1-7)**

Es un tramo de madera con los lados inclinados. Los cuatro huecos verticales rectangulares para los pernos de trinca tienen platinas de refuerzo en sus bocas, sobre las que se ajustan la tuerca del perno de trinca. Tiene el doble objeto de formar la hilera del tablero y actuar como una abrazadera longitudinal que asegura los tablones en su posición.

#### **ñ. Piso de tablones (figura No. 1-7)**

Estos forman la superficie rodante; tienen 5 cm de espesor por 20 cm de ancho, son de madera y en los extremos se estrechan para acoplarse entre los botones del larguero.

#### **o. El apoyo de cojinete (figuras Nos. 1-8 y 1-8A)**

Es una placa plana sobre la cual va una barra soportada por cuatro láminas que la dividen en tres secciones.

Recibe la carga de los postes finales del puente y la transmite a las placas bases o bases de hormigón. Cuatro agujeros ovalados en la placa permiten su fijación al hormigón mediante pernos empotrados de éste.

En los puentes de vigas simples, el poste final se apoya en la sección central de la barra de apoyo del cojinete. En los puentes de viga doble, cada poste final se apoya en la sección central de su propio apoyo de cojinete.

En los puentes de viga triple, la viga interior se apoya como se menciona anteriormente, pero las dos vigas exteriores comparten un apoyo de cojinete común, ocu-

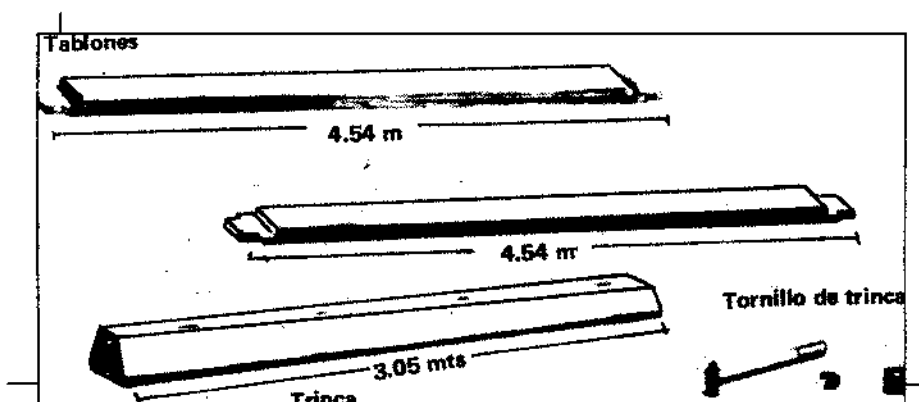


Figura No. 1-7

pan cada uno de los postes finales de una de las secciones exteriores de la barra. Para los puentes simple simple, se necesitan dos apoyos de cojinete para cada extremo del puente; para las demás construcciones, se necesitan cuatro apoyos de cojinete para cada extremo del puente. El área de la base de apoyo de cojinete es de 17 pies cuadrados ( $0.175 \text{ m}^2$ ). También sirve para apoyar el rodillo basculante como accesorio en el lanzamiento del puente.

#### p. La placa base (figura No. 1-8)

Está diseñada para distribuir la carga uniformemente de los apoyos de cojinete sobre un área de terreno. Cualquiera que sea la construcción del puente, se necesitan solamente cuatro placas base, una en cada extremo de cada viga maestra. Está construida en una plancha gruesa de acero soldada, la parte central la cual forma una especie de bandeja en bajo relieve, es en la que descansan los apoyos de cojinete. Alrededor de los bordes, se han marcado los números 1, 2 y 3 repujados sobre flechas. Estas indican dónde deben colocarse los apoyos de cojinete para la viga interior en los puentes de viga simple, doble y triple, respectivamente. El apoyo de cojinete puede desplazarse un total de 9 pulgadas ( $0.23 \text{ cm}$ ) sobre la placa base a lo largo de la línea del puente. El área bajo la placa de asiento es de 13 pies cuadrados ( $1.2 \text{ m}^2$ ).

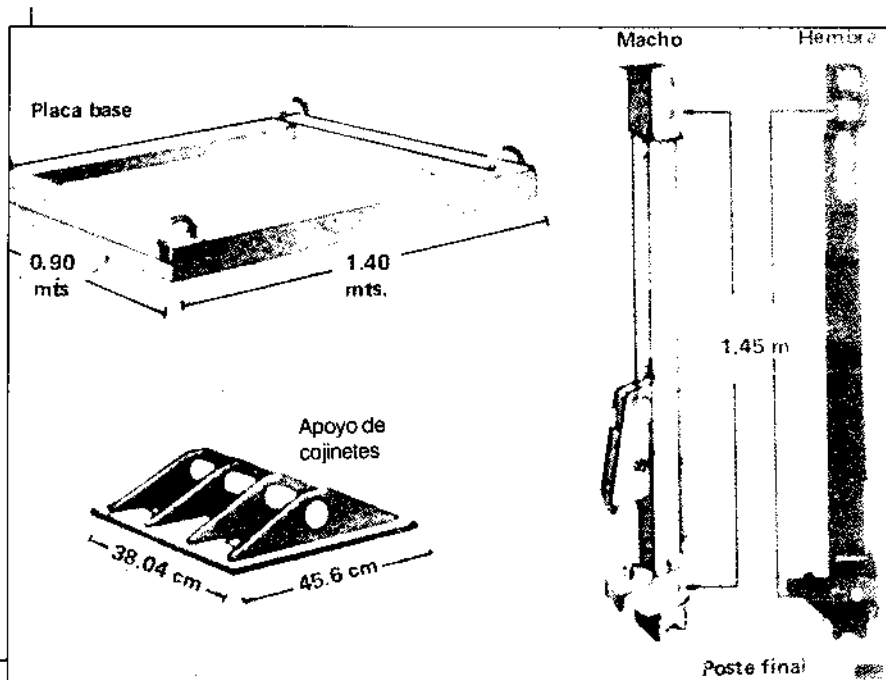


Figura No. 1-8



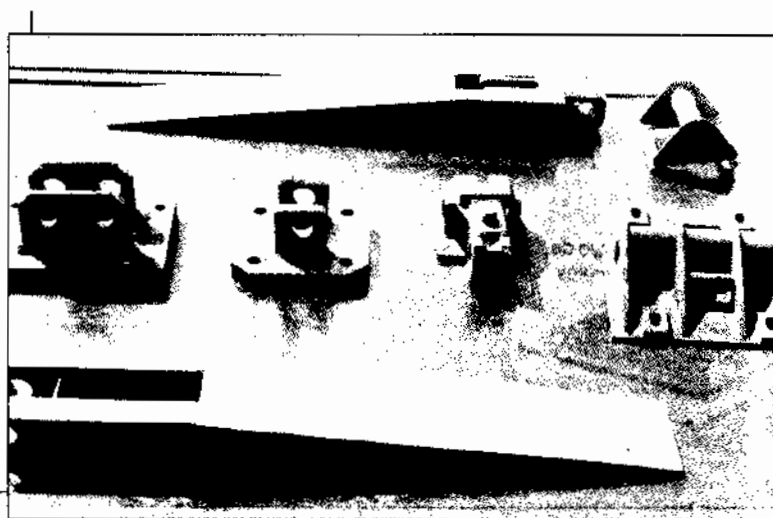
**q. Los postes finales, hembra y macho (figura No. 1-8)**

Son estructuras verticales que se unen por medio de pasadores de panel a cada extremo del puente y trasladan las cargas de las vigas maestras laterales a los estribos del puente. Un agujero de pasador ovalado adicional en la cabeza del poste sirve para acoplar a un panel de segundo piso un cordón de refuerzo superior. En su base, el poste final termina en un bloque de apoyo semicilíndrico que se asienta en el apoyo de cojinete.

También en la base se dispone de un soporte con un asiento para travesaño final de puente. El travesaño se mantiene en posición por medio de un aldabón articulado tipo compuerta que lleva un pasador encadenado.

Mientras que el travesaño es colocado en su posición, esta compuerta se gira hacia arriba y el pasador se inserta en el agujero superior para mantenerla abierta. Luego se hace girar hacia abajo y el pasador se inserta en el agujero inferior, sujetando el travesaño en su lugar. Al operar el gato bajo este travesaño, debe tenerse cuidado de que los puntales no estén colocados. La compuerta de cada poste final está diseñada para soportar una carga hacia arriba de 13 ton x 2.204 libras (28.652 lb) bajo estas circunstancias.

El soporte que tiene el asiento del travesaño está también diseñado para recibir el talón del gato por su parte inferior; ésta es la posición normal de los gatos cuando bajan el puente sobre sus apoyos. El soporte en el poste final macho puede soportar 15 ton x 2.204 libras (33.060 lb); el soporte del poste final hembra puede soportar 12 ton x 2.204 libras (26.448 lb).

*Figura No. 1-8A*

**r. La rampa lisa (figura No. 1-9)**

Comprende tres perfiles de alta resistencia; construida en forma de marco, similar al larguero liso, pero de sección más pesada.

Los extremos de los perfiles son achaflanados y están provistos de apoyos semicirculares en la parte inferior. Los miembros transversales en cada extremo están conformados para encajar sobre las grapas del travesaño.

**s. La rampa de botones (figura No. 1-9)**

Es similar a la rampa lisa, pero tiene adicionalmente un juego de botones, exactamente igual que en el larguero de botones, para ubicar los tablonces y recibir las cabezas T de los pernos de trinca que presionan hacia abajo las trincas guardalados.

Cada tramo de rampa comprende tres rampas lisas y dos de botones. Cada uno de estos tramos, apoyado sólo en sus dos extremos, soportará cargas axiales hasta de 15 ton x 2.204 libras (33.060 lb). Para cargas axiales que sobrepasen este peso, cada tramo de rampa debe ser soportado adicionalmente por relleno sólido en el centro.

**t. El pedestal de rampa (figuras Nos. 1-10 y 1-10A)**

Es una pieza de acero soldada, que consiste en un plato de base sobre el cual van dos contrafuertes verticales separados convenientemente para que el travesaño se sitúe entre ellos, garantizando su rigidez en las rampas de acceso al puente.

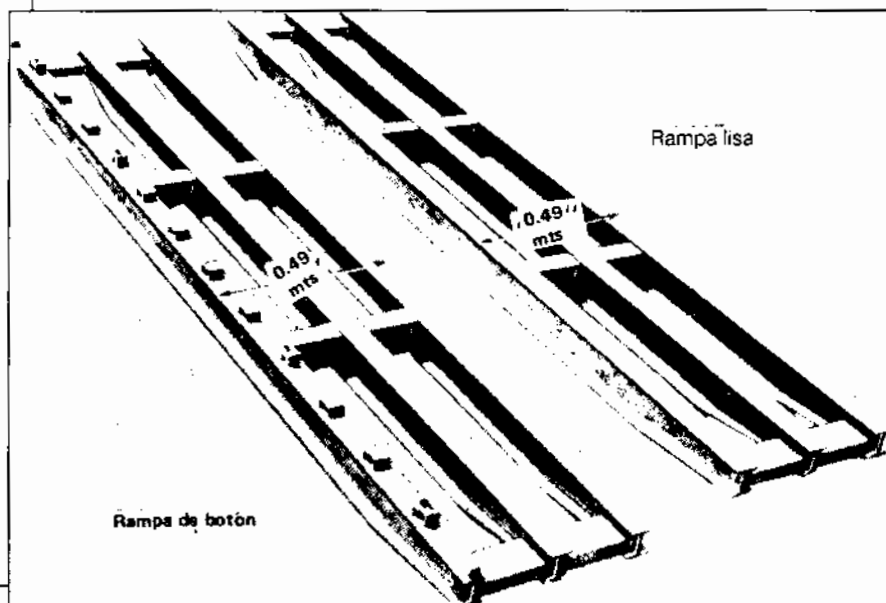


Figura No. 1-9

**u. Base de apoyo para gato (figura No. 1-10)**

Es una bandeja de acero con una grada. La parte más alta se asienta sobre el piso de la placa base, y la parte posterior (que tiene una asa) se apoya en la pestaña vertical de la placa base.

Tanto el gato mecánico de 15 toneladas o el gato hidráulico de 25 toneladas, se colocan en la base de apoyo de manera que el talón del gato se acomode al poste final.

**v. El rodillo basculante u oscilante (figura No. 1-11)**

Se emplea para lanzar todos los puentes Bailey, excepto aquellos muy cortos y de poca luz. Esfuerzos concentrados muy grandes se producen en los cordones inferiores del puente en los puntos que pasan sobre el rodillo. El rodillo oscilante ha sido diseñado para evitar esta dificultad, en razón a que distribuye esta carga sobre una longitud de 3 pies 6 pulgadas (1.07 m).

Se han montado tres rodillos en un brazo balanceado en la parte inferior central, en el cual se han colocado soportes semicilíndricos. Éstos descansan sobre el apoyo de cojinete sobre el cual el rodillo oscilante puede balancearse libremente. Cuatro rodillos laterales se disponen en la parte superior del marco del rodillo para servir de guía a las vigas del puente.

El número máximo de rodillos oscilantes que se necesitan para lanzar todos los puentes de luces normales son cuatro; dos a cada lado del puente bajo la primera y segunda vigas.

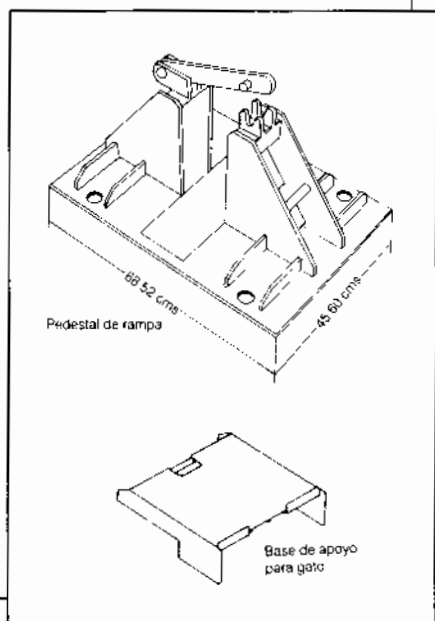


Figura No. 1-10



Figura No. 1-10A

La carga máxima que puede soportar un rodillo basculante es de 21 ton x 2.204 libras (46.284 lb), pero en los puentes simples la carga debe ser limitada a la máxima permitida en el cordón del panel, 15 ton x 2.204 libras (33.060 lb).

#### w. La solera o soporte para rodillo basculante (figura No. 1-11)

Es una armazón prefabricada de madera con dos pestañas en la superficie superior, en la cual pueden acomodarse dos apoyos de cojinete. Los rodillos oscilantes colocados sobre los apoyos así acomodados, están automáticamente a una distancia de 0.46 m (18 pul) entre centros para conducir la primera y la segunda vigas del puente. Esta solera puede soportar una carga máxima de 42 ton x 2.204 lb (92.568 lb) y tiene un área en la base de 8 pies cuadrados (0.75 m<sup>2</sup>).

#### x. El rodillo fijo (figura No. 1-11)

Es una armazón soldada que alberga dos rodillos montados en un eje común. En los puentes de vigas simples o dobles, las vigas pueden correr sobre uno cualquiera de los rodillos, pero en los puentes de vigas triples, la segunda y la tercera vigas correrán cada una sobre un rodillo.

Cada rodillo puede soportar una carga de seis toneladas, que también es el límite para cargas concentradas en el cordón del panel.

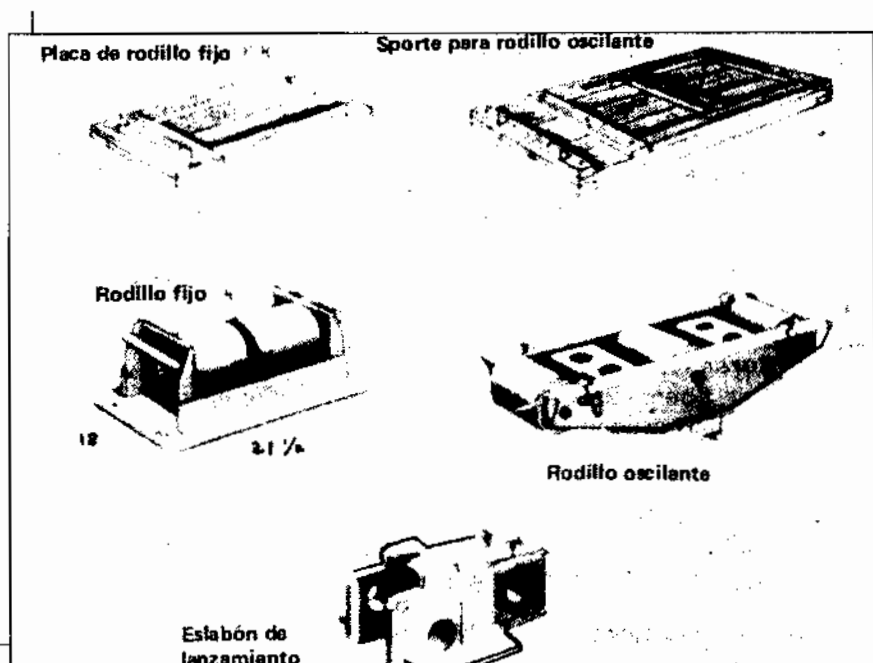


Figura No.11

Los rodillos fijos generalmente son llamados rodillos de construcción, y son espaciados a intervalos en el lugar de construcción y el puente es armado sobre ellos, de manera que en cualquier momento puede ser deslizado hacia adelante y lanzado a través de la luz que se va a cruzar.

#### **y. La solera o placa de rodillo fijo (figura No. 1-11)**

Es una bandeja de madera sobre la que descansa el rodillo plano y sirve para distribuir la carga en el piso. El área de su base es de 4.3 pies cuadrados (0.4 m<sup>2</sup>).

#### **z. El eslabón de lanzamiento (figuras Nos. 1-11 y 1-8A)**

Es, en realidad, un pequeño tramo de cordón de panel y soportará las mismas cargas. Un extremo es macho y el otro hembra, y ambos están perforados para recibir el pasador de panel.

El eslabón de lanzamiento se inserta en el cordón inferior entre los paneles adyacentes de la nariz de lanzamiento; este lanzamiento de los primeros paneles en el extremo delantero de la nariz contrarresta la flecha natural del puente durante el lanzamiento y asegura que la punta de la nariz se pose sin dificultad sobre los rodillos en la orilla opuesta.

La distancia entre los centros de los agujeros del pasador es de 6½ pulgadas (0.16 m) y esto levanta el extremo posterior del panel 13½ pulgadas (0.34 m). Hasta dos pares de eslabones de nariz pueden ser empleados en la nariz de lanzamiento, y la tabla 8 indica cómo las varias disposiciones de estos eslabones influyen en la altura que se obtiene en el extremo de la nariz de lanzamiento. La tabla 9 indica la flecha en el extremo. De esta forma puede ser determinada la posición de los eslabones de lanzamiento de cualquier puente.

## **1.2. Herramientas (figuras Nos. 1-12 y 1-12A)**

Para el montaje de los puentes Bailey, a pesar de que todo el material por su peso está en condiciones de ser transportado por cuadrillas de hombres, se hace necesario el empleo de herramientas para facilitar el trabajo; algunas de ellas son:

#### **a. Llaves (figuras Nos. 1-12 y 1-12A)**

Para el montaje del puente Bailey se emplean las siguientes llaves: llave de manivela de ¾ de pulgada, hexagonal; es muy útil para ajustar los pernos de trinca y los pernos de arriostamiento.

La llave de boca fija de mango cónico sirve para alinear agujeros y ajustar pernos de cabeza y de trinca. La llave de estrella es una llave de tipo volvedor corredizo que se usa para ajustar tuercas de perno de cordón.

#### **b. Extractor de pasadores (figura No. 1-12)**

Se usa como ayuda para desarmar el puente. Para utilizarlo, se saca a golpe ligeramente el pasador hasta que la cabeza sobresalga en el panel y el extractor pueda

agarrarlo y sacarlo de su alojamiento haciendo palanca. Es muy útil para desmontar puentes de triple armadura, porque la proximidad de la segunda armadura hace imposible el uso del martillo para sacar a golpes el pasador.

**c. Martillo para pasador de panel (figuras Nos. 1-12 y 1-12A)**

Está hecho de mango de madera y collarín cubierto en su interior de caucho, que es con lo que el pasador de panel recibe el impacto para no sufrir deformaciones.

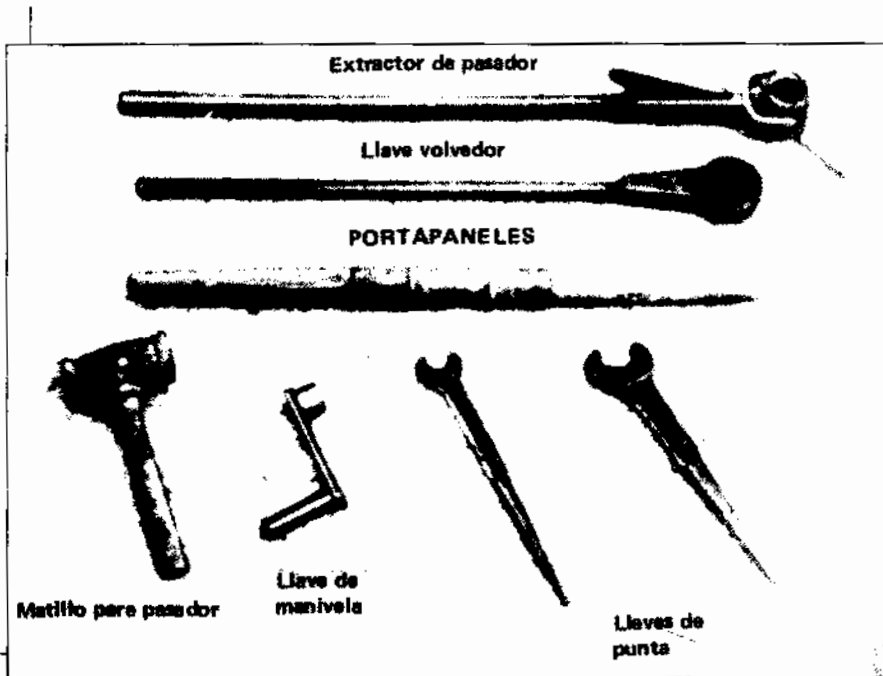


Figura No. 1-12



Figura No. 1-12A

**d. Portapaneles (figuras Nos. 1-12 y 1-12A)**

Es un elemento de madera con una argolla metálica en el centro; sirve para transportar el panel empleando 3 unidades y 6 hombres.

**e. Gato para el montaje de paneles en puentes de varios pisos (figura No. 1-13)**

Consiste en dos vigas en forma de doble T que se acomodan sobre el cordón superior de dos paneles que se quieren unir. Se ajustan mediante pernos soldados a la viga que atraviesan el panel y se aseguran con tuercas, además tiene una placa al extremo que las mantiene en su posición correcta. Entre las dos vigas se coloca la palanca en cuyo extremo existe un gato hidráulico que produce empuje hacia los dos lados simultáneamente al mover la palanca de arriba hacia abajo.

Cuando se está poniendo una segunda o tercera armadura del puente ya lanzado, el trabajo debe comenzarse en el centro y continuar hacia los extremos. Los puntos de unión de la parte superior del segundo piso de paneles no coinciden debido al pandeo natural del puente. Se usa, entonces, el gato para separar los paneles y poder introducir el pasador.

**f. Levantador de paneles (figura No. 1-14)**

Se usa para colocar una segunda o tercera fila de paneles hacia afuera de un puente construido para reforzarlo. Consiste en una barra de madera de 2.32 metros de largo con un peso de 21.8 kilos. Cerca del centro se encuentra una placa de apoyo unida a la barra con un eje, y al extremo un brazo corto con pasador para asegurar el panel al momento de levantarlo.

Este brazo puede colocarse sobre la barra en dos posiciones usadas según se está colocando la segunda o tercera fila de paneles. La placa de apoyo se coloca siempre sobre la primera fila interior de paneles.

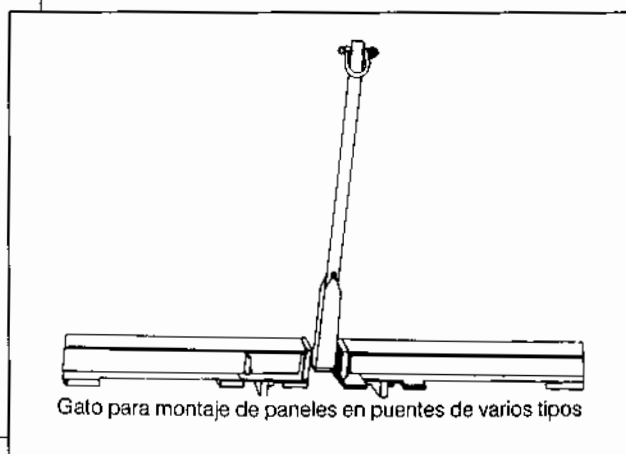


Figura No. 1-13

Para colocar un panel se requieren dos levantadores de panel manejados por dos hombres cada uno.

**g. Portatravesaños (figura No. 1-15)**

Es una tijera con uñas dispuestas de tal manera que aprietan el travesaño y sirven de asa de transporte; con 4 unidades y 8 hombres se moviliza el travesaño.

**h. El soporte para el arriostramiento superior (figuras Nos. 1-16 y 1-10A)**

Es un pedestal de acero que tiene en su base dos soportes para los pernos de cordón, por medio de los cuales se asegura a través de la parte superior de los paneles en dos vigas a una distancia de 18 pulgadas (0.46 m) entre centros. La placa superior tiene dos espigas para el asiento del travesaño y cuatro seguros, por medio de los cuales se fija en su posición al travesaño. En los puentes Bailey estándar, el soporte para el marco de refuerzo se ensambla con los seguros de las varillas tensoras orientadas hacia el eje del puente; en los puentes ensanchados estándar y extra-ancho el soporte tiene sus seguros orientados hacia los lados exteriores del puente.

**i. El collarín de perno de cordón (figuras Nos. 1-16 y 1-6A)**

Es un pedazo de tubo que actúa como un espaciador en la cola del pasador de perno de cordón. Se emplea cuando se ensamblan cordones de refuerzo a los paneles por medio de pernos, para colocarse en el trozo de perno sobresaliente que se proyecta dentro del panel, apretando la tuerca del perno sobre el collarín.

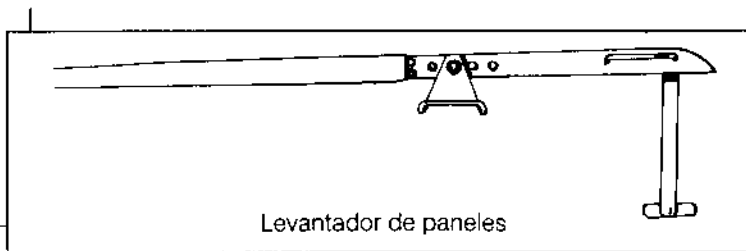


Figura No.1-14

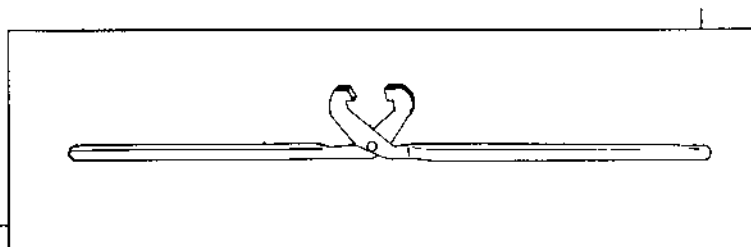


Figura No. 1-15



**j. El cordón de refuerzo (figura No. 1-17)**

Básicamente es similar al cordón inferior del panel Bailey, con extremos machos y hembras para acoplamiento con pasador de panel. Los salientes del perno de cordón van en la cara opuesta a los agujeros del marco de refuerzo; en esta forma cuando se acopla el panel, las cabezas de los pernos de cordón quedan alojadas entre los perfiles en U que forman el refuerzo, presentando un cordón inferior interrumpido para el lanzamiento y permitiendo que los cordones de refuerzo se acoplen al cordón superior sin ninguna interferencia.

**k. El gato mecánico (figuras Nos. 1-18 y 1-19)**

Es un gato mecánico normal operado por palanca. La carga máxima de seguridad en la cabeza es de 15 toneladas, y en el pie la carga máxima es 7½ toneladas.

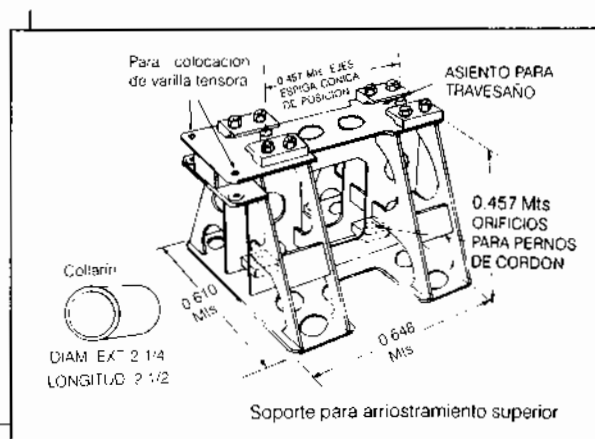


Figura No. 1-16



Figura No. 1-17

### I. El gato hidráulico (figura No. 1-19)

El cuerpo principal de este gato hidráulico está hecho de una aleación ligera. Las cargas máximas de trabajo son las siguientes: en la cabeza, 25 toneladas; en el pie, 10 toneladas. La palanca de operación tiene una llave hexagonal en un extremo que se usa para abrir y cerrar la válvula del "by-pass".

También existen gatos hidráulicos con capacidad en la cabeza de 60 toneladas y con longitud de levantamiento básico de 30 cm.

Solamente se ha ilustrado los principales componentes Bailey y equipo de montaje. No es posible mostrar en detalle toda la gama de componentes Bailey, ni tampoco es posible mostrar el gran número de elementos nuevos que se han agregado al equipo Bailey original. A través de este libro se hace referencia a otros componentes, en los capítulos que tratan de su empleo.

Además de las piezas originalmente diseñadas para uso militar, otra serie de ellas han sido diseñadas y fabricadas exclusivamente para uso en estructuras permanentes. A estos componentes se hace referencia en el texto del libro y se puede obtener información adicional detallada de los fabricantes.



Figura No. 1-18

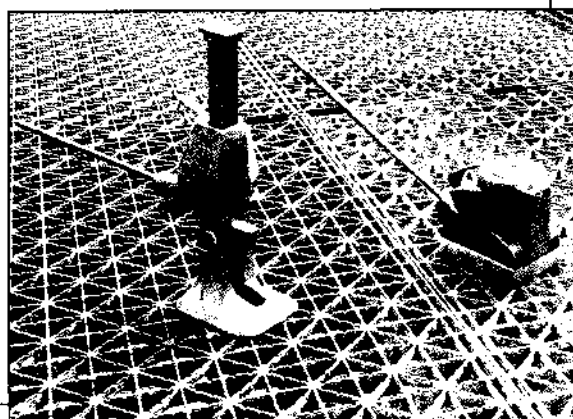


Figura No. 1-19

### 1.3. Tipos de puentes Bailey

Con el material Bailey se puede construir diversos tipos de puentes por la variedad de sus componentes; el más simple es aquel de una sola viga de paneles, que a lo largo de cada lado de la estructura forman la viga maestra. A este tipo de construcción se le llama simple simple.

Una fila adicional de paneles a cada lado convierte este puente en doble simple. Si en este puente doble simple se empernan dos filas adicionales de paneles sobre los paneles existentes, el puente de doble piso se llama doble doble. En esa forma es posible definir cualquier tipo de puente de viga por medio de dos palabras: la primera palabra indica el número de paneles situados uno al lado del otro que forman las vigas del puente, y la segunda palabra indica el número de paneles que van uno encima del otro. Un puente triple doble, en consecuencia, tiene sus vigas maestras compuestas de paneles dispuestos en tres vigas colocadas una al lado de la otra y de dos pisos de alto.

Normalmente se emplean siete tipos de construcciones para armar la gama completa de puentes de tablero inferior, y ellos son los siguientes, junto con las abreviaturas por las que se les conoce:

SIMPLE SIMPLE	SS	Figura 1-20	TRIPLE DOBLE	TD	Figura 1-24
DOBLE SIMPLE	DS	Figura 1-21	DOBLE TRIPLE	DT	Figura 1-25
TRIPLE SIMPLE	TS	Figura 1-22	TRIPLE TRIPLE	TT	Figura 1-25
DOBLE DOBLE	DD	Figura 1-23			

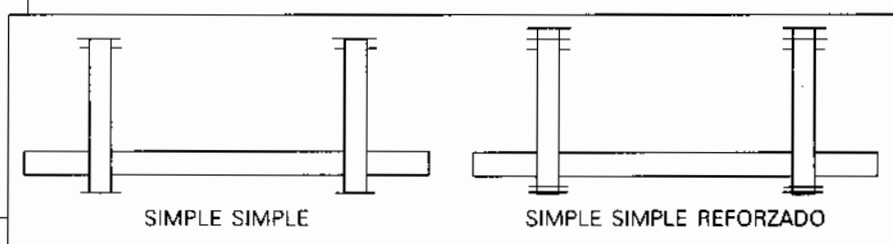


Figura No. 1-20

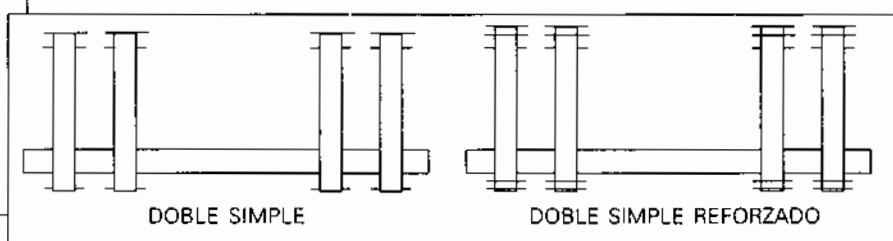


Figura No. 1-21

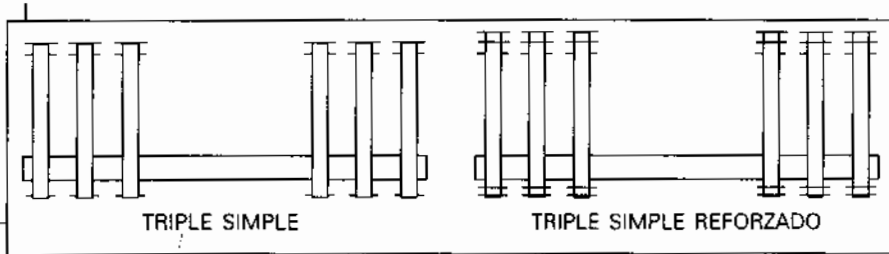


Figura No. 1-22

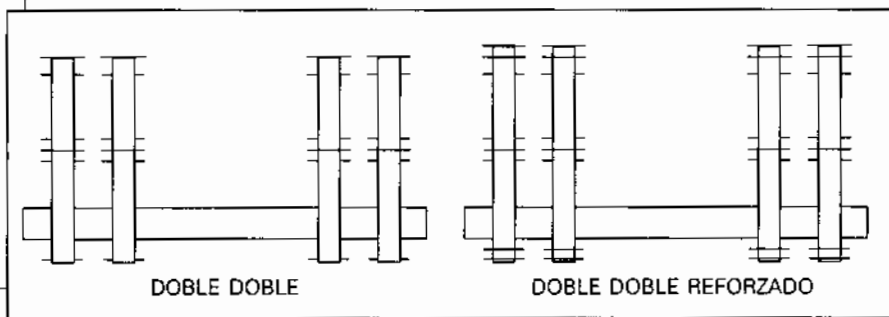


Figura No. 1-23

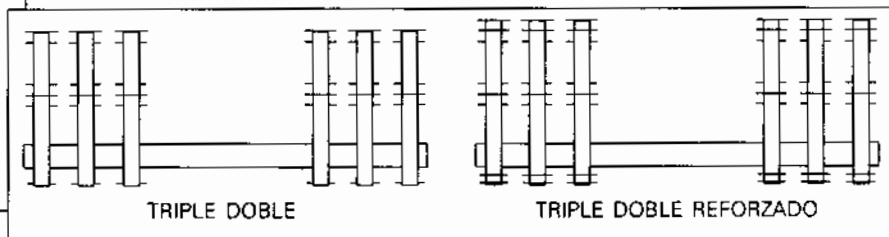


Figura No. 1-24

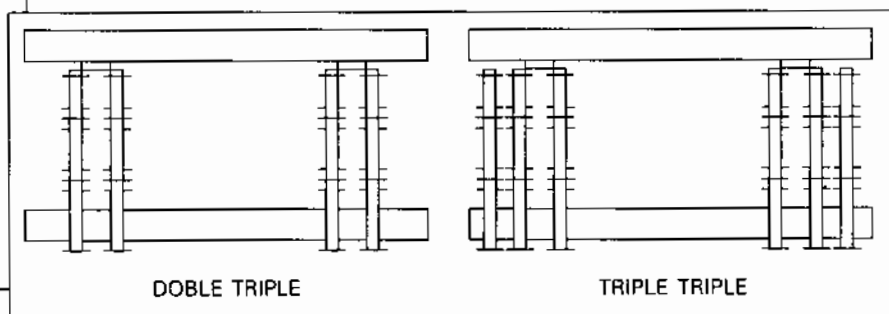


Figura No. 1-25

Las diversas construcciones que se indican anteriormente pueden ser reforzadas, acoplando cordones de refuerzo en la parte superior e inferior de cada viga y se identifica por la adición de la letra R. Ejemplo: Doble simple reforzado, DSR.

La construcción simple doble (una viga de dos pisos de altura) no se emplea, ya que este tipo de construcción no es estable cuando se usa en puentes de tablero inferior.

Todos los componentes han sido diseñados para que su peso y tamaño permitan su transporte en camiones normales de 3 toneladas y sean armados empleando solamente el esfuerzo humano. En grandes luces, es posible que se requiera la ayuda de equipo mecánico durante el lanzamiento.

#### **1.4. Organización de cuadrillas de trabajo**

El personal necesario para el montaje de un puente Bailey tiene una organización tipo y la cantidad depende del tipo de puente que se haya seleccionado, según la capacidad requerida y la luz existente.

##### **La organización militar tiene las siguientes cuadrillas:**

###### **a. Cuadrilla de replanteo**

- 1) Compuesta por un Oficial, un Suboficial, un soldado, un conductor.
- 2) Las funciones básicas de esta cuadrilla son:
  - a) Hacer reconocimiento del vado que se pretende cruzar y determinar la luz existente, el estado de sus orillas y la diferencia de nivel de las mismas.
  - b) Teniendo en cuenta la luz del río y la capacidad requerida, establecer el tipo de puente Bailey que se necesita.
  - c) El día y el momento de ejecutar el montaje del puente, localizar el eje del mismo y la ubicación de cada uno de los rodillos oscilantes y fijos.
  - d) Dirigir el desarrollo del montaje, evitando desviaciones en su dirección de lanzamiento y accidentes por falta de coordinación de las cuadrillas.
- 3) Esta cuadrilla debe llevar el siguiente equipo: niveles de madera, decímetro, cinta de trazado, piquetes, hacha, botes y alambre.

###### **b. Cuadrilla de descargue**

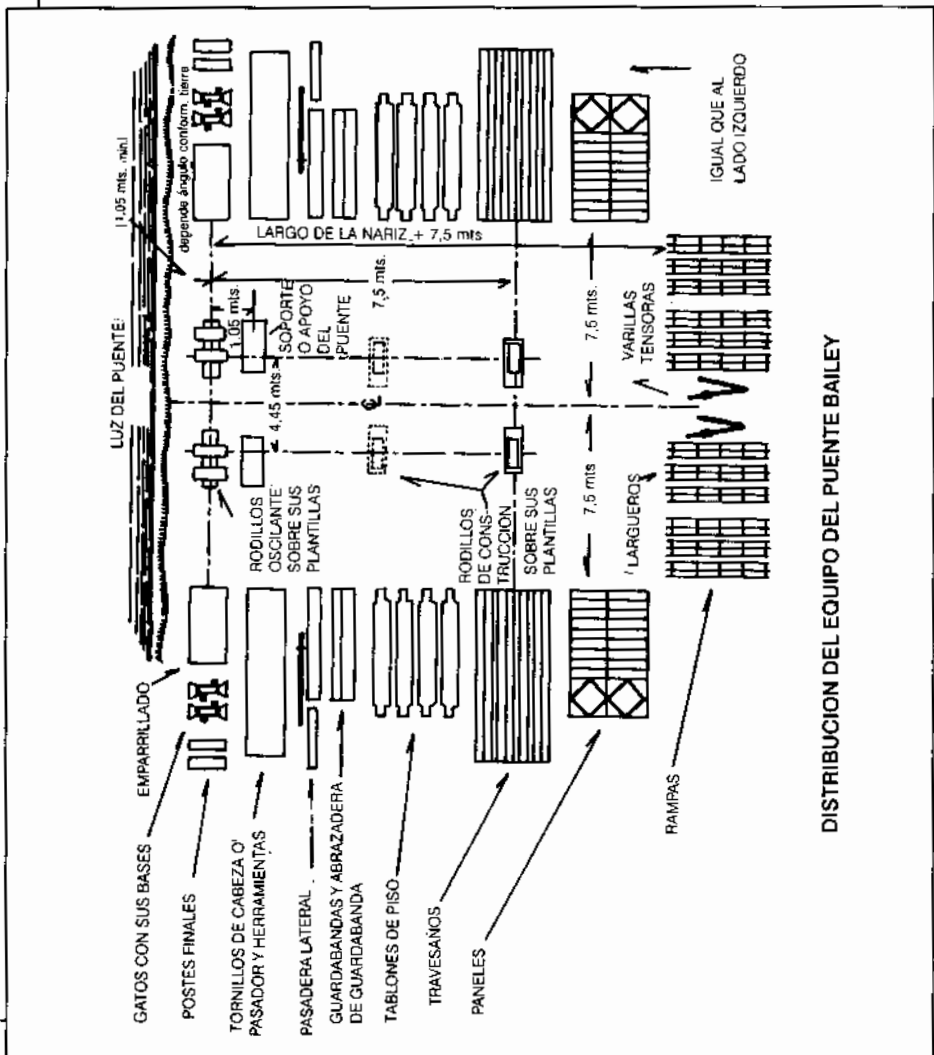
- 1) Está organizada por un Suboficial y grupos de soldados de 8 cada uno, dependiendo el número de grupos del tamaño del puente escogido, aparte de que esta cuadrilla en principio puede ser incrementada por las cuadrillas de construcción.

2) Como función primordial, esta cuadrilla tiene el descargue de los camiones y la organización del material, de tal manera que se facilite el montaje rápido; en la figura No. 1-26 se aprecia una organización de material tipo.

**c. Cuadrilla de paneles**

1) Está organizada por un Suboficial, a cargo de la cuadrilla, 12 soldados cargadores, 2 a cargo de los pasadores.

Figura No. 1-26



2) Las funciones de esta cuadrilla son:

- a) Cargar paneles y poner los pernos para unir los paneles en la nariz y en el puente.
- b) Tan pronto terminan de poner los paneles se dividen en dos grupos. Uno cruza y desmonta la nariz, el otro carga e instala la rampa en la orilla opuesta.
- c) Organizar el material de la nariz.
- d) Instalar los postes finales de la orilla opuesta.
- e) Bajar el puente usando los gatos en la orilla opuesta.
- f) Completar la instalación de la rampa en la orilla opuesta.
- g) Colaborar en la instalación del piso y las guardabandas.

#### **d. Cuadrilla de travesaños**

- 1) Está organizada por un Suboficial, comandante de la cuadrilla, 8 soldados para cargar y uno para las abrazaderas de travesaños.
- 2) Esta cuadrilla tiene como funciones:
  - a) Cargar, poner en su sitio y asegurar el travesaño, usando abrazaderas de travesaño.
  - b) Retirar los rodillos simples en la orilla amiga o cercana.
  - c) Instalar los postes finales en la orilla cercana.
  - d) Ayudar a la cuadrilla de pisos a bajar el puente en la orilla cercana.

#### **e. Cuadrilla de arriostramiento**

- 1) Está organizada por un Suboficial, comandante de cuadrilla, 2 soldados a cargo de los puntales, 2 a cargo de las varillas tensoras, 2 a cargo de los marcos de refuerzo, 4 a cargo de los pasadores de panel, 2 a cargo de las placas de unión, 6 a cargo del arriostramiento superior.
- 2) Las funciones principales de esta cuadrilla son: transportar, instalar y ajustar los siguientes elementos: puntales, varillas tensoras, marcos de refuerzo, pernos de refuerzo, placas de unión.

#### **f. Cuadrilla de piso**

- 1) Está organizada por un Suboficial, comandante de la cuadrilla, 8 soldados a cargo de los largueros, 4 para transportar e instalar los tablonos y guardabandas.

2) Las funciones básicas de esta cuadrilla son:

- a) Ayudar a la cuadrilla de paneles a montar la nariz de lanzamiento.
- b) Instalar las vigas, tablonos de piso y los guardarruedas.
- c) Ayudar a la cuadrilla de travesaños a bajar el puente en la orilla cercana.
- d) Ayudar a la cuadrilla de travesaños a construir la rampa en la orilla cercana.

### 1.5. Replanteo en el sitio

El éxito en el montaje de un puente Bailey, por tiempo y exactitud en su ubicación, depende del reconocimiento y del replanteo bien elaborado. El ingeniero que ejecuta el montaje debe establecer como primer aspecto la luz del puente, el flujo de transporte y el tonelaje máximo de los vehículos que van a transitar por el puente, para determinar tipo de puente que se va a construir y cantidad de material para que empiece a transportar todos los elementos al sitio escogido.

El primer paso del replanteo es colocar una estaca en cada orilla de la luz del vado que se va a cruzar, para representar la línea central del puente y decidir en qué lado se va a llevar a cabo la construcción. El lado escogido debe tener un área apropiada para el descargue de material y construcción del puente; a manera de ejemplo: para un puente simple simple es necesaria un área de 15 m de ancho y que se extienda en longitud como mínimo la luz del vado.

Cuando no es posible tener longitud apropiada, porque el terreno no lo permite, hay necesidad de sustituir la distancia faltante por un contrapeso, que puede ser una máquina que sea igual o que sobrepase el peso del material hasta tanto llegue la nariz de lanzamiento del puente a la orilla opuesta.

La cantidad de tramos que debe llevar la nariz, al igual que las cantidades de cada uno de los elementos necesarios para el montaje, se especifica en las tablas de cálculos.

En el sitio preparado, se prolonga la línea central del puente hacia atrás, colocando estacas en intervalos de aproximadamente 30 pies (10 m). Se marcan 2 líneas paralelas a la línea central, una a cada lado, a una distancia del eje de 6 pies 5 pulgadas (1.97 m), para el puente M-1; y para el M-2 extra-ancho, 8 pies 1.5 pulgadas (2.40 m). Estas líneas marcan la posición de las vigas del puente y sobre estas líneas se colocan todos los rodillos y placas base.

Se usan 4 rodillos oscilantes como rodillos de lanzamiento, excepto en los puentes SS y DS menores de 34 m. Use un rodillo oscilante debajo de cada armadura de la nariz como rodillos recibidores para todos los puentes, excepto para los puentes SS y DS menores de 28 m; para éstos use un rodillo sencillo debajo de cada



armadura. Las placas base que junto con los cojinetes reciben el puente deben colocarse por lo menos a 76 cm y preferiblemente a 1.37 m de los rodillos lanzadores y recibidores. Los restantes rodillos fijos con sus bases deben colocarse detrás de las placas base a intervalos de aproximadamente 25 pies (7.5 m). Hay que asegurarse de que cada par de rodillos esté correctamente alineado sobre una línea lateral y un ángulo recto central. También se comprobará que los rodillos estén sobre una base firme, sin peligro de que se ladeen. Vale la pena emplear algún tiempo en comprobar todo esto cuidadosamente, ya que de otra manera se puede producir considerables demoras posteriormente si, durante el lanzamiento, se descubre que el puente no está correctamente alineado o que un rodillo se ha ladeado, lo que exigirá nuevo replanteo.

Como una comprobación adicional de la posición de los rodillos, se coloca un travesaño entre cada par. El agujero interior en el ala inferior de cada extremo (que se coloca sobre el asiento del panel), debe quedar en el centro del rodillo.

Conociendo el nivel del suelo, calcule la altura del emparrillado o profundidad de la excavación necesaria para los rodillos; los de lanzamiento, recibidores y de construcción deben estar al mismo nivel, excepto los rodillos sencillos temporales que van a 3.85 m hacia atrás de los rodillos de lanzamiento, estos rodillos deben estar 2 pulgadas (5 cm) bajo el nivel de los otros.

En la figura No. 1-27 se aprecia la planta y el perfil de la colocación de los rodillos como van puestos para el montaje del puente.

Si es necesario lanzar un puente desde un plano inclinado, no puede pasar la pendiente del 5%; todos los rodillos deben estar en la misma pendiente uniforme y deben proveerse anclajes por medio de cables que sirvan de freno en la cola del puente, acoplados preferiblemente a un tractor o camión.

Es conveniente hacer un croquis de replanteo del puente, donde incluya el perfil para tenerlo de referencia en el montaje y se pueda referenciar la variación que pueda sufrir; en el piso deben usarse emparrillados de acuerdo con la firmeza del mismo.

La longitud del puente, para efectos de ubicar los postes finales, debe ser múltiplo de 10 pies (3.0 x 3 m), ya que cada panel mide 10 pies; ubicándose en la orilla de lanzamiento hacia la luz del vado, los rodillos oscilantes van delante de los postes finales 1.07 m (3.5 pies); si nos ubicamos en la orilla de llegada sucede el mismo fenómeno, los rodillos están más cerca de la luz del vado 1.07 m, quiere decir que la distancia entre los rodillos oscilantes será de 2.14 m (7 pies) menos que la luz establecida para el puente.

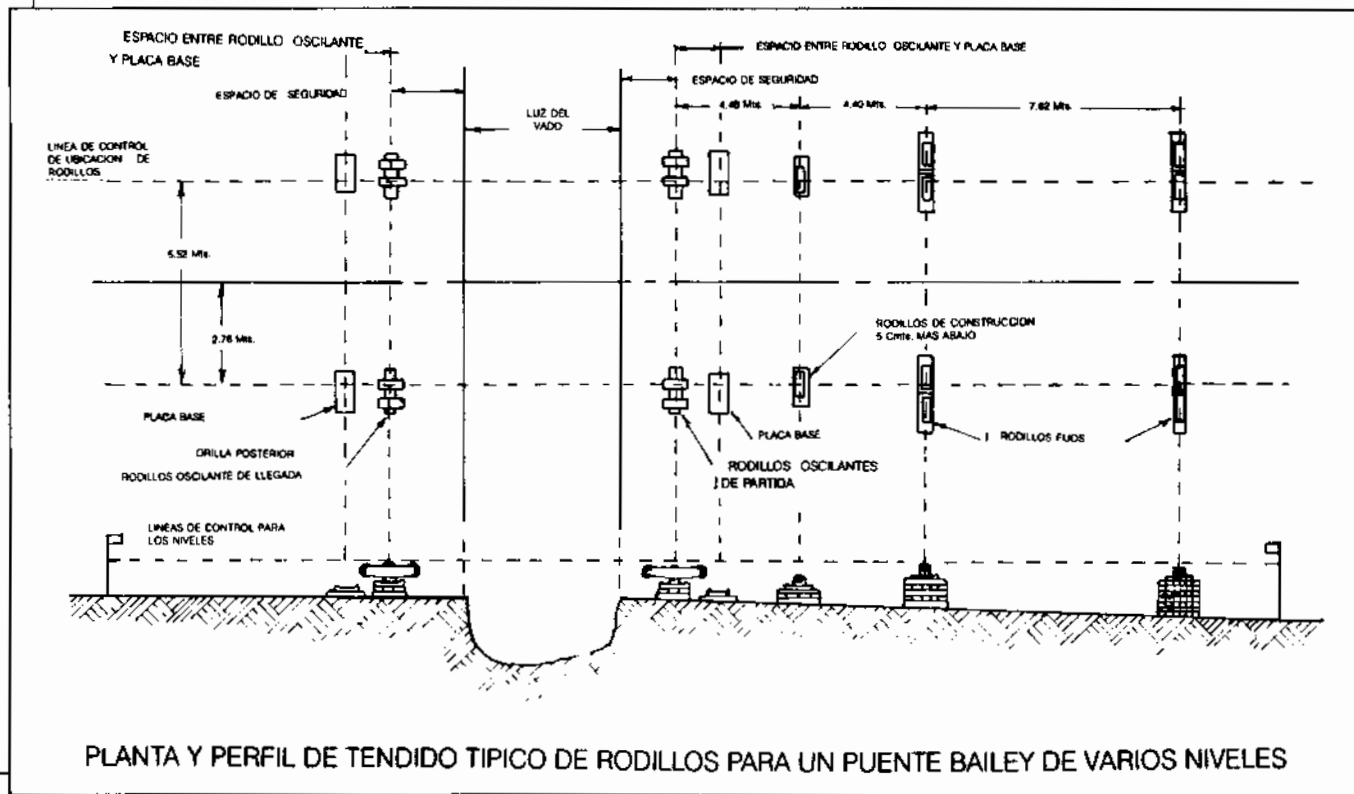


Figura No. 1-27

## 1.6. Montaje de la nariz de lanzamiento

La nariz se construye de acuerdo con el tipo de puente calculado y la luz existente; a manera de ejemplo: para un puente de 90 pies y capacidad requerida de 40 toneladas, se requiere un puente doble simple y 6 tramos en la nariz, el eslabón debe ir entre el segundo y tercer tramos. Ver tabla No. 3 "construcción de nariz de lanzamiento".

### El procedimiento de armar la nariz es el siguiente:

Colocar un panel Bailey sobre cada uno de los rodillos de lanzamiento, con las orejas hembras hacia la luz y conectar un travesaño a través de estos dos paneles, de manera que se acople en los asientos del panel más cercano hacia la luz. Asegurar el travesaño con abrazadera de travesaño. Colocar los puntales, sujetándolos con pernos de arriostamiento, con el extremo inferior en la parte superior del travesaño y el extremo superior en el montante del panel justo debajo del cordón superior. Ajustar los pernos con una llave de retorno. Con esto se completa el tramo y la nariz de lanzamiento. Ver figura No. 1-28, primer tramo de nariz.

Se comienza el tramo 2 de la nariz de lanzamiento, uniendo dos paneles adicionales con pasador de panel; como estos nuevos paneles están colocados horizontalmente derechos sobre el terreno y los primeros paneles están inclinados sobre los rodillos, los pasadores inferiores pueden dejarse de colocar por el momento. Conforme se armen más tramos, las vigas eventualmente formarán balancines alrededor de los dos primeros tramos. Estos pasadores inferiores pueden entonces ser insertados con el mínimo de esfuerzo.

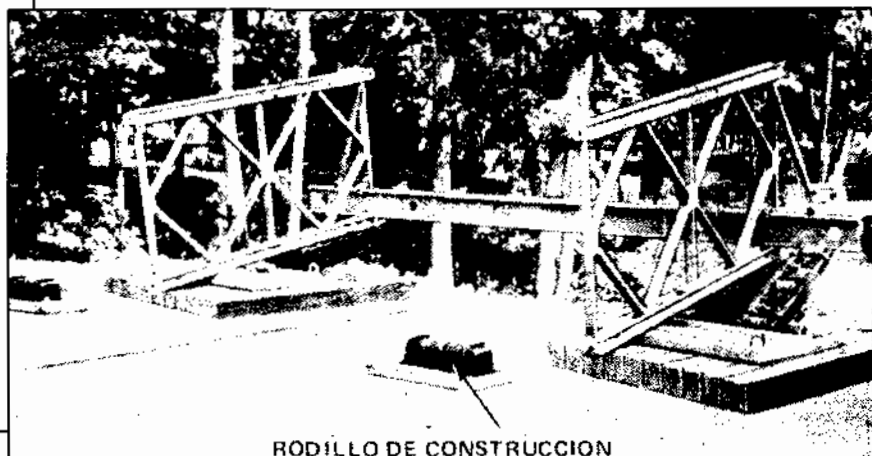


Figura No. 1-28

Los pasadores de panel se introducen desde el exterior. Se coloca un travesaño en los asientos correspondientes de la parte delantera de los paneles y queda aquél sujeto en su posición. Obsérvese en los datos para el lanzamiento de la tabla No. 5, que la flecha que se debe esperar en el extremo de la nariz, cuando ella alcance la orilla opuesta, es de 20 pulgadas (0.51 cm).

Los eslabones de la nariz de lanzamiento deben, por lo tanto, insertarse entre los tramos 2 y 3 para compensar esta tendencia, es el caso de este puente. Ver en figura No. 1-29, nariz armada.

Acoplar dos paneles más para formar el tercer tramo de la nariz, y colocar el travesaño y el puntal como el tramo uno; coloque las 2 varillas tensoras en el segundo tramo; deben tensarse ligeramente hasta que se monte el siguiente tramo.

Continúe aumentando paneles con un travesaño cada 10 pies, un par de varillas tensoras en cada tramo y 2 puntales en cada travesaño, hasta terminar los 6 tramos de la nariz. La nariz consta de 6 tramos, es simple simple y cada tramo lleva el siguiente material:

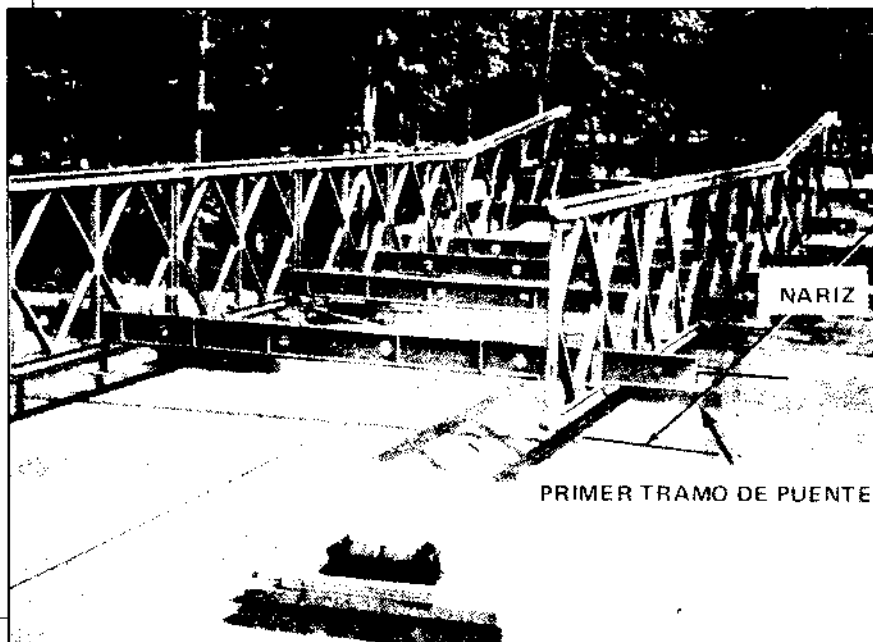


Figura No. 1-29

Paneles	02
Travesaños	01
Abrazaderas de travesaño	02
Puntales	02
Pernos de arriostramiento o de cabeza	02
Varillas tensoras	02
Pasadores de panel	04

Si el puente requiere una nariz mayor de 6 tramos, los siguientes serán doble simple.

Cuando un tramo de nariz tenga que ser de construcción doble doble, debe armarse primero con doble simple, pero omitiendo el marco de refuerzo horizontal en los cordones superiores.

## CAPÍTULO II

# Montaje de los diferentes puentes con material Bailey

### **2.1. Montaje de un puente Bailey simple simple**

#### **a. Procedimiento general**

1) Terminados los tramos de nariz requeridos, se monta el primer tramo del puente de la siguiente manera:

Colocar dos paneles en la parte posterior de la nariz de lanzamiento.

Colocar tres travesaños:

- Uno detrás del montante delantero (hembra).
- Uno delante del montante central.
- Uno delante del montante posterior (macho), asegurando los tres con abrazadera de travesaño.

Colocar puntales a los travesaños delanteros y posterior.

Ajustar los pernos de arriostamiento o de cabeza a los puntales.

Colocar las varillas tensoras, con la parte más larga de éstas hacia la luz del vado; no es conveniente colocar piso de rodadura a este tramo.

2) El tramo 2 se monta como sigue:

Colocar dos paneles adicionales, colocar dos trave-

saños, uno delante del montante central, otro delante del montante (macho), asegurándolos ambos con abrazadera de travesaño. Colocar puntales al travesaño posterior y ajustar los pernos.

Colocar varillas tensoras y ajustar. Nunca deben templarse las varillas tensoras antes que los puntales hayan sido colocados y ajustados.

### 3) Tramo 3 y todos los tramos siguientes:

Repítase la construcción exactamente como se describe para el tramo 2, hasta que el puente tenga la longitud requerida.

Para la instalación del piso se deben primero colocar los largueros, teniendo en cuenta que los de botón van a los exteriores y los lisos van al centro; la viga central de éstos debe empatar con las grapas del travesaño, figura No 2-1. Cada tramo de piso lleva trece (13) tablonces de madera y debe asegurarse que éstos encajen en los botones de los largueros que impiden que se muevan lateral y longitudinalmente.

Tan pronto como cada tramo de tablas esté completo, se coloca una trinca de guardalado o guardabanda, a lo largo de cada borde, encima de los botones del emparrillado. Las cuatro ranuras en la trinca guardabandas encajarán sobre los cuatro botones del larguero.

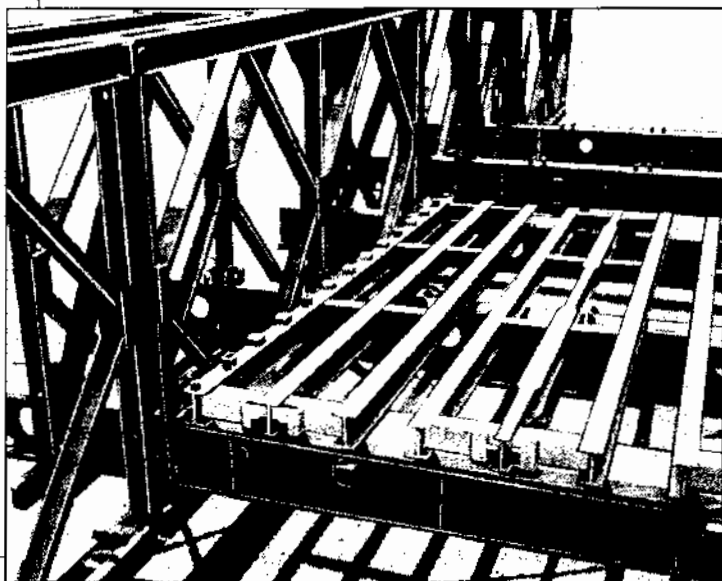


Figura No. 2-1

A continuación se inserta la cabeza T de un perno de trinca, hacia abajo a través de cada ranura de la trinca de guardabanda y dentro del botón. Las tuercas se ajustan mejor con la llave de manivela. Tener presente que no es necesario sacar las tuercas de las trincas guardabandas en ningún momento durante el montaje.

Asegúrese que los cuatro pernos que sujetan cada trinca guardalados, estén correctamente colocados en su lugar antes de ajustar las tuercas.

En la figura No. 2-2 se ve un ejemplo de la forma correcta e incorrecta como debe quedar nivelado un puente para su lanzamiento.

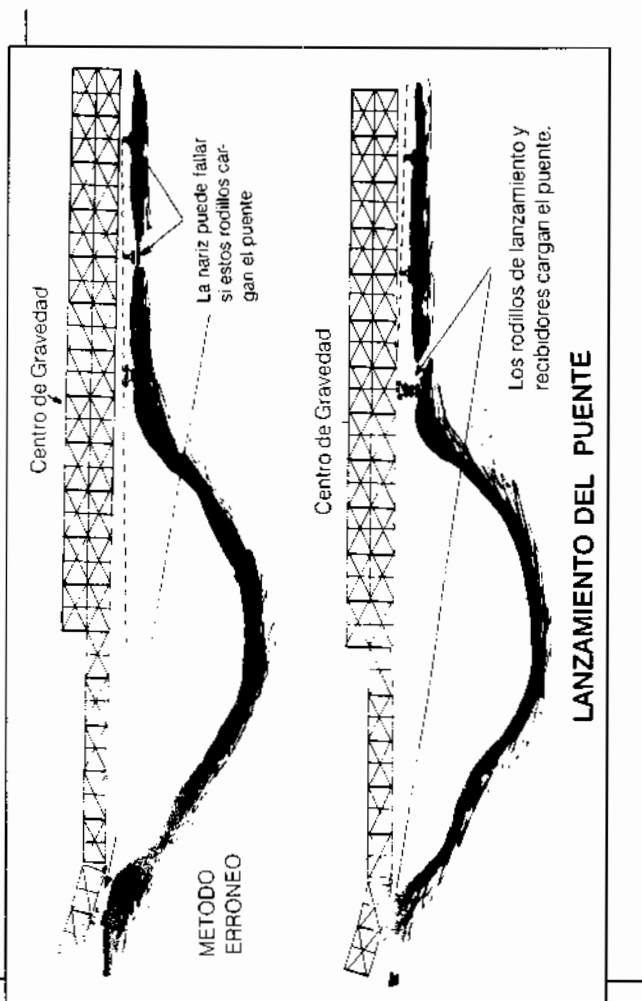


Figura No. 2-2



### b. Lanzamiento

Estando el puente en condición de ser lanzado a la otra orilla, se puede empujar por el personal que participó en el montaje, para ser distribuido a lo largo del puente, empleando fuerza uniforme.

Cuando no se cuenta con espacio suficiente en la orilla de lanzamiento, figura No. 2-3, se puede empujar hacia la orilla opuesta sin haber terminado todo el montaje, pero se debe tener precaución de que las dos terceras partes del peso estén en piso firme.

Tan pronto como el extremo de cola ha pasado los rodillos de construcción, se acoplan los postes finales hembras a los extremos de cada viga (si éstos han sido colocados en cualquier etapa anterior, los bloques de apoyo que se proyectan hacia abajo tropezarán con los rodillos de construcción).

Se continúa el lanzamiento hasta cuando los postes finales hembras quedan enfrentados con los apoyos de cojinete sobre los cuales deben descansar, figura No. 2-4.

Como prevención se debe frenar el puente, colocando una barra inclinada entre el panel y los rodillos de lanzamiento, para evitar cambios de posición por deslizamiento.

Nota: Se puede lanzar el puente también empujándolo cuidadosamente con un tractor o camión; al utilizar este método debe instalarse un sistema de cables y poleas, para ir sosteniendo el puente conforme avanza y frenarlo en caso de necesidad.

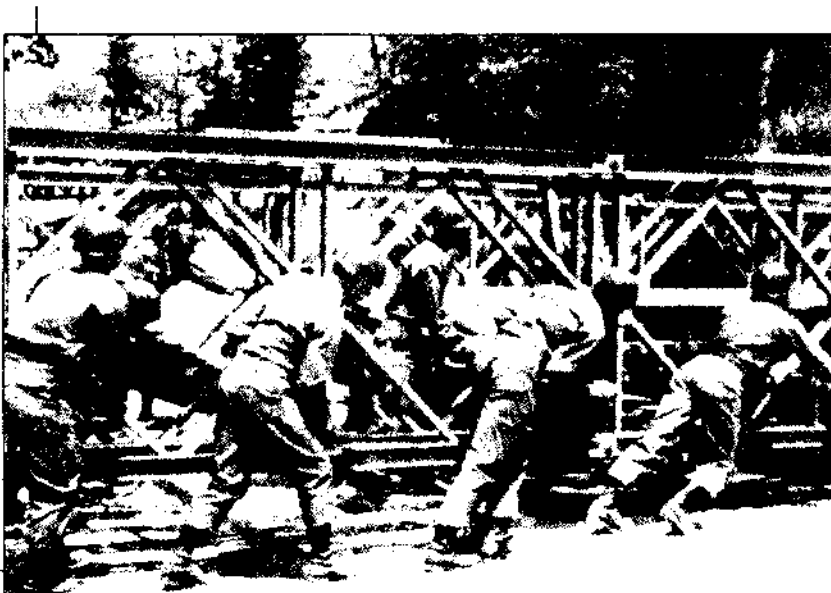


Figura No. 2-3

Durante el montaje del puente los 2 extremos no deben estar nunca soportados en los gatos al mismo tiempo.

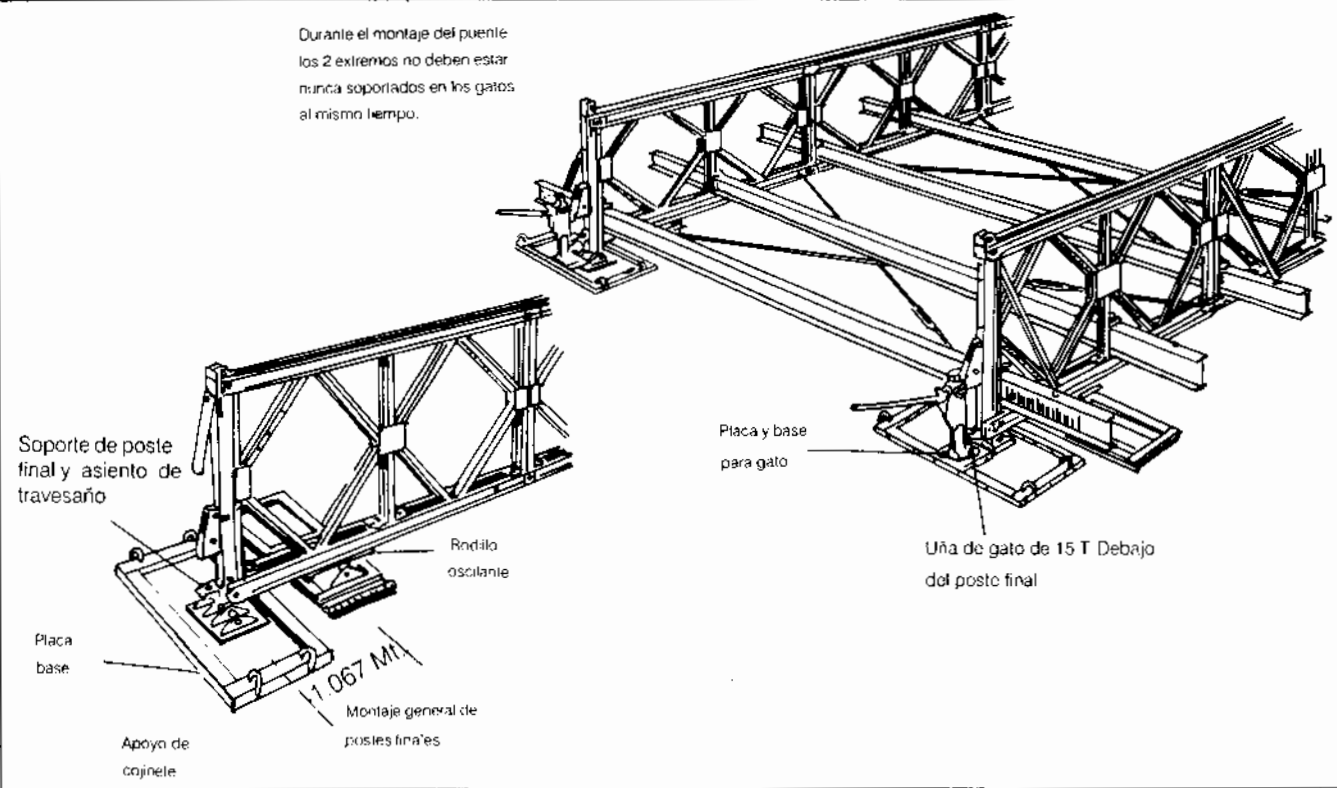


Figura No. 2-4

Colocar los gatos mecánicos, sobre las placas base, enganchando las uñas debajo del soporte de travesaño que lleva el poste final. Levantar con el gato el extremo del puente hasta que los rodillos de lanzamiento puedan ser sacados.

Luego proceder a bajar con los gatos, manteniendo estos a cada lado del puente siempre a un mismo nivel en todo momento. Sacar los frenos provisionales, de manera que nunca queden más de 2 pulgadas (5 cm) debajo de la parte inferior de los paneles, hasta que los postes finales queden debidamente asentados en los apoyos de cojinete.

Mientras se está trabajando con los gatos, hay que desarmar la nariz de lanzamiento en la orilla opuesta y aflojar las varillas tensoras en el tramo 1 del puente.

Acoplar los postes finales machos al extremo de cada viga. Abrir el seguro oscilante en los postes finales y mantenerlo en posición abierta con el pasador sujeto con cadena. Sacar el travesaño y puntales del extremo hembra del tramo 1 del puente. Volver a colocar este travesaño a través de los postes finales, teniendo cuidado que las espigas o tetones encaje debidamente.

Este travesaño se asegura en su posición cerrando los seguros oscilantes. Volver a colocar y asegurar los puntales sobre el travesaño y postes finales. Volver a templar las varillas tensoras en el tramo 1 del puente.

Los gatos y bases para gato se trasladan luego a este extremo del puente, y se repite la operación con los gatos sacando los rodillos de llegada y bajando el puente sobre sus apoyos.

El piso del primer tramo se puede ahora colocar y el puente queda en condiciones de ser usado.

Como control final, el ingeniero a cargo del montaje deberá recorrer el puente íntegramente y asegurarse personalmente que cada perno haya sido colocado y ajustado correctamente.

Si se han de colocar rampas de acceso a uno o ambos extremos del puente, deberá tenerse en cuenta lo pertinente en cuanto a sus funciones y montaje. Igualmente, si se van a instalar vías peatonales, se deberán tener en cuenta las indicaciones que más adelante se consignan.

## 2.2. Montaje de un puente Bailey doble simple

Como aspecto novedoso en el alistamiento del terreno y trabajo preliminar con respecto al puente simple simple, es necesario colocar rodillos fijos, que serán empleados por las vigas exteriores del puente doble simple; estos rodillos adicionales se colocan a 18 pulgadas (0.46 m) entre centros, al lado exterior de la fila

normal de rodillos. En la orilla opuesta no es necesario emplear rodillos oscilantes adicionales; con dos es suficiente.

El montaje comienza con la nariz de lanzamiento y se comienza de la misma forma que el simple simple, con la excepción de que se coloca un solo travesaño frente a los montantes centrales de los paneles.

El paso siguiente es acoplar un panel para hacer el segundo tramo, de tal forma que el primer y segundo tramos quedan simple simple; luego se colocan los dos paneles exteriores al primer tramo de la siguiente forma:

Estos paneles exteriores pueden ahora ser elevados hasta que los botones de sus apoyos de travesaño encajen en los agujeros del ala inferior del travesaño.

Inmediatamente se fijan las abrazaderas de travesaño en los montantes centrales, para recibir el peso de los paneles. En el tramo se coloca otro travesaño detrás del montante posterior, para completar dos por tramo. Se acoplan seguidamente cuatro puntales y dos varillas tensoras. Se coloca un marco de refuerzo a través de los cordones superiores de los dos paneles, el cual queda asegurado en posición con cuatro pernos de arriostamiento o de cabeza. Todos los elementos de arriostamiento deben ajustarse en la misma secuencia en que han sido colocados.

El procedimiento de colocación de paneles sigue igual, siendo necesario para insertar los pasadores de panel en los paneles internos hacerlo del centro hacia afuera y en los exteriores de afuera hacia la línea central; cada tramo lleva dos travesaños, dos puntales, dos varillas tensoras y se les da torque a los tornillos de cabeza para apretar dos marcos de refuerzo.

Cuando el puente es de construcción doble simple reforzada, los paneles para el tramo dos y siguientes, deben ser traídos con un cordón de refuerzo ya acoplado a ellos; ampliar concepto en el capítulo de Montaje de Puente Bailey y con cordón de refuerzo.

Cuando del puente debe soportar cargas axiales pesadas que hacen necesario el montaje con cuatro travesaños por tramo, los dos adicionales deben ser colocados cuando los cuatro paneles de cada tramo queden debidamente arriostados.

En el extremo del puente, los postes finales se colocan como para puente simple simple, después que la cola del puente haya pasado el último juego de rodillos de construcción. El lanzamiento sigue el mismo procedimiento que para simple simple.

En la figura No. 2-5 se aprecia el puente doble simple con la nariz llegando a la orilla opuesta.



Figura No. 2-5

En la instalación del puente cuando la luz es superior de 30.48 m (100 pies), se emplea cuatro gatos mecánicos. Ver figura No. 2-6, forma de instalación de un gato en el poste final y el espacio para el otro gato completando dos por cada viga o lateral del puente.

### 2.3. Montaje de un puente Bailey triple simple

Este es básicamente similar al procedimiento que ya se ha escrito para simple simple y doble simple. Las variaciones que deben tenerse en cuenta son las siguientes:

Las placas bases deben colocarse a 15 pies 4.5 pulgadas (4.68 m) entre centros, si es puente M-1 o estándar; y a 5.26 m (17 pies 3 pulgadas) entre centros, si es M-2; la colocación de los rodillos oscilantes debe ser 4 en la orilla de salida y 2 en la llegada, los rodillos fijos van igual que el doble simple y los rodillos auxiliares deben sacarse para evitar que estorben el desplazamiento de la estructura.

La nariz de lanzamiento se monta de igual forma que el doble simple, sólo que hay necesidad de determinar cuándo es doble simple.

El montaje del puente en sí es una prolongación del procedimiento doble simple; esto es, los paneles para la tercera viga o hilera son ensamblados al tramo 1 cuando la formación simple simple ha alcanzado el tramo 3 y los tramos 1 y 2 están en formación de doble viga. El único travesaño que debe llevar hasta este momento se encuentra delante del montante central en el tramo 1.



Figura No. 2-6

Para ensamblar el tercer panel al primer tramo se debe colocar antes un poste final macho, que no obstaculiza el lanzamiento del puente, puesto que por la tercera hilera de paneles no hay rodillos. Para facilidad del montaje del segundo y tercer paneles utilizar el levantador de paneles, ver figura No. 2-7.

Si el puente se diseñó triple simple reforzado, se hace necesario que el segundo y tercer paneles de las hileras 2a. y 3a. de cada tramo, lleven cordón de refuerzo ya acoplado a sus cordones inferiores; se amplía la forma del montaje con cordón de refuerzo en el capítulo III.

Los paneles de la tercera y segunda hileras se aclopan entre sí, por medio de una placa de unión sujeta por dos pernos de arriostamiento o de cabeza a los agujeros superiores en los montantes del panel. Se coloca una placa de unión entre estas dos vigas cuando un puntal está conectado al panel interior. La conexión entre los paneles de la tercera hilera se logra insertando los pasadores de panel desde afuera hacia la línea central. Este procedimiento se repite hasta que se llega al último tramo del puente; en este tramo, los paneles para la tercera hilera deben tener sus postes finales hembras, acoplados por medio de pasadores antes que los paneles sean ensamblados en el puente. En este caso, los pasadores de panel que sujetan los postes finales deben insertarse desde dentro hacia afuera.

Al acoplar los postes finales a la segunda viga, los pasadores del panel deben ser también insertados de adentro hacia afuera, tal como para la tercera viga.

A menudo puede resultar conveniente postergar la colocación del último panel con su poste hasta que el puente haya sido lanzado y la cola haya pasado los rodillos de construcción; de otra forma, podría tropezar la parte inferior del poste final con los rodillos.



Figura No. 2-7

Cuando el lanzamiento se haya completado y un vez desarmada la nariz, los postes finales machos se acoplan a la primera y segunda hileras, insertando los pasadores de panel de adentro hacia afuera. Debe acoplarse una placa de unión con dos pernos de cabeza en los agujeros cerca de la parte superior de los postes finales en la segunda y tercera hileras de paneles.

Cuando se lleva a cabo un montaje con cuatro travesaños por tramo, los dos travesaños adicionales deben colocarse en cada tramo tan pronto como los paneles de todas las vigas han sido colocados en ese tramo.

## 2.4. Montaje de un puente Bailey doble doble

El trabajo consiste en armar inicialmente en la orilla de lanzamiento un puente doble simple y luego montar el segundo piso de paneles, logrando un puente doble doble.

La colocación de los paneles en el segundo piso se puede hacer a fuerza humana, o empleando una grúa pequeña móvil, en lo posible con aguilón que gire sobre su base  $180^\circ$ , debe tener capacidad mínima de  $\frac{1}{2}$  tonelada en un radio de 6.5 m y elevación sobre el nivel del piso de 6.5 m; si el puente es doble doble reforzado, la capacidad de la grúa debe ser de  $\frac{3}{4}$  de tonelada como mínimo.

El procedimiento es entonces el mismo que para todos los puentes de un solo piso, hasta el punto en que todos los tramos de montaje doble simple han sido armados, excepto que no se colocan marcos de refuerzo.

A cada lado dentro del puente se colocan dos paneles (con las orejas hembras hacia la luz) y se acoplan entre ellos con tres marcos de refuerzo, uno en la parte superior horizontalmente y uno a cada extremo verticalmente. Luego se sitúa la grúa inmediatamente detrás del puente, sobre la línea central, y alternadamente se levanta el conjunto de dos paneles y se coloca sobre la parte superior de la estructura doble simple a cada lado del puente. Se sujetan en su lugar insertando dos pernos de cordón en los agujeros para tal fin en los cordones del panel y ajustando las tuercas con la llave de  $1\frac{1}{4}$  pulgada.

De allí en adelante, conforme se va ensamblando cada tramo de piso, se arma a cada lado de las vigas un conjunto de dos paneles para ser elevados posteriormente.

Después del primer tramo, estos deben conectarse entre sí solamente con dos marcos de refuerzo, uno horizontalmente en la parte superior y otro verticalmente en el lado macho de los paneles. Conforme cada conjunto de dos paneles es izado a su lugar por la grúa, inmediatamente se sujeta por medio de pasadores al tramo ya ensamblado (los pasadores de la viga interior se insertan hacia afuera y los de la



viga exterior se insertan hacia dentro). Solamente cuando todos los pasadores hayan sido insertados en su lugar debe conectarse entre sí con pernos de cordón.

En los tramos finales, a cada extremo del puente, los cordones inferiores de los paneles del segundo piso se conectan con pasadores de panel a los agujeros superiores en los postes finales machos y hembras.

Cuando el puente es de construcción doble doble reforzada, el cordón de refuerzo se aclopa al cordón del panel con dos pernos de cordón, siendo más eficiente el refuerzo si el cordón va sobre la luz o la unión de dos paneles disminuyendo la flecha cuando el puente hace su mayor esfuerzo; es necesario que la cabeza del perno quede escondida dentro del cordón de refuerzo en un alojamiento apropiado para tal fin. Dos collarines de perno de cordón se deberán colocar, uno en el extremo roscado de cada pasador de tornillo, antes de que las tuercas se coloquen. Los cordones de refuerzo deben acoplarse unos a otros por medio de pasadores de panel, estos últimos asegurados con pasadores de seguridad.

En la figura No. 2-8 se aprecia un puente doble doble reforzado en uso permanente, con estribos en concreto y sin rampa de acceso.

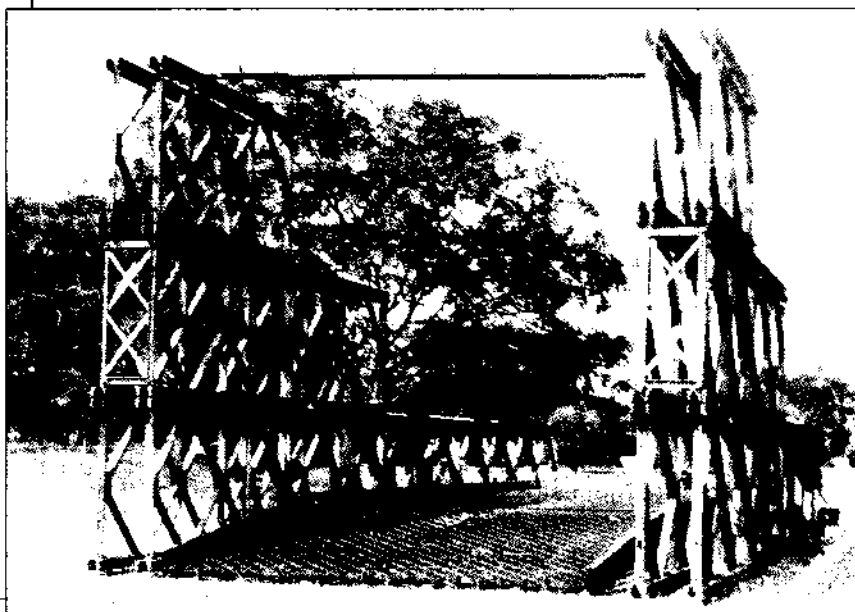


Figura No. 2-8

## 2.5. Montaje de un puente Bailey triple doble

Habiéndose estudiado el método de montaje de los puentes anteriores y llegando a clarificar el triple simple, es muy sencillo el procedimiento para el triple doble.

Es mucho más fácil el montaje si se dispone de una grúa con las siguientes capacidades mínimas:  $\frac{1}{2}$  tonelada, si es puente triple doble y  $\frac{3}{4}$  de tonelada, si es triple doble reforzado, que gire el aguilón sobre su base  $180^\circ$ , con un radio de 6.5 m y tenga una elevación de 6.1 m desde el nivel del piso.

La mecánica de montaje, al igual que el triple simple, en el segundo nivel se hace simultáneamente en cuatro tramos, y los pasos a seguir son los siguientes:

- a. Montaje de la nariz de lanzamiento de acuerdo con cálculos.
- b. Armar tramo uno doble simple.
- c. Tramo dos montar doble simple y al tramo uno, doble doble.
- d. Tramo uno hacerlo triple simple con poste final en la tercera hilera, tramo dos montar el segundo nivel y queda doble doble. Tramo tres montar doble simple.
- e. En el tramo uno añadir travesaños hasta completar los calculados, hacerlo triple doble; en el tramo dos hacerlo triple simple colocando la tercera hilera de paneles al primer piso. Tramo tres montar doble doble. Tramo cuatro montar doble simple.
- f. Tramo dos completar los travesaños y hacerlo triple doble; tramo tres hacerlo triple simple; tramo cuatro montar los paneles para hacerlo doble doble; tramo quinto montar doble simple.
- g. Tramo dos colocar piso, teniendo en cuenta que en el tramo uno no se puede hasta tanto se instale el puente; tramo tres completar travesaños y hacerlo triple doble; tramo cuatro hacerlo triple simple; tramo cinco montar los paneles necesarios para hacerlo doble; tramo seis montar los paneles para hacerlo doble simple. Ver parte del desarrollo en la figura No. 2-9.

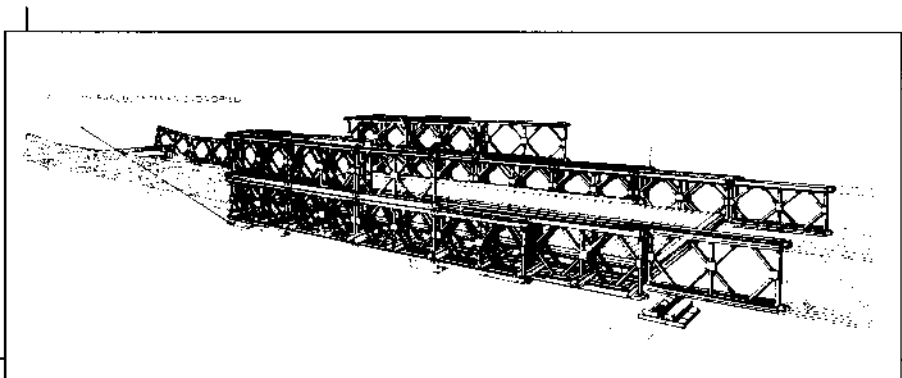


Figura No. 2-9

Para el segundo piso los paneles de la primera y segunda hileras deben llevar el marco de refuerzo como para el punto doble doble, y cuando se acopla el tercer panel exterior para hacerlo triple doble, se le debe colocar al segundo y tercer paneles la placa de unión en la parte superior del panel.

Nota: Los pernos de cordón deben colocarse de abajo hacia arriba.

## **2.6. Montaje de un puente Bailey doble triple y triple triple con arriostramiento superior**

### **a. Método de lanzamiento**

Por el peso de la estructura que se acumula en un puente doble triple y triple triple y la dificultad que representa lanzarlo por el posible daño de piezas, si se empuja con un tractor o camión en razón a que el esfuerzo se concentra en un solo punto, es necesario lanzarlo en forma simultánea al montaje teniendo en cuenta que los  $\frac{3}{4}$  del peso deben estar en piso firme o contrarrestar el peso con la fuerza de una máquina amarrada al puente por cables; pero lo más apropiado es lanzar el puente en montaje doble doble o triple doble, según sea su diseño doble triple o triple triple, respectivamente, haciendo la conversión cuando el puente haya sido bajado sobre sus apoyos.

### **b. Método de montaje o de ensamble**

Deben colocarse provisionalmente marcos de refuerzo sobre los cordones superiores de los puentes de dos pisos durante el lanzamiento; éstos son sacados tramo por tramo, conforme se van acoplando los paneles del tercer piso.

Los paneles deben acoplarse al tercer piso, comenzando en el centro de la luz del puente y luego hacia ambos extremos del puente, simultáneamente. Debe asegurarse que el trabajo en las vigas en ambos lados del puente se lleve a cabo uniformemente, puesto que el puente de dos pisos no es lo suficientemente fuerte para soportar el peso de una grúa móvil; los paneles pueden ser manipulados por fuerza humana. Una ayuda muy útil se consigue montando una plataforma temporal, colocando dos o tres travesaños en el segundo piso, con algunos tabloncillos atravesados. Los paneles pueden ser, entonces, levantados desde el piso del puente al piso superior, en dos etapas. Tales plataformas provisionales deben ser armadas en tres o cuatro tramos a cada lado del centro del puente, desde donde se pueden ensamblar seis o siete tramos del tercer piso.

Las plataformas se pueden luego colocar más cerca de los extremos del puente, dependiendo su ubicación exacta de la longitud del puente que se está montando.

Por facilidad de trabajo, el tercer nivel de paneles se deben colocar del exterior hacia el interior del puente. En todos los puentes de tres pisos el último tramo en cada extremo del puente se deja en dos pisos.

### c. Instalación de arriostamiento superior

Cuando se disponga de una grúa móvil, se puede emplear para colocar el arriostamiento superior en su lugar, momento éste en que las vigas maestras alcanzan su mayor resistencia. En este caso se deben preensamblar dos soportes para arriostamiento superior a un travesaño, asegurándose que las orejas de las varillas tensoras incluidas en los soportes apunten al centro del puente. La grúa puede entonces izar este conjunto encima de los cordones superiores.

El primer conjunto así colocado del puente, hay que asegurarlo con pernos de cordón al soporte para arriostamiento superior a un lado, en las posiciones de los pernos de cordón más cercanas a las orejas hembras de los paneles (la otra posición del perno de cordón está obstruida por el marco de refuerzo). Con toda probabilidad, se hallará que las vigas del puente tienden a inclinarse hacia dentro por la parte superior, de manera que los pernos de cordón no pueden insertarse en el soporte al otro lado del puente.

Siendo normal que el puente en la parte superior tienda a inclinarse hacia el centro, es necesario colocar un gato mecánico en posición horizontal en el segundo nivel, forzando la viga exterior hacia afuera de modo que se puedan insertar los tornillos del cordón en el arriostamiento superior; en el resto del montaje no habrá mayor dificultad y de llegarla a tener repita el ejercicio.

Ver figura No. 2-10, colocación del arriostamiento superior en un tramo de puente doble triple.

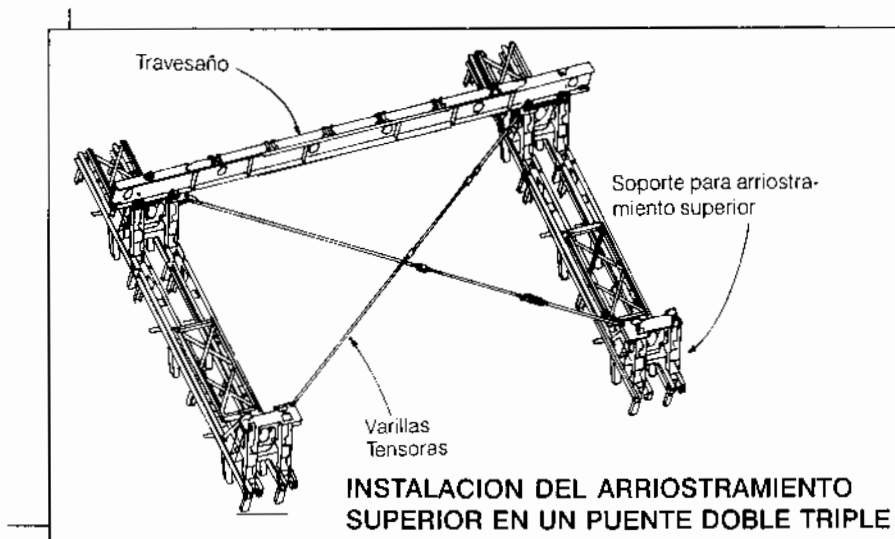


Figura No. 2-10

Posteriormente se monta el siguiente travesaño; en igual forma se colocan las varillas tensoras y se procede a apretar todos los pasadores; para evitar pérdida de tiempo no apriete hasta que el travesaño del tramo siguiente haya sido fijado.

En el resto del puente se siguen colocando tramo a tramo los travesaños hasta llegar al extremo del mismo.

En la figura No. 2-11 se puede apreciar un puente doble triple en condiciones de empleo.

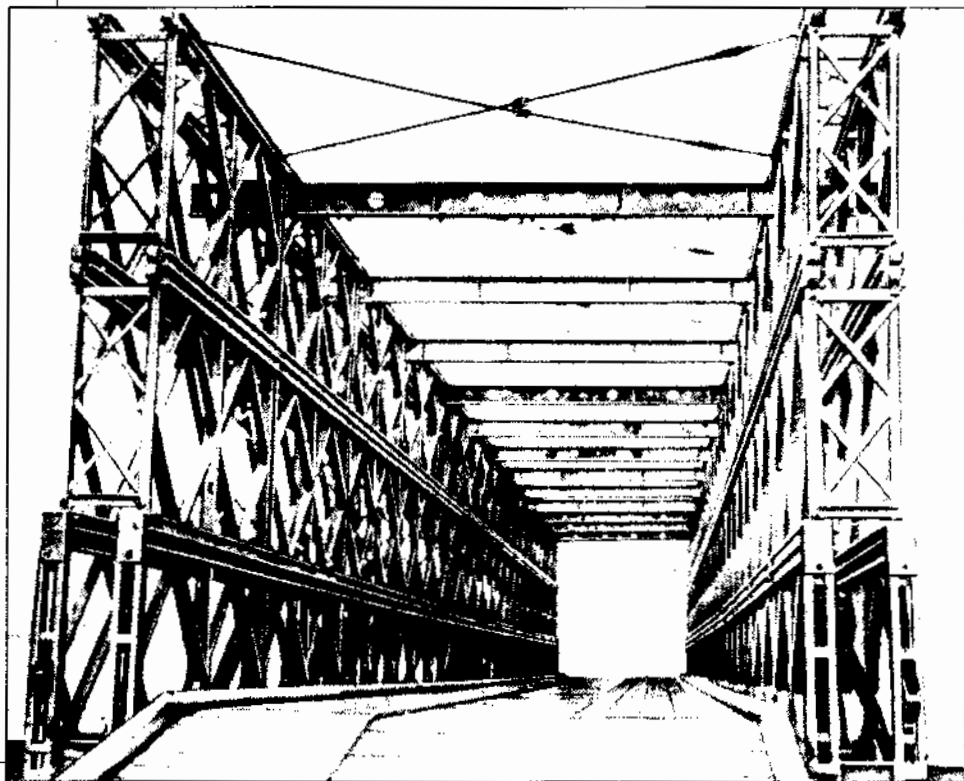


Figura No. 2-11

## CAPÍTULO III

# Puente estándar ensanchado o M-2

### **3.1. Descripción general**

Este puente permite por su diseño mayor espacio de vía empleable por vehículos más anchos; el ancho de vía es de 4.34 m (14 pies 3 pulgadas); además se pueden montar puentes de cuatro vigas o hileras de paneles; para lograr estas modificaciones es necesario reemplazar algunos componentes Bailey estándar M-1 por otros adicionales, como sigue:

### **3.2. Descripción del material**

#### **a. Travesaño largo (figura No. 3-1)**

Es una viga de acero laminado de 19 pies 11 pulgadas (6.1 m) de longitud, de 12 pulgadas x 5 pulgadas (0.305 m x 0.127 m); los extremos de este travesaño se han reducido a una sección de 10 pulgadas x 4½ pulgadas (0.25 m x 0.12 m), de manera que puedan acomodarse en los paneles de las hileras laterales y se aseguren en su lugar con las varillas tensoras.

En la parte inferior se proveen cuatro agujeros para permitir una construcción de viga cuádruple. Cerca de cada extremo, en el ala superior, hay una oreja perforada a la cual se acopla el puntal. También espaciadas a lo largo del ala superior hay grapas para acomodar cuatro largueros lisos y dos largueros de botones.

**b. Varilla tensora (figura No. 3-2)**

Con respecto a la varilla tensora del puente M-1, varía únicamente en la longitud; partiendo del centro hacia los extremos tiene 5.1 m (16 pies 9 pulgadas) de longitud.

**c. Tablón largo (figura No. 3-3)**

En su forma es similar al del puente estándar, pero su longitud es de 4.17 m (13 pies 8 pulgadas).

**d. Marco de refuerzo ancho (figura No. 3-4)**

Es empleado verticalmente y horizontalmente sobre los cordones superiores en los puentes de cuatro vigas o hileras de paneles, abarca los cuatro paneles y en parte suple la ausencia de puntales para este tipo de puente.

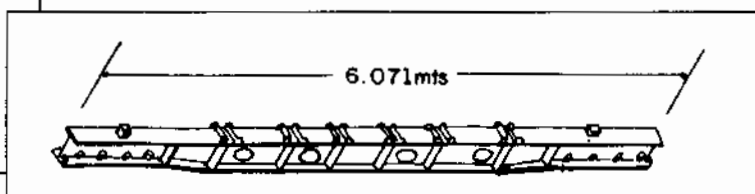


Figura No. 3-1

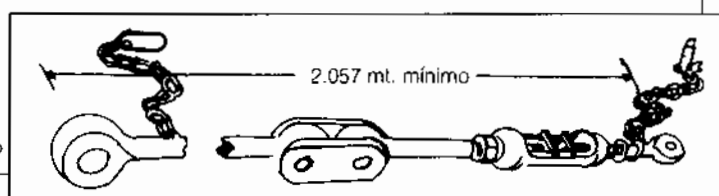


Figura No. 3-2



Figura No. 3-3

**e. Pasador de panel sin cabeza**

Es el pasador común pero sin cabeza; se emplea para unir los paneles de las hileras 2 y 3.

**f. Postes finales macho y hembra (figura No. 3-5)**

Estos tienen la particularidad de no tener el seguro giratorio y, en consecuencia, permiten que los puntales se acoplen entre el travesaño y el poste final; son los únicos puntales que lleva este tipo de puente, por tal motivo, estos postes finales se acoplan en la hilera No. 2 de paneles, contando del centro al exterior.

**g. Viga de balanceo (figura No. 3-6)**

Compuesta de dos vigas interconectadas a una distancia de 0.46 m por dos uniones desarmables para transporte. Cada viga tiene en el centro, en la parte

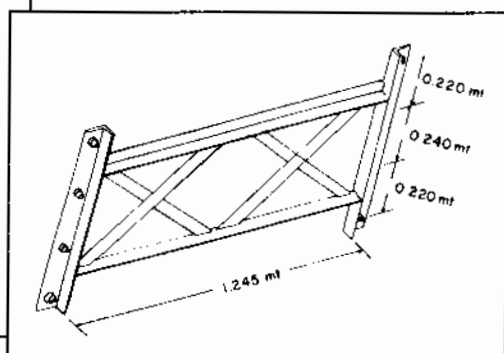


Figura No. 3-4

Figura No. 3-5

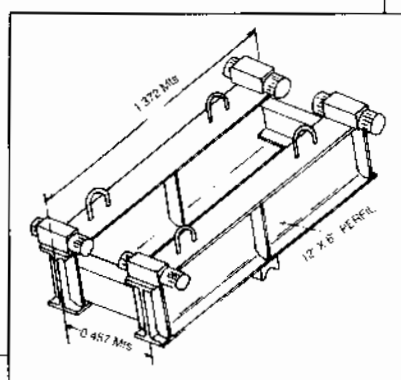
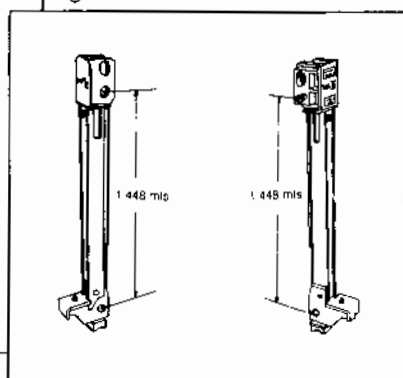


Figura No. 3-6



inferior, un apoyo semicircular, por medio del cual se acomoda sobre el apoyo de cojinete. En la parte superior de cada viga lleva dos soportes redondos para colocar rodillos oscilantes, de tal forma que puede soportar cuatro rodillos oscilantes. La distancia para colocar las vigas de balanceo es de 1.5 m adelante de las placas base hacia la luz del vado.

### 3.3. Puente Bailey de vigas cuádruple

#### a. Aspectos de replanteo y nariz de lanzamiento

Puesto que las vigas interiores del puente Bailey estándar ensanchado están a 4.52 m (14 pies 10 pulgadas) desde el centro, todos los rodillos de construcción, lanzamiento y de llegada deben situarse con base en dichas medidas. Las distancias de colocación de los rodillos a lo largo del puente no varían.

Las placas base deben colocarse a las siguientes distancias transversales:

Simple simple	14 pies 10 pulgadas (4.52 m)
Doble simple y doble doble	16 pies 4 pulgadas (4.96 m)
Triple simple y triple doble	17 pies 3.5 pulgadas (5.24 m)

#### La nariz de lanzamiento:

Los detalles de las narices de lanzamiento que se necesiten para los puentes estándar ensanchados se dan en las tablas de cantidades. Es de anotar que a diferencia del Bailey estándar o M-1, cada tramo de nariz debe estar fijado con dos puntales y dos varillas tensoras largas.

#### b. Montaje del puente

Una cuarta viga puede ser incluida en los puentes estándar ensanchados; esta viga se sitúa entre la primera y segunda vigas de los puentes normales. Numerando estas vigas de dentro hacia afuera, del 1 a 4, sus centros están como sigue:

De 1 a 2 - 8½ pulgadas (0.22 m)

De 2 a 3 - 9½ pulgadas (0.24 m)

De 3 a 4 - 8½ pulgadas (0.22 m)

El montaje de puentes de vigas simples, dobles, triples, reforzadas o no, sigue el procedimiento de todo puente Bailey normal; algunas excepciones se consignan a continuación.

La viga adicional se sitúa entre la primera y segunda hileras de paneles; en este tipo de montaje no es posible acomodar puntales exceptuando a los travesaños y los postes finales, por tal razón deben colocarse marcos de refuerzo en todos los pisos.

**El procedimiento general es el siguiente:**

Acoplar por medio de pasadores al último tramo de la nariz de lanzamiento, los paneles para la viga No.1 (los pasadores de panel se insertan desde el interior); travesaños largos, uno detrás del montante hembra, otro detrás del montante central. Adicionar los tres paneles restantes para las vigas Nos. 2, 3 y 4, y dejar que cuelguen de sus abrazaderas de travesaño. Si la construcción va a ser de cuatro travesaños por tramo, agregar los dos travesaños adicionales. A través de los montantes del extremo macho del panel, acoplar un marco de refuerzo ancho (esto requiere ocho pernos de arriostramiento). Si el puente va a ser de un solo piso, agregar otro marco de refuerzo ancho a los cordones superiores. Conectar los brazos largos de las varillas tensoras largas a las ranuras de los extremos hembras de los paneles.

Traer otros cuatro paneles para el siguiente tramo. Conectar el panel para la viga No. 2 con un pasador de panel sin cabeza, insertado a través del agujero en el extremo macho del panel de la viga No.1 del primer tramo, dentro de este panel. Conectar el panel para la viga No. 3 con un pasador de panel sin cabeza, esta vez insertado a través de la viga No. 4.

Conectar el panel para la viga No.1 con pasadores de panel normales insertados desde dentro.

Conectar el panel para la viga No. 4 con pasadores de panel normales insertados desde afuera. Una vez que los seguros del pasador de panel hayan sido colocados en los pasadores de panel normales de las vigas Nos. 1 y 4, los pasadores sin cabeza de las vigas Nos. 2 y 3 son automáticamente retenidos en su lugar, debido a la proximidad de las vigas. Colocar los travesaños, marcos de refuerzo anchos y los brazos largos de las varillas tensoras. Conectar los brazos cortos de las varillas tensoras en el tramo anterior y templar.

Repetir esta operación en cada tramo. En los extremos del puente, los postes finales de las vigas Nos. 2 y 3 también se conectan con pasadores de panel sin cabeza. Asegurarse que los postes finales de la viga No. 2 son de los tipos especiales para tal fin. Colocar puntales al travesaño en el poste final.

Cuando el puente es de dos pisos, los paneles del piso superior se montan en la misma forma que para el piso inferior, con marcos de refuerzo anchos en los mon-

tantes del extremo macho y en los cordones superiores. Todos los paneles en las vigas Nos. 2 y 3 se conectan con pasadores de panel sin cabeza. Todos los pasadores en las vigas Nos. 1 y 2 son insertados de dentro hacia afuera; todos los pasadores de las vigas Nos. 3 y 4 son insertados de fuera hacia dentro. En la figura No. 3-7 se aprecia un puente cuádruple simple en empleo.



Figura No. 3-7

## CAPÍTULO IV

# Modificaciones a puentes Bailey para obtener mayor capacidad

### **4.1. Acoplamiento de otro piso a un puente ya existente y conversión de un puente doble simple a uno doble doble**

#### **a. Generalidades del acoplamiento**

Después de instalado un puente y como consecuencia del uso se presenta una flecha natural sobre la luz del vado; este fenómeno que es más notorio en los puentes de un solo nivel, debe corregirse por medios mecánicos y para el propósito existe el **gato de cordón**, ver figura No. 4-1, que consta de tres partes:

#### **1) Contrafuerte:**

Es una pieza forjada y sólida que se acopla al cordón superior del puente existente y contra el cual opera el gato. En su parte inferior, el contrafuerte tiene una oreja que se apoya contra la placa donde se emperna el marco de refuerzo. A través de esta oreja el empuje del gato es transferido al puente existente. Otra oreja en el extremo del contrafuerte se aloja entre los canales del cordón superior impidiendo cualquier movimiento lateral.

En la parte más ancha del contrafuerte hay un perno largo con una terminación en T; ésta pasa por el cordón superior del panel instalado y se ensambla en la parte inferior de este cordón; ajustando este perno se afirma el contrafuerte en su lugar.

## 2) El gato:

Es un marco articulado romboide, con pasadores en sus cuatro esquinas. Un tornillo sinfin pasa a través de dos juntas articuladas, terminando cada extremo del tornillo en una tuerca horizontal. Con la llave Bailey estándar de boca fija, se hace girar el tornillo y acciona simultáneamente las dos articulaciones alargando el otro eje del gato. Sobre este eje, un extremo del gato trabaja contra el contrafuerte y el otro extremo contra el muñón macho del cordón inferior del panel del segundo piso.

Cuando el gato tiene que trabajar contra la oreja hembra del panel del segundo piso, se inserta un pasador de panel en la oreja y se intercala el adaptador hembra entre este pasador y el extremo del gato de cordón.

## 3) El adaptador hembra:

Es una pieza de acero con un apoyo semicircular abierto con facilidad para acomodar el pasador de panel. Una placa en forma de T adicionada al adaptador, se apoya en la oreja hembra del panel y sirve para mantenerla en su lugar.

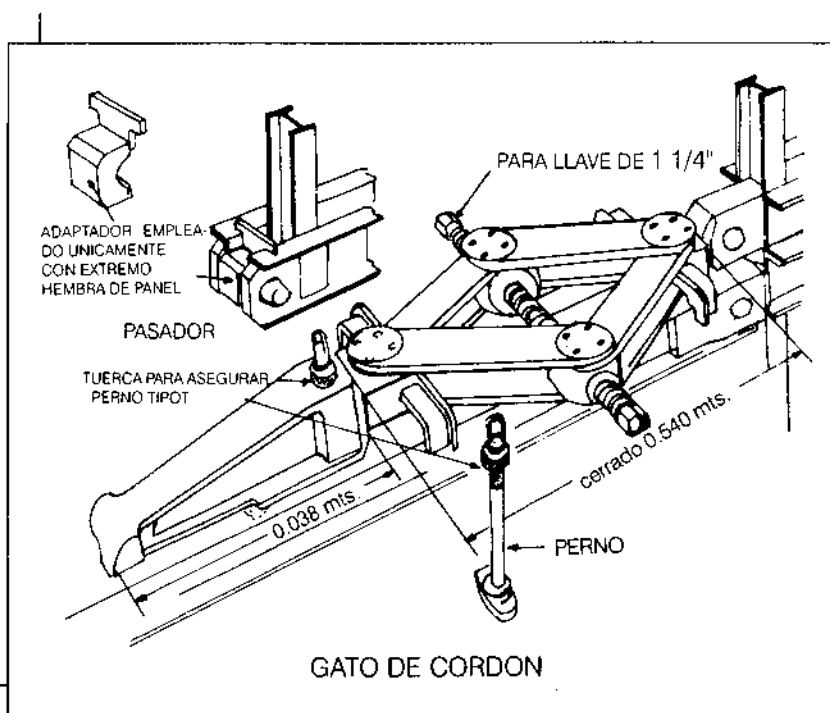


Figura No. 4-1

**b. Conversión de un puente simple simple a doble doble**

El empleo del gato de cordón se hace por 3 hombres maniobrando por la llave de boca fija, previa instalación en medio de tramos centrales del puente. Si los operarios no pueden hacer girar el gato, es porque ha llegado al tope de su capacidad y se debe accionar el gato para montaje de paneles (ver forma de empleo en el capítulo primero). La adición de un segundo piso debe comenzar en el centro del puente, trabajando hacia afuera en cantidades iguales, tramo por tramo, hasta llegar a los dos extremos simultáneamente en las hileras derecha e izquierda.

A continuación se explican los pasos que se siguen para una viga o lado del puente, teniendo en cuenta que simultáneamente se deben ejecutar a ambos lados.

- 1) Traer dos paneles al centro del puente, asegurándose que los extremos machos y hembras correspondan en ubicación con los paneles al puente ya existente.
- 2) Sacar el marco de refuerzo existente en los cordones superiores del tramo central.
- 3) Izar un panel y colocarlo en la viga exterior y conectarlo con dos pernos de cordón sin apretar estos pernos.
- 4) Izar el segundo panel y colocarlo en la viga interior y nuevamente conectarlo con pernos de cordón sin apretar.
- 5) Acoplar tres marcos de refuerzo, uno en los cordones superiores y uno a cada montante exterior de los paneles.
- 6) Apretar los pernos de cordón.
- 7) Traer cuatro paneles más, dos para cada lado del tramo del centro.
- 8) Quitar los dos marcos de refuerzo existentes en los tramos de paneles que se van a instalar.
- 9) Colocar los paneles en las vigas exteriores e interiores, con la orientación adecuada.
- 10) Conectar los paneles entre sí, en el orden descrito en los cordones superiores del panel con los pasadores de panel y los pernos de cordón.
- 11) Es posible que no se puedan conectar los pasadores de panel inferiores a los pernos de cordón en este paso.
- 12) Colocar los marcos de refuerzo en ambos tramos de paneles en los cordones superiores y en los montantes de panel más alejados del centro del puente.

13) Sacar los marcos de refuerzo a lado y lado del puente, para dejar al descubierto los cordones superiores de los paneles existentes en el primer piso, de manera que el gato de cordón pueda ser colocado sobre cada extremo de la viga o hilera de paneles que se va ensamblando.

14) Coloque el gato de cordón entre el último panel del segundo piso colocado y el siguiente del primer piso, de acuerdo con instrucciones enumeradas anteriormente.

15) Hacer funcionar los gatos de cordón hasta que el panel del piso superior a cada lado del centro esté en su correcta posición.

16) Insertar los pasadores de panel y los pernos de cordón y apretarlos.

17) Aflojar ligeramente los gatos de cordón hasta cuando hayan sido colocados todos los pasadores y los pernos en las vigas interior y exterior.

18) Sacar los gatos de cordón.

19) Colocar más paneles a lado y lado del puente y continuar con el procedimiento hasta llegar a los extremos del puente.

Es importante aclarar que la secuencia de instalación de un segundo nivel de paneles debe hacerse como está descrito anteriormente, porque de llegarse a adelantar el procedimiento puede aumentar la flechà o desajustar el puente en alguna parte, dificultando el regreso a su posición por falta de puntos de apoyo.

## **4.2. Conversión de un puente triple simple a uno triple doble**

El procedimiento general es muy similar al puente anterior numeral 4.1, las diferencias básicas son las que se describen a continuación:

Si se adicionan paneles a las tres vigas al mismo tiempo, será imposible insertar los pasadores de panel en la segunda viga. En consecuencia, la conversión debe ser hecha, en primer lugar, en la primera y segunda vigas solamente, como se describe para doble doble. Los pasadores de la segunda viga deben ser insertados de fuera hacia dentro.

Cuando los tres tramos del centro hayan sido convertidos en doble doble, se puede adicionar el panel para la tercera viga del tramo central; tendrá que ser levantado y asegurado con pernos de cordón.

Cuando cinco tramos ya hayan sido convertidos en doble doble, la tercera viga puede entonces ampliarse a tres tramos, asegurados con pasadores y pernos. Los paneles de la segunda y tercera vigas se conectan por medio de una placa de unión entre los agujeros superiores de los montantes de panel.

Continuar armando esta secuencia, siempre manteniendo la construcción de la tercera viga un tramo atrás del resto del montaje.

Es conveniente que todos los movimientos necesarios de paneles se hagan con fuerza humana para facilitar el trabajo de los gatos de cordón.

### 4.3. Montaje de puentes con cordón de refuerzo

#### a. Generalidades de la instalación

El propósito con que se construyen puentes reforzados Bailey, es para aumentar su capacidad y garantizar funcionalidad, sin necesidad de aumentar paneles y reduciendo el costo.

El cordón de refuerzo se acopla al cordón de panel superior e inferior con dos pernos de cordón, insertándose los pernos a través del cordón de refuerzo dentro del panel, de tal manera que la cabeza del perno quede escondida dentro del cordón de refuerzo. Dos collarines de perno de cordón se deberán colocar, uno en el extremo roscado de cada perno de cordón o pasador de tornillo, antes de que las tuercas se coloquen.

Los cordones de refuerzo deben acoplarse unos a otros por medio de pasadores de panel, estos últimos asegurados con pasadores de seguridad.

Cuando tengan que colocarse marcos de refuerzo sobre los cordones de refuerzo, los pernos de arriostamiento o de cabeza para su montaje deben ser colocados en el cordón de refuerzo, antes de que éste sea empernado al panel. El perno de arriostamiento debe ser insertado de manera que la cabeza se aloje dentro del cordón de refuerzo, colocando la tuerca provisionalmente para mantenerlo en esta posición. Se recomienda colocar el cordón de refuerzo en la luz de junta de paneles, para que sirva de alivio a la flecha que hace el puente cuando está en su máximo esfuerzo.

El cordón de refuerzo no se coloca en las narices de lanzamiento de los puentes y, en consecuencia, se presenta un desnivel de 4 pulgadas (0.1 m) en el cordón inferior en cada extremo del puente; donde ya no se coloca refuerzo, para suplir este defecto, en estos lugares se colocan cordones de refuerzo extremos, machos y hembras que tienen forma de rampa, ver figura No. 4-2, para permitir que los rodillos de construcción y de lanzamiento salven este desnivel, sin necesidad de usar gatos. Los cordones de refuerzo extremos se conectan con un tornillo sujeto entre los nervios del panel con una arandela. Un pasador de panel insertado en este punto asegura el cordón de refuerzo extremo en su lugar.

#### b. Cordones en puentes de un solo nivel

El procedimiento de instalación del cordón es similar a todos los puentes; se debe acoplar un cordón de refuerzo al cordón superior de cada panel en el puente, ex-



cepto en los dos tramos finales, y todos los cordones de refuerzo deben acoplarse unos a otros por medio de pasadores de panel.

Los cordones de refuerzo deben acoplarse al cordón inferior de cada panel, excepto los paneles del tramo final de cada extremo del puente, y todos los cordones de refuerzo deben ser unidos unos a otros por medio de pasadores de panel.

### c. Cordones en puentes de dos niveles

Cada panel del piso superior debe tener un cordón de refuerzo empernado a su cordón superior, excepto en los dos tramos finales, y todos los cordones de refuerzo deben ser unidos unos a otros en sus extremos por medio de pasadores de panel.

Recuérdese colocar en su lugar los pernos de arriostamiento antes de acoplar los cordones a los paneles. Los cordones de refuerzo deben ser colocados en la parte inferior de los paneles del primer piso, según se describe para los puentes de un solo piso. El método normal de montar puentes de cordón reforzado es unir un cordón de refuerzo al cordón inferior de cada panel (o cada panel del piso inferior) antes de montarlo en el puente. Si la mano de obra disponible no es suficiente para este trabajo y no es conveniente emplear una grúa, el panel debe montarse en el puente de la manera normal.

Luego, presentar el cordón de refuerzo por la parte inferior del panel, unirlo por medio del pasador al cordón de refuerzo en el tramo anterior y colocar los pernos de cordón, el collarín y la tuerca dentro del panel y la cabeza de los pernos de cordón alojada en el cordón de refuerzo.

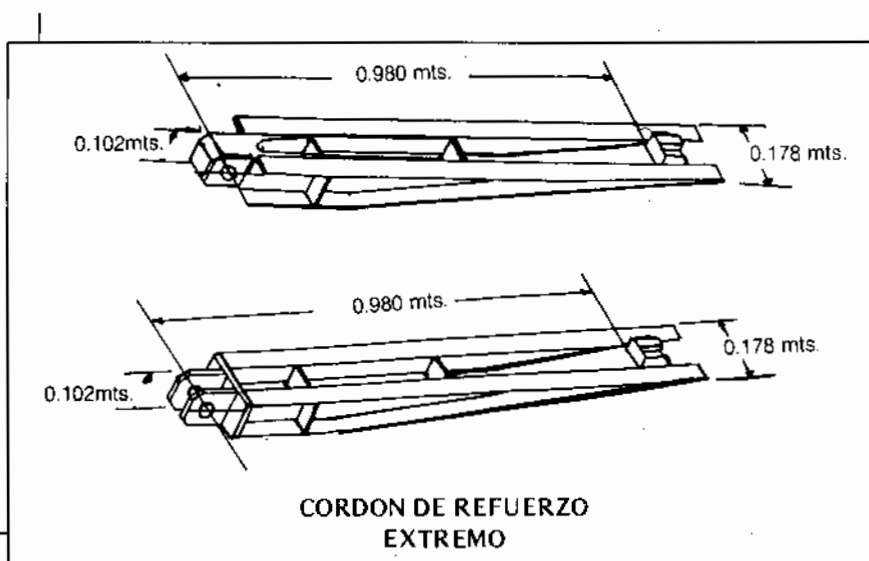


Figura No. 4-2

En los puentes de un solo piso seguir colocando inmediatamente los cordones de refuerzo en la parte superior de los paneles y asegurándolos con pasadores y pernos de cordón.

En los puentes doble simple y triple simple es necesario insertar los pernos de arriostamiento dentro de los cordones para la primera y segunda vigas antes de acoplarlas a los paneles.

Para los puentes Bailey doble doble, antes de montar los paneles del segundo nivel, se le colocan los cordones de refuerzo a los cordones superiores de cada uno de los paneles y los pernos de arriostamiento, completando el conjunto con bastidores de arriostamiento, listos para que la grúa lo coloque en su lugar.

En los puentes triple doble se debe preparar el mismo conjunto para el piso superior de la primera y segunda vigas, y adicionalmente colocar un cordón de refuerzo al tercer panel que con grúa debe instalarse en la tercera hilera o viga.

Ver figura No. 4-3, paneles acoplados con cordón de refuerzo.

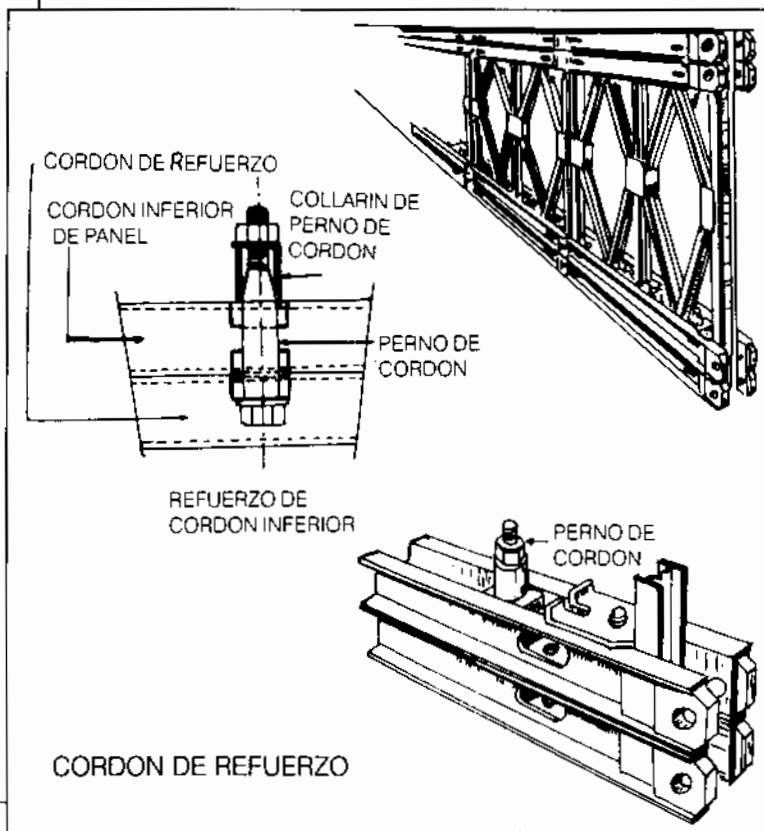


Figura No. 4-3



## CAPÍTULO V

# Puente Bailey extra-ancho o M-3

### **5.1. Descripción general**

Con material Bailey, éste es el puente de tablero inferior más ancho que se puede montar, tiene 4.20 m de ancho (13 pies 9 pulgadas) y un ancho libre entre vigas laterales de 4.77 m (15 pies 8 pulgadas). El diseño general de la estructura no sufre modificaciones y para completar las especificaciones descritas anteriormente es necesario cambiar algunas piezas, entre ellas los travesaños; el piso está soportado por 5 largueros lisos y 2 de botón con tablonés más largos.

Este tipo de puente puede montarse con vigas maestras compuestas por hileras de paneles simple doble o triple; los puentes simple simple y doble simple se ensamblan igual que los puentes M-1 o M-2, pero la tercera hilera de un puente triple simple va entre la primera y la segunda hileras de paneles, razón por la cual se dificulta convertir un puente doble simple en triple simple, porque no es posible acomodar puntales entre el travesaño y la hilera interior; a cambio se instalan marcos de refuerzo extra-ancho sobre los extremos de los montantes de panel; igualmente por la proximidad de las hileras de paneles, éstos son conectados con pasadores de panel sin cabeza.

Cuando se colocan marcos de refuerzo extra-ancho en la parte inferior de los montantes de panel de los puentes de un solo nivel, no se pueden colocar abrazaderas de travesaño normales, se deben colocar abrazaderas extra-anchas.

Los extremos finales de las vigas maestras de tres hileras deben tener los postes finales hembras y machos modificados acoplados a la hilera central.

## 5.2. Componentes adicionales

### a. El travesaño extra-ancho (figura No. 5-1)

Es un tramo de viga de acero laminado de 6.071 m (19 pies 11 pulgadas) de longitud, ancho de 0.305 x 0.127 m (12 x 5 pulgadas), en los extremos se han reducido a una sección de 0.25 x 0.12 m (10 x 4.5 pulgadas). La parte inferior en cada extremo tiene tres agujeros, por medio de los cuales el travesaño encaja sobre los botones del panel.

### b. Varilla tensora extra-ancha (figura No. 5-2)

Es similar a la de los puentes M-1 y M-2, pero de mayor longitud; la distancia del centro al exterior es de 5.517 m (18 pies a 01 pulg),

### c. Marco de refuerzo extra-ancho (figura No. 5-3)

Es de construcción similar al marco de refuerzo estándar, pero tiene dos espigas cónicas adicionales para adaptarse a la tercera hilera de paneles. Puesto que esta

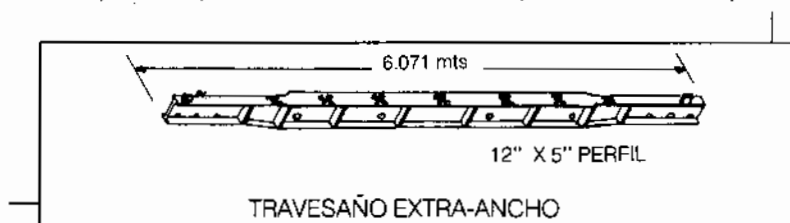


Figura No. 5-1

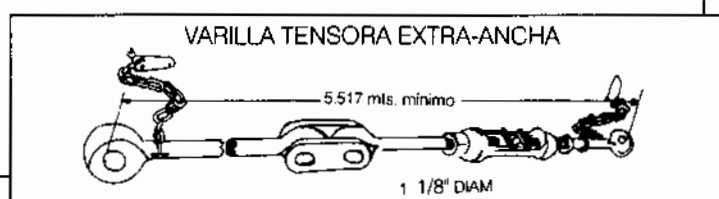


Figura No. 5-2

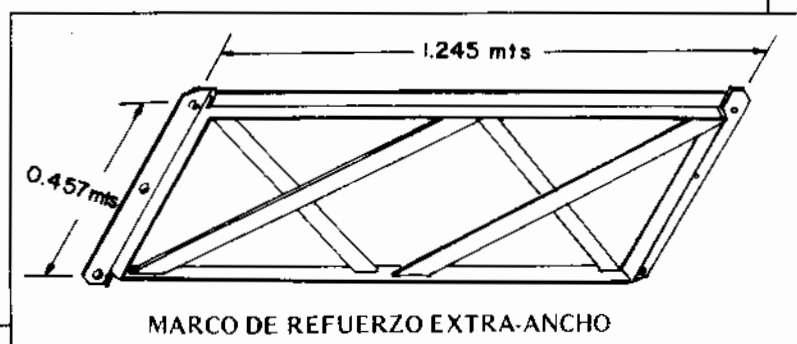


Figura No. 5-3

tercera hilera no está a una distancia equidistante entre las hileras interior y exterior, el marco de refuerzo extra-ancho no permite cambio de posición. Una letra "I" en alto relieve, soldada al marco, indica el lado que debe estar dirigido hacia la línea central del puente.

#### d. Abrazadera de travesaño extra-ancho (figura No. 5-4)

Es exactamente similar a la abrazadera estándar, excepto que la nariz del torniquete que pasa a través del montante del panel está recortada, de manera que no interfiere con los marcos de refuerzo montados verticalmente.

#### e. Tablón extra-ancho (figura No. 5-5)

Es una pieza de madera de 4.547 m (14 pies 11 pulgadas) de largo, generalmente de 0.108 m (4 pulg) de espesor, pero reducido en sus extremos a 2 pulgadas (0.51 m) de espesor donde las trincas guardabandas descansan en ellas, de manera que estas últimas puedan sujetarse a los largueros con los pernos de trinca.

Los tabloncillos pueden reemplazarse por emparrillados metálicos para asfaltar cuando el puente se construye permanente, en razón a que se hace más durable el piso.

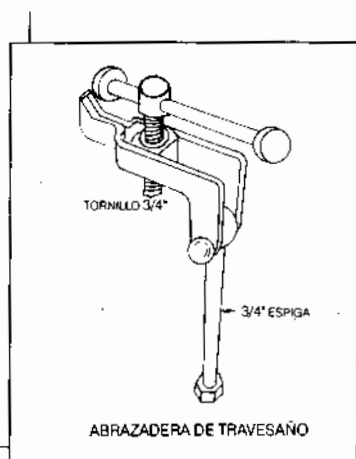


Figura No. 5-4

#### f. Los postes finales extra-ancho (macho, hembra)

Son similares a los postes finales estándar, excepto que se ha suprimido el seguro giratorio normalmente suministrado para sujetar el travesaño en su lugar. Esta supresión permite colocar un puntal entre un travesaño en los postes finales y el poste final de la viga interior.

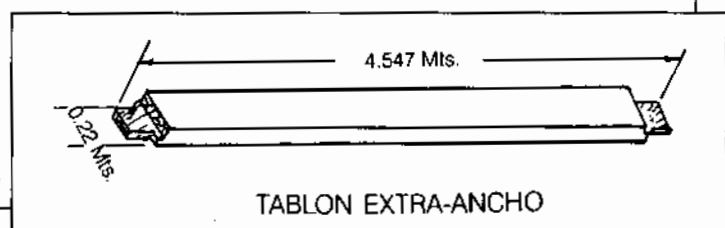
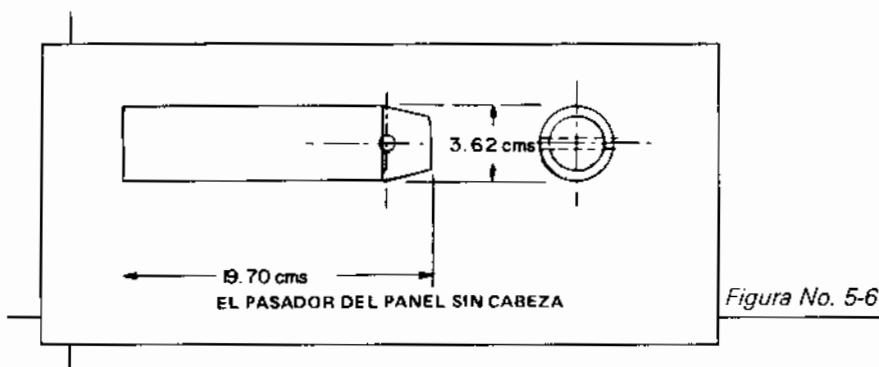


Figura No. 5-5

**g) El pasador de panel sin cabeza (figura No. 5-6)**

Es un pasador de panel normal al que se ha suprimido la cabeza, permitiendo que pase a través del agujero del panel.

**5.3. Montaje y lanzamiento**

El montaje y lanzamiento de los puentes Bailey extra-anchos sigue el procedimiento de los descritos para los puentes Bailey estándar o M-1, con las excepciones que se indican a continuación.

**a. Replanteo**

La variación de fondo está en la preparación del sitio; las vigas interiores de los puentes extra-anchos están a una distancia entre centros de 4.95 m (16 pies 3 pulgadas), y todos los rodillos de construcción, lanzamiento y llegada deben situarse lateralmente para acomodarse a esta medida. Las medidas a lo largo del puente se mantienen iguales a los otros modelos.

Las placas base deben colocarse en las siguientes distancias laterales entre centros:

Puentes de viga simple	4.95 m (16 pies 3 pulgadas).
Puentes de doble y triple viga	5.41 m (17 pies 9 pulgadas).

**b. Montaje del puente**

En los puentes extra-anchos simple simple, doble simple y doble doble y sus correspondientes con cordón de refuerzo, el montaje es exactamente como se describe para los puentes Bailey M-1 y M-2.

Para los puentes Bailey extra-anchos triple simple, se procede como sigue:

**Tramo 1**

Acoplar por medio de pasadores los paneles de la viga interior al extremo de la nariz de lanzamiento. Colocar el travesaño en la posición del montante central.

Colocar los paneles para la segunda y tercera vigas, fijándolos con abrazaderas o puntales a este travesaño. Colocar los travesaños restantes.

Colocar los marcos de refuerzo a través de los montantes y de los extremos posteriores de los paneles y horizontalmente sobre los cordones superiores. Colocar las varillas tensoras.

**Tramo 2**

En primer lugar colocar los paneles para la segunda viga con pasadores de panel sin cabeza, insertados a través del agujero del extremo macho de los paneles exteriores del tramo 1.

Acoplar los paneles para la primera y tercera vigas con pasadores de panel normales. Los pasadores para la primera viga insertados desde el interior y los pasadores para la tercera viga desde el exterior. Asegurar los pasadores de estos paneles con seguros para los mismos. Colocar los travesaños, marcos de refuerzo y varillas tensoras en este mismo orden.

Repetir la secuencia anterior en cada tramo del puente. Cuando un montante final de panel tiene un travesaño en un lado y un marco de refuerzo en el otro, el travesaño debe ser colocado en primer lugar. Los pernos de arriostramiento que aseguran el extremo inferior del marco de refuerzo se pasan a través de los agujeros especialmente dispuestos en el alma del travesaño para su correcta ubicación. Si estos pernos se colocan primero, será imposible ensamblar el travesaño sobre sus asientos.

Para los puentes extra-anchos triple doble, construir el piso inferior como para triple simple, excepto que se omiten los marcos de refuerzo horizontales de los cordones superiores.

Comenzar el montaje de los paneles del segundo piso dos tramos atrás de la construcción del primer piso.

Todos los paneles de la segunda viga tienen que ser conectados entre sí por medio de pasadores del panel sin cabeza.

En el primer tramo del segundo piso, colocar marco de refuerzo horizontalmente sobre los cordones superiores y verticalmente en los montantes de panel en ambos extremos.



En todos los tramos siguientes, los marcos de refuerzo se colocan en los cordones superiores y en los montantes del extremo posterior solamente.

Para los extra-anchos triple simple reforzados y triple doble reforzados, todos los cordones de refuerzo de la segunda viga deben ser conectados por sus extremos con pasadores de panel sin cabeza. Al colocar los cordones superiores, recuérdese de insertar los pernos de arriostamiento antes de empernar los cordones al panel.

Los puentes extra-anchos doble triple y triple triple, a diferencia de sus equivalentes puentes estándar, se construyen completos con el tercer piso antes del lanzamiento, siendo necesario el empleo de una o dos máquinas con dos puntos de apoyo para empujar la estructura con cable acondicionado para frenarlo. El arriostamiento superior se emperna a los cordones superiores con las orejas para sujetar las varillas tensoras dirigidas hacia el exterior del puente.

Cada varilla tensora empleada para arriostamiento superior, debe tener una extensión acoplada a un extremo, que encajará en el orificio de acople de los soportes de arriostamiento superiores. La extensión es un tramo de varilla redonda que tiene un ojo forjado en un extremo, con un pasador sujeto con cadena. Este es el extremo que se acopla al soporte de arriostamiento superior.

En los tramos más largos de ambas construcciones, el peso de lanzamiento está sobre las 84 x 2.204 toneladas (185.136 lb) que sobrepasa la capacidad de los rodillos oscilantes normales. En tales casos, los puentes deben lanzarse sobre vigas de balanceo (véanse tablas de cantidades). Ver características en el capítulo III.

Las vigas de balanceo deben colocarse delante de las placas base a una distancia entre centros de 1.5 m; dos juegos de cada viga de balanceo (una debajo de cada lado del puente), podrán soportar con seguridad una carga de 168 toneladas (370.272 lb).

## CAPÍTULO VI

# Rampas y vías peatonales

### **6.1. Rampas de acceso al puente Bailey**

Después de instalado el puente en sus postes finales y tener el piso del mismo completo, se presenta la necesidad de establecer cuál va a ser la forma de acceso al puente.

Si dentro del diseño y el montaje se estableció que las placas base que soportan los postes finales, quedan a un nivel más bajo de la rasante de la vía, es muy fácil con el mismo material de la vía hacer un acceso funcional.

La vía del puente queda a 2 pies 4 pulgadas (0.71 m) sobre el nivel de las placas base; si no lleva excavaciones, se deberán instalar rampas inclinadas para llegar al nivel del tablero del puente. Tales rampas se componen de tablones normales y trincas guardalados como el puente, pero la armazón de acero, a pesar de ser similar a los largueros empleados en el puente, es de construcción más fuerte. Estos componentes se designan como rampas lisas y rampas de botones y corresponden en número y posición a los largueros lisos y de botones. Los tablones y trincas guardalados se acoplan a ellos en la misma forma, empleando pernos de trinca.

Las rampas planas y de botones tienen una capacidad máxima de 15 ton x 2.204 (33.060 lb), cuando están soportadas en sus extremos; cuando se requiere

mayor capacidad hay necesidad de colocar soportes en su parte central; por la longitud de la rampa la luz queda de 10 pies (3.05 m). La mayoría de vehículos no pueden transitar con facilidad sobre pendientes mayores de 10%, de manera que para elevarse 2 pies 4 pulgadas, para llegar al nivel del tablero, se necesita una rampa de 20 pies de largo (6.10 m).

Puesto que las rampas planas y de botones tienen 10 pies de largo, se necesita un soporte intermedio. Se emplea un travesaño para este propósito, soportado por cuatro pedestales de rampa. El área de base de cada pedestal de rampa es de  $3\frac{3}{8}$  pies cuadrados (0.31 m<sup>2</sup>), y debe asegurarse que el cimiento sea adecuado para soportar la misma carga que la proyectada para el puente.

Normalmente se puede considerar que la carga no excederá de 40 ton x 2.204 (88.160 lb) y que será distribuida uniformemente entre los cuatro pedestales. Los pedestales deben ser espaciados a lo largo del travesaño a cada lado de la línea central, como sigue: uno entre la rampa de botones y la rampa plana adyacente, otro al lado exterior de la rampa de botones.

El extremo inferior de la rampa puede ser soportado adecuadamente sobre una pieza de madera de 9 pulgadas x 3 pulgadas (0.23 m x 0.076 m) que cubra todo el ancho de la rampa, siempre que la carga máxima axial no exceda de 12½ toneladas. Para cargas axiales mayores, se deben proveer tres piezas similares de madera bajo el extremo de la rampa, una al lado de la otra.

El extremo superior de la rampa se apoya sobre el último travesaño del puente, a un extremo del mismo; este travesaño se situará en los postes finales y al otro extremo en los asientos del último panel. La distancia de centro a centro, entre los pedestales de rampa y las placas asiento del puente, tendrá, en consecuencia, una medida diferente en los dos extremos.

Cuando las placas de asiento del puente se colocan en excavaciones de manera que el piso del puente quede al mismo nivel del terreno, el puente puede terminarse con rampas a nivel de 10 pies. Para este caso, debe construirse un muro a través de cada extremo del puente para llenar la doble función de servir de retención a la excavación y de servir de apoyo al extremo anterior de la rampa.

Para este propósito, el muro debe estar situado a no más de 6 pies 6 pulgadas (1.98 m) del último travesaño del puente. La rampa de 10 pies, cuando se soporta en esta forma, puede recibir una carga máxima axial de 20 ton x 2.204 (44.080 libras). Cuando la rampa tiene que acomodar cargas axiales simples mayores de 12½ toneladas.

Ver figura No. 6-1 donde se aprecian las distancias para armar un acceso.

Ver figura No. 6-2, rampa de acceso al puente listo para empleo.

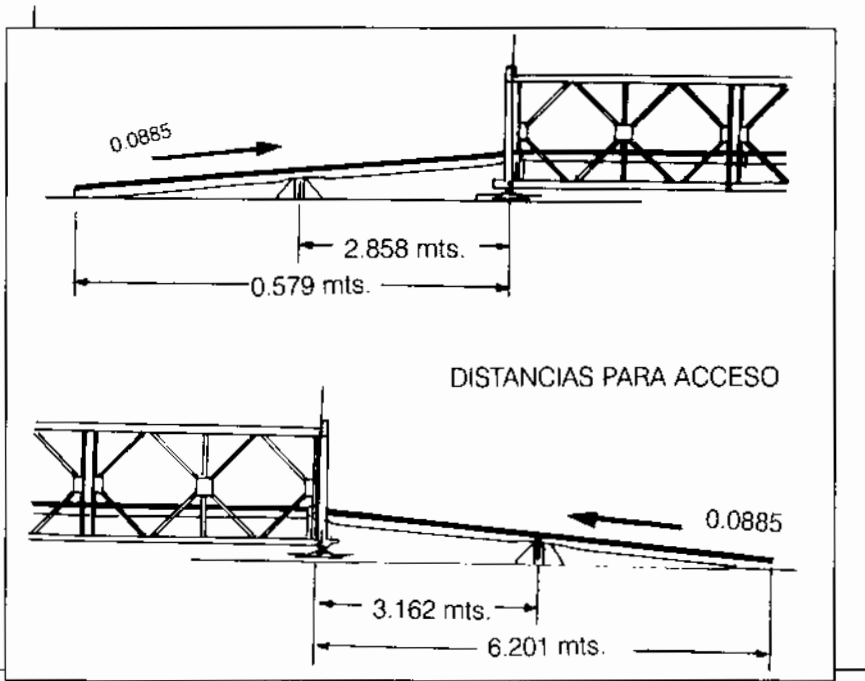


Figura No. 6-1

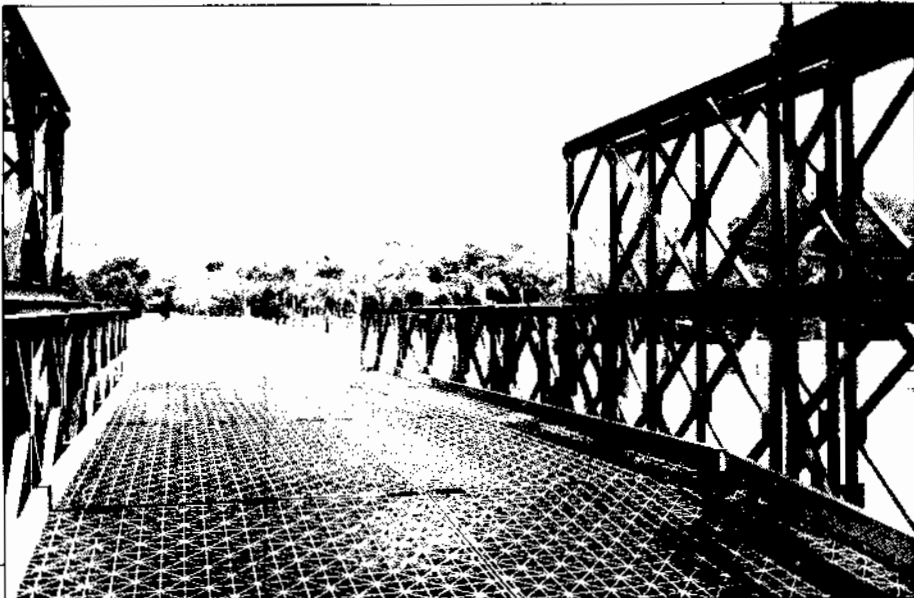


Figura No. 6-2

## 6.2. Vías para peatones

### a. Generalidades

El material Bailey permite además de la construcción de los puentes con vías para vehículos el montaje de vías peatonales anexas al puente principal; estas vías son muy útiles cuando el puente tiene gran tráfico.

Las vías para peatones en los puentes Bailey, se montan normalmente al exterior de las vigas principales y por tal motivo están completamente separadas de la vía principal del puente; se pueden colocar a ambos lados del puente.

Hay dos tipos de vías para peatones: una con tablero de acero y otra con tablero de madera. Las vías para peatones, ya sea de tablero de acero o de madera, existen en dos (2) anchos estándar, como sigue:

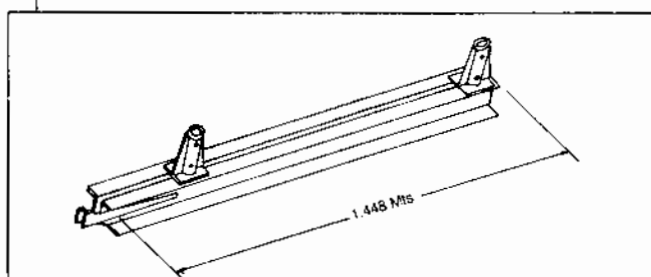
0.91 m (3 pies), 1.37 m (4 pies 6 pulgadas).

Se pueden construir anchos especiales para adaptarse a requerimientos especiales. Todas las vías para peatones están diseñadas para una carga de 100 libras por pie cuadrado ( $4.88 \text{ kg/m}^2$ ).

### b. Nomenclatura de elementos necesarios

#### 1) Ménsulas de andén para peatones (figura No. 6-3)

Son vigas hechas de acero, sus laterales en forma de U; un extremo permite que sea acoplada al travesaño del puente por medio de orejas que se enganchan a otras orejas que lleva el travesaño para este fin, quedando voladizas y listas para acomodar el piso peatonal.



MENSULA DE ANDEN PARA PEATONES

Figura No. 6-3

## 2) Pisos para peatones, en madera (figura No. 6-4)

Estos son tableros de madera del mismo largo de un panel 3.042 m (10 pies), de tal forma que un solo tablero se necesita por tramo; el ancho puede variar de 0.91 m a 1.37 m.

## 3) Pasamanos

Son de diseño tubular en diámetro de 1.5 pulgadas y pueden ser colocados en ambos lados de cada vía de peatones, y sus partes son: Codo de 90°, T larga y T corta, poste vertical, tubos superior e intermedio.

### c. Método de montaje

- 1) Colocar las ménsulas de andén dos por tramo aseguradas a los travesaños.
- 2) Colocar los tubos verticales de los pasamanos en los orificios que para tal fin tienen las ménsulas.
- 3) Instalar los tableros de madera sujetándolos por platinas y tuercas a las ménsulas.
- 4) Terminar de colocar los pasamanos, verificando que los acoplies queden ajustados para evitar accidentes.

Ver figuras Nos. 6-3 y 6-4.

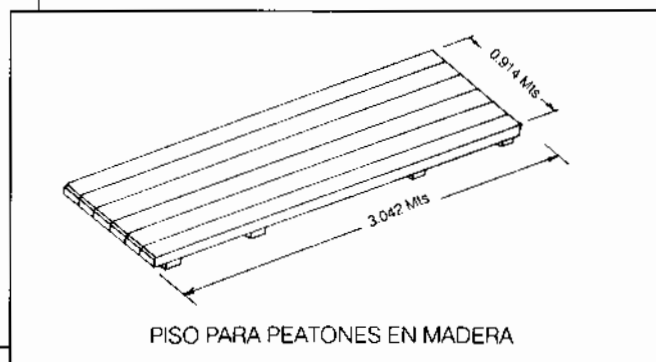


Figura No. 6-4



## CAPÍTULO VII

# Puente Bailey con tablero de acero o Mk-II

### **7.1. Características generales**

Los puentes Bailey con tablero de acero son una modificación hecha por Thos. Storey (Engineers) Ltda., fabricantes de equipos de puentes Bailey, con el propósito de proporcionar mayor resistencia y capacidad a los puentes, que el piso de madera no puede garantizar. Los travesaños del puente Bailey tienen ligeras modificaciones, se omiten los descansos para los largueros y se colocan topes de tipo ajustable cerca de cada extremo de las alas superiores.

Éstos sujetan fuertemente las unidades de tablero de acero, manteniéndose juntas.

Las diversas unidades de tablero de acero se acoplan a los travesaños por medio de una serie de monturas, equipadas con abrazaderas que aseguran que el tablero y los travesaños trabajen como una sola unidad. En virtud de estas abrazaderas, los travesaños tienen la suficiente rigidez para permitirle soportar las pesadas cargas axiales. Normalmente los extremos de las unidades de tablero están provistos de dientes para proporcionar una mejor distribución de la carga sobre los travesaños.

El tablero proyectado ha sido diseñado para recibir una capa de asfalto o material similar para caminos. Para garantizar un drenaje adecuado esta capa debe tener 0.04 m (1 ½ pulg) de espesor al centro del camino, rebajándola a 0.025 m (1 pulg) de espesor en cada lateral.



Los puentes Bailey así contruidos forman una estructura permanente como cualquier otro tipo de puente de acero. El tablero de acero puede tenderse en tres formas, de acuerdo con el número de travesaños colocados en cada tramo del puente.

1) Cuando el puente va a soportar la carga máxima, éste debe ser construido con cuatro travesaños por tramo, esto es, uno en cada posición de asiento disponible de cada panel y uno en los postes finales de un extremo.

A lo ancho de la vía las unidades de tablero terminan alternadamente sobre los dos travesaños colocados en los montantes finales de cada tramo adyacente, quedando los extremos provistos de dientes. Si a un extremo del puente se presenta un solo travesaño, debe ser sólidamente calzado en su parte media para soportar la carga pesada. Es recomendable que cuando se coloquen cuatro travesaños por tramo, se instalen travesaños en los postes finales de cada extremo del puente.

2) Cuando las cargas axiales están limitadas a un máximo de 12 ½ toneladas (27.550 lb), los puentes se construyen con tres travesaños, uno en cada montante final del panel, uno en el montante central. Además, uno en los postes finales de un extremo.

3) En ciertas instalaciones semipermanentes, donde solo se van a presentar cargas livianas y no se considera necesario ensamblar las unidades, los puentes pueden montarse con solo dos travesaños por tramo, uno en el montante extremo y uno en el montante central de cada panel.

## 7.2. Elementos adicionales

Esta modalidad de puente tiene elementos que difieren de los convencionales, con el propósito de facilitar el ensamble del piso metálico.

### a. Travesaño para piso metálico (figura No. 7-1)

Éste reemplaza al que se emplea para piso de madera; en líneas generales son similares, pero se le ha omitido las grapas para largueros lisos o de botón y se ha colocado abrazaderas ajustables con tornillos.

### b. Monturas

En razón a que todos los travesaños existentes para piso de madera también se han acondicionado para piso metálico, existen dos juegos de monturas disponibles así:

Un juego numerado del 1 al 5 está diseñado para travesaños estándar ensanchados o M-2 y extra-anchos o M-3.

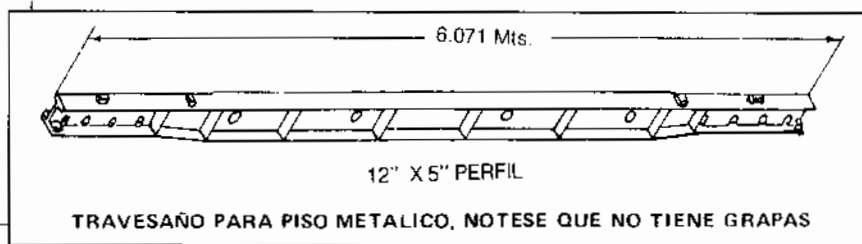


Figura  
No. 7-1

El otro juego numerado del 6 al 10 está diseñado para fijarse en el travesaño estándar o M-1

La cantidad de monturas requeridas por tramo se especifica a continuación.

Montantes	Estándar o M-1	Ensanchado o M-2 Extra-ancho o M-3
• Al extremo del puente cuando van dos travesaños incluyendo el del poste final.	9	4
• Para un extremo de puente con un solo travesaño.	10	5
• Para travesaños colocados en el montante central de cada panel.	6	1
• Para cada travesaño que va en la unión de los paneles.	7	2

En términos generales, las monturas son soportes que colocadas sobre los travesaños sirven de unión y ajuste del piso con los travesaños.

La ubicación de las monturas es la siguiente:

Monturas No. 1 y No. 6 van ubicadas sobre los dos travesaños que se colocan a lado y lado del montante central de los paneles cuando se requiere que lleve ambos lados; la No.1 en los extremos y la No. 6 en el centro (ver figura No. 7-2).

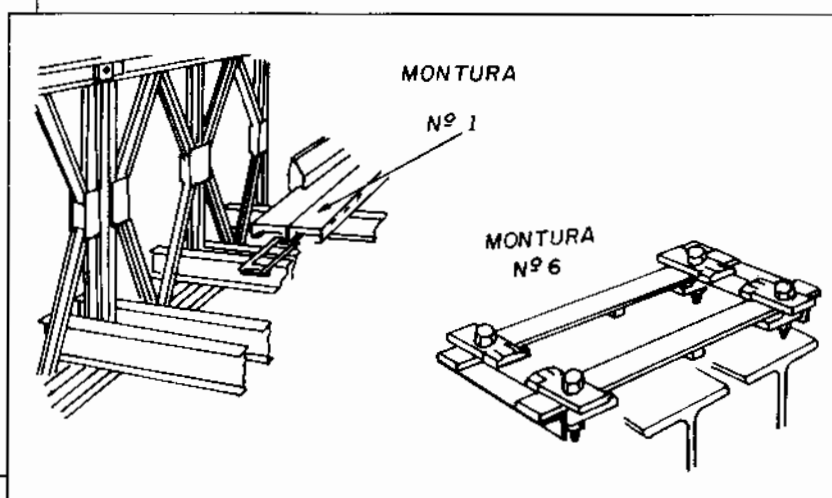


Figura No. 7-2

Monturas No. 2 y No. 7 van ubicadas sobre los travesaños que se juntan en la unión de paneles cuando el diseño así lo requiere; la No. 2 colocada en los extremos del travesaño y la No.7 al centro (ver figura No. 7-3).

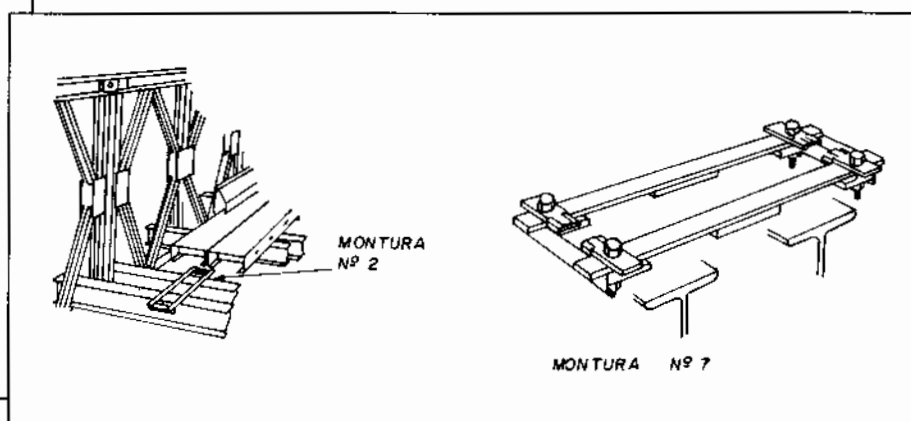


Figura No. 7-3

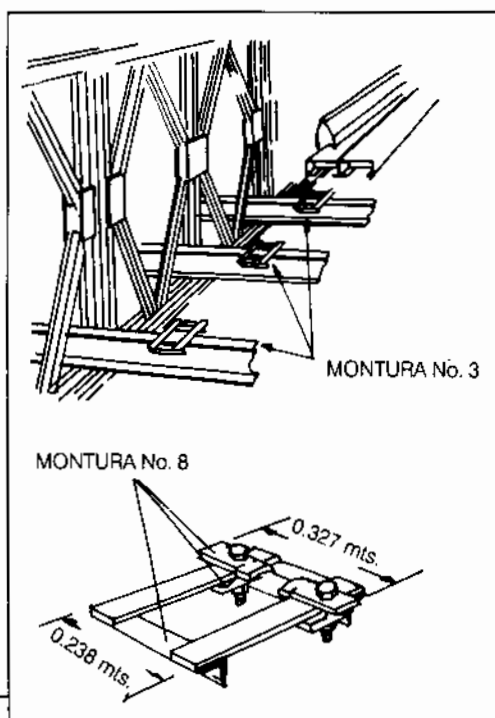


Figura No. 7-4

Monturas No. 3 y No. 8 se emplean cuando se calculan dos travesaños por tramo y por tal motivo no quedan éstos en ningún momento juntos, excepto al final; la No. 3 va ensamblada en los extremos del travesaño y la No. 8 al centro (ver figura No. 7-4).

Monturas No. 4 y No. 9 se emplean en los extremos del puente cuando lleva dos travesaños, incluyendo el del poste final; también sirven como tope de asfalto; la No. 4 se emplea en los extremos del travesaño y la No. 9 en el centro (ver figura No. 7-5).

Monturas No. 5 y No. 10 se emplean en los extremos del puente; cuando va un solo panel al final, se monta la No. 5 en los extremos del panel y la No. 10 en el centro (ver figura No. 7-C).

### c. Unidades de tablero

Con el propósito de facilitar el ensamble en los travesaños, que no están a distancias constantes por los diferentes cálculos, según la necesidad del puente, vienen las unidades de tablero construidas a longitudes acordes, así:

- Unidad de tablero de 3.05 m (10 pies), se emplea en todo el tablero del puente, excepto cuando se presenta alguna de las siguientes unidades.
- Unidad de tablero de 3.35 m (11 pies), se emplea solamente en el primer tramo del puente, alternando a lo ancho con las unidades de 3.05 m, de modo que todas las uniones internas estén endentadas.

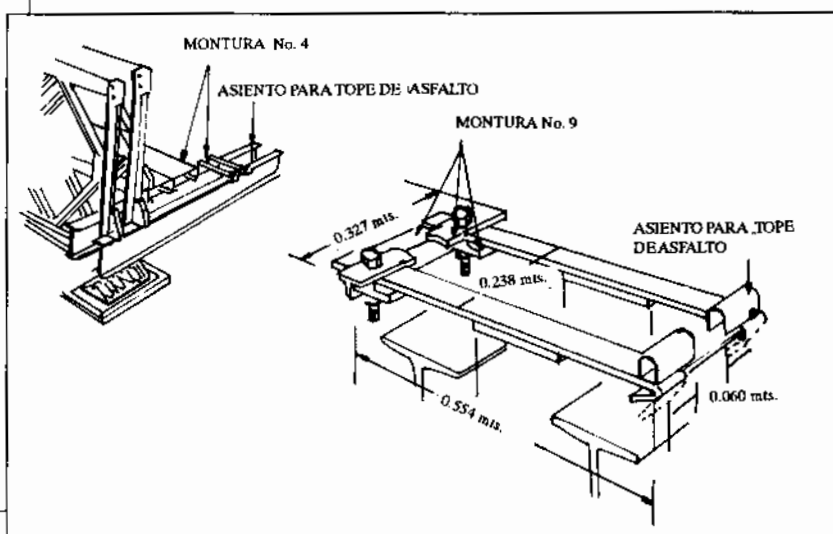


Figura No. 7-5

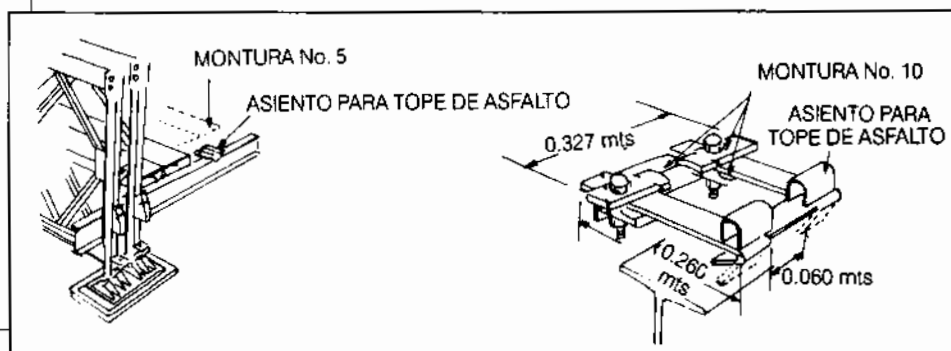
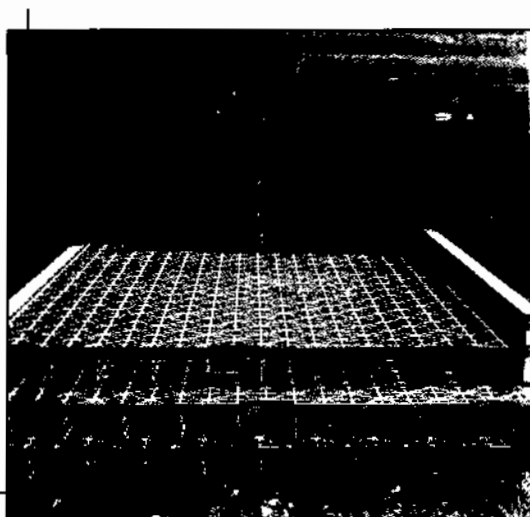


Figura No. 7-6

- Unidad de tablero de 2.75 m (9 pies), se emplea en el último tramo del puente para compensar las unidades de 11 pies, usadas en el primer tramo (ver modelo de tablero en figura No. 7-7).



*Figura No. 7-7*

#### **d. Guardabanda**

Es normalmente de 3.05 m (10 pies) de largo y similar al tablero de 10 pies, pero tiene soldado un borde de plancha.

Hay emparrillados de piso corrugado que traen soldada la banda; se necesita una unidad por tramo, ésta posee muescas macho y hembra para sujeción.

**NOTA:** En el caso especial, en que el piso se extiende sobre el travesaño en los postes finales de ambos extremos, no se emplean unidades de 2.75 m (9 pies), las cuales son reemplazadas por unidades de 3.35 m (11 pies) en el último tramo. Las unidades de guardalado macho y hembra, en este último tramo, también tienen que ser de 3.35 m (11 pies) para este caso y se necesitan dos unidades de guardabanda: unidad macho de 11 pies y unidad hembra de 11 pies.

### **7.3. Montaje del tablero de acero**

El método de montaje del tablero de acero es el mismo, ya se trate de puente estándar o M-1, estándar ensanchado o M-2, o extra-ancho o M-3.

1) Aflojar todas las abrazaderas de montura ajustables sobre los travesaños para dar el máximo espacio para el montaje de las unidades de tablero.

- 2) Sacar las abrazaderas de las monturas y colocarlas aproximadamente en sus diferentes ubicaciones en los travesaños.
- 3) Colocar el primer tramo del tablero de acero asegurándolo, conforme cada unidad es colocada, de modo que las monturas estén correctamente ubicadas.
- 4) Empernar las abrazaderas ajustables sobre los travesaños, una cantidad igual a cada lado, para asegurar que el tablero quede centrado sobre el puente.
- 5) Abrir nuevamente todas las abrazaderas ajustables, excepto aquellas sobre el travesaño más cercano al extremo del puente y las dos unidades de tablero más cerca del centro.
- 6) Asegurándose que todas las monturas estén situadas aproximadamente sobre los travesaños del siguiente tramo, comenzar a colocar las unidades de tablero, trabajando de centro hacia fuera, igualmente en ambos lados. Conforme se agrega una nueva unidad se acercan las unidades del tramo anterior, para dejar suficiente espacio de trabajo para la colocación de la siguiente unidad.
- 7) Cuando se completa el tramo 2, se cierran todas las abrazaderas ajustables sobre los travesaños en los tramos 1 y 2 para centrar el tablero. En el tramo 1, estas abrazaderas pueden ser ahora finalmente ajustadas.
- 8) Soltar todas las abrazaderas en el tramo 2 y abrir las unidades como se describe en el párrafo 6.
- 9) Repetir lo anterior hasta que todo el tablero del puente esté tendido.
- 10) Las abrazaderas de las monturas se ensamblan y ajustan mejor tramo por tramo, desde la parte inferior conforme cada tramo llega a los rodillos de lanzamiento. Normalmente, en esta posición se alcanza la mayor altura vertical para trabajar debajo del tablero del puente.
- 11) En cada extremo del puente, ensamblar los topes para asfalto con pernos de guardalado No. 2.
- 12) El piso se puede asfaltar para darle duración y estética; para solucionar problemas de drenaje, la capa de asfalto del centro debe ser más gruesa que la de los extremos laterales. La entrada y salida del puente posee topes de asfalto.



## CAPÍTULO VIII

# Puentes de varias luces con material Bailey

### **8.1. Generalidades**

Los puentes convencionales y de necesidad más común son de una sola luz y de dos estribos básicamente, pero para circunstancias especiales a costos más elevados se diseñan puentes con estribos intermedios en material Bailey o en concreto, convirtiendo este tipo de puentes de dos o más luces.

Cuando las diversas luces son de igual longitud, los momentos de flexión que se presentan son menores que lo que serían si todos los tramos fueran simplemente apoyados por dos estribos. Esto algunas veces puede representar un considerable ahorro en el número de paneles y cordones de refuerzo requeridos.

Así mismo, el espaciamiento de los varios apoyos a lo largo del puente no tiene que realizarse con demasiada exactitud.

El puente en sí se construye íntegramente con los componentes normales del puente Bailey, los únicos componentes adicionales requeridos son las vigas de distribución y las placas de unión de viga de cumbrera. Estos componentes se describen posteriormente.



Sin embargo, debe tener especial cuidado de que todos los estribos sean construidos exactamente a la altura adecuada y que los cimientos de estos estribos sean proyectados para resistir las cargas máximas posibles, sin lugar a que se hundan.

Cuando las dos condiciones anteriores no puedan garantizarse, se debe evitar la construcción de un puente de viga continua. El hundimiento de un estribo es el peligro inherente en todas las estructuras de vigas continuas, ya que a menudo causa sobreesfuerzo en alguna parte de la estructura.

## 8.2. Descripción de componentes especiales

### a. Viga de distribución (figura No. 8-1)

Es un componente de acero de alta resistencia, que tiene en el centro del ala inferior un apoyo cóncavo circular con el que ensambla en el apoyo de cojinete o en el cojinete superior de cumbrera. En platinas soldadas a cada extremo de la viga tienen dos huecos para espiga y dos huecos para pernos.

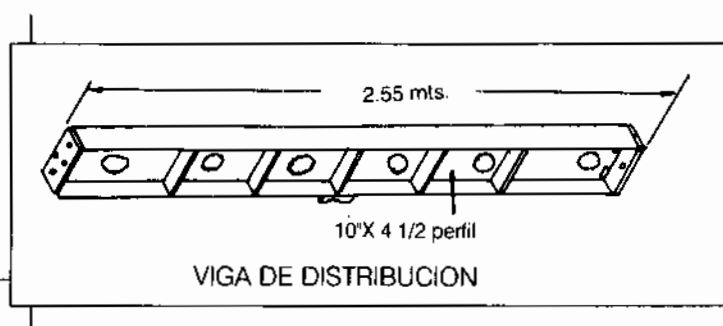


Figura No. 8-1

### b. Placa de unión de vigas de cumbrera (figura No. 8-2)

Existen de dos tamaños, siendo estos dos componentes básicamente similares, fabricados con un perfil como elemento de rigidez y teniendo un cierto número de huecos y pernos, por medio de los cuales son colocados y emperrados a través de los extremos de las vigas de distribución. Se coloca por medio de pernos de arriostamiento normales, de los cuales se necesitan dos por cada placa.

La placa más grande tiene cuatro juegos de botones a distancia de 0.22 m entre centros. Se utiliza para separar las tres vigas de distribución, requeridas para soportar puentes de tres paneles estándar o M-1 y estándar ensanchados o M-2 y las cuatro vigas de distribución en puentes de cuatro paneles.

La placa más pequeña tiene tres juegos de botones a distancia de 0.22 m y 0.24 m entre centros y es usada para separar tres vigas en puentes extra-anchos o M-3.

### c. Postes intermedios (figuras Nos. 8-3 y 8-3A)

Son armazones de acero de alta resistencia e igual que los finales están contruidos macho y hembra.

El poste macho tiene un par de muñones y el poste hembra un par de orejas, por medio de las cuales pueden ser ensamblados a los paneles Bailey.

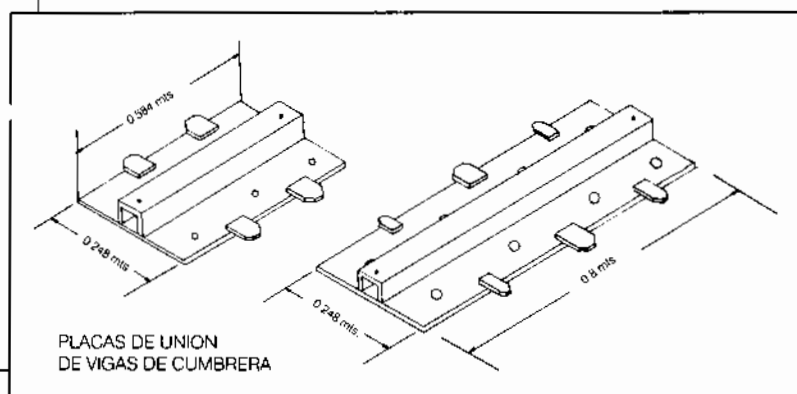


Figura No. 8-2

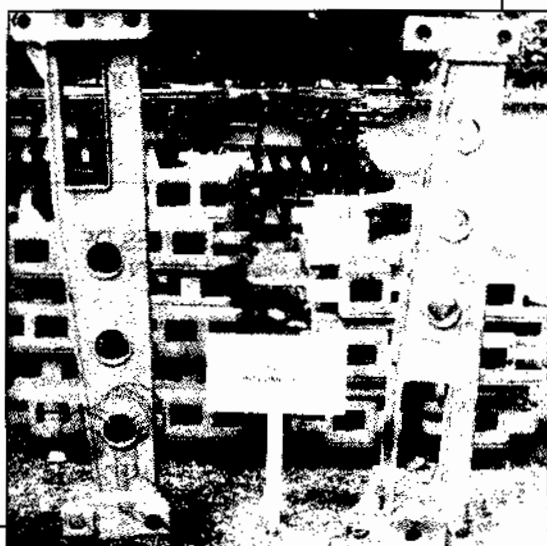
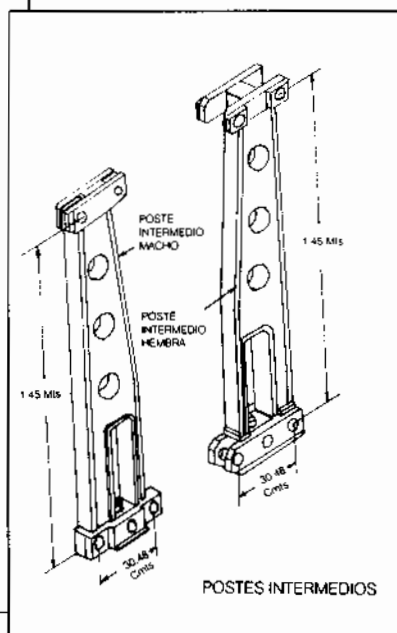


Figura No. 8-3A

Figura No. 8-3

Normalmente, un poste macho y hembra, se pueden unir por sus orejas superiores, colocando entre ellos un eslabón de nariz de lanzamiento; este método de articulación se emplea para inmovilizar la estructura durante la operación de lanzamiento.

Cada poste intermedio tiene también una base espigada para soportar el travesaño extremo del tramo.

En la parte inferior tiene a su vez un tercer hueco para pasador a la mitad de su longitud, con un anclaje en su cara inferior; el eslabón de unión es ensamblado dentro de estos anclajes.

#### d. Eslabones de unión (figura No. 8-4)

Estos son unas armazones de acero de forma triangular, que tienen dos muñones en su parte superior, por medio de las cuales se unen las partes inferiores de dos postes intermedios. Están diseñados para recibir postes machos y hembras.

Su función primordial es formar las articulaciones, por medio de las cuales las cargas son transferidas de los postes intermedios y que sirven de unión a los apoyos del puente. Tienen en su parte inferior, por lo tanto, un apoyo circular ahuecado para cargas menores y macizo para cargas mayores. Este apoyo circular se sitúa en los apoyos cóncavos semicirculares del cojinete superior de cumbrera (ver capítulo IX de torres, pilares y cumbreras).

#### e. Tableros de unión (figura No. 8-5)

Son vigas metálicas con tramos de madera acoplados y son empleados en el piso del puente exactamente donde se forma una luz producto de la unión de paneles con postes intermedios, perdiendo la continuidad el tendido de piso. Existen dos

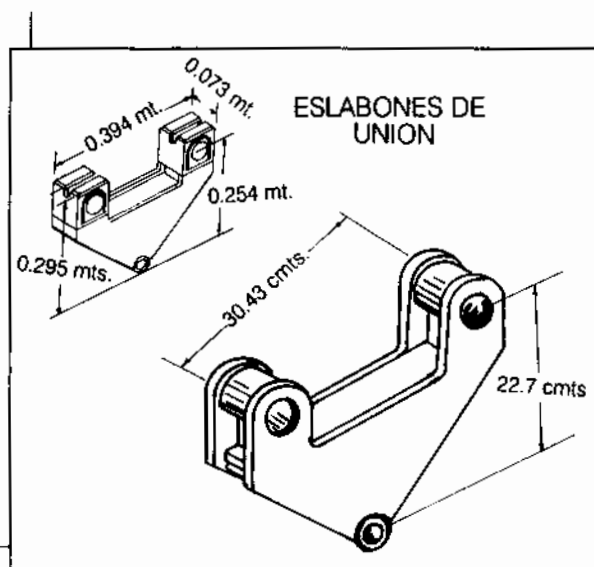


Figura No. 8-4

tamaños, uno de 1.21 m, usado en los puentes estándar o M-1 y estándar ensanchado o M-2 y el otro de 2.27 m, usado en los puentes Bailey extra-ancho o M-3.

**f. Cordón de refuerzo (figura No. 8-6)**

Su dimensión es de 0.61 m (2 pies) y se emplea en los tramos que tienen cordón de refuerzo, y por la unión de tramos con postes intermedios producen una separación de 0.61 m. Se une provisionalmente con pasadores dentro de esta separación de los cordones inferiores, a fin de lograr una carga continua inferior sobre los rodillos durante el lanzamiento y debe ser sacado antes que los accesorios de unión sean colocados.

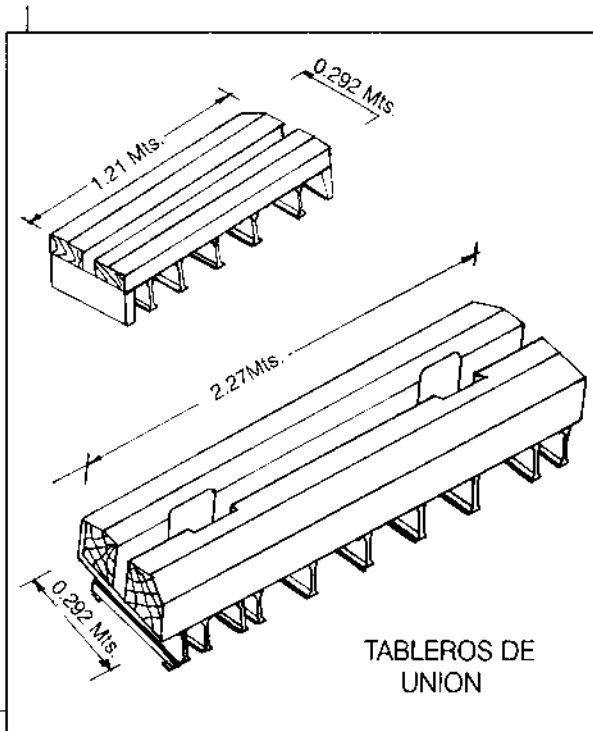


Figura No. 8-5

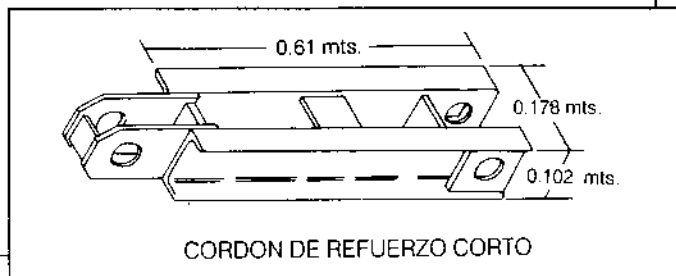


Figura No. 8-6

### 8.3. Métodos de montaje

El material Bailey facilita el montaje de puentes con varias luces, inclusive con cambio de pendiente; es importante tener en cuenta para el diseño de los estribos intermedios, que sean de resistencia suficiente para soportar el puente y las necesidades de tráfico; la condición ideal se materializa cuando todos los estribos están a igual distancia y exactamente al mismo nivel. Se presentan básicamente 3 casos en el lanzamiento de puentes con varios estribos:

#### a. Puente de vigas continuas

Este es básicamente un puente compuesto por paneles unidos con pasadores de panel y que tiene uno o varios puntos de apoyo; como características ventajosas tiene: Si las luces son iguales los momentos de flexión se minimizan, presentando ahorro de paneles y cordones de refuerzo; no emplea postes intermedios.

#### b. Puente de tramos articulados

Se denomina así porque es el puente continuo, pero en los diferentes estribos se hace articulado, aunque el piso de rodadura es continuo. La articulación se presenta en las vigas laterales del puente, de tal manera que una carga que se desplace por éste es asumida independientemente por cada luz, brindando mayor resistencia a la estructura.

El montaje y lanzamiento del puente es similar a todos los procedimientos vistos anteriormente; como aspecto novedoso se acoplan los postes intermedios en el tramo que se haya establecido por corresponder a la distancia de cada uno de los estribos intermedios. El método normal de montaje se ejecuta por lanzamiento de los tramos hacia adelante sobre los rodillos; los diferentes elementos descritos anteriormente para la unión de tramos articulados, permiten que estas uniones flexibles permanezcan fijas durante esta operación.

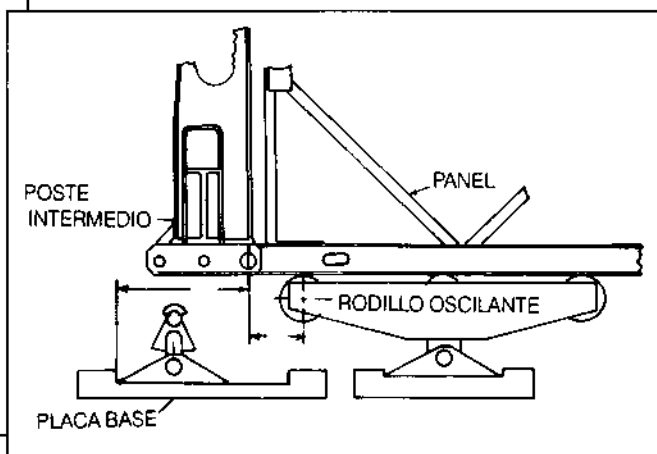


Figura No. 8-7

La parte inferior de los postes intermedios, a diferencia de los postes finales, permite que se deslicen sobre rodillos, hasta llegar al lugar de instalación (ver figura No. 8-7, forma como se desliza sobre rodillos un poste intermedio).

Los diferentes elementos de las uniones de puentes son colocados en la junta de paneles, por tal motivo la posición

de los estribos debe coincidir en longitud desde la orilla de lanzamiento con un múltiplo de 3.05 m (10 pies), que es la dimensión de un panel.

Cuando los estribos son levantados con material Bailey, puede ejecutarse un ajuste entre la viga de cumbrera y el cojinete superior de cumbrera, pero debe procurarse que el centro del estribo coincida con la unión de tramo entre paneles, para conseguir distribución de esfuerzos en la estructura del estribo (ver figura No. 8-8).

### c. Reemplazar por material Bailey parte de un puente continuo deteriorado

Este fenómeno se presenta cuando la estructura de un puente se ha dañado, pero sus estribos finales e intermedios están en buen estado y pueden soportar material Bailey sin perder capacidad, o también alguna luz del puente queda en condiciones de servicio.

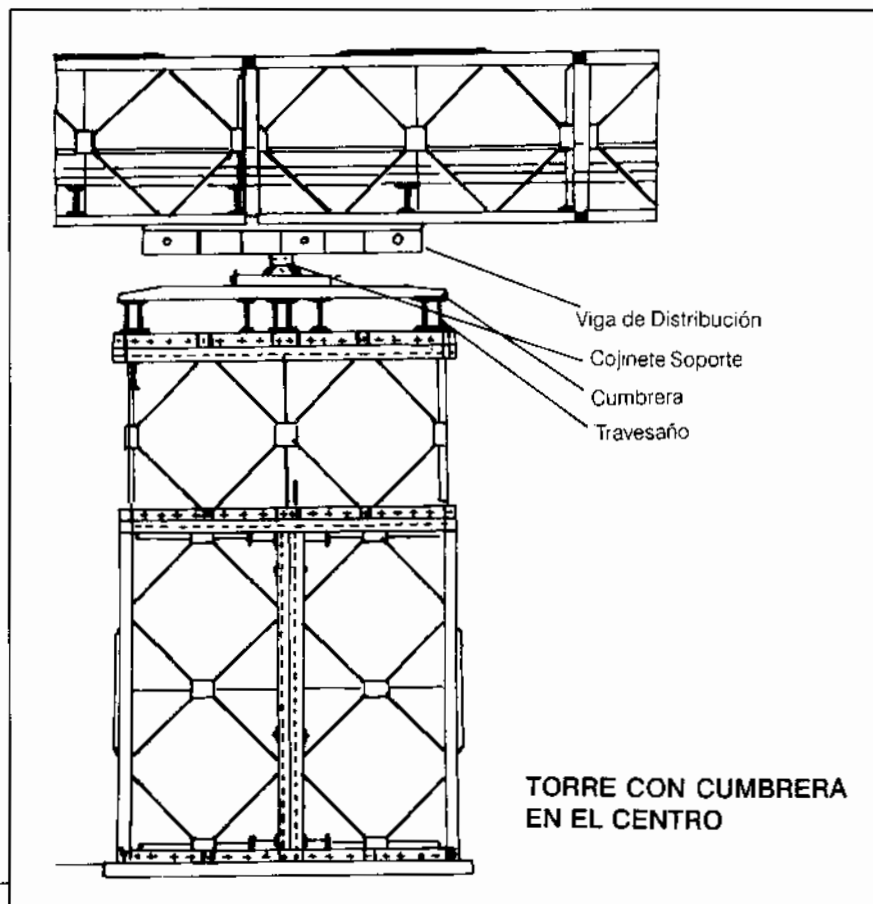


Figura No. 8-8

Es conveniente tratar de acondicionar las orillas al mismo nivel o a una pendiente manejable que no pase del 5%; para el lanzamiento se debe escoger la orilla más apropiada, inclusive puede aprovecharse la parte del puente que ha quedado en pie, como ayuda si el ancho y las condiciones favorecen; esto lo determina el ingeniero que está haciendo el replanteo.

Si las condiciones lo determinan, se debe emplear un puente articulado, siempre tratando de aprovechar las estructuras que están en buen estado.

En las figuras Nos. 8-9 y 8-10 se aprecia la forma como se instalan los postes intermedios en estribos de varias luces, utilizando placa base; para este proceso no se utiliza viga de cumbrera por no tener este estribo terminación con material Bailey, nótese que se inicia con la colocación de gatos e instalación de postes intermedios sobre la viga de distribución.

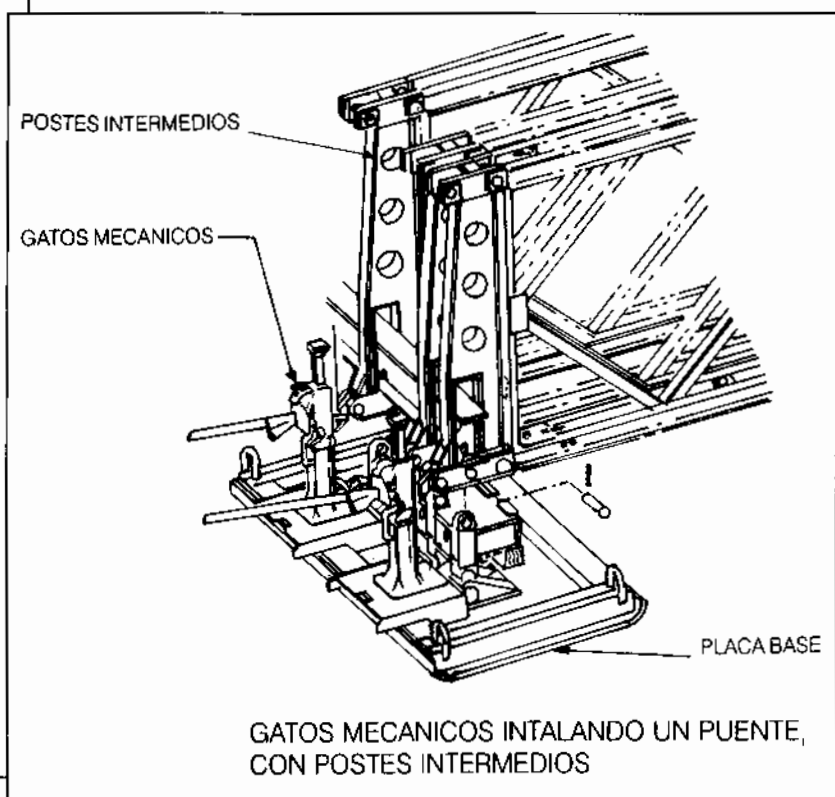


Figura No. 8-9

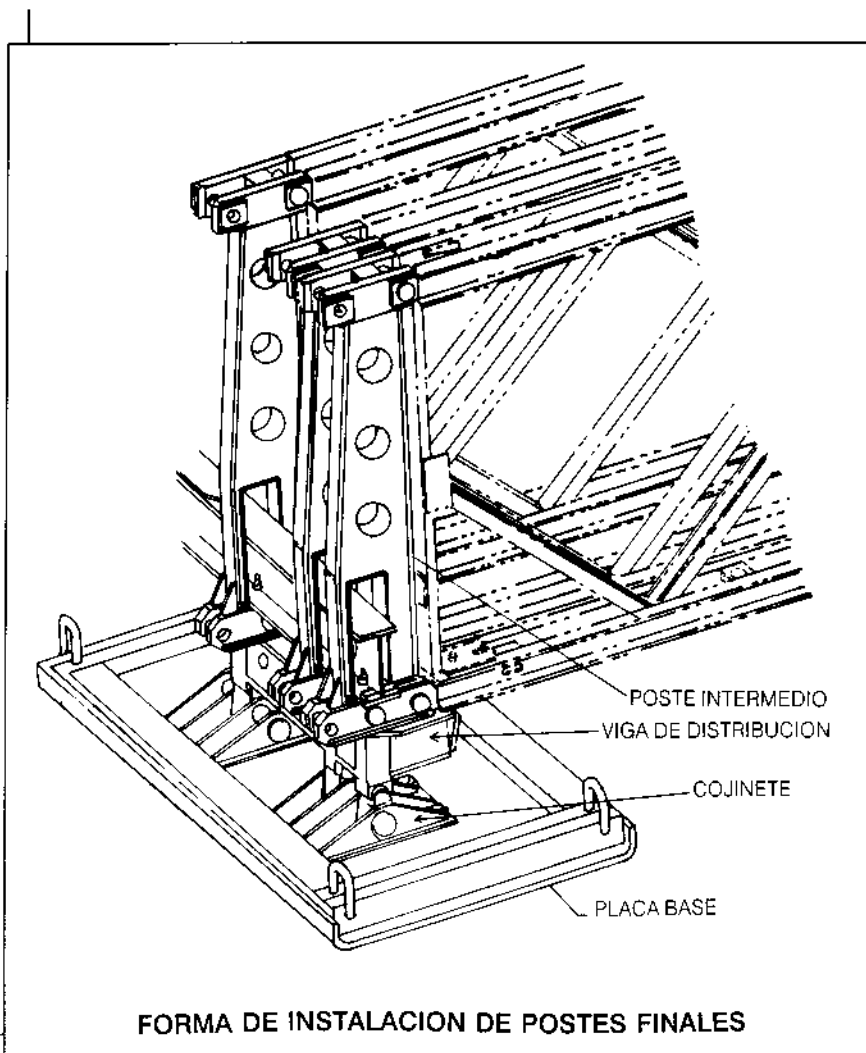


Figura No. 8-10





## CAPÍTULO IX

# Torres, pilares y cumbreras

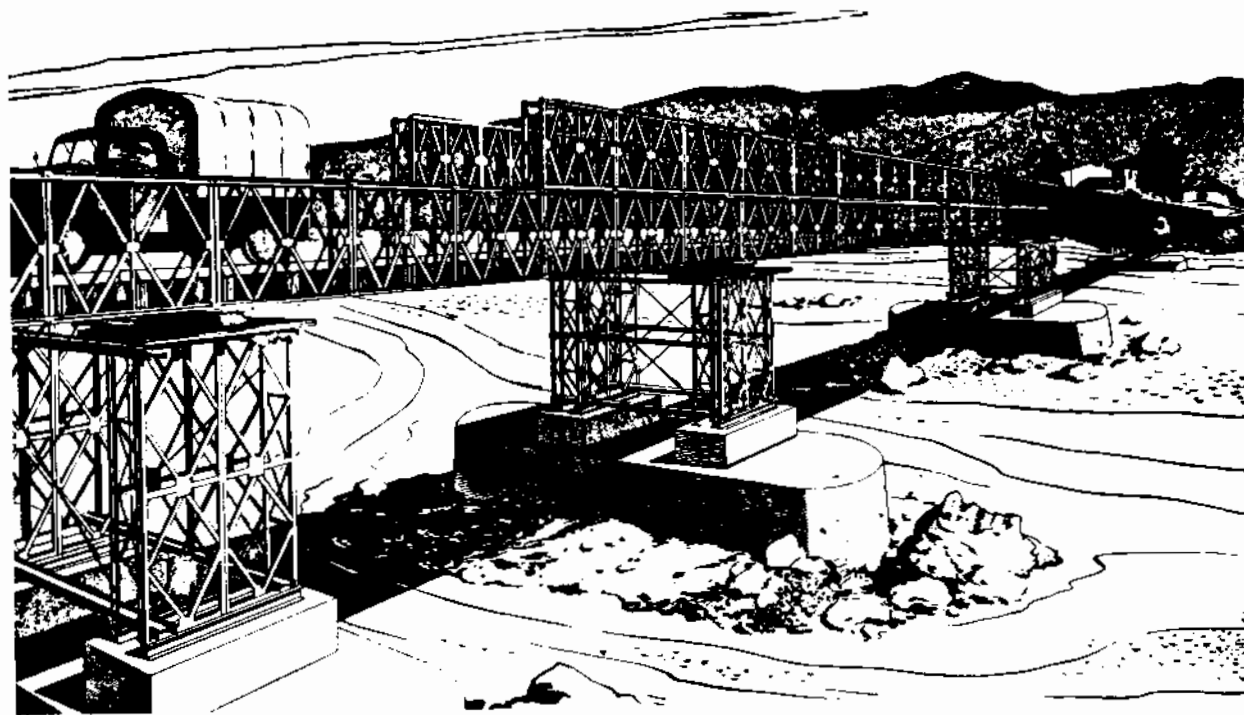
### **9.1. Generalidades**

Dentro de la versatilidad para el montaje que tiene el material Bailey, se encuentra la construcción de torres, pilares y cumbreras, útiles para la formación de estribos en puentes de varias luces o para mejorar orillas que estén irregulares, también como elementos auxiliares para la construcción de otros puentes.

En la figura No. 9-1 se aprecia un puente de varias luces soportado por estribos construidos en concreto; pilares, cumbreras con material Bailey.

La construcción de pilares o torres con piezas Bailey es, por lo tanto, una operación básicamente similar a la construcción de puentes, con la diferencia que el proceso de la construcción es vertical y no horizontal.

Los paneles son arriostrados de la manera normal con travesaños, puntales, marcos de refuerzo y varillas tensoras. Los diferentes paneles, por lo tanto, ocupan las mismas posiciones como en construcción normal de puentes, sean estándar (M-1), ensanchados (M-2) o extra-anchos (M-3), de acuerdo con el tipo de travesaño que se use.



PUENTES BAILEY CON PILARES DEL MISMO MATERIAL

Tales pilares se construyen normalmente con un doble panel a cada lado y son denominados **doble simple vertical**, **doble doble vertical**, etc.; son suficientemente fuertes para soportar las cargas de todos los puentes Bailey, sean de paneles simples, dobles o triples. Pilares de puentes triples pueden ser construidos para soportar cargas muy pesadas.

En ciertos casos, pilares que no excedan el alto de un panel y soportando cargas ligeras, pueden construirse con un panel simple a cada lado.

Pequeños aumentos de altura pueden ser logrados incluyendo **medio panel** en la parte inferior del pilar. Como su nombre lo implica, este medio panel tiene 5 pies de longitud (1.52 m) en vez de 10 pies, pero tiene las mismas facilidades para acoplar travesaños, puntales, marcos de refuerzo y varillas tensoras y para unirse a otros paneles usando pernos de cordón.

## 9.2. Elementos adicionales

### a. Zapata de pila sencilla (figura No. 9-2)

Consta de dos platinas, una de base y otra de posición vertical con dos orejas, por medio de las cuales se acopla el panel Bailey con pasador de panel; la platina que sirve de base tiene huecos para colocar pernos de cimentación.

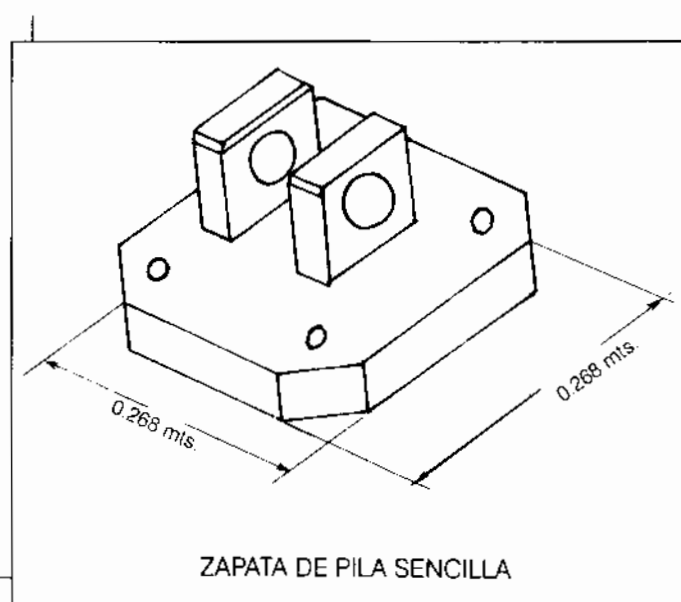
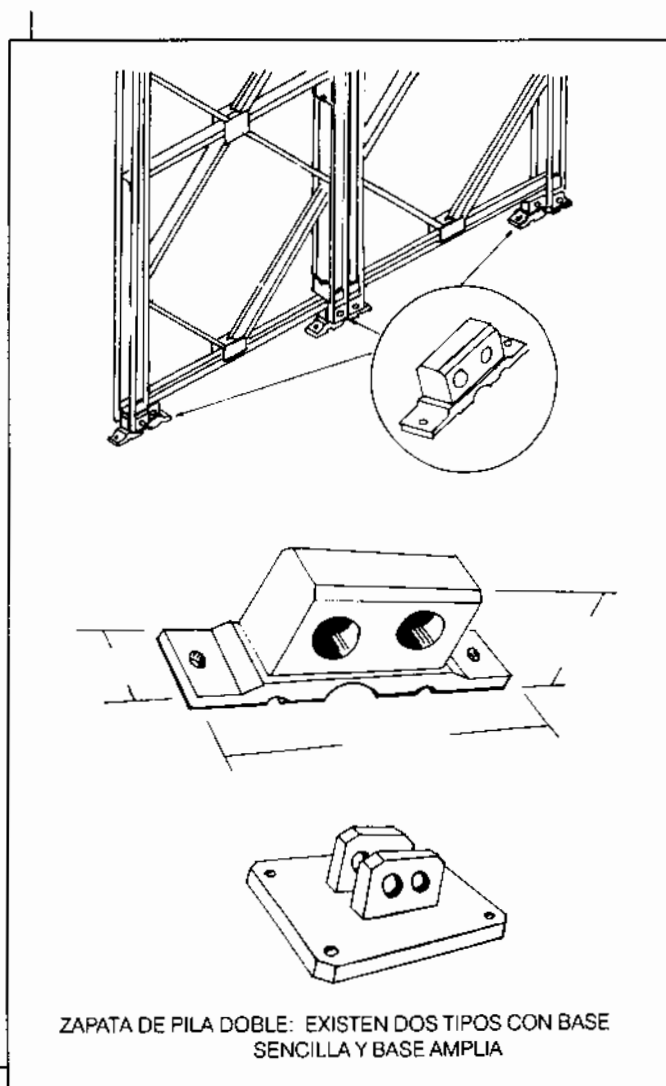


Figura No. 9-2

**b. Zapata de pila doble (figura No. 9-3)**

Es básicamente similar a la zapata de pila sencilla y se usa cuando dos paneles se unen por medio de pernos, teniendo dos huecos de pasadores de panel para el acoplamiento de los cordones. Así mismo, la platina de base tiene huecos para los pernos de la cimentación.

En esta misma figura se aprecia una de las formas como se acopla al panel.

*Figura No. 9-3*

**c. La viga de cumbrera de 5 pies (figura No. 9-4)**

Está hecha de acero de alta resistencia; en el ala inferior están soldados dos muñones ahuecados, por medio de los cuales es empernada al panel Bailey. Platinas ahuecadas son soldadas a placas de unión de viga de cumbrera; enlaza las vigas de cumbrera continuas en una torre ancha; las placas extremas permiten que sean empernadas extremo a extremo con pernos de arriostamiento.

**d. La viga de cumbrera de 10 pies (figura No. 9-4)**

Es similar a la de 5 pies, pero además de los muñones ahuecados en cada extremo de su ala inferior, tiene adicionalmente en el centro un muñón macho alargado, que dispone de dos agujeros para pasador de panel. Éste puede, por lo tanto, unirse con pasadores a través de los topes de dos paneles.

Tiene también las mismas placas extremas para acoplar placas de unión de vigas de cumbrera. Cuando los pilares Bailey están siendo usados como estribos intermedios bajo puentes Bailey continuos, se necesita un componente adicional (cojinete superior de cumbrera).

**e. Cojinete superior de cumbrera (figura No. 9-5)**

Este miembro es engrapado a través de la parte superior de las vigas de cumbrera y va a soportar todas las vigas en un lado del puente, a través de eslabones de unión o viga de distribución. También puede ser usado para soportar rodillos oscilantes o vigas de balanceo u oscilantes durante el lanzamiento de los tramos del puente.

Se fabrica de acero dulce, posee apoyos circulares y en la otra cara una serie de cuatro apoyos cóncavos semicirculares con un espaciamiento conveniente para cualquier con-

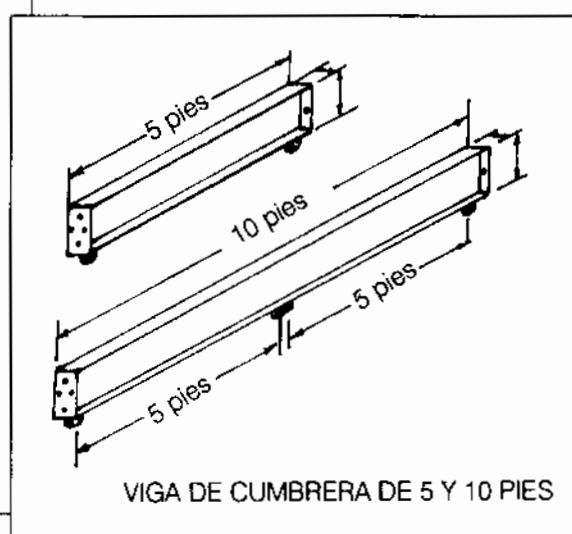


Figura No. 9-4

figuración de panel de puentes. Así, cuando el cojinete superior de cumbrera tiene que soportar vigas de distribución o rodillos oscilantes, se coloca con el apoyo sólido redondo hacia arriba; si se utiliza para soportar eslabones de unión, la serie de apoyos

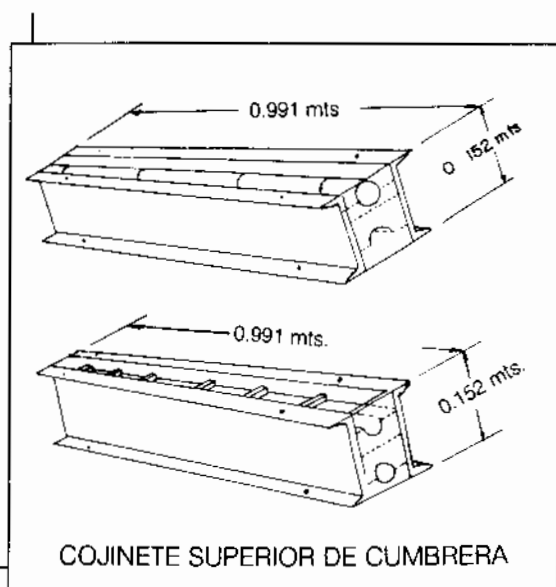


Figura No. 9-5

cóncavos semicirculares debe estar colocada hacia arriba. Dispone de cuatro grapas en sus laterales; así, cualquier forma de apoyo puede ser positivamente engrapada a las alas superiores de las dos vigas de cumbrera.

El cojinete superior de cumbrera soporta sobre vigas de cumbrera una carga de 20 toneladas en el centro.

#### f. Marcos de refuerzo para medio panel (figura No. 9-6)

Se emplea para unir medios paneles verticalmente en los cordones exteriores.

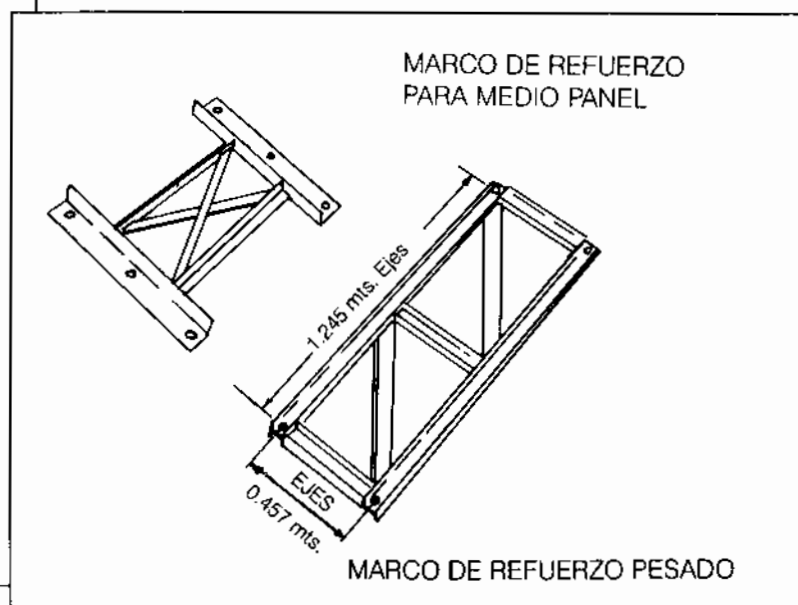


Figura No. 9-6

### g. Marcos de refuerzo pesados (figura No. 9-6)

Se colocan verticalmente en los cordones exteriores de los paneles. También son colocados a través de los cordones de los pilares de ancho simple de 15 pies de altura. Se debe tener cuidado de insertar pernos de arriostamiento antes de colocar en posición el cordón de refuerzo.

### h. Medios paneles

Son paneles de 5 pies (1.53 m); están hechos con las mismas características de resistencia y no se recomienda que se acoplen juntos sino a paneles de 10 pies, de tal forma que sus juntas estén a tres bolillo (alternadas).

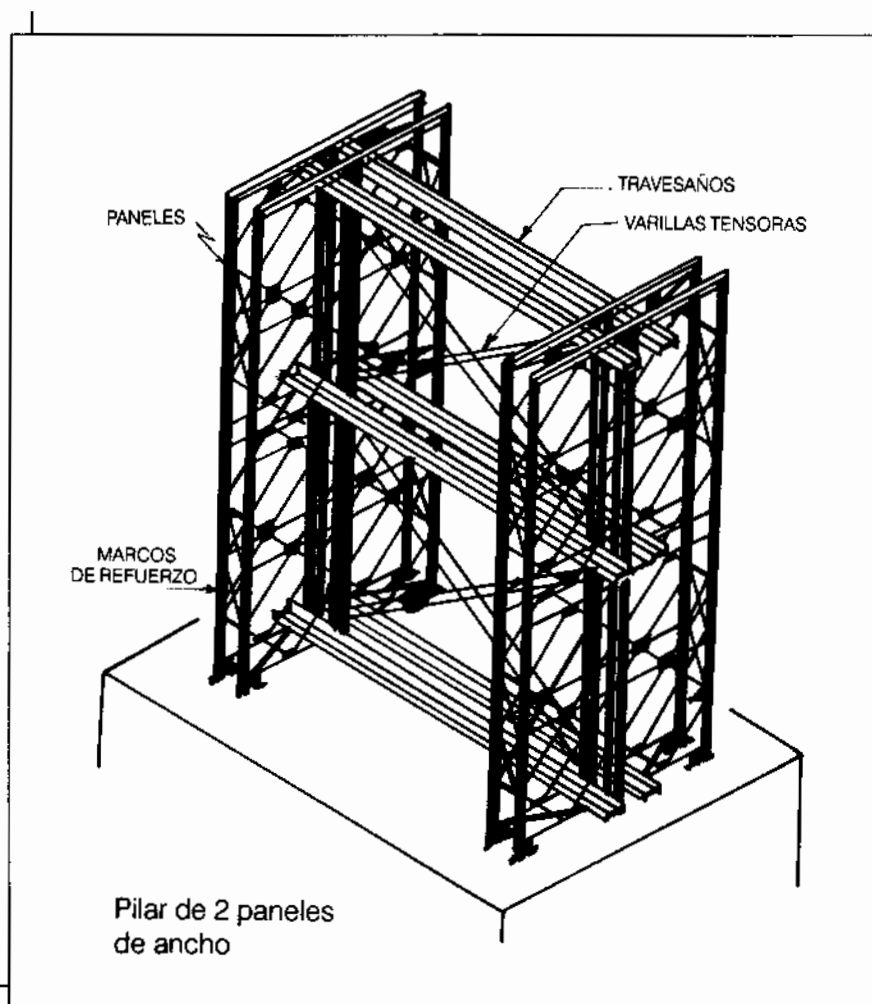


Figura No. 9-7



### 9.3. Montaje de pilares

Como se ha dicho anteriormente, la construcción de los pilares sigue el mismo procedimiento de los puentes pero en forma vertical, puesto que llevan los mismos sistemas de ajuste y de arriostramiento.

Es necesario para la erección de pilares disponer de una grúa o torres auxiliares que faciliten su montaje.

Se pueden montar torres desde un panel de ancho hasta lo que sea necesario, según la capacidad requerida. Todos los paneles que forman una torre deben disponerse con las orejas hembras hacia arriba. Los pilares que se montan de un panel de anchura, tienen una limitación en altura de uno y medio paneles 15 pies (4.5 m).

Pilares que tienen dos paneles de ancho, están limitados en altura hasta los 35 pies (10.7 m).

Pilares que tienen cuatro paneles de ancho, están limitados en altura hasta los 65 pies (19.8 m).

Pilares que tienen seis paneles de ancho, pueden ser construidos hasta alturas de 100 pies (30.5 m).

Así que un pilar de 100 pies de alto, comprendiendo 10 pisos de paneles, tendría en los tres pisos superiores el ancho de dos paneles; los tres siguientes, cuatro paneles de ancho y los cuatro pisos inferiores, seis paneles de ancho.

Ver figura No. 9-7, el montaje de un pilar de dos paneles de ancho en la ubicación de los travesaños.

En pilares altos, la acción del viento en los costados de éstos y en los lados del puente que el pilar puede estar soportando, produce excesivos momentos de vuelco en la base. Normalmente esto no sucede en pilares inferiores a 60 pies.

Cuando esto ocurre, el tamaño de la base debe ser incrementado transversalmente, construyendo paneles adicionales hacia fuera de los paneles principales y acoplados a ellos por juegos de varillas tensoras y travesaños adicionales. Tales armaduras son normalmente del ancho de dos paneles. En pilares que tienen ancho de dos paneles, se empernan los paneles juntos por los cordones que contienen las posiciones de travesaño y varillas tensoras. En pilares de más de dos paneles de ancho, hay que ensamblar todos los paneles de modo que sus cordones para travesaño y varillas tensoras estén hacia el centro del pilar.

En la figura No. 9-8 se puede ver una torre de cuatro niveles y ubicación de los arriostramientos con cumbrera; está soportando la unión de un puente Bailey.

El pilar de 15 pies (4.58 m) de alto del ancho de un panel, constituye un caso especial. Aquí el panel de 5 pies es ensamblado en la parte superior del panel de 10 pies, asegurándose que donde van el travesaño y varilla tensora sean unidos entre sí por medio de pasadores. A través de esta junta debe ser colocado un

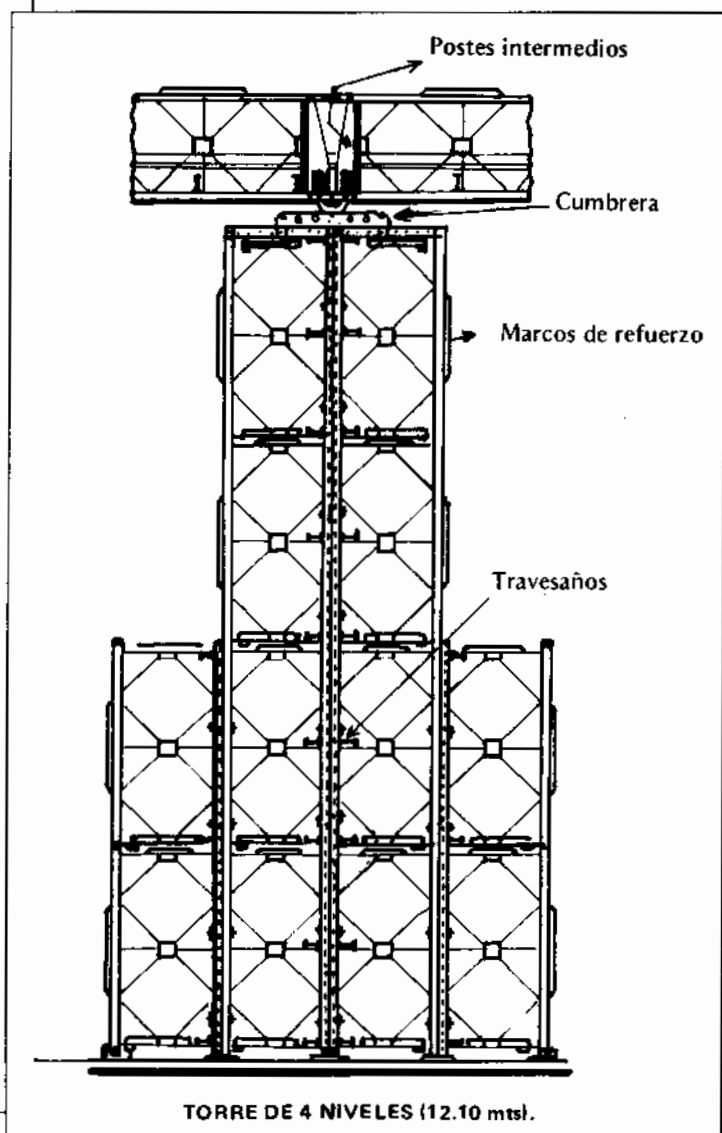


Figura No. 9-8

cordón de refuerzo para que actúe como entablillado (figura No. 9-9). Se asegura con tres pernos de cordón. Dos de estos pernos se insertan en los orificios normales de cordón de refuerzo, enfrentando el superior (orejas hembras hacia arriba) de manera que un perno pueda ser insertado en el orificio superior para perno de cordón del medio panel y el tercero en el orificio superior para perno de cordón de panel de 10 pies.

Los collarines de los pernos de cordón se colocan bajo las tuercas. Al tercer perno de cordón se coloca arandela de perno de cordón; ésta se inserta a través del cordón de refuerzo dentro del orificio de perno de cordón del medio panel.

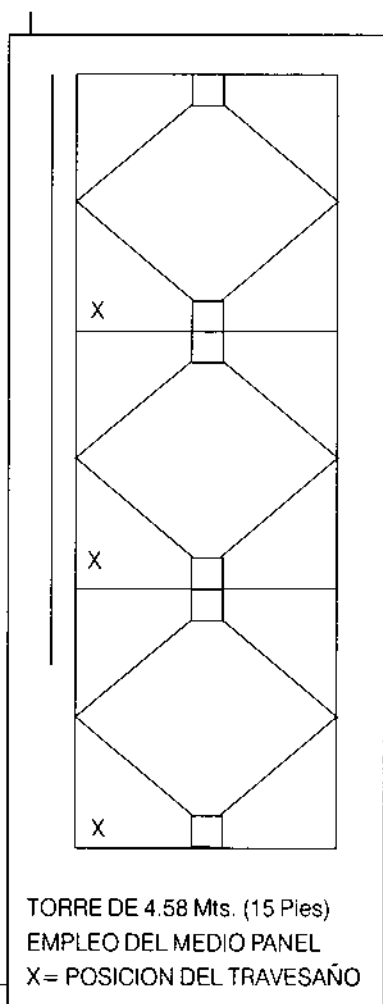


Figura No. 9-9

**Nota:** Cuando se describen torres de 1, 1, etc., paneles de ancho, se refiere a paneles ubicados en pie sobre los muñones hembras.

En pilares que son dos paneles de ancho y contienen medios paneles, el piso inferior debe ser considerado como un piso de 15 pies, en vez de uno de 10 pies más uno de 5. Este piso de 15 pies es ensamblado siempre de la misma manera, sin tener en cuenta la altura total del pilar.

En cada nivel un medio panel es colocado debajo del panel normal de 10 pies y el otro medio panel es colocado encima del panel normal. Así, cuando los cordones de travesaños y varilla tensora son empernados entre sí, las juntas de los pasadores de panel van saltados.

Las posiciones de los travesaños en los medios paneles son ligeramente diferentes de las de paneles de 10 pies y, por lo tanto, los medios paneles no deben ser saltados de una fila de paneles a la otra.

En pilares de seis paneles de ancho, sólo dos líneas centrales de paneles se extienden hasta la parte superior.

El empleo de travesaños y varillas tensoras está correlacionado entre sí, porque forman el arriostramiento entre las vigas de paneles.

Cada panel en el pilar debe tener al menos un travesaño acoplado, fijado en la posición correspondiente al travesaño más bajo. Adicionalmente cada panel, en el piso superior, debe tener un segundo travesaño acoplado en la posición correspondiente al travesaño más alto.

Este último travesaño forma el miembro que cierra el sistema de arriostramiento, quedando así ubicados los travesaños a 3.05 m (10 pies) entre centros verticalmente, y es todo lo requerido para pilares que no excedan los 30 pies (9.8 m) de alto y para los tres pisos superiores de pilares de más de 30 pies (9.8 m) de alto.

Todo lo indicado anteriormente se aplica igualmente a medios paneles. Se deben acoplar varillas tensoras entre los cordones para travesaños en todos los paneles de viga interior; no se acoplan varillas tensoras a medios paneles.

En el caso especial del pilar de 15 pies de alto y un panel de ancho, se requieren dos juegos de varillas tensoras, uno de ellos se acopla a los paneles de 10 pies, el otro juego a los cordones de refuerzo. En pilares de base extendida, las varillas tensoras se acoplan entre las armaduras interiores en la posición de la espina central, excepto en el piso inferior, donde una varilla tensora única se dispone en cada capa, desde la parte inferior de la armadura del pilar principal a la parte superior de la armadura externa. Los puntales deben fijarse entre paneles y travesaños cada vez que sea físicamente posible.

Los marcos de refuerzo deben ser fijados horizontalmente a través de los cordones de panel, cuando estos no son ocupados por un puntal o travesaño. Ver en la figura No. 9-10 un pilar de dos varillas unido a otro de igual característica; se denomina DD2V (doble doble 2 vertical); se notan las varillas tensoras y travesaños.

En la figura No. 9-11, una torre DDV.

#### **9.4. Torres de cuatro paneles**

Cuatro paneles Bailey son conectados en ángulo recto, uno con otro, estando los cuatro colocados verticalmente. Cada panel forma el lado de un cuadrado de 6 pies 5 pulgadas (1.956 m) de lado. El soporte angular (ver figura No. 9-12) es usado para conectar los cuatro paneles a través de la posición del perno de cordón. Se requieren cuatro de estos soportes angulares, uno en cada esquina por cada 5 pies (1.52 m) de altura. De aquí se deduce que ocho soportes angulares se nece-

sitan por cada panel de 10 pies (3,048 m) levantado. El soporte angular es fijado al panel Bailey con un perno de cordón. Estas secciones de cajón de cuatro paneles son conectadas unas a otras con pasadores de panel.

Las zapatas de pilas sencillas, son conectadas a la base de la torre, que son mantenidas en posición por medio de pernos de anclaje dentro de la zapata del pilar. Los paneles de 5 pies (1.52 m), también pueden ser incorporados dentro de

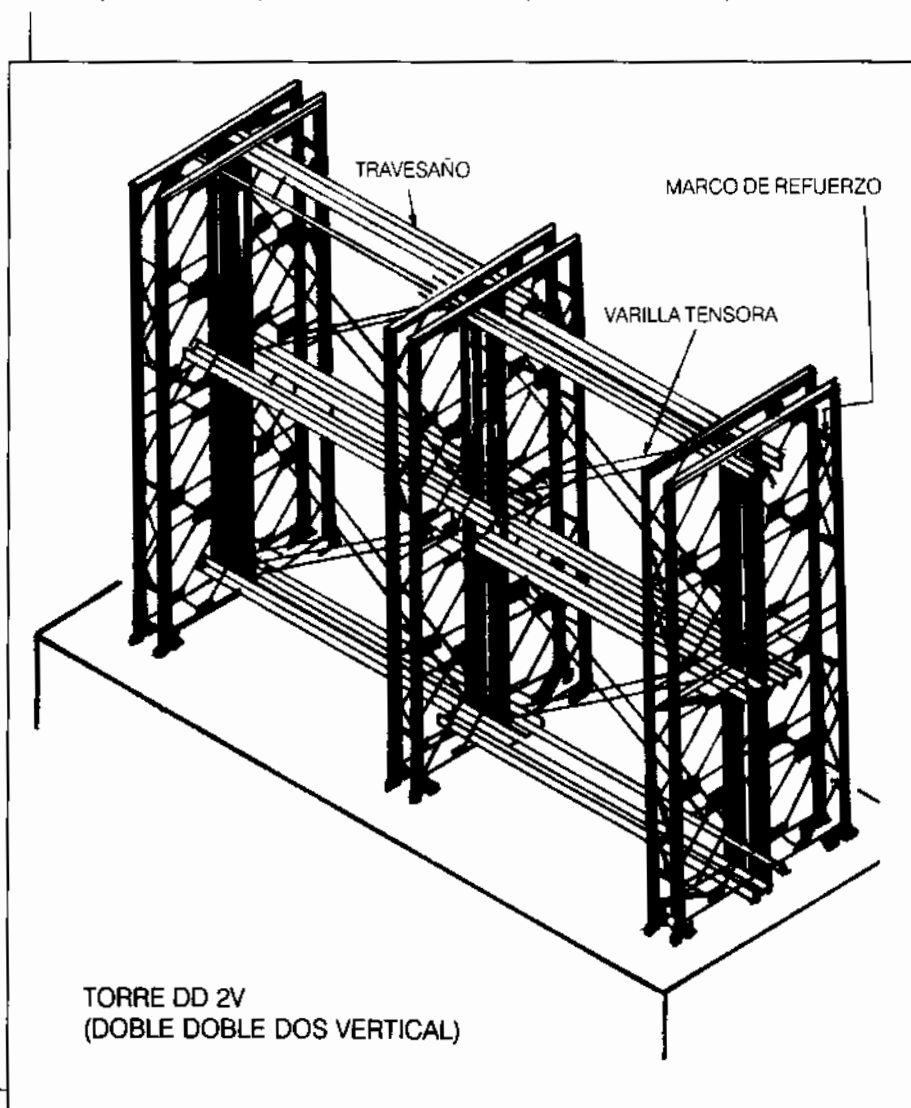


Figura No. 9-10

este diseño. Tal columna soportaría una carga axial hasta 400 toneladas, con el pilar construido a una altura de 135 pies (41.2 m), sujeto a condiciones de extremo empotrado.

Esta forma de construcción de torre es particularmente rígida y es idealmente apropiada para soportar cargas de torsión impuestas por las grúas.

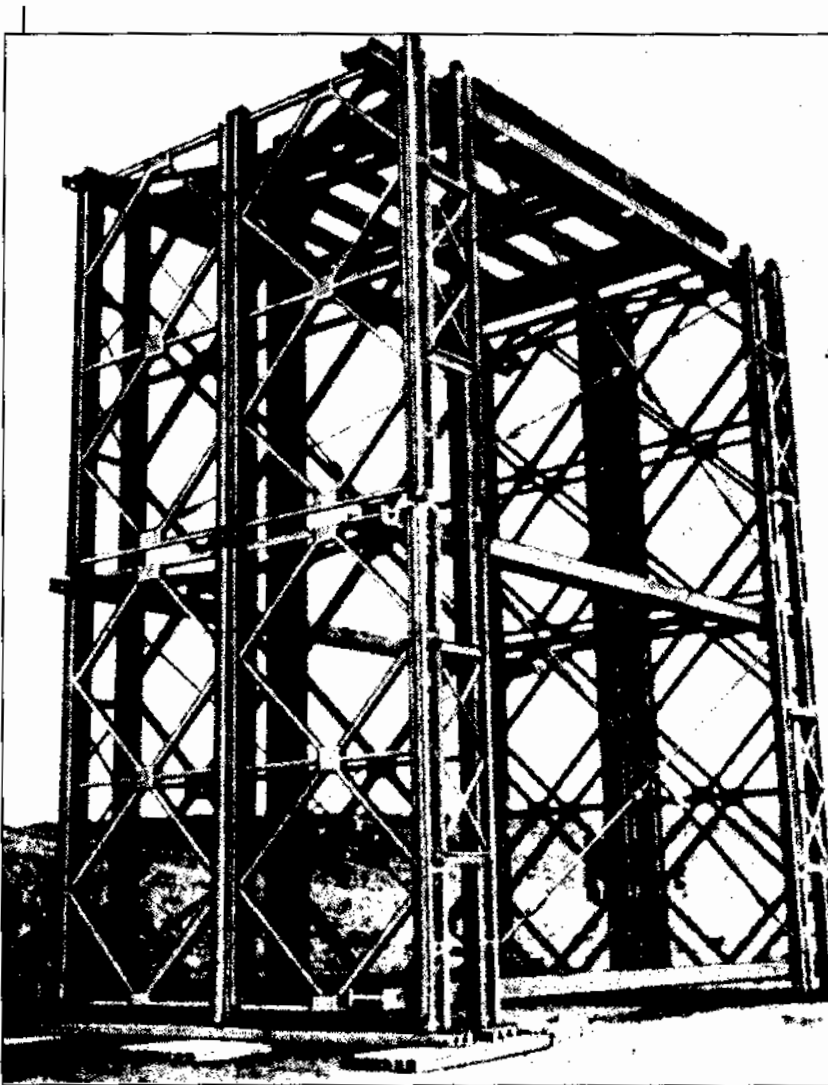


Figura No. 9-11

Debe notarse que cuando se diseñan pilares de este tipo, han de tomarse tolerancias adecuadas en el proyecto para ver los esfuerzos adicionales debidos básicamente a las cargas de viento (ver figura No. 9-12, torre de cuatro paneles).

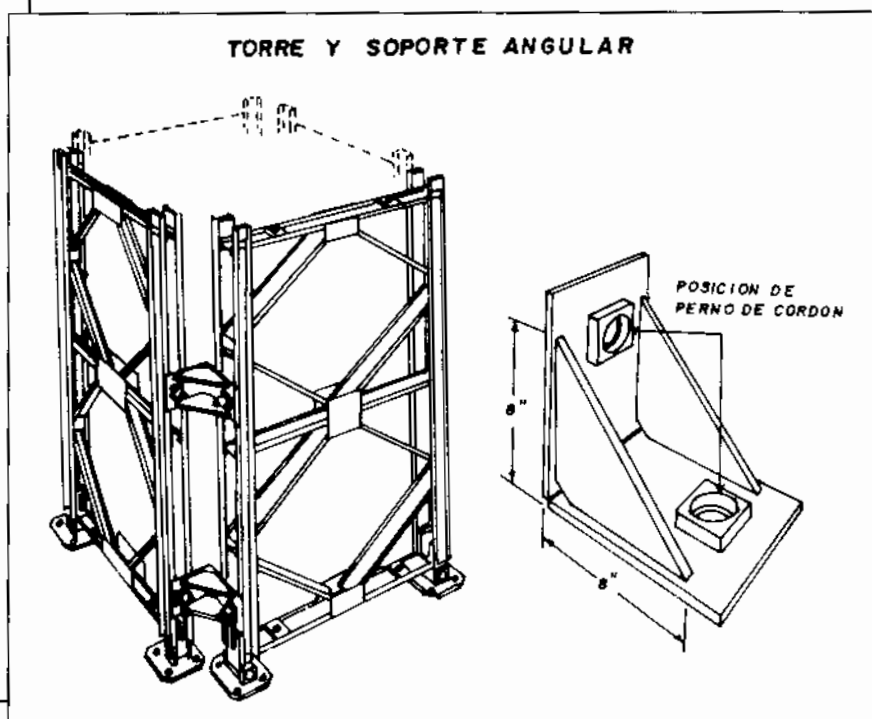


Figura No. 9-12

## CAPÍTULO X

# Cálculos con material Bailey

Después de las experiencias vividas con el empleo de los puentes Bailey en la II Guerra Mundial, todas satisfactorias, el Ejército de los Estados Unidos ha hecho pruebas de resistencia de material para lograr dar empleo adecuado a estas estructuras y poderlas convertir, como ha venido sucediendo, en puentes transitorios o semipermanentes de gran resistencia.

Se han hecho investigaciones para determinar la fatiga en estructuras de acero soldadas y se determinó que el panel (elemento primordial en un puente Bailey) aceptó tensiones de 15 toneladas por pulgada cuadrada (23.6 kg por mm<sup>2</sup>), pero para garantizar larga vida útil al puente se debe emplear con una tensión de 4 toneladas por pulgada cuadrada (6.3 kg por milímetro cuadrado).

Cuando los paneles son conectados con marcos de refuerzo a lado y lado, según conexiones diseñadas para tal fin, y además unidos longitudinalmente por pasadores de panel, se obtiene una resistencia directamente proporcional al número de paneles.



## 10.1. Cómo seleccionar un puente Bailey

La selección del tipo de puente Bailey más apropiado para resolver cualquier necesidad particular, depende principalmente de dos factores:

### a. Longitud requerida

Puede determinarse siempre exactamente, y es el ancho de la luz que se va a cruzar más a una distancia apropiada a cada extremo, para permitir que las cargas del puente en las cimentaciones se distribuyan en el subsuelo.

### b. El peso y magnitud de la carga

Es la carga que debe ser soportada; es conocida algunas veces específicamente y otras veces es estimativo.

El primer caso se presenta cuando se diseña un puente para satisfacer alguna carga específica; el otro es cuando se requiere satisfacer un tráfico local mixto, y para este caso se debe determinar cuál es la carga máxima con un margen de seguridad del 50%, y sobre esta carga se debe diseñar el puente; entonces se colocarán letreros limitando las cargas que puedan cruzar y la carga ocasional más pesada debe tomar otra ruta.

La carga real debe ser conocida en detalle, así como el número y espaciamiento de ejes, la carga de cada eje y la máxima carga por rueda. Esta última será necesaria para determinar tanto el máximo de esfuerzo en la vía principal, como el tipo de piso que se va a usar. También se determinará qué ancho de rodadura se requiere.

El piso de madera Bailey está proyectado para una carga máxima por rueda de 6 toneladas, el piso de acero está proyectado para una carga máxima por rueda de 11.5 toneladas.

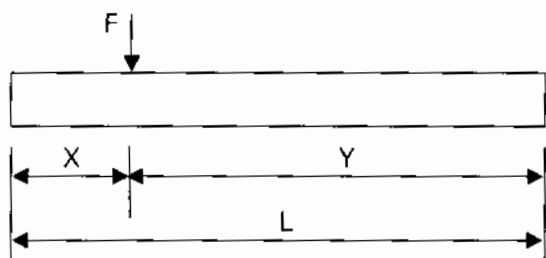
Estas cargas están basadas en el tamaño normal de las ruedas; algunos tipos de máquinas modernas llevan ruedas gigantes neumáticas y puede suceder que tal rueda está soportando 12 toneladas; ésta tendrá un menor efecto en el piso que una rueda normal de 6 toneladas, debido a su mayor área de contacto obtenida con llantas gigantes.

Los puentes construidos de dos travesaños por tramo aceptan una carga máxima axial de 12.5 toneladas por eje. Cuando se tengan que soportar cargas axiales mayores el puente debe tener cuatro travesaños por tramo.

Cuando se ha determinado la carga viva, ésta debe aplicarse al cálculo del puente de dos formas:

1) Para determinar el máximo esfuerzo cortante que ésta produce en el extremo del puente, aplicando la siguiente fórmula:

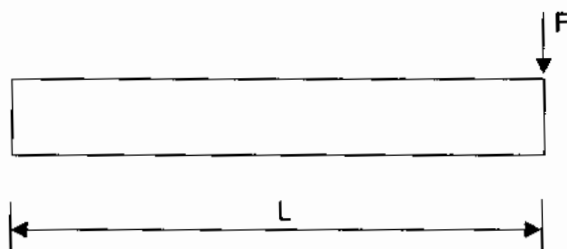
- F = Carga en toneladas.
- X = Carga con entrada a una distancia X.  
Siempre X menor que Y.
- L = Longitud total del puente.



$$E \text{ máx} = \frac{F \cdot Y}{L}$$

2) Para determinar el momento máximo de flexión que la carga viva produce en el centro del punto o cerca de él, aplicando la fórmula

- F = Carga en toneladas
- L = Longitud del puente
- MF = F . L



Dependiendo de la luz y carga considerada, uno u otro de estos casos determinará la disposición de las vigas laterales, el número de piso y si se requiere o no cordón de refuerzo.

Puesto que las cargas que actúan sobre un puente normalmente están en movimiento, su peso estático actual debe ser incrementado por un factor normalmente denominado el **factor de impacto** para cubrir los esfuerzos adicionales producidos en la estructura del puente, debido a vibraciones ocasionadas por la velocidad a que la carga es aplicada, salto de ruedas, efectos de frenada,

aceleración, etc. Normalmente para asumir el impacto se ha determinado los siguientes porcentajes:

Para tráfico normal de ruedas de caucho = 25% de impacto.

Para tractores, excavadoras, grúas y otras máquinas que circulan sobre orugas = 10% de impacto.

Los anteriores porcentajes son dados para vehículos que tienen tracción propia.

Para cargas tractadas se escoge el 10%.

Una vez que a la carga viva le hayan sido determinados los máximos esfuerzos cortantes y momentos de flexión y el apropiado porcentaje de impacto agregado, se tiene que considerar un factor adicional: El efecto sobre el puente de su propio peso muerto. Afortunadamente con el material Bailey, esto no es un gran problema, ya que los pesos muertos para todas las construcciones de distintos tramos, pueden ser tabulados y, en efecto, se han preparado tablas que han sido incluidas en este libro, las cuales simplifican los cálculos de la carga muerta.

Una vez se haya determinado el efecto total de la carga viva, impacto y carga muerta, puede decidirse la construcción más adecuada para las vigas maestras principales, observando los siguientes criterios en el proyecto.

El máximo esfuerzo cortante admisible por estructura en el extremo de un puente con los postes finales instalados es:

15 toneladas para armadura de un solo piso.

25 toneladas para armaduras de doble o triple piso.

Para puentes estándar y estándar ensanchados de construcción con triple armadura, puesto que las hileras de paneles en una viga no están igualmente espaciadas, el esfuerzo cortante total permisible al extremo del puente tiene que ser reducido para absorber la mala distribución.

En la tabla de pesos de puentes Bailey, se puede determinar el peso por tramo según el tipo de puente escogido.

Puesto que los puentes con piso de acero y superficie asfáltica son considerablemente más pesados que los de piso de madera, se dan tablas separadas para los dos tipos. Así, una vez se han calculado los esfuerzos cortantes y momento de flexión para carga viva e impacto, es necesario solamente mirar la tabla apro-

piada para determinar cuál es la construcción más adecuada de las vigas maestras principales.

Para el cálculo de cualquier puente es necesario consultar las tablas para esfuerzos cortantes y para máxima flexión, la que ofrezca las mejores especificaciones determina el tipo de puente que se debe montar.

#### Ejemplo ilustrativo:

Se necesita construir un puente que soporta un camión de 25 toneladas de peso bruto en una luz de 15.25 m. Por distribución de peso en los estribos se determinó un puente de 18.30 m, 6 tramos. El camión es de dos ejes con una separación de 3.05 m, el ancho del vehículo es de 2.40 m; en la parte de atrás tiene ruedas dobles, lo que determina que el eje delantero lleva 8 toneladas y el trasero 17 toneladas.

1) El ancho de vía es de 3.28 m correspondiente a un puente estándar o M-1, que es suficiente para este vehículo.

(tabla No. 23 del capítulo XI columna D)

2) No hay carga por rueda mayor de 6 toneladas, lo que permite el empleo de un puente con piso de madera, de acuerdo con el siguiente planteamiento:

$$1. \text{ eje } \frac{8 \text{ ton}}{2 \text{ llantas}} = 4 \text{ ton por llanta}$$

$$2. \text{ eje } \frac{17 \text{ ton}}{4 \text{ llantas}} = 4.25 \text{ ton por llanta}$$

3) La máxima carga axial o por eje es de 17 toneladas, lo que determina que el puente necesita cuatro travesaños por tramo. (Ver concepto 10.1-b)

4) Calcular esfuerzo cortante. Inicialmente se determina el centro de la gravedad de la carga.

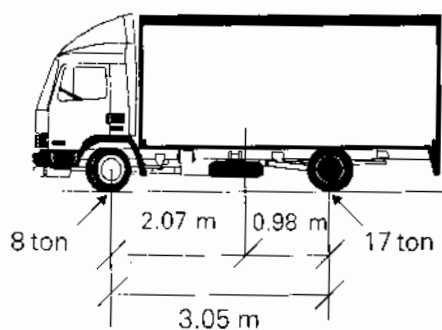
$$CG = \frac{MT}{CT}$$

CG = Centro de gravedad

MT = Momento (sumatoria)

CT = Carga total

Se puede determinar el centro de gravedad partiendo desde cualquier eje; para este caso tomarlo desde el eje delantero:



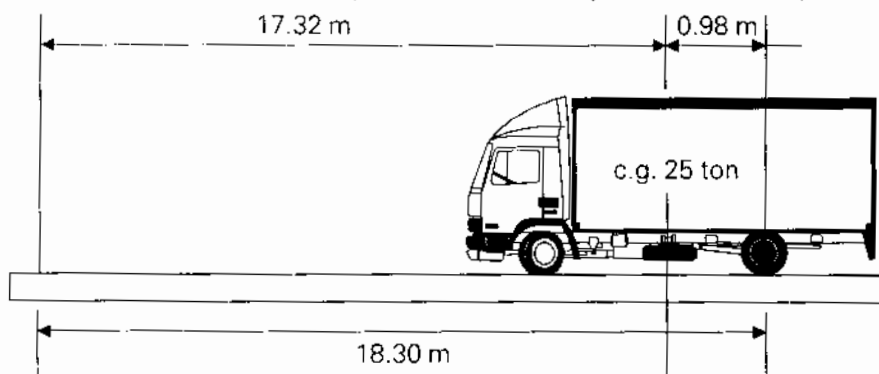
$$\begin{array}{r} 17 \text{ ton} \times 3.05 \text{ m} = 51.85 \text{ ton} / \text{m} \\ \frac{8 \text{ ton}}{\Sigma 25 \text{ ton}} \times 0 = \frac{0}{\Sigma 51.81 \text{ ton} / \text{m}} \end{array}$$

$$CG = \frac{MT}{CT} = \frac{51.81 \text{ ton} / \text{m}}{25 \text{ ton}}$$

$$CG = 2.07 \text{ m}$$

Entonces el centro de gravedad en el vehículo se encuentra a 2.07 m del eje delantero y a 0.98 m del eje trasero (en pies, a 3.2 pies del eje trasero y a 6.8 pies del eje delantero).

El máximo esfuerzo cortante se produce cuando el eje trasero entra al puente.



$$\begin{array}{l} Y = L - X \\ Y = 18.30 - 0.98 \\ Y = 17.32 \end{array}$$

$$Y = 17.32$$

$$X = 0.98$$

$$L = 18.30$$

$$F = 25$$

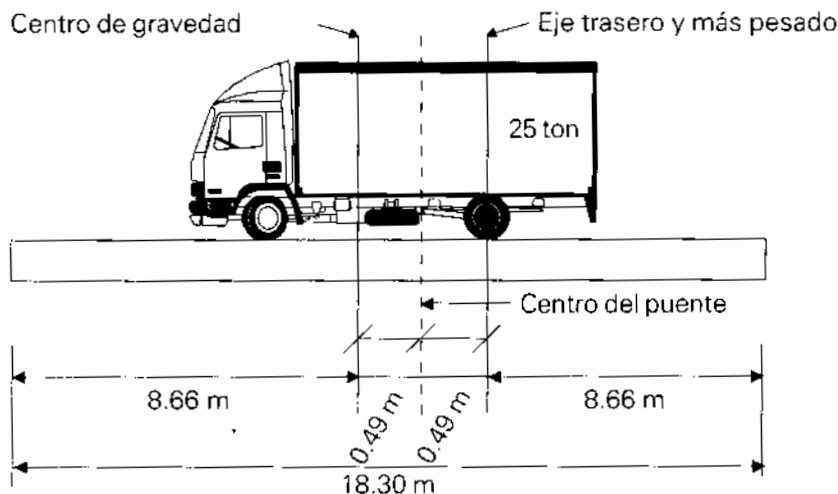
$$E \text{ máx.} = \frac{F \cdot Y}{L}$$

$$E \text{ máx.} = \frac{25 \text{ ton} \times 17.32 \text{ m}}{18.30} = 23.7 \text{ ton}$$

Más aumento por impacto 25%  
(para vehículos con llantas) =  $(23.7 \times 1.25) = 5.9 \text{ ton}$

Esfuerzo cortante por carga viva e impacto = 29.6 ton

5) Cálculo del momento máximo de flexión. El momento máximo de flexión se produce cuando la distancia media entre el centro de gravedad y el eje de mayor carga del vehículo, cruza por el centro del puente, así:



Ahora se determina la reacción por esfuerzos cortantes a la altura del eje de mayor carga o en el centro de gravedad.

$$E \text{ máx.} = \frac{F \cdot Y}{L} = \frac{25 \times 8.66}{18.30} = 11.83 \text{ ton}$$

El momento flector para el eje de mayor peso:  $(MF = F \times L)$

$$MF = 11.83 \times 8.66 = 102.44 \text{ ton metro} \times 3.28 \text{ (factor de reducción a ton/pie)}$$

$$= 336 \text{ ton / pie}$$

Aumento por impacto del 25% =  $336 \text{ ton/pie} \times 1.25 \text{ (factor de impacto)} = 420 \text{ ton/pie}$ .

Consultando la tabla No. 10 (momentos flectores admisibles para carga viva en pies ton), se determina una luz de 18.30 m (60 pies) ( $18.30 \times 3.28 = 60.43 \Rightarrow 61$  pies); 61 pies se aproxima a 70 pies, ya que las estructuras Bailey sólo se pueden construir en múltiplos de 10 pies por la longitud de los paneles. Al verificar la tabla se observa que para simple simple el momento flector admisible para carga viva es de 286 pies / ton y para doble simple es de 633 pies/ton, el cual nos permite tener un amplio margen de seguridad. (Dato obtenido de nuestro cálculo es de 420 ton/pie).

Para el esfuerzo cortante se busca en la tabla No. 11 (esfuerzos cortantes en toneladas - Bailey Estándar - Plataforma de madera); para este ejercicio, al igual que con el anterior paso, se busca con 70 pies de longitud, el cual nos informa que para simple simple el MEC es de 23 T y para doble simple es de 49 T, seleccionando este último ya que da la suficiente resistencia para el MEC calculado para este ejercicio (29.6 ton).

Cuando hay diferencia en el tipo de puente al consultar las tablas, se escoge el de mayor capacidad.

Comparando datos de las tablas y los cálculos, se determina que el tipo de puente más apropiado es el doble simple con cuatro travesaños, y plataforma de madera.

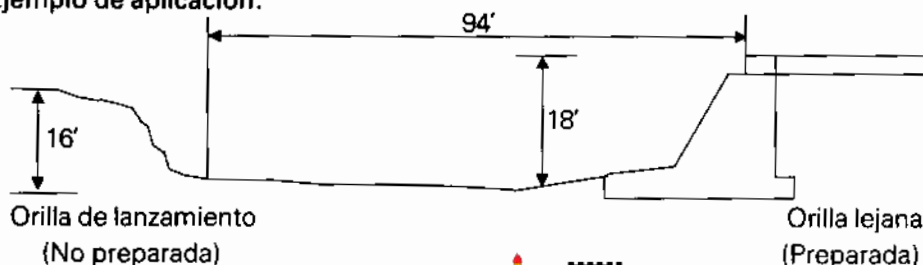
## 10.2. Cálculos típicos para lanzamiento

El procedimiento en líneas generales para el cálculo de material en un puente Bailey, es el siguiente:

1) Determine la luz del puente y dejando un margen de seguridad de acuerdo con el estado de las orillas, fije en número la cantidad de tramos que llevará.

Para determinar la luz del puente se debe tener: La longitud inicial, el estado de las orillas y el tipo de emparillado. La longitud inicial debe tener en cuenta la luz del obstáculo o ancho del cauce. Con respecto al estado de las orillas hay que tener presente que en algunas situaciones va ha encontrar estribos de puentes antiguos, playas u orillas de formación rocosa, lo que permite el montaje del puente sin ningún otro tipo de preparación. En ese caso, a la longitud inicial se le suma 3.5 pies, y cuando no hay ninguna preparación, la altura desde el cauce hasta el nivel de ceros del puente se multiplica por 1.5 y se suma a la longitud.

Ejemplo de aplicación:



Determinar la luz del puente

$$L_{\text{ni}} = 94'$$

Altura orilla de lanzamiento (no preparada)

$$16' \times 1.5 = 24'$$

Altura orilla lejana

$$3.5'$$

$$\text{Luego, } 94' + 24' + 3.5' = 121.5'$$

Se redondea hacia arriba a 130 pies, múltiplo de 10 más cercano.

2) Calculando momento flector y esfuerzo cortante, determine el tipo de puente que se debe emplear; también puede hacerlo tomando como guía el ábaco de capacidad y tipo de puente para estructuras M-2. (Tabla No. 26, clasificación doble del puente Bailey M-2).

3) Determine el tipo de nariz, número de tramos, número de eslabones, distancia de instalación de éstos en la tabla de construcción de nariz de lanzamiento. (Tabla No. 3, construcción de nariz de lanzamiento).

4) La cantidad de partes requeridas por tramo se pueden establecer en la tabla No. 27 (Material necesario por sección para los varios tipos de puente Bailey).

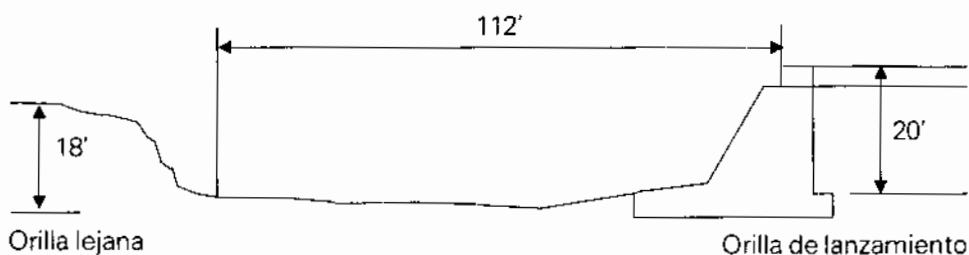
5) Para el cálculo de vehículos de transporte, el peso se determina en la tabla de peso por sección. (Tablas Nos. 5 y 6)

**A continuación se verán algunos cálculos modelo para puente Bailey, teniendo en cuenta las diferentes modalidades de lanzamiento y la versatilidad del material.**

Para los ejemplos que a continuación se explican, se debe hacer necesario el manejo apropiado de las tablas que se encuentran en el capítulo XI.

#### Ejemplos de diseños de campo:

NOTA: Este ejemplo es traducido de la publicación U.S. ARMY. BAILEY BRIDGE M2 FM 5 - 277, págs. 54 y 55), adaptado al presente manual en la organización de las tablas, para facilitar su consulta.





Dado: Una brecha de 112 pies (34.1 metros)

Orillas: Orilla lejana (OL) no preparada

18 pies (5.5 m)

Orilla cercana (OC) preparada

20 pies (6.1 m)

Clasificación del puente requerido: 60 / 60

Tipo de suelo:

Orilla cercana: Arena fina y suelta.

Orilla lejana: Arena compacta.

¿Qué se requiere?

- Determinar la clasificación del puente
- Determinar tipo de emparrillado y su efecto sobre la luz final
- Qué tipo de nariz de lanzamiento necesita, número de rodillos, gatos, personal requerido y el tiempo óptimo de construcción para la solución de la crisis.

**Solución:**

Para determinar la longitud del puente, el tipo de puente y la clase de emparrillado, desarrollamos los siguientes pasos:

1. Longitud inicial = 112 pies

Orilla cercana =  $18 \times 1.5 = 27$  pies

Orilla lejana = 3.5 pies

y se suman 2.5 a cada lado como área libre para el emparrillado, con opción de corrección más adelante, de acuerdo con la clase a emplear

$$2.5 \times 2 = 5 \text{ (2.5 a cada lado)}$$

Luego, la longitud del puente será:

$$112' + 27' + 3.5' + 5' = 147.5 \text{ pies (44.96 m).}$$

Se redondea a 150 pies, múltiplo de 10 más cercano.

2. Tipo de puente: Doble triple (normal)

Determinado en la tabla No. 26, con la luz del puente calculado en el paso anterior y la clasificación (60 / 60) dada en el enunciado.

3. Tipo de emparrillado:

a) Se determina la capacidad del suelo en ton/pie<sup>2</sup> en cada una de las orillas en la tabla No. 30.

(OC) arena fina y suelta	2
(OL) arena compacta	6

b) De la tabla No. 33 se determina que el tipo de emparrillado conveniente es el tipo No. 4, 7 u 8, para la orilla cercana.

Sin embargo, el emparrillado No. 7 y 8 necesitan material que no viene con los componentes básicos del puente; para mantener el proceso de ensamblaje del puente mínimo se puede utilizar el No. 4.

Aplicando el procedimiento anterior, para la orilla lejana resulta el que no requiere emparrillado o utiliza el No. 2.

4. En este momento es necesario el chequeo de la luz del puente, con razón al espacio libre perimetral que necesitan los rodillos para su funcionamiento.

(OC) = 4.5' para el emparrillado No. 4 (tabla No. 33)

(OL) = 2.5' para el emparrillado No. 2

$L = 112' + 3.5 \text{ pies} + [1.5 \text{ pies} (18 \text{ pies})] + [4.5 + 2.5] = 149.5 \text{ pies}$   
 149.5 pies (44.7 m) se redondea a 150 pies (45.7 m)

Nuevo tipo de puente: Doble triple (paso con cautela)

5. Se debe chequear la pendiente ya que el material Bailey debe tener máximo una pendiente de 3.3 % (1/30).

$2/150 = 0.013$

1.3 % Pendiente

$1.3 < 3.3\%$ , por lo tanto la pendiente es correcta.

6. Para el diseño de la nariz de lanzamiento se verificó la tabla No. 3 (construcción de la nariz de lanzamiento).

a) Número de secciones:

5 Simple simple

4 Doble simple.

b) El eslabón de lanzamiento debe estar entre el 3º y el 4º tramo de la nariz a 30 pies.

7. Posteriormente se determina el número de rodillos y gatos necesarios para la construcción con base en las tablas Nos. 4 y 28.

Para una luz de 150 pies y un tipo de puente Doble triple:

Número de rodillos de oscilantes: 4 en cada orilla	Total 8
Número de gatos necesarios en cada extremo del puente: 8 cada orilla	16

Número de rodillos fijos por línea:

Los puentes SS y DS tienen 2 rodillos por fila. Todos los otros tienen 4 rodillos por fila (ver tabla No. 28)

Número de líneas: 4

Número de rodillos por línea: 4

Total rodillos fijos: 16 + 2 de construcción = 18

8. Para determinar el personal requerido se consulta la tabla No. 35.

Se necesitan: 1 Oficial, 6 Suboficiales y 92 soldados.

9. Posteriormente se consulta la tabla No. 29, para establecer aproximadamente el tiempo de montaje del puente.

Para el ejemplo, 13¼ horas como tiempo óptimo de ensamblaje.

a) Calcular peso y punto de balanceo de un puente estándar simple simple con piso de madera y 6 tramos (2 travesaños).

• Peso del puente  $6 \times 2 = 12$  toneladas (tabla No. 5, pesos de puente Bailey).

• Número de tramos de nariz =  $\frac{\text{Número de tramos de puente}}{2} + 1$

$$\text{Número de tramos} = \frac{6}{2} + 1 = 4 \quad (\text{tabla No. 1})$$

• Peso de la nariz  $4 \times 0.84$  toneladas = 3.36 toneladas (tabla No. 5)

• Peso total del puente sobre rodillos = 15.36 toneladas

Punto de balanceo medido del extremo de la nariz, quedando con un total de 10 tramos.

Las cargas hacia abajo deben compensar las cargas hacia arriba. Tomando momentos con respecto al extremo de la nariz de lanzamiento, tenemos:

$$(3.4 \text{ toneladas} \times 20 \text{ pies}) + (12 \text{ toneladas} \times 70 \text{ pies}) = (15.4 \text{ ton}) (X)$$

3.4 toneladas = Peso de la nariz

20 pies = Centro de la nariz

12 toneladas = Peso del puente

70 pies = Nariz más  $\frac{1}{2}$  del puente

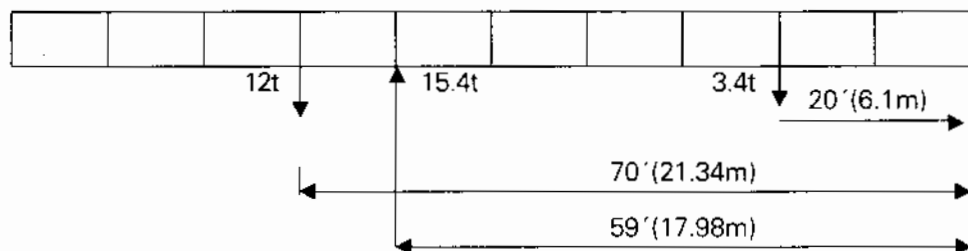
15.4 toneladas = Peso total del puente y nariz

Entonces:

$$X = \frac{(3.4 \text{ ton} \times 20 \text{ pies}) + (12 \text{ ton} \times 70 \text{ pies})}{15.4 \text{ toneladas}}$$

$$X = \frac{68 + 840}{15.4}$$

$$X = \frac{908}{15.4} = 59 \text{ pies}$$



La ubicación de los rodillos sería 3.5 pies delante de la placa base, en total 7 pies.

Entonces luz del puente = 60 pies - 7 = 53 pies.

Comparado con 59 pies del punto de balanceo, la nariz alcanza a estar sobre rodillos antes de que llegue al punto de balanceo a la orilla.

La flecha (tabla No. 9) = 8.5 pulgadas.

Número de eslabones y ubicación en tabla de nariz de lanzamiento = un par ubicados entre el primer y segundo tramos de la nariz. (Tabla No. 8)

b) Calcular peso, nariz de lanzamiento y punto de balanceo para un puente de 90 pies (9 tramos) de estándar ensanchado doble simple reforzado, con 4 travesaños por tramo y piso de madera.

Peso del puente = tramos reforzados  $7 \times 4.64 = 32.48$   
 tramos no reforzados  $2 \times 3.78 = 7.56$

Lo anterior para cumplir la norma de que en los extremos del puente no se lleva cordón de refuerzo.

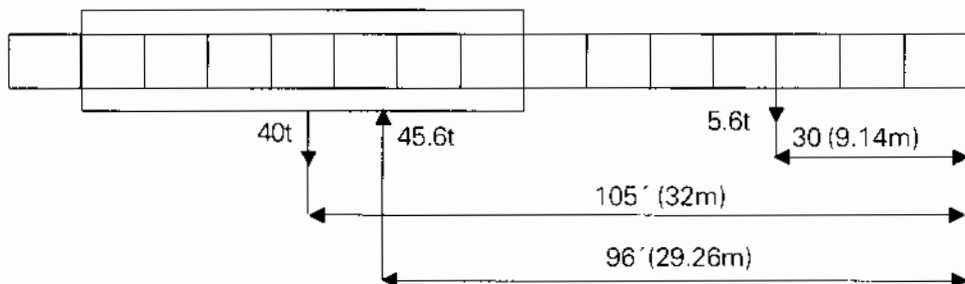
Peso de nariz =  $\frac{9}{2} + 1 = 5 + 1 = 6$  tramos S.S.  $6 \times 0.93 = 5.58$  ton  
 (Tabla No. 5)

Carga total sobre rodillos de lanzamiento = 45.62 ton (Peso del puente + peso de la nariz)

Punto de balanceo desde el extremo de la nariz:

$$\begin{array}{r} 5.6 \times 30 = 168 \quad \text{Peso de nariz} \times \frac{1}{2} \text{ tramo de nariz} \\ 40.0 \times 105 = 4.200 \quad \text{Peso del puente} \times \frac{1}{2} \text{ tramo del puente} + \text{nariz} \\ \hline \Sigma 45.6 \quad \quad \quad \Sigma 4.368 \end{array}$$

$$\frac{4.368}{45.62} = 95.7 \text{ pies Aprox} = 96 \text{ pies}$$



Centros de rodillos de lanzamiento y aterrizaje =  $90 - 7 = 83$  pies.

Por consiguiente, la nariz estará sobre los rodillos de aterrizaje antes que el punto de balanceo alcance los rodillos de lanzamiento.

Flecha = 20 pulgadas (ver tablas Nos. 8 y 9). Insertar un juego de eslabones de lanzamiento detrás del tramo 2 de la nariz.

c) Calcular peso, punto de balanceo y elementos de la nariz de un puente de 110 pies (11 tramos) extra - ancho triple simple de 4 travesaños por tramo y plataforma de acero. (Ver gráfico No. 10-1)

Peso de un tramo =  $4.8 - 0.35 = 4.45$  toneladas por tramo. (Ver Tabla No. 5)

Peso del puente =  $11 \times 4.45 = 48.95$  ton

La nariz =  $\frac{11}{2} + 1 = 6+1 = 7$  tramos      S.S.  $6 \times 0.93 = 5.58$  ton  
D.S.  $1 \times 1.53 = 1.53$  ton

Peso total sobre rodillos de lanzamiento: 56.06 ton (Peso puente + nariz)

Punto de balanceo desde la punta de la nariz

$$\begin{array}{r} 5.6 \times 30 = 168.0 \\ 1.5 \times 65 = 97.5 \\ \hline 49.0 \times 125 = 6.125.0 \\ \hline \Sigma 56.1 \quad \Sigma 6.390.5 \end{array}$$

$$\text{Punto de balanceo} = \frac{6.390.50}{56.1} = 114 \text{ pies}$$

Centros de los rodillos de lanzamiento y llegada =  $110 - 7 = 103$  pies.

Flecha en la punta de la nariz = 30 pulgadas. (Ver tabla No. 9)

Insertar un juego de eslabones de lanzamiento detrás del tercer tramo de la nariz. (Ver tabla No. 8)

d) Calcular el peso, punto de balanceo, número de tramos de la nariz, número de eslabones y su ubicación de un puente de 20 tramos (200 pies) triple triple estándar ensanchado o M-2 con arriostramiento superior, 2 travesaños por tramo y piso de madera. (Ver gráfico No. 10-1)

Peso del puente: 18 tramos internos T.T.  $\times 7.74 = 139.3$  ton  
(tabla No. 5 pesos puente Bailey)  
2 tramos extremos T.D.  $\times 5.49 = 11.0$  ton  
(cumpliendo la norma que los dos tramos de los extremos deben ser de dos niveles)  $\Sigma 150.3$  ton

Peso de nariz: S.S. =  $6 \times 0.93 = 5.58$  ton

Nariz =  $\frac{20}{2} + 1 = 10+1 = 11$  D.S. =  $3 \times 1.53 = 4.59$  ton

D.D. =  $2 \times 2.70 = 5.4$  ton  
Carga total sobre los rodillos de lanzamiento =  $\Sigma 166.07$  ton

Como sobrepasa la capacidad de 84 toneladas que es la máxima que soportan los cuatro rodillos oscilantes, deben usarse vigas de balanceo.

Punto de balanceo desde el extremo de la nariz:

$$\begin{aligned} 5.6 \text{ toneladas} \times 30 \text{ pies} &= 168 \text{ toneladas/pie} \\ 4.6 \text{ toneladas} \times 75 \text{ pies} &= 345 \text{ toneladas/pie} \\ 5.4 \text{ toneladas} \times 100 \text{ pies} &= \underline{540 \text{ toneladas/pie}} \\ &\Sigma 1.053 \end{aligned}$$

$$\frac{(150.5 \times 210) \text{ ton/pie} + 1.053 \text{ ton/pie}}{166.1 \text{ ton}} = \frac{32.658 \text{ ton/pie}}{166.1 \text{ ton}} = 197 \text{ pies}$$

Las distancias tomadas al centro de cada tipo de estructura medida desde el extremo de la nariz; el peso es tomado de la tabla No. 5 pesos de puente Bailey donde especifica el peso de la nariz y puente.

Distancia entre centros de los rodillos =  $200 - (5 + 3.5) = 191.5$  pies.

Flecha de extremo de la nariz = 74 pulgadas (ver tabla No. 9 de flecha).

Inserta dos pares de eslabones de lanzamiento: 1 juego detrás del tramo 4 de la nariz y 1 juego del tramo 2 de la nariz. (Ver tabla No. 8)

### 10.3. Cálculos de flecha y deflexión

A pesar de que las características físicas de los componentes Bailey y el método de cálculo de cantidad de material para el montaje de un puente, permite un empleo adecuado con margen de seguridad apropiado, minimizando riesgos, porque las tablas así fueron elaboradas; hay circunstancias que por escasez de material o el tipo de empleo que se le vaya a dar es necesario calcular la deflexión de la luz de un puente.

La deflexión es afectada básicamente por dos aspectos:

- La flecha formada por todas las estructuras unidas con pasadores debido al espacio libre que queda entre el pasador y los orificios de los paneles, y
- La deflexión elástica debido a la deformación de la estructura bajo la carga.

#### a. Cálculo de la flecha

Ésta puede ser solamente calculada con alguna exactitud, donde se usan paneles nuevos, cuando se conoce la diferencia exacta de diámetro entre el pasador del panel y el orificio del alojamiento del pasador.

- Cuando el puente consta de un número impar entre tramos (es decir, 30, 50, 70, etc., pies de longitud), la flecha en el centro es de  $d \cdot \frac{(n^2 - 1)}{8}$  pulgadas o centímetros, según la unidad con que se tome "d".

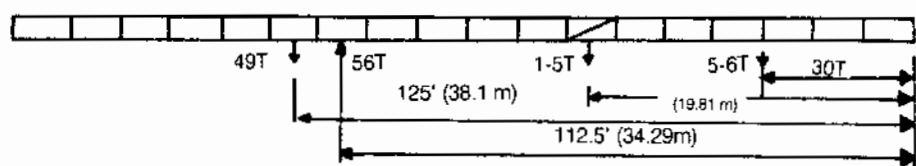


GRAFICO PROBLEMA «C»

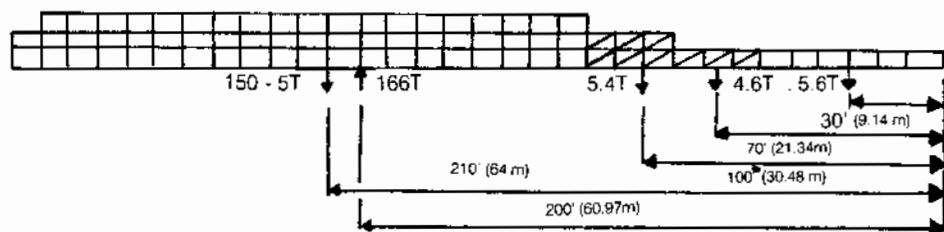


GRAFICO PROBLEMA «D»

Gráfico No. 10-1

- Cuando el puente consta de un número par de tramos (es decir, 40, 60, 80, etc., pies de longitud), la flecha en el centro es de  $\frac{d \cdot n^2}{8}$  pulgadas o centímetros, según la unidad en que se tome "d".

"n" es el número de tramos en el puente y "d" es una constante, cuyo valor es el siguiente:

Para vigas de un piso  $d = 0.1400$  pulgadas (0.33 cm)

Para vigas de doble piso  $d = 0.0676$  pulgadas (0.171 cm)

Para vigas de triple piso  $d = 0.0446$  pulgadas (0.113 cm)

Las fórmulas anteriores, por lo tanto, dan la flecha en pulgadas o en centímetros.

### b. Cálculo de la deflexión elástica

En razón a que en los experimentos realizados sobre el panel, pieza primordial en un puente Bailey, siempre se ha comportado como una placa rígida, la fórmula normal de la deflexión elástica es aplicable.



Así, para carga completamente distribuida  $d = \frac{WL^3}{76.8 EI}$  pulgadas.

Para una carga concentrada en el centro  $d = \frac{WL^3}{48 EI}$  pulgadas.

Donde: W = Carga en libras, L es la luz en pulgadas, E =  $30.2 \times 10^6$  (unidad medida en libras y pulgadas, etc.).

(Este es el valor específico para el acero especial de alta resistencia que se usa en la fabricación de Bailey).

I = Es el momento de inercia y varía de acuerdo con la construcción de las vigas maestras que se consideren. El valor de I se obtiene en la tabla momentos de inercia de las diferentes construcciones Bailey.

#### Ejercicio:

Veamos un ejercicio sencillo en el que la carga es uniformemente distribuida en toda la estructura: Se tiene un puente de 9 tramos (90 pies) de longitud, para que soporte un encofrado (estructura) para una viga de hormigón con un peso de 60 toneladas. No necesita piso el puente, puesto que el encofrado se extenderá sobre los travesaños.

En razón a que el puente sólo absorberá la carga muerta del encofrado y la carga estará uniformemente distribuida, la fórmula para la deflexión será:

$$d = \frac{WL^3}{76.8 EI} \quad W = 60 \text{ toneladas.}$$

(60 toneladas x 2.204 libras = 132.240 libras)

$$L = 90 \text{ pies} = 1.080 \text{ pulgadas}$$

$$E = 30.200.000 \text{ (constante)}$$

$$I = \text{Si el puente es doble } 116.668 \text{ pulgadas}^4$$

Entonces:

$$d = \frac{(60)(1.080^3)}{(76.8)(30.200.000)(116.668)} = 0.000279 \text{ pulgadas.}$$

La deflexión de este ejercicio es mínima, garantizando que el encofrado para la fundición en hormigón no sufre ninguna deformación.

## 10.4. Resistencia del material Bailey

A continuación se verán las resistencias a que pueden llegar algunas piezas del material Bailey, y las condiciones de su empleo.

### a. Paneles

Un panel puede soportar cualquiera de las siguientes cargas, pero siempre instalado con sus arriostramientos: travesaños, puntales, marcos de refuerzo y varillas tensores.

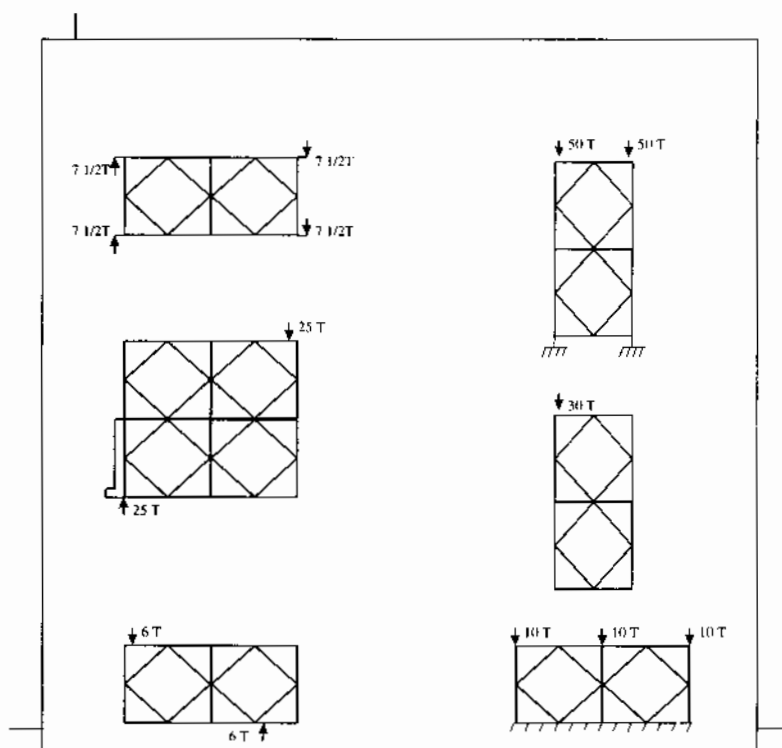
Los momentos para un panel son:

Momento de inercia = 6.800 pulgada<sup>4</sup> = 282.000 cm<sup>4</sup>

Momento de flexión permisible a 11 ton/pulgada cuadrada = 205 toneladas/pie.

Momento de flexión permisible a 17.3 kg/milímetro cuadrado = 63.500 kg.

En razón a que una estructura trabajando, difícilmente distribuye las cargas en todas las partes componentes, se puede pensar que todos los paneles tengan igual esfuerzo; para obviar este fenómeno existe un factor de mala distribución de 0.9.



Resistencia de paneles Bailey

Digitalizado por:



**b. Poste final macho o hembra**

Máxima carga sobre el poste final cuando se asienta en un apoyo, y es asegurada con pasadores a los paneles = 25 toneladas.

**c. Travesaño (estándar o M-1)**

Máximo movimiento de flexión admisible: 11 toneladas/pulgada cuadrada = 22.5 toneladas / pie = 6.069 kg/m

Máximo esfuerzo cortante vertical = 18 toneladas.

Sobre su eje menor:

Máximo movimiento de flexión admisible: 2.6 toneladas/pie = 893 kg/m

**d. Travesaños (S.E. o M-2 o E.A. M-3)**

Máximo momento de flexión admisible a 11 toneladas/pulgada = 234 toneladas/pie = 10.500 kilogramos.

Máximo esfuerzo cortante vertical = 21.5 toneladas

Sobre su eje menor:

Máximo momento de flexión admisible = 3.6 toneladas/pie = 1.100 kg/m

**e. Puntales**

Tensión de tracción o de compresión: 2.25 toneladas.

**f. Pasador de panel**

En doble esfuerzo cortante, condición normal, cuando se conectan dos paneles juntos: 55 toneladas.

**g. Larguero (plano o de botones)**

Máximo momento de flexión admisible por vigueta a 10 toneladas/pulgada cuadrada = 1.5 toneladas/pie.

Máximo momento de flexión admisible a 15.75 kg/m<sup>2</sup> = 465 kg/m

Momento de flexión por larguero ensamblado a 10 toneladas/pulgada cuadrada = 3 toneladas/pie.

Momento de flexión a 15.75 kg/m<sup>2</sup> = 930 kg/m

**h. Varilla tensora (estándar, S.E. o E.A.)**

Tracción = 7 toneladas.

**i. Perno de cordón o pasador de tornillo**

Esfuerzo cortante (en su diámetro mayor): 15 toneladas.

Tracción: 8 toneladas.

**j. Rampa (plana o de botones)**

Máximo momento de flexión admisible a 11 toneladas /pulgada cuadrada por vigueta = 5 toneladas/pie.

Máximo momento de flexión admisible a  $17.3 \text{ kg/m}^2 = 1.550 \text{ kg/m}$

**k. Viga de distribución**

Máximas cargas para las diferentes condiciones de carga:

1. Cuando el centro de la viga de distribución está directamente bajo una junta de pasador de panel: 50 toneladas.

NOTA: Si los paneles son de un solo piso, esta carga será limitada a 30 toneladas debido a la resistencia de los paneles.

2. Cuando la viga de distribución está en cualquier otra posición bajo los paneles:

Dos pisos de paneles: 40 toneladas.

Un piso de paneles: 30 toneladas.

**l. Rodillo oscilante**

Máxima carga total = 21 toneladas.

NOTA: En puentes de un solo piso, la máxima carga es de 15 toneladas y está limitada por la resistencia de los paneles.

**m. Rodillo fijo**

Máxima carga en cada rodillo = 6 toneladas.

**n. Viga de balanceo**

Las vigas de balanceo llevan cuatro rodillos basculantes, cada uno de los cuales soporta 21 toneladas; la carga total sobre la viga de balanceo es, por lo tanto, de 84 toneladas.



## CAPÍTULO XI

# Tablas para cálculo con material Bailey

### **TABLA No. 1 - DATOS DE LANZAMIENTO**

1) Para calcular la longitud de la nariz de lanzamiento que se requiere para cualquier puente, se toma la mitad del número de tramos en el puente y se agrega un tramo. Así, para un puente de 140 pies de luz, la nariz tendrá:

$$\frac{14}{2} + 1 = 7 + 1 = 8 \text{ tramos}$$

Para un puente de 170 pies de luz, la nariz tendrá:

$$\frac{17}{2} + 1 = 8.5 + 1 = 9 + 1 = 10 \text{ tramos}$$

(Por seguridad aproximamos a un número entero).

2) Construcción de la nariz de lanzamiento.

#### **a. Puentes de un solo piso**

Máxima longitud de la nariz simple simple = 6 tramos.

Máxima longitud de la nariz doble simple = 4 tramos

#### **b. Puentes de doble y triple piso**

Máxima longitud de la nariz simple simple = 6 tramos.

Máxima longitud de la nariz doble simple = 3 tramos.

Cualquier tramo adicional que se requiera debe ser doble doble.

3) Los eslabones de lanzamiento no deben ser fijados más de cuatro tramos detrás en la porción simple simple de la nariz.

Las diferentes posiciones en las cuales los eslabones de la nariz de lanzamiento se pueden fijar y la cantidad que ellos levantan del extremo de la nariz, se da en la tabla (de efecto de los accesorios en la nariz de lanzamiento). La magnitud de la flecha que se debe esperar en el extremo de la nariz de lanzamiento, mientras alcanza los rodillos de aterrizaje, se da en la tabla (de flecha de espera).

4) Cuando el puente alcanza el punto de balanceo durante el lanzamiento, el peso íntegro del puente más la nariz es llevado sobre los rodillos de lanzamiento. La fundación de los rodillos de lanzamiento debe estar prevista para soportar este peso.

**Nota:** Las vigas de balanceo se deben usar para los rodillos de lanzamiento cuando:

- a) Puente de un piso y morro exceda de 60 toneladas.
- b) Puente de doble piso o triple piso exceda de 84 toneladas.

## Uso del ábaco

### a. Generalidades

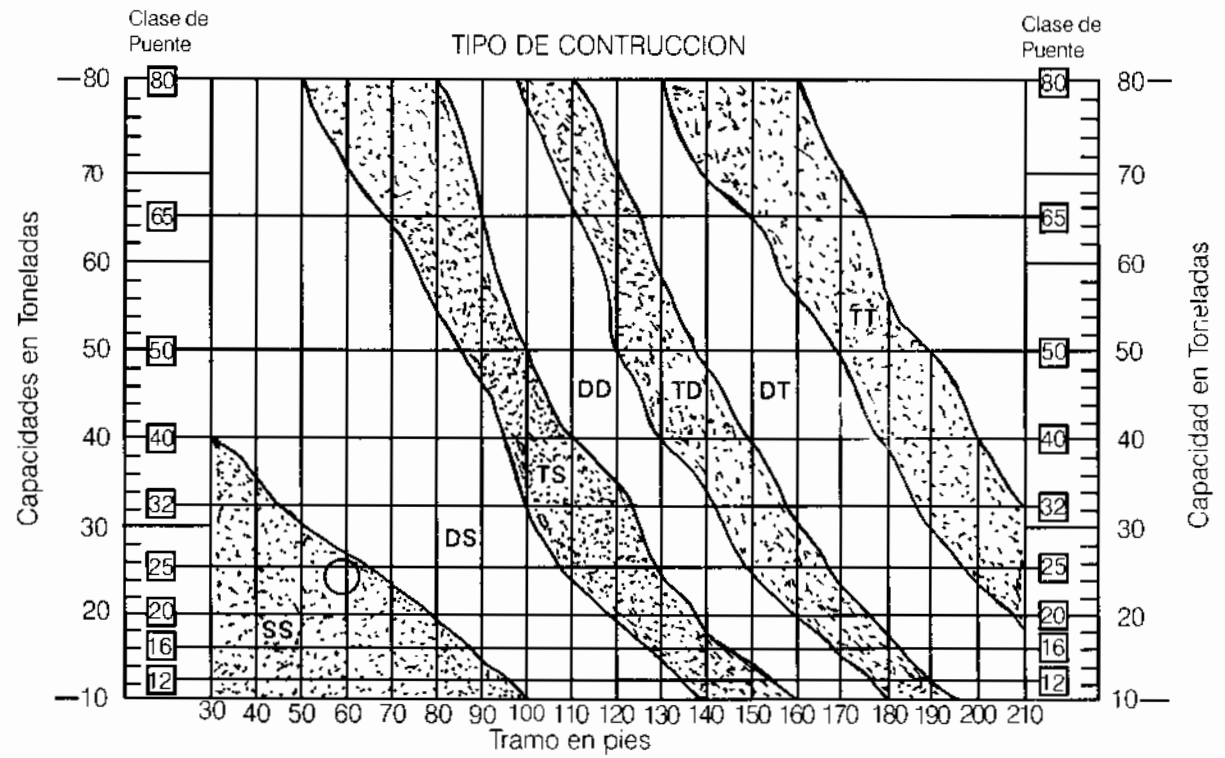
Para determinar el tipo de puente a usarse de acuerdo con la capacidad que debe tener, y con la luz del tramo, utilizamos el ábaco en la siguiente forma:

- En el eje horizontal están las luces de tramo desde 30 pies hasta 210 pies.
- En el eje vertical la clase de puente de acuerdo con su capacidad desde 10 hasta 80.
- Entrando en el ábaco con estos datos, se determina un punto dentro de una de las zonas donde está indicado el tipo de puente necesario.

### b. Ejemplo

Se necesita construir un puente sobre la luz de 120 pies, que sea capaz de resistir vehículos de clase 40 toneladas, entrando en el ábaco con estos dos datos, va de un punto dentro de la zona doble doble. Luego el puente necesario será doble doble.

### ABACO PARA CONSTRUCCION DE ESTRUCTURAS DE VARIOS TRAMOS Y VARIAS CAPACIDADES DE PUENTE BAILEY





**TABLA No. 3**  
**CONSTRUCCIÓN DE NARIZ DE LANZAMIENTO**

Puente		Número de secciones en la nariz			Distancia de los eslabones desde el extremo de la nariz (en pies)	Distancia que se requiere detrás de los rodillos oscilantes (en pies)	Puente		Número de secciones en la nariz			Distancia de los eslabones desde el extremo de la nariz (en pies)	Distancia que se requiere detrás de los rodillos oscilantes (en pies)	Tramos de nariz incompletos				
Tipo	Tramo (en pies)	SS	DS	DD			Tipo	Tramo (en pies)	SS	DS	DD			Tipo	Tramo (en pies)	Número de secciones material de piso y largueros	Omitido del piso superior	
SS	30	2			-	35	TD	110	6			20	77	SS	100	4		
	40	3			-	43		120	7			20	84	DS	140	6		
	50	3			-	47		130	6	2		30	90	TS	150	6		
	60	4			10	55		140	5	3		30	96		160	10		
	70	5			20	63		150	5	4		40	103	DD	160	7		
	80	5			20	67		*160	*5	*4		40	106		170	7		
	90	6			30	75		*170	*6	*4		10&40	112		180	12		
	*100	*6			30	76		*180	*7	*4		10&40	125	TD	160	3		
	DS	50	3			-	45		*190	*7	*4		10&40	126		170		10
		60	4			10	52	DT	130	5	3		30	91		180		Todo
	70	4			10	57		140	5	3		30	96		190	Todo		
	80	5			20	64		150	5	4		30	102	DT	170	3		
	90	6			20	71		160	*5	5		40	109		180	8		
	100	6			20	76		*170	*5	*5		40	112		190	Todo		
	110	7			30	83		*180	*5	*5		40	116		200	Todo		
	120	8			40	90		*190	*6	*6		10&40	131		210	Todo		
	130	8			10&40	95		*200	*7	*5		10&40	132					
	*140	*8			10&40	96		*210	*7	*5		30&40	135					
TS	80	5			20	63	TT	*160	*5	*3		40	94*					
	90	6			20	70		*170	*5	*6		40	96*	TT	160	3		
	100	6			20	74		*180	*6	*5	*2	40	102*		170	6		
	110	7			30	81		*190	*6	*6	*2	10&40	112*		180	6		
	120	7			30	86		*200	*6	*6	*4	10&40	115*		190	Todo		
	130	8			40	93		*210	*7	*5	*6	10&40	117*		200	Todo		
	140	9			10&40	100									210	Todo		
	*150	*9			20&40	101												
DD	*160	*9			20&40	106												
	100	6			20	74												
	110	7			20	81												
	120	7			30	86												
	130	8			30	93												
	140	7	2		40	100												
	150	6	3		40	106												
	*160	*6	*3		40	106												
	*170	*7	*3		10&40	113												
	*180	*7	*3		20&40	117												

\* Tramos botados incompletos y calculado. Vea la tabla siguiente.

\* Las tres primeras secciones del puente se construyen DT con un montante por sección.

La última sección del puente se construye DT debido a la construcción escalonada necesaria cuando se agrega secciones subsecuentes.

NARIZ DE Puentes TT 1. Lance las secciones hasta que los rodillos oscilantes de la cola de partida estén debajo de la última sección TT de la construcción. 2. Agregue secciones TT hasta 8 secciones TT a la cola de la construcción inicial. Esto completa todo menos un tramo de 210 pies. 3. Continúa la botadura hasta que los rodillos oscilantes de la cola de partida estén debajo del último tramo TT que se agregó en el paso 2. 4. Agregue el resto de las secciones TT para completar el puente (tramo de 210 pies únicamente). 5. Agregue a la cola del puente 5 secciones DS de construcción de 1 por nariz. 6. Prosigua con la botadura hasta que las tres primeras secciones del puente DT estén más allá de los rodillos de la cola de llegada. 7. Complete las tres primeras secciones del puente convirtiéndolo en TT y agregando los travessanos. 8. Hale el puente hasta ponerlo en posición final, quite la cola DS, agregue piso donde sea necesario y halle las narices.

**TABLA No. 4**  
**MANEJO DE GATOS Y RODILLOS OSCILANTES**

Número de gatos que se necesitan a cada extremo del puente			Número de rodillos oscilantes necesarios									
Tipo	Tramo (en pies)	Número de gatos que se necesitan en cada extremo del puente	Tipo	Tramo (en pies)	Orilla de partida	Orilla de llegada						
SS	30-100	2	SS	30-100	2	*						
			DS	50-80	2	*						
DS	50-140	4		90-100	2	2						
				110-140	4	2						
TS	80-140	4	TS	80-160	4	2						
							150-160	6	DD	100-130	4	2
DD	100-120	4	140-180	4	4							
						130-180	6	TD	110-120	4	2	
TD	110-140	6	130-190	4	4							
						150-190	8	DT	130-210	4	4	
DT	130	6	TT	160-210	4							4
						140-180	8	* Use dos rodillos sencillos				
TT	160-170	10										
							180-210	12				

**TABLA No. 5**  
**PESOS DE PUENTES BAILEY. DADOS EN TONELADAS**  
**DE 2.240 LB. POR TRAMO DE 10 PIES DEL PUENTE**

		ESTÁNDAR		ESTÁNDAR ENSANCHADO		EXTRA - ANCHO	
TRAVESAÑO POR TRAMO		2	4	2	4	2	4
INCLUYE MADERA Y LARGUEROS	S.S.	2.00	-	2.59	-	3.04	-
	S.S.R.	2.43	-	3.02	-	3.47	-
	D.S.	2.60	3.04	3.19	3.78	3.64	4.23
	D.S.R.	3.46	3.90	4.05	4.64	4.50	5.09
	T.S.	3.17	3.60	3.75	4.35	4.20	4.80
	T.S.R.	4.47	4.90	5.05	5.65	5.50	6.10
	D.D.	3.77	4.20	4.36	4.95	4.80	5.40
	D.D.R.	4.63	5.06	5.22	5.81	5.66	6.26
	T.D.	4.91	5.34	5.49	6.09	6.04	6.63
	T.D.R.	6.21	6.64	6.80	7.39	7.34	7.93
	D.T.	5.36	5.79	6.03	6.62	6.49	7.08
T.T.	7.07	7.50	7.74	8.33	8.28	8.88	
Piso de madera			0.53		0.58		1.23
Largueros			0.42		0.50		0.58
Piso de acero			+0.20		-0.20		-0.35
y asfalto			+0.70		+0.85		0.95
TOTAL			-0.90		-0.65		+0.6
NARIZ DE LANZA- MIENTO	S.S.		0.84		0.93		0.93
	D.S.		1.43		1.53		1.53
	D.D.		2.60		2.70		2.70
COMPONENTES DE EXTRE- MOS	S.S.	TOTAL PARA DOS EXTREMOS	1.28	1.42	1.42		
	D.S., D.D. y D.T.		1.70	1.84	1.84		
	T.S., T.D. y T.T.		2.02	2.05	2.05		

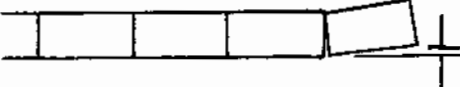


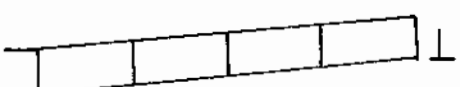
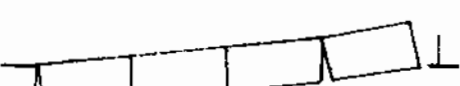

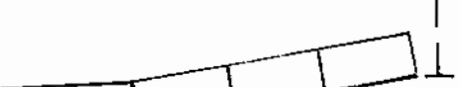
**Tabla No. 6**  
**PESOS DEL PUENTE BAILEY. DADOS EN KILOGRAMOS**  
**POR TRAMO DE 10 PIES DEL PUENTE**

		ESTÁNDAR		ESTÁNDAR ENSANCHADO		EXTRA - ANCHO	
		2 Travesaños por tramo	4 Travesaños por tramo	2 Travesaños por tramo	4 Travesaños por tramo	2 Travesaños por tramo	4 Travesaños por tramo
INCLUYE MADERA Y LARGUEROS	S.S.	2029.44	-	2628.12	-	3084.75	-
	S.S.R.	2465.77	-	3064.45	-	3521.08	-
	D.S.	2638.27	3084.75	3236.96	3835.64	3693.58	4292.27
	D.S.R.	3510.93	3957.41	4109.62	4708.30	4566.24	5164.92
	T.S.	3126.66	3652.99	3805.20	4414.03	4661.82	4870.66
	T.S.R.	4535.80	4972.13	5124.34	5733.17	5580.96	6189.79
	D.D.	3825.49	4261.82	4424.18	5022.86	4870.66	5479.49
	D.D.R.	4698.15	5134.48	5296.84	5895.52	5743.32	6352.15
	T.D.	4988.56	5425.44	5577.84	6187.44	6136.64	6736.08
	T.D.R.	6309.36	6746.24	6908.80	7508.24	7457.44	8056.88
	D.T.	5438.90	5875.23	6118.76	6717.45	6575.39	7184.22
T.T.	7183.12	7620.00	7863.84	8463.48	8412.48	9022.08	
Piso de madera Largueros			537.80		590.00		1248.11
Piso de acero y asfalto			426.18		507.36		588.54
			913.25		659.57		608.83
NARIZ DE LANZA- MIENTO	S.S.		852.36		943.69		943.69
	D.S.		1451.05		1552.52		1552.52
	D.D.		2638.27		2739.74		2739.74
COMPO- NENTES DE EXTRE- MOS	S.S.		1298.94		1440.90		1440.90
	D.S., D.D. y D.T.		1795.02		1867.08		1867.08
	T.S., T.D. y T.T.		2049.73		2080.18		2080.18

**TABLA No. 7**  
**MEDIDAS DE EMBARQUE PARA PUENTES BAILEY**  
**DADAS EN PIES CÚBICOS POR 10 PIES DEL PUENTE**

		ESTÁNDAR		ESTÁNDAR ENSANCHADO		EXTRA ANCHO	
		2 Travesaños por tramo	4 Travesaños por tramo	2 Travesaños por tramo	4 Travesaños por tramo	2 Travesaños por tramo	4 Travesaños por tramo
INCLUYE MADERA Y LARGUEROS	S.S.	138.5	-	165.0	-	187.7	-
	S.S.R.	147.7	-	174.2	-	196.9	-
	D.S.	201.4	215.9	227.9	239.4	250.6	272.1
	D.S.R.	219.8	234.3	246.3	257.8	279.0	290.5
	T.S.	263.1	277.8	289.6	311.3	312.1	333.9
	T.S.R.	290.7	305.4	317.2	338.9	339.7	361.5
	D.D.	325.5	340.0	342.0	363.5	374.7	396.2
	D.D.R.	343.9	358.4	360.4	381.9	393.1	414.6
	T.D.	448.6	463.4	465.1	486.9	497.6	519.4
	T.D.R.	476.2	491.0	492.7	514.5	525.2	547.0
	D.T.	474.0	488.5	495.1	516.6	528.1	549.6
T.T.	667.3	682.0	688.2	710.0	721.3	743.0	
Piso de madera			24.5		37.5		53.75
Largueros			36.5		42.5		48.5
Piso de acero y asfalto			7.85		1.7		13.13
NARIZ DE LANZA- MIENTO	S.S.		70.3		74.3		74.7
	D.S.		132.9		136.9		137.3
	D.D.		256.9		260.9		261.3
COMPO- NENTES DE EXTRE- MOS	S.S.		48.5		52.0		52.0
	D.S., D.D. y D.T.	TOTAL PARA DOS	57.5		61.0		61.0
	T.S., T.D. y T.T.	DOS EXTREMOS	63.5		67.0		67.0

**TABLA No. 8**  
**EFFECTO DE LOS ESLABONES**  
**DE LANZAMIENTO EN LA NARIZ**

	13 1/2 Pul.	0.35 mts.
	27 Pul.	0.69 mts.
	40 Pul.	1 mt.
	54 Pul.	1.36 mts.
	66 Pul.	1.66 mts.
	78 Pul.	1.97 mts.
	90 Pul.	2.27 mts.

**TABLA No. 9**  
**FLECHA QUE SE DEBE ESPERAR EN LA PUNTA DE LA NARIZ**  
**DE LANZAMIENTO A MEDIDA QUE ALCANZA**  
**LOS RODILLOS DE LLEGADA**

LUZ DEL PUENTE		PUENTE DE UN PISO		PUENTE DE DOBLE PISO		PUENTE DE TRIPLE PISO	
PIES	METROS	PULGADAS	METROS	PULGADAS	METROS	PULGADAS	METROS
30	9.14	2 ½	0.06	-	-	-	-
40	12.19	4	0.10	-	-	-	-
50	15.24	6	0.15	-	-	-	-
60	18.29	8 ½	0.21	6 1/2	0.16	-	-
70	21.37	12	0.31	8 1/2	0.21	-	-
80	24.38	16	0.41	11	0.28	-	-
90	27.43	20	0.51	14	0.36	-	-
100	30.48	25	0.64	17	0.43	-	-
110	33.53	30	0.76	21	0.53	16	0.41
120	36.58	36	0.92	25	0.64	20	0.51
130	39.62	43	1.10	30	0.76	24	0.61
140	42.67	52	1.30	36	0.92	28	0.71
150	45.72	61	1.55	43	1.10	33	0.84
160	48.77	74	1.88	50	1.27	39	0.99
170	51.82			57	1.45	47	1.20
180	54.86			64	1.63	56	1.42
190	57.91			72	1.83	65	1.65
200	60.96			81	2.06	74	1.88

**TABLA No. 10**  
**TABLA DE MOMENTOS FLECTORES ADMISIBLES**  
**PARA CARGA VIVA EN PIES TONELADAS - BAILEY ESTÁNDAR -**  
**PLATAFORMA DE MADERA**

PIES	S.S.	D.S.	S.S.R.	T.S.	D.S.R.	DD.	T.S.R.	TD.	DT.	DDR.	T.T.	T.D.R.
10	407	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20	400	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
30	387	785	802	-	-	-	-	-	-	-	-	-
40	370	759	781	-	-	-	-	-	-	-	-	-
50	347	725	754	1116	-	-	-	-	-	-	-	-
60	319	683	720	1067	1484	-	-	-	-	-	-	-
70	286	633	680	1008	1420	1493	2188	2299	-	-	-	-
80	249	576	634	940	1347	1414	2096	2198	-	-	-	-
90	206	511	582	863	1264	1323	1991	2083	-	-	-	-
100	158	439	524	777	1170	1223	1875	1956	2583	2881	4025	4443
110	105	359	460	681	1068	1112	1745	1815	2430	2747	3827	4268
120	47	271	390	577	956	990	1604	1660	2263	2601	3610	4076
130	-	176	313	464	833	858	1450	1492	2081	2442	3375	3868
140	-	-	-	342	701	716	1284	1311	1885	2270	3122	3642
150	-	-	-	210	560	562	1106	1116	1674	2086	2849	3400
160	-	-	-	70	408	398	915	907	1448	1888	2557	3142
170	-	-	-	-	-	224	712	686	1218	1678	2257	2867
180	-	-	-	-	-	40	496	450	954	1455	1918	2575
190	-	-	-	-	-	-	-	202	685	1220	1567	2266
200	-	-	-	-	-	-	-	-	402	972	1203	1941
210	-	-	-	-	-	-	-	-	103	700	817	1598
220	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	463	1240
230	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	855
240	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	473
250	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-



**TABLA No. 11**  
**TABLA DE ESFUERZOS CORTANTES EN TONELADAS**  
**BAILEY ESTÁNDAR - PLATAFORMA DE MADERA**

PIES	S.S.	D.S.	S.S.R.	T.S.	D.S.R.	D.D.	T.S.R.	T.D.	D.T.	D.D.R.	T.T.	T.D.R.
10	29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20	28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
30	27	55	26	-	-	-	-	-	-	-	-	-
40	26	54	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-
50	25	52	24	71	-	-	-	-	-	-	-	-
60	24	51	22	69	48	87	65	-	-	-	-	-
70	23	49	21	67	46	85	63	-	-	-	-	-
80	22	48	20	65	44	83	60	-	-	-	-	-
90	21	46	19	63	42	81	58	111	-	-	-	-
100	20	45	18	62	40	79	55	108	71	74	97	102
110	19	43	17	60	38	77	53	105	68	72	93	98
120	18	42	15	58	36	75	50	103	65	69	90	95
130	17	40	14	56	34	73	48	100	62	67	86	92
140	-	-	-	55	32	70	45	97	59	64	82	88
150	-	-	-	53	30	68	43	95	56	62	78	85
160	-	-	-	51	28	66	40	92	53	59	75	82
170	-	-	-	-	26	64	38	89	50	57	71	78
180	-	-	-	-	-	62	36	86	47	54	67	75
190	-	-	-	-	-	-	-	84	45	51	63	71
200	-	-	-	-	-	-	-	-	42	49	60	68
210	-	-	-	-	-	-	-	-	39	46	56	65
220	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	52	61
230	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	58
240	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	55
250	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

**TABLA No. 12**  
**TABLA DE MOMENTOS FLECTORES ADMISIBLES**  
**PARA CARGA VIVA EN PIES TONELADAS - BAILEY ESTÁNDAR -**  
**PLATAFORMA DE ACERO CON ASFALTO**

PIES	S.S.	D.S.	S.S.R.	T.S.	D.S.R.	D.D.	T.S.R.	T.D.	D.T.	D.D.R.	T.T.	T.D.R.
10	406	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20	395	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
30	376	774	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
40	350	739	761	-	-	-	-	-	-	-	-	-
50	316	694	723	1085	-	-	-	-	-	-	-	-
60	274	638	675	1022	1439	-	2223	-	-	-	-	-
70	225	572	619	947	1359	1432	2127	2238	-	-	-	-
80	169	496	554	860	1267	1334	2016	2118	-	-	-	-
90	106	411	482	763	1164	1223	1891	1983	-	-	-	-
100	33	314	400	652	1045	1098	1750	1831	2458	2756	3900	4318
110	-	208	309	530	917	961	1594	1664	2279	2576	3676	4117
120	-	91	210	397	776	810	1424	1480	2083	2421	3430	3896
130	-	-	101	253	622	647	1239	1281	1870	2231	3164	3677
140	-	-	-	93	459	471	1039	1056	1640	2025	3130	3397
150	-	-	-	-	279	281	825	835	1393	1805	2568	3119
160	-	-	-	-	88	78	595	587	1128	1568	2237	2822
170	-	-	-	-	-	-	351	325	857	1317	1896	2506
180	-	-	-	-	-	-	91	45	549	1050	1513	2170
190	-	-	-	-	-	-	-	-	235	770	1117	1796
200	-	-	-	-	-	-	-	-	-	472	703	1441
210	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	267	1048
220	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	635
230	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	194
240	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
250	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

**TABLA No. 13**  
**TABLA DE ESFUERZOS CORTANTES EN TONELADAS**  
**BAILEY ESTÁNDAR - PLATAFORMA DE ACERO CON ASFALTO**

PIES	S.S.	D.S.	S.S.R.	T.S.	D.S.R.	D.D.	T.S.R.	T.D.	D.T.	D.D.R.	T.T.	T.D.R.
10	28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20	27	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
30	25	53	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
40	24	52	23	-	-	-	-	-	-	-	-	-
50	22	49	21	69	-	-	65	-	-	-	-	-
60	21	48	19	66	45	-	62	-	-	-	-	-
70	19	45	17	64	42	81	60	112	-	-	-	-
80	18	44	16	61	40	79	57	109	-	-	-	-
90	16	41	14	59	37	76	54	106	-	-	-	-
100	15	40	18	57	35	74	51	103	66	69	92	97
110	-	37	11	55	33	71	48	99	62	66	87	92
120	-	36	9	52	30	69	45	97	59	63	84	89
130	-	-	7	50	27	66	42	93	55	60	79	85
140	-	-	-	48	25	63	40	90	52	57	75	81
150	-	-	-	46	22	60	37	87	48	54	70	77
160	-	-	-	43	20	58	34	84	45	51	67	74
170	-	-	-	41	-	-	31	80	41	48	62	69
180	-	-	-	38	-	-	28	77	38	45	58	66
190	-	-	-	-	-	-	-	-	35	41	53	61
200	-	-	-	-	-	-	-	-	-	39	50	58
210	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	45	54
220	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	50
230	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	46
240	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
250	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

**TABLA No. 14**  
**TABLA DE MOMENTOS FLECTORES ADMISIBLES**  
**PARA CARGA VIVA EN PIES TONELADAS - BAILEY ESTÁNDAR**  
**ENSANCHADO - PLATAFORMA DE MADERA**

PIES	S.S.	D.S.	S.S.R.	T.S.	D.S.R.	D.D.	T.S.R.	T.D.	D.T.	D.D.R.	T.T.	T.D.R.
10	406	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20	397	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
30	380	778	794	-	-	-	-	-	-	-	-	-
40	358	745	768	-	-	-	-	-	-	-	-	-
50	330	707	735	1090	-	-	-	-	-	-	-	-
60	288	650	696	1032	1452	-	-	-	-	-	-	-
70	245	594	642	967	1375	1450	2146	2240	-	-	-	-
80	200	520	588	888	1290	1360	2040	2145	-	-	-	-
90	140	444	515	802	1192	1227	1927	2010	-	-	-	-
100	70	348	447	695	1094	1138	1794	1868	2500	2803	3967	4362
110	-	265	373	587	965	1014	1648	1714	2330	2640	3718	4168
120	-	110	280	465	833	875	1435	1538	2141	2487	3490	3959
130	-	76	200	340	707	723	1316	1357	1936	2291	3404	3732
140	-	-	-	185	567	555	1133	1086	1708	2136	2942	3488
150	-	-	-	93	394	387	880	879	1487	1908	2637	3230
160	-	-	-	-	218	180	700	688	1231	1687	2349	2938
170	-	-	-	-	52	18	482	460	845	1452	1994	2641
180	-	-	-	-	-	-	-	197	547	1148	1642	2324
190	-	-	-	-	-	-	-	-	380	944	1260	1985
200	-	-	-	-	-	-	-	-	95	670	865	1627
210	-	-	-	-	-	-	-	-	-	280	430	1286
220	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	122	692
230	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	450
240	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
250	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

**TABLA No. 15**  
**TABLA DE ESFUERZOS CORTANTES EN TONELADAS - BAILEY**  
**ESTÁNDAR ENSANCHADO - PLATAFORMA DE MADERA**

PIES	S.S.	D.S.	S.S.R.	T.S.	D.S.R.	D.D.	T.S.R.	T.D.	D.T.	D.D.R.	T.T.	T.D.R.
10	27	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20	26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
30	25	54	24	-	-	-	-	-	-	-	-	-
40	24	52	23	-	-	-	-	-	-	-	-	-
50	22	50	21	69	-	-	-	-	-	-	-	-
60	21	48	20	67	45	84	63	-	-	-	-	-
70	20	46	18	65	43	82	60	-	-	-	-	-
80	18	44	17	62	40	80	57	-	-	-	-	-
90	17	42	16	60	38	77	54	107	-	-	-	-
100	16	40	14	58	36	75	51	104	70	69	97	98
110	-	39	13	56	34	73	49	101	67	68	93	94
120	-	36	11	54	32	70	46	99	64	65	89	91
130	-	35	9	51	30	68	43	95	61	62	85	87
140	-	-	-	49	27	65	40	92	58	59	81	83
150	-	-	-	47	25	63	37	90	55	57	77	80
160	-	-	-	-	23	61	34	88	52	54	74	76
170	-	-	-	-	20	59	32	84	49	51	70	72
180	-	-	-	-	-	-	-	80	46	48	66	68
190	-	-	-	-	-	-	-	-	43	45	62	65
200	-	-	-	-	-	-	-	-	40	43	58	62
210	-	-	-	-	-	-	-	-	-	39	54	58
220	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	51	54
230	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	51
240	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
250	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

**TABLA No. 16**  
**TABLA DE MOMENTOS FLECTORES ADMISIBLES PARA CARGA VIVA**  
**EN PIES TONELADAS - BAILEY ESTÁNDAR ENSANCHADO -**  
**PLATAFORMA DE ACERO CON ASFALTO**

PIES	S.S.	D.S.	S.S.R.	T.S.	D.S.R.	D.D.	T.S.R.	T.D.	D.T.	D.D.R.	T.T.	T.D.R.
10	402	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20	395	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
30	376	772	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
40	349	735	760	-	-	-	-	-	-	-	-	-
50	315	688	722	1080	-	-	-	-	-	-	-	-
60	273	630	670	1016	1431	-	2215	-	-	-	-	-
70	224	663	612	938	1350	1424	2117	2227	-	-	-	-
80	167	485	553	849	1258	1324	2005	2105	-	-	-	-
90	102	398	480	749	1150	1210	1875	1964	-	-	-	-
100	30	297	398	636	1082	1088	1733	1808	2430	2747	3870	4310
110	-	188	307	512	898	948	1576	1638	2247	2587	3642	4100
120	-	69	180	374	757	792	1397	1448	2049	2408	3390	3880
130	-	-	87	220	593	625	1210	1250	1828	2212	3105	3635
140	-	-	-	105	421	445	1002	1030	1575	2010	2810	3395
150	-	-	-	-	238	247	790	784	1338	1782	2510	3095
160	-	-	-	-	44	39	554	537	1071	1543	2175	2830
170	-	-	-	-	-	-	298	269	775	1270	1815	2660
180	-	-	-	-	-	-	42	-	283	1020	1420	2130
190	-	-	-	-	-	-	-	-	152	733	1030	1750
200	-	-	-	-	-	-	-	-	-	431	600	1380

**TABLA No. 17**  
**TABLA DE ESFUERZOS CORTANTES EN TONELADAS**  
**BAILEY ESTÁNDAR ENSANCHADO - PLATAFORMA**  
**DE ACERO CON ASFALTO**

PIES	S.S.	D.S.	S.S.R.	T.S.	D.S.R.	D.D.	T.S.R.	T.D.	D.T.	D.D.R.	T.T.	T.D.R.
10	28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20	27	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
30	25	53	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
40	24	52	23	-	-	-	-	-	-	-	-	-
50	22	49	21	67	-	-	-	-	-	-	-	-
60	21	48	19	65	45	-	61	-	-	-	-	-
70	19	45	17	63	42	81	58	112	-	-	-	-
80	18	44	16	59	40	78	54	109	-	-	-	-
90	16	41	14	57	37	76	51	106	-	-	-	-
100	15	40	13	55	35	73	48	103	65	69	90	95
110	-	37	11	52	32	70	45	99	61	66	85	90
120	-	36	9	50	29	68	42	97	57	63	82	87
130	-	-	7	47	27	65	39	93	54	59	77	83
140	-	-	-	45	24	62	35	90	50	56	73	79
150	-	-	-	-	21	59	32	86	47	53	68	75
160	-	-	-	-	19	57	29	83	43	50	65	71
170	-	-	-	-	-	-	27	79	40	47	60	67
180	-	-	-	-	-	-	23	-	36	44	56	63
190	-	-	-	-	-	-	-	-	34	41	50	59
200	-	-	-	-	-	-	-	-	-	37	47	55

**TABLA No. 18**  
**TABLA DE MOMENTOS FLECTORES ADMISIBLES PARA CARGA VIVA**  
**EN PIES TONELADAS - BAILEY EXTRA-ANCHO -**  
**PLATAFORMA DE MADERA**

PIES	S.S.	D.S.	S.S.R.	T.S.	D.S.R.	D.D.	T.S.R.	T.D.	D.T.	D.D.R.	T.T.	T.D.R.
10	406	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20	395	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
30	376	772	791	-	-	-	-	-	-	-	-	-
40	345	735	760	-	-	-	-	-	-	-	-	-
50	315	668	721	1079	-	-	-	-	-	-	-	-
60	273	629	673	1012	1431	-	-	-	-	-	-	-
70	224	561	617	934	1348	1420	2114	2225	-	-	-	-
80	167	481	552	843	1252	1319	200	2101	-	-	-	-
90	102	392	478	741	1144	1204	1869	1962	-	-	-	-
100	30	291	396	626	1023	1076	1724	1805	2421	2734	3859	4292
110	-	180	304	499	899	934	1563	1633	2235	2569	3624	4086
120	-	58	205	360	743	778	1387	1444	2030	2388	3373	3860
130	-	-	96	209	584	609	1195	1238	1808	2192	3096	3613
140	-	-	-	46	412	426	955	1016	1568	1981	2798	3347
150	-	-	-	-	227	230	766	778	1311	1753	2477	3062
160	-	-	-	-	30	21	529	523	1035	1510	2134	2757
170	-	-	-	-	-	-	276	251	742	1251	1768	2432
180	-	-	-	-	-	-	-	-	431	977	1382	2087
190	-	-	-	-	-	-	-	-	102	687	973	1723
200	-	-	-	-	-	-	-	-	-	381	542	1339
210	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	88	936
220	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	512
230	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	69
240	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
250	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-



**TABLA No. 19**  
**TABLA DE ESFUERZOS CORTANTES EN TONELADAS**  
**BAILEY EXTRA-ANCHO - PLATAFORMA DE MADERA**

PIES	S.S.	D.S.	S.S.R.	T.S.	D.S.R.	D.D.	T.S.R.	T.D.	D.T.	D.D.R.	T.T.	T.D.R.
10	26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
30	24	53	23	-	-	-	-	-	-	-	-	-
40	23	51	22	-	-	-	-	-	-	-	-	-
50	21	49	20	68	-	-	-	-	-	-	-	-
60	20	46	19	65	44	83	-	-	-	-	-	-
70	18	44	17	63	42	80	58	-	-	-	-	-
80	17	42	15	60	39	78	55	-	-	-	-	-
90	15	40	14	58	37	75	52	105	-	-	-	-
100	14	38	12	56	34	72	49	101	70	68	97	96
110	-	36	10	53	32	70	46	98	67	65	93	92
120	-	34	9	51	29	67	42	95	64	62	89	88
130	-	-	7	48	27	64	40	92	61	59	85	84
140	-	-	-	46	24	62	37	88	58	56	81	80
150	-	-	-	-	21	59	34	85	55	53	77	76
160	-	-	-	-	19	57	31	82	52	50	74	72
170	-	-	-	-	-	-	28	79	49	47	70	68
180	-	-	-	-	-	-	-	-	46	44	66	63
190	-	-	-	-	-	-	-	-	43	40	62	60
200	-	-	-	-	-	-	-	-	-	38	58	57
210	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	54	53
220	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	49
230	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	45
240	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
250	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

**TABLA No. 20**  
**TABLA DE MOMENTOS FLECTORES ADMISIBLES PARA CARGA VIVA**  
**EN PIES TONELADAS - BAILEY EXTRA-ANCHO - PLATAFORMA DE**  
**ACERO CON ASFALTO**

PIES	S.S.	D.S.	S.S.R.	T.S.	D.S.R.	D.D.	T.S.R.	T.D.	D.T.	D.D.R.	T.T.	T.D.R.
10	402	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20	395	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
30	376	772	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
40	349	735	760	-	-	-	-	-	-	-	-	-
50	315	688	722	1080	-	-	-	-	-	-	-	-
60	245	630	659	1014	1431	-	2215	-	-	-	-	-
70	224	560	610	936	1348	1421	2115	2223	-	-	-	-
80	167	480	502	846	1253	1320	2002	2100	-	-	-	-
90	102	393	480	745	1143	1206	1872	1958	-	-	-	-
100	30	290	397	555	949	1077	1728	1800	2420	2745	3855	4302
110	-	180	306	505	890	937	1570	1628	2235	2582	3620	4092
120	-	60	150	366	745	672	1291	1323	2035	2401	3365	3864
130	-	-	65	210	580	612	1200	1228	1810	2203	3090	3617
140	-	-	-	-	410	432	990	1003	1570	1998	2795	3352
150	-	-	-	-	225	232	775	768	1310	1768	2465	3067
160	-	-	-	-	-	-	538	506	850	1380	1925	2584
170	-	-	-	-	-	-	280	228	740	1258	1755	2422
180	-	-	-	-	-	-	-	-	235	998	1365	2082
190	-	-	-	-	-	-	-	-	110	708	965	1720
200	-	-	-	-	-	-	-	-	-	403	525	1330

**TABLA No. 21**  
**TABLA DE ESFUERZOS CORTANTES EN TONELADAS**  
**BAILEY EXTRA-ANCHO - PLATAFORMA DE ACERO CON ASFALTO**

PIES	S.S.	D.S.	S.S.R.	T.S.	D.S.R.	D.D.	T.S.R.	T.D.	D.T.	D.D.R.	T.T.	T.D.R.
10	28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20	27	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
30	25	54	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
40	24	51	23	-	-	-	-	-	-	-	-	-
50	22	49	21	66	-	-	-	-	-	-	-	-
60	21	47	19	63	45	-	59	-	-	-	-	-
70	19	45	18	61	42	81	56	110	-	-	-	-
80	18	43	17	58	40	78	52	106	-	-	-	-
90	16	41	14	55	37	76	49	103	-	-	-	-
100	15	39	13	53	35	73	46	99	65	69	106	92
110	-	37	11	49	32	70	42	95	61	66	101	87
120	-	34	7	47	29	68	39	91	57	63	97	83
130	-	-	6	44	27	65	36	88	54	59	92	79
140	-	-	-	-	24	62	33	84	50	56	88	75
150	-	-	-	-	21	59	29	80	47	53	83	70
160	-	-	-	-	-	-	26	77	43	50	79	66
170	-	-	-	-	-	-	23	73	40	47	75	63
180	-	-	-	-	-	-	-	-	36	44	70	58
190	-	-	-	-	-	-	-	-	33	41	66	54
200	-	-	-	-	-	-	-	-	-	37	61	50

**TABLA No. 22**  
**MOMENTOS DE INERCIA PARA LAS DIFERENTES**  
**CONSTRUCCIONES BAILEY**

CONSTRUCCIÓN	I PULGADA <sup>4</sup>	cm <sup>4</sup>	Z PULGADAS <sup>3</sup>	cm <sup>3</sup>
S.S.	13.600	566.070	446	7.308
D.S.	27.200	1.132.140	892	14.617
S.S.R	31.300	1.302.800	906	14.846
T.S.	40.800	1.698.200	1.338	21.925
Q.S.	54.400	2.264.290	1.784	29.234
D.S.R.	62.600	2.605.600	1.812	29.693
D.D.	116.688	4.856.900	1.912	31.331
T.S.R.	93.900	3.908.400	2.718	44.540
T.D.	175.032	7.285.350	2.868	47.000
D.T.	330.520	13.757.200	3.612	59.190
C.S.R.	125.200	5.211.200	3.624	59.380
C.D.	233.376	9.713.800	3.824	62.664
D.D.R.	249.488	10.384.440	3.838	62.890
T.T.	495.780	20.635.850	5.418	88.780
T.D.R.	374.232	15.576.650	5.757	94.340
D.T.R.	622.920	25.927.800	6.520	106.843
C.T.	661.040	27.514.400	7.224	118.380
C.D.R.	498.976	20.768.880	7.676	125.780
T.T.R.	934.380	38.891.700	9.718	160.260
C.T.R.	1.245.840	51.855.600	13.040	213.680
<b>MOMENTOS DE INERCIA PARA LOS DIFERENTES COMPONENTES BAILEY</b>				
TRAVESAÑO ESTÁNDAR	122	5.078	24.5	402
TRAVESAÑO E.A.	221	9.198	36.8	603
LARGUERO DE TRES VIGUETAS	11	458	5.5	90



**TABLA No. 24**  
**CAPACIDAD TOTAL DE ESFUERZO CORTANTE PARA**  
**CONSTRUCCIONES NORMALES DE PUENTES BAILEY**

CONSTRUCCIONES	E. C. TONELADAS		
	CARGA DE PRUEBA	CARGA DE FALLA	CARGA DE TRABAJO
SIMPLE SIMPLE			
SIMPLE SIMPLE REFORZADO	56	64	30
DOBLE SIMPLE			
DOBLE SIMPLE REFORZADO	93	100	60
TRIPLE SIMPLE			
TRIPLE SIMPLE REFORZADO	115	135	80
DOBLE DOBLE			
DOBLE DOBLE REFORZADO	125	160	100
TRIPLE DOBLE			
TRIPLE DOBLE REFORZADO	150	210	135
DOBLE TRIPLE	125	160	100
TRIPLE TRIPLE	150	210	135

La carga de trabajo debe cubrir:

- Carga muerta de la estructura.
- Carga viva.
- Efecto dinámico e impacto.

**TABLA No. 25**  
**DIMENSIONES CRÍTICAS**

Anchura del camino entre los guardarruedas de acero	12'6"
Anchura del camino entre los guardacelosías de madera	14'1"
Distancia lateral entre las líneas centrales de las vigas maestras	
Vigas interiores	14'10"
Vigas del medio	17'10"
Vigas exteriores	19'3"
Distancia lateral entre las líneas centrales de las placas de base:	
Puente S	14'10"
Puente D	16'4"
Puente T	17'3-1/2"
Distancia lateral entre las orillas exteriores de las placas de base:	
Puente S	19'5"
Puente D	20'11"
Puente T	21'10-1/2"
Distancia lateral entre los salientes de medición de las bases de los rodillos oscilantes	11'6-1/2"
Distancia lateral entre los salientes de medición de las bases de los rodillos sencillos:	
Puentes SS y DS	11'6-1/2"
Puentes TS, DD, TD, DT y TT	10'10-1/2"
Espaciamiento longitudinal entre los rodillos sencillos	25'
Altura desde la base de la placa de base hasta la parte superior de los tablonos de piso transversal	28-5/35"
Altura desde la base de la plantilla del rodillo oscilante hasta la parte superior del mismo	16'5/16"
Altura desde la base de la plantilla del rodillo sencillo hasta la parte superior del mismo	8-15/16"

*continúa pág. siguiente*

Continuación tabla No. 25

Altura desde la base del pedestal de rampa hasta la parte superior de los tablonos de piso transversal de la rampa	17-1/4"
Altura desde el fondo del saliente semicircular ubicado debajo del extremo inclinado de la rampa hasta la parte superior de los tablonos de piso transversal de la rampa	5-7/8"
Altura desde la parte superior de los tablonos de piso transversal de piso hasta el arriostamiento superior:	
Normal	14'7"
Improvisado	12'3"
Altura desde la base del soporte hasta la parte inferior del panel	5-17/32"
Altura desde la parte inferior del panel hasta la parte superior de los tablonos de piso transversal de piso	20-11/16"
Altura desde la parte inferior del saliente semicircular del poste final hasta la parte superior de los tablonos de piso transversal	22-13/32"
Altura desde la base del soporte del rodillo oscilante hasta la parte superior del rodillo oscilante	13-5/16"



**TABLA No. 26**  
**CLASIFICACIÓN DOBLE DEL PUENTE TIPO BAILEY. M23.78 M**  
**(CALZADA DE 150 PULGADAS)**  
**CLASE POR TIPO DE CONSTRUCCIÓN Y TIPO DE CRUCE**

Luz del puente expresada en pies.	SS			DS			TS			DD			TD			DT			TT		
	N	P	A	N	P	A	N	P	A	N	P	A	N	P	A	N	P	A	N	P	A
30	(30)	(42)	(47)																		
	30	37	42																		
40	(24)	(36)	(40)																		
		34	38																		
50	(33)	(36)	(75)	(83)	(88)																
	24	31	35	70	86	84															
60	(20)	(30)	(33)	(65)	(77)	(85)															
	29	32	35	73	79																
70	(20)	(24)	(30)	(60)	(68)	(78)															
			30	60	68	75															
80	(16)	(20)	(50)	(60)	(66)	(85)	(95)	(100)*													
			55	60	64	80	90	90*													
90	(12)	(16)	(19)	(40)	(50)	(55)	(65)	(74)	(82)												
				45	50	55	65	75	82												
100	(8)	(12)	(14)	(30)	(37)	(42)	(50)	(57)	(64)	(80)	(86)	(96)									
				30	39	44	55	60	66	80	90	90									
110				(20)	(30)	(34)	(35)	(47)	(52)	(65)	(72)	(80)	(90)	(100)*	(100)*						
				32	36	40	49	54	70	76	83	90*	90*	90*							
120				(16)	(23)	(27)	(30)	(38)	(43)	(45)	(57)	(64)	(75)	(83)	(91)						
				30	35	41	45	55	61	68	80	90*	90*								
130				(12)	(18)	(21)	(20)	(31)	(35)	(35)	(47)	(53)	(55)	(65)	(74)	(80)	(90)				
				33	38	45	50	55	60	72	80	80	90*	90*							
140				(8)	(14)	(17)	(16)	(24)	(29)	(30)	(39)	(44)	(45)	(57)	(64)	(70)	(80)	(88)			
				31	35	42	48	55	62	70	70	90*	90*								
150				(12)	(18)	(22)	(24)	(32)	(36)	(35)	(47)	(54)	(60)	(71)	(85)						
				35	40	45	51	58	60	85	90*										
160				(6)	(15)	(17)	(16)	(25)	(30)	(30)	(37)	(45)	(55)	(69)	(80)	(80)	(100)	(100)*			
				33	35	41	48	55	78	89	75	90*	90*								
170				(4)	(10)	(13)	(12)	(19)	(24)	(20)	(31)	(36)	(45)	(57)	(64)	(70)	(80)	(90)			
				34	40	50	64	74	70	90*	90*										
180				(8)	(15)	(18)	(16)	(24)	(29)	(35)	(48)	(55)	(55)	(66)	(77)						
				32	45	53	60	60	75	87											
190				(12)	(18)	(22)	(30)	(36)	(45)	(45)	(59)	(68)									
				35	43	51	55	66	77												
200				(20)	(32)	(38)	(35)	(48)	(55)												
				36	43	40	52	62													
210				(18)	(25)	(31)	(24)	(38)	(46)												
				35				43	51												

- Notas: 1. N= Normal, P= De Precaución, A= Arriesgado  
 2. Limitado por la anchura de calzada.  
 3. El número superior representa la clase de carga para vehículos de rueda.  
 El número inferior representa la clase de carga para vehículos de oruga.  
 Ejemplo: (46)  
 51  
 4. Puentes que tienen una capacidad normal mayor a la clase 70 deben ser construidos con travasas dobles  
 5. La clasificación sencilla se considera menor de la clase 30.

**TABLA No. 27**  
**MATERIAL NECESARIO, POR SECCIÓN,**  
**PARA LOS VARIOS TIPOS DE PUENTES BAILEY**

PIEZAS	SECCIÓN FINAL 1					SECCIÓN INTERIOR					SECCIÓN DE RAMPA					SECCIÓN FINAL 2					NARIZ	
	SS	DS	TS	DD	TD	SS	DS	TS	DD	TD	SS	DS	TS	DD	TD	SS	DS	TS	DD	TD	SS	DS
Apoyo de puente	2	2	2	2	2												2	4	4	4		
Perno de cabeza	4	12	16	20	28	4	12	16	20	28						8	16	14	32	40	4	12
Marco de refuerzo		2	2	4	4		2	2	4	4							2	2	6	6		2
Tablones	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	26	26	26	26	26	13	13	13	13	13		
Pasador de tornillo				8	12				8	12									8	12		
Poste final macho	2	4	6	4	6																	
Poste final hembra																2	4	6	4	6		
Piso de pasarela	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2						2	2	2	2	2		
Soporte de pasarela	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4						6	6	6	6	6		
Poste de pasamanos	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4						6	6	6	6	6		
Panel	2	4	6	8	12	2	4	6	8	12						2	4	6	8	12	2	4
Pasador de panel	4	8	12	18	18	4	8	12	16	24						8	16	24	28	42	4	8
Puntal	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2						4	4	4	4	4	2	2
Pedestal de rampa											4	4	4	4	4							
Rampa botón											4	4	4	4	4							
Guardabanda	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	4	4	4	4	4	2	2	2	2	2		
Abrazadera de guardabanda	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	16	16	16	16	16	8	8	8	8	8		

continúa pág. siguiente

Continuación tabla No. 27

PIEZAS	SECCIÓN FINAL 1					SECCIÓN INTERIOR					SECCIÓN DE RAMPA					SECCIÓN FINAL 2					NARIZ	
	SS	DS	TS	DD	TD	SS	DS	TS	DD	TD	SS	DS	TS	DD	TD	SS	DS	TS	DD	TD	SS	DS
Larguero de botones	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2						2	2	2	2	2		
Larguero sencillo	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3						3	3	3	3	3		
Varilla tensora	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2						2	2	2	2	2	2	2
Placa de unión			2		4			2		4								4		4		
Travesaño	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	3	3		3			1
Abrazadera de travesaño	4	8	12	8	12	4	8	12	8	12						4	8	12	8	12	2	
Cordón de refuerzo				2	2	2	2	2	2	2												

- Nota:
- El primer tramo de nariz no lleva varillas tensoras.
  - La selección interior se multiplica por el número de secciones interiores del puente.
  - Siempre se debe alistar del 20% al 50% de piezas de reserva.
  - La sección de rampa se multiplica por 2 para los 2 extremos del puente.
  - Se debe incluir la herramienta necesaria de acuerdo con el tipo de puente.

**TABLA No. 28**  
**NÚMERO DE FILAS DE RODILLOS SENCILLOS**  
**O FIJOS NECESITADOS EN EL PUENTE**

LONGITUD DEL PUENTE EN PIES	TIPO DE PUENTE						
	S.S.	D.S.	T.S.	D.D.	T.D.	D.T.	T.T.
30-50	2	2					
60-80	4	4	4				
90	6	4	4				
100	6	6	4	4			
110-120		6	6	6	6		
130		6	6	6	6	6	
140		6	8	8	6	6	
150			8	8	8	8	
160			8	8	8	8	6
170				8	8	8	6
180				8	10	8	8
190					10	10	8
200-210						10	8

Nota: Los puentes S.S. y D.S. tienen 2 rodillos por fila, todos los otros tienen 4.

**TABLA No. 29**  
**TIEMPO ESTIMADO DE CONSTRUCCIÓN**  
**(en horas)**

LUZ EN PIES	TIPO DE PUENTE						
	SIMPLE SIMPLE	DOBLE SIMPLE	TRIPLE SIMPLE	DOBLE DOBLE	TRIPLE DOBLE	DOBLE TRIPLE	TRIPLE TRIPLE
	TIEMPO EN HORAS						
	CONSTRUCCIÓN POR MANO DE OBRA ÚNICAMENTE, SIN CONTAR ADECUACIÓN DE ORILLAS						
40	1 ½						
60	1 ¾	2					
80	2	2 ½	3				
100	2 ¼	3	3 ½	4 ¼			
120		3 ½	4	5	6 ¾		
140		3 ¾	4 ½	5 ¼	7 ½	11 ¾	
160			5	6 ¼	8 ½	13 ¼	19
180				7	9 ½	14 ¾	21 ¼
200						16 ¼	24

**OBSERVACIÓN:** El tiempo previsto en la tabla sufre variaciones en los siguientes casos:

- 50% durante la noche.
- 20% construcción con tropa sin entrenamiento.
- 30% con mal tiempo.

**TABLA No. 30**  
**CAPACIDAD ÓPTIMA PARA VARIOS TIPOS DE SUELO**

DESCRIPCIÓN DEL SUELO	CAPACIDAD DEL SUELO EN TONELADAS X PIE CUADRADO
Suelo rocoso	12
Suelo muy compacto de piedras y arena	10
Gravas sueltas y piedras areniscas	6
Arena compacta y arenas gravosas	6
Arena muy compacta, suelos con sedimentos inorgánicos	6
Arcilla compacta, seca y dura	5
Arena gruesa suelta hasta un tipo medio, arena medianamente fina y compacta	4
Arena arcillosa y compacta	3
Arena fina, suelta, arena medianamente compacta, suelos con sedimentos inorgánicos	2
Arcilla dura	1.5
Suelos arcillosos saturados de arena suelta y arcillas medianamente suaves	1

**TABLA No. 31**  
**MÁXIMA CARGA CONCENTRADA SOPORTADA**  
**POR PUENTES ESTÁNDAR O M-1**  
**(en toneladas 2.240 lb.)**

MEDIDAS		TIPO DE CONSTRUCCIÓN									
PIES	METROS	S.S.	S.S.R.	D.S.	D.S.R.	T.S.	T.S.R.	D.D.	D.D.R.	T.D.	T.D.R.
20	6.10	23.0	-	42.0	-	64.0	-	80.0	-	111.0	-
30	8,15	23,5	-	46.0	-	62.0	-	78.0	-	106.0	-
40	12,2	22.0	-	45.0	-	60.5	-	76.0	-	103.0	-
50	15,25	21.0	-	43.0	-	59.0	-	74,7	-	101.0	-
60	18,3	17,5	18,5	37,5	40.0	57,5	-	72,5	-	99,5	-
70	21,35	13,5	17,5	30.0	38.0	48,5	52,5	71.0	-	97.0	-
80	24,4	10.0	16,5	24.0	36,5	39.0	50.0	59,5	66,5	88.0	90.0
90	27,45	7,5	15,5	18,5	35.0	32.0	48.0	49,5	64.0	74.0	8,5
100	30,5	5.0	14,5	14,5	34.0	26.0	46.0	41.0	62.0	62,5	85.0
110	33,55	-	13,5	10,5	32.0	20,5	43,5	34.0	60.0	52,5	81,5
120	36,6	-	10,5	7,5	26,5	16.0	41,5	27,5	58.0	43,5	79.0
130	39,65	-	7,5	-	21,5	13,5	37,5	22.0	56.0	36.0	76.0
140	42,7	-	5.0	-	16,5	8.0	31.0	17,5	53,5	29.0	73.0
150	45,75	-	-	-	12.0	-	24,5	13.0	46,5	23.0	70,5
160	48,8	-	-	-	8,5	-	19.0	8,5	39,5	17.0	65.0
170	51,85	-	-	-	-	-	14.0	-	33.0	11,5	56.0
180	54,9	-	-	-	-	-	9,5	-	27.0	6,5	47,5
190	57,95	-	-	-	-	-	-	-	22.0	-	39,5
200	61.0	-	-	-	-	-	-	-	16,5	-	32.0

**TABLA No. 32**  
**MÁXIMA CARGA CONCENTRADA SOPORTADA**  
**POR PUENTES ESTÁNDAR ENSANCHADOS O M-2**  
**(en toneladas - 2.240 lb)**

MEDIDAS		TIPO DE CONSTRUCCIÓN									
PIES	METROS	S.S.	S.S.R.	D.S.	D.S.R.	T.S.	T.S.R.	D.D.	D.D.R.	T.D.	T.D.R.
20	6.10	23.0		46.5		63.0		79.0		109.0	
30	9.15	22.0		45.5		61.0		77.0		106.0	
40	12.2	21.0		43.0		59.0		75.0		103.0	
50	15.3	20.0		42.0		57.0		73.0		100.5	
60	18.3	16.0	17.0	36.5	38.5	55.0		71.0		97.5	
70	21.4	12.0	16.0	28.5	36.5	47.5	51.0	68.5		94.5	
80	24.4	8.0	15.0	22.0	35.0	37.0	48.0	57.5	64.5	86.0	88.0
90	27.5	5.0	13.5	16.5	32.0	30.0	45.5	47.5	62.0	71.5	85.0
100	30.5		12.5	12.0	30.5	23.5	44.0	38.5	59.5	60.0	82.0
110	33.6		11.0	8.0	26.5	18.0	42.0	31.5	57.0	49.5	79.0
120	36.6		8.0		21.0	12.5	39.5	24.5	55.0	40.5	76.0
130	39.7				15.0	9.0	34.5	19.0	52.5	32.5	72.5
140	42.7				10.0	5.0	27.5	14.0	50.0	25.5	69.5
150	45.8				5.0		21.0	9.0	43.0	19.0	66.5
160	48.8						15.5	5.0	36.0	13.0	61.0
170	51.9						10.0		29.0	6.5	51.5
180	54.9						5.0		22.5		42.5
190	58.0								17.0		34.5
200	61.0								11.5		26.5



**TABLA No. 33**  
**TIPO DE EMPARRILLADO DE ACUERDO CON LA CAPACIDAD APORTANTE DEL SUELO**

CONDICION	CAPACIDAD DEL SUELO X M <sup>2</sup> CUADRADO	30'	40'	50'	60'	70'	80'	90'	100'	110'	120'	130'	140'	150'	160'	170'	180'	190'	200'	210'	
		SS	0.5 1.0 2.0 2.5 3.5	5,7.8 4 1 N N	5,6,7.8 3 N N N	5,6,7.8 3 N N N	4 1 N N N	4 1 N N N	4 1 N N N	4 1 N N N	4 1 N N N										
DS	0.5 1.0 2.0 2.5 3.5			7 5,7.8 4 1 1	7 6,7.8 3 1 N	7,8 4 1 1 N	5,7.8 4 1 1 N	5,7.8 4 1 1 N	5,7.8 4 1 1 N	5,7.8 4 1 1 1	5,7.8 4 1 1 1	5,7.8 4 1 1 1	5,7.8 4 1 1 1								
TS	0.5 1.0 2.0 2.5 3.5					7 5,7.8 4 3 1	7 6,7.8 3 1 1	7,8 4 1 1 1	5,7.8 4 1 1 1	5,7.8 4 1 1 1	5,7.8 4 1 1 1	7 4 1 1 1	7,8 4 1 1 1	5,7.8 4 1 1 1							
DD	0.5 1.0 2.0 2.5 3.5								7 7,8 4 3 1	7 6,7.8 4 1 1	7 6,7.8 3 1 1	7 4 2 1 1	7 4,5,7.8 2 1 1	7 4,7.8 2 1 1	7 4,5,7.8 2 1 1	7 4,7.8 2 1 1	7 4,7.8 2 1 1	7 4,5,7.8 2 1 1	7 4,5,7.8 2 1 1		
TD	0.5 1.0 2.0 2.5 3.5									7 7,8 4,7.8 4,5,7.8 1	7 7,8 4,5,7.8 3 1	7 7,8 4,5,7.8 2 1	7 7,8 4,7.8 2 2	7 7,8 4,7.8 2 2	7 7,8 4,7.8 2 2	7 7,8 4,7.8 2 2	7 7,8 4,7.8 2 2	7 7,8 4,7.8 2 2	7 7,8 4,7.8 2 2		
OT	0.5 1.0 2.0 2.5 3.5											7 7,8 7,8 5,7.8 2	7 7,8 4,7.8 4,5,7.8 2	7 7,8 4,7.8 7,8 2	7 7,8 7,8 7,8 2	7 7,8 7,8 7,8 2	7 7,8 7,8 7,8 2	7 7,8 7,8 7,8 2	7 7,8 7,8 7,8 2	7 7,8 7,8 7,8 2	7 7,8 7,8 7,8 2
TT	0.5 1.0 2.0 2.5 3.5															7 7,8 7,8 7,8 5,7.8	7 7,8 7,8 7,8 5,7.8	7 7,8 7,8 7,8 5,7.8	7 7,8 7,8 7,8 5,7.8	7 7,8 7,8 7,8 5,7.8	7 7,8 7,8 7,8 5,7.8

**TABLA No. 34**  
**DATOS TÉCNICOS DEL EMPARRILLADO**

TIPO DE EMPARRILLADO	ALTURA GENERAL (pulg)	ALTURA DE LA BASE (pulg)	ESPACIO LIBRE NECESARIO PARA SU FUNCIONAMIENTO
1	6	6	4.5
2	15	6	4.5
3	11	11	3.5
4	17	11	4.5
5	16	16	3.5
6	26	20	3.5
7	13	13	3.5

**TABLA No. 35**  
**ORGANIZACIÓN Y ENSAMBLAJE**

DETALLE	NÚMERO DE NCOs Y EM (Número de Suboficiales y Soldados)								
	CLASE DE PUENTE								
	SIMPLE SIMPLE	DOBLE SIMPLE	TRIPLE SIMPLE	DOBLE DOBLE	TRIPLE DOBLE	DOBLE TRIPLE	TRIPLE TRIPLE	DOBLE TRIPLE	TRIPLE TRIPLE
	CONSTRUIDO POR EL HOMBRE SIN AYUDA DE GRÚA						CON AYUDA DE GRÚA*		
GRÚA								0 - 3	0 - 3
Camionero								(1)	(1)
Operador de la Grúa								(1)	(1)
Ayudante								(1)	(1)
PANEL	1 - 14	1 - 14	2 - 28	2 - 32	3 - 50	3-50	3 - 68	3 - 30	3 - 30
Carga	(12)	(12)	(24)	(28)	(44)	(44)	(60)	(24)	(24)
Pasador	(2)	(2)	(4)	(4)	(6)	(6)	(8)	(6)	(6)
TRAVESAÑO	1 - 9	1 - 10	1 - 10	1 - 10	1 - 10	2 - 28	2 - 28	2 - 20	2 - 20
Carga	(8)	(8)	(8)	(8)	(8)	(24)	(24)	(16)	(16)
Abrazadera	(1)	(2)	(2)	(2)	(2)	(4)	(4)	(4)	(4)
TENSORES	1 - 4	1 - 6	1 - 8	1 - 12	1 - 20	1 - 32	1 - 40	1 - 32	1 - 38
Varilla tensora	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(6)	(6)	(6)	(6)
Puntal	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)
Marco de refuerzo		(2)	(2)	(4)	(4)	(8)	(8)	(10)	(8)
Perno de Cordón			(2)	(4)	(8)	(10)	(14)	(10)	(14)
Placa de Unión			(2)		(4)		(4)		(4)
Soporte para arriostamiento						(6)	(6)	(4)	(4)
CUBIERTA	1 - 12	1 - 12	1 - 12	1 - 12	1 - 12	1 - 12	1 - 12	1 - 12	1 - 12
Larguero	(8)	(8)	(8)	(8)	(8)	(8)	(8)	(8)	(8)
Entablillado y baranda	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)
TOTAL	4 - 39	4 - 42	5 - 58	5 - 66	6 - 92	7 - 122	7 - 148	7 - 97	7 - 103

\* Normalmente no se acostumbra utilizar una grúa para el ensamble de puentes triples o dobles.

# SEGUNDA PARTE

## Otros tipos de Puentes Semipermanentes



## CAPÍTULO XII

# Puentes pesados AH - ACROW

### **12.1. Introducción**

En el presente capítulo, haremos referencia al puente inglés denominado "puente pesado AH - ACROW", por ser éste un elemento compatible con el material del puente Bailey. Consideramos útil una breve explicación de sus componentes y empleo general, pero no detallaremos los cálculos y descripción del montaje, puesto que este puente no está disponible en el país, pero en caso de necesidad, existe una representación nacional que puede ampliar los datos técnicos necesarios.

### **12.2. Generalidades**

El puente pesado AH es una solución rápida y sencilla para puentes permanentes o provisionales sobre tramos largos sometidos a cargas pesadas. Debido a su construcción rápida, intercambiabilidad de piezas, transportabilidad y facilidad en su armado, el puente AH es empleado dondequiera que exista un problema urgente de comunicación por tierra.

El puente fue proyectado y desarrollado por Thos Story Engineers de Inglaterra. (Ver figura No. 12-1)

El ancho de la calzada es entre 20 pies (6.10 m) y 24 pies ( 7.32 m), puede soportar el peso de una carretera de doble vía y luces de hasta 300 pies (91.47 m). También pueden ser utilizados en ferrocarriles de una sola vía en luces semejantes (de acuerdo con el tipo de carga ferroviaria).

Se emplea con tableros de hormigón armado *in situ* (con o sin superficie de asfalto, acero o madera). En cada caso, el sistema de tablero está rígidamente conectado con la estructura del puente, formando parte integral del mismo. Se pueden colocar rampas y/o vías peatonales a cada lado de la estructura del puente, en el lado exterior de las vigas principales, manteniendo así a los peatones separados y sin el peligro del tráfico en el puente.

El puente tiene la posibilidad de intercambiar piezas con el material Bailey en lo referente a su nariz de lanzamiento. La uniformidad de componentes similares en el proceso de fabricación controlado por diseños previos, asegura un armado sin dificultades, construcción rápida, intercambiabilidad de piezas, mantenimiento sencillo y reposición de stocks de almacén, que evita altos costos e inevitables demoras de diseños exclusivos, para sitios específicos. (Ver figura No. 12-2).

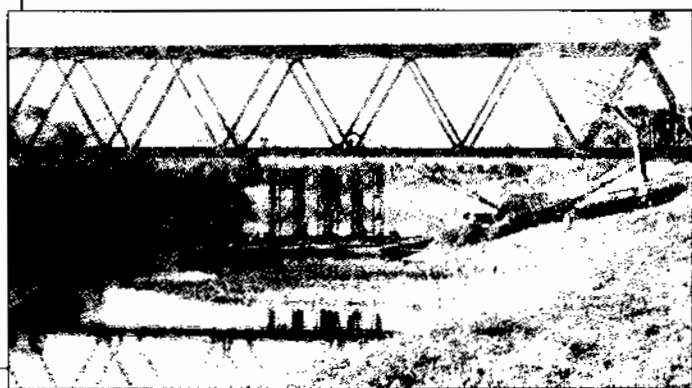


Figura No. 12-1

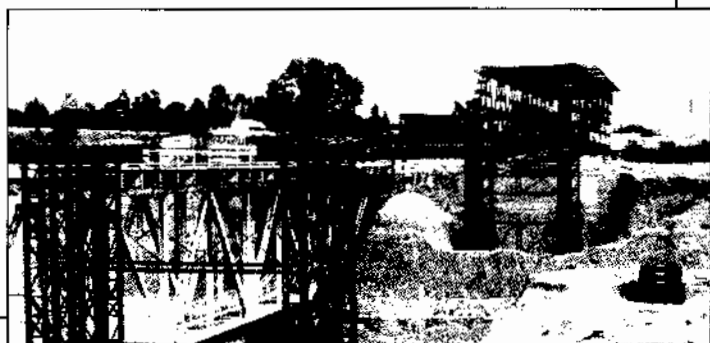


Figura No. 12-2

Cada componente (producido en forma precisa con tolerancias mínimas) es fabricado empleando soldaduras que dan a la estructura facilidad en su manejo, transportabilidad y construcción rápida y sencilla en el sitio de la obra. Los componentes empleados en la construcción del puente AH son fácilmente identificados y facilitan su control. Todos los aceros empleados conforme a la norma Británica 4360 Grado 43 A en el caso de acero dulce, o Grado 50 B para acero estructural de gran resistencia a la tracción. Se emplean técnicas de soldadura con  $CO_2$  en todos los componentes principales del puente, que son sometidos a una rigurosa inspección visual y de laboratorio.

El puente se ha empleado con éxito en diferentes partes del mundo, se destacan los siguientes sitios:

### **Grecia**

Este puente AH, lanzado a través del Canal de Corinto, fue construido con piezas de cordones superiores e inferiores invertidos para formar un puente de tablero superior (en contraste con el tipo de tablero inferior).

### **Puerto Rico**

Este puente de 270 pies de tramo, fue construido para el Ministerio de Obras Públicas de Puerto Rico en embanquetos para proporcionar una ruta caminera alternativa, ya que el antiguo acceso fue sumergido por un nuevo proyecto de embalse. El puente fue terminado en 19 días, por sólo 12 hombres. (Ver figura No. 12-3).

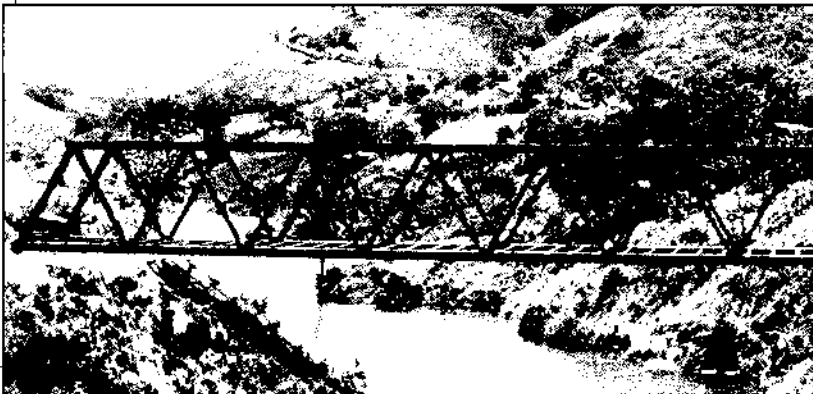


Figura No. 12-3



### Turquía

El puente de 210 pies de tramo, fue construido en una plataforma de cien metros de altura, diseñada localmente y lanzado a través del desfiladero desde la pila del hormigón central. La nariz del lanzamiento Bailey fue desarmada a medida que llegaba al estribo o puesto, debido a lo extremadamente restringido del área de trabajo. (Ver figura No. 12-4).

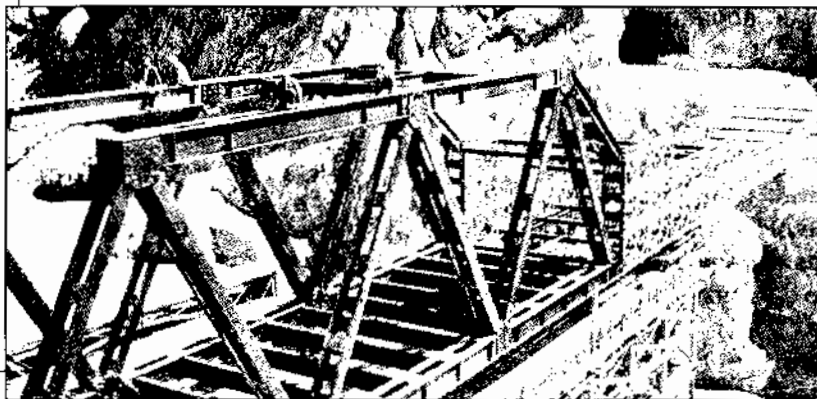
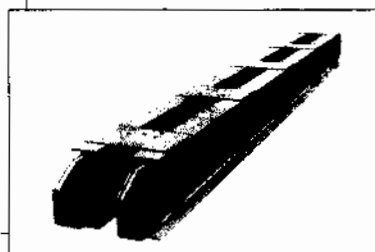
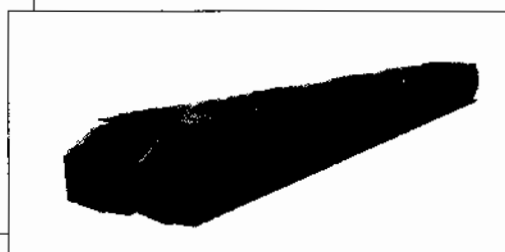


Figura No. 12-4

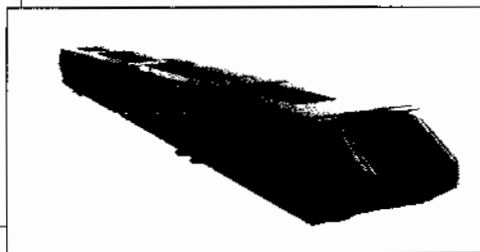
### 12.3. Descripción de componentes básicos



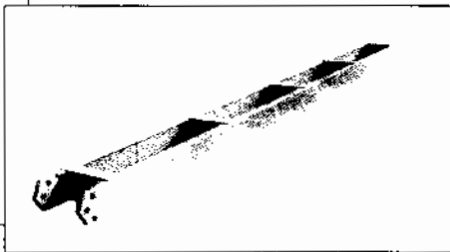
AH. 1 Cordón inferior  
Tipo 1M



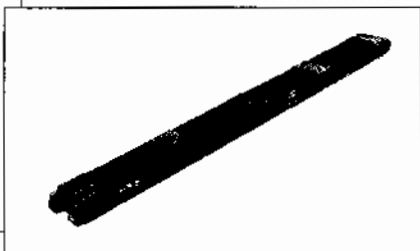
AH. 2 Cordón inferior Reforzado  
Tipo 2  
AH. 3 Cordón inferior Reforzado HST  
Tipo 3



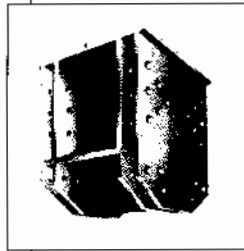
AH. 4 Cordón superior Tipo 1



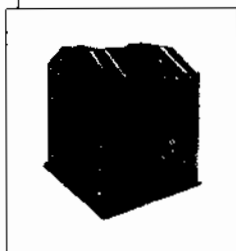
AH. 7 Diagonal liviana



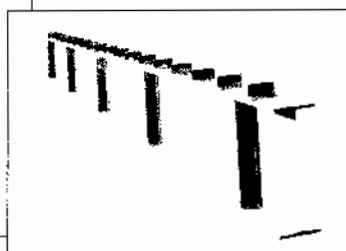
AH. 8 Diagonal pesada  
AH. 9 Diagonal pesada HST



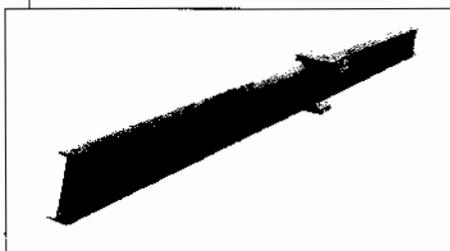
AH. 11 Caja de Empalmes superior pesada



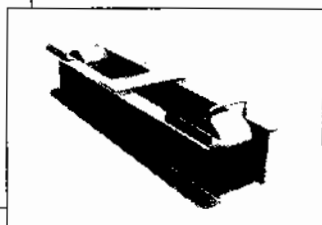
AH. 14 Caja de Empalmes inferior pesada



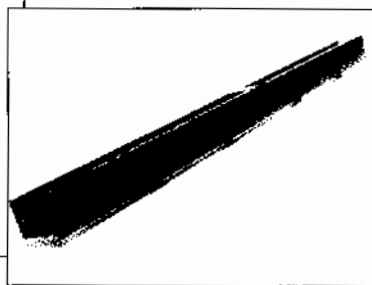
AH. 33 Viga transversal



AH. 19 Refuerzo lateral superior



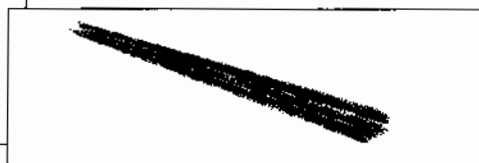
AH. 67C Conjunto de Rodillos



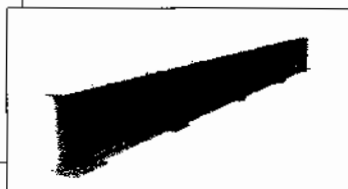
AH. 67A Base para el Conjunto de Rodillos



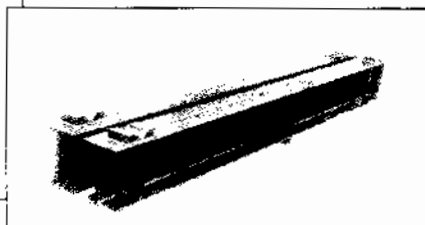
AH. 69B Plancha Central



AH. 69A Diagonal de arriostramiento de la Sección Final



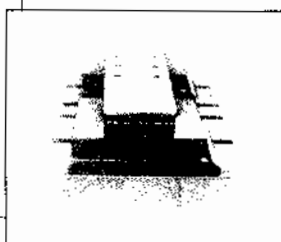
AH. 67B Viga de Balanceo



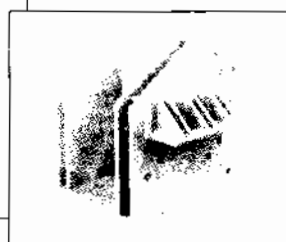
AH. 68 Viga de Refuerzo



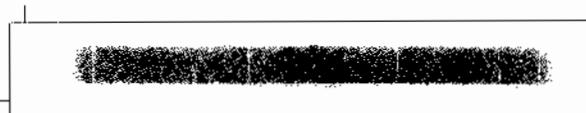
AH. 26 Conjunto del Apoyo de Cojinete (Extremo Fijo)



AH. 27 Conjunto del Apoyo de Cojinete (Extremo Libre)



AH. 25 Caja de Empalmes Final



AH. 21 Viga longitudinal superior de arriostramiento



AH. 23 Diagonal de arriostramiento

## 12.4. Principales componentes de la viga

El puente AH ha sido diseñado especialmente con una viga inferior de superficie plana a lo largo de su cordón inferior, para que sea rápida y fácilmente lanzado a su posición sobre rodillos. Se puede apreciar que tienen luces entre 120 y 300 pies. (Ver figura 12-5).

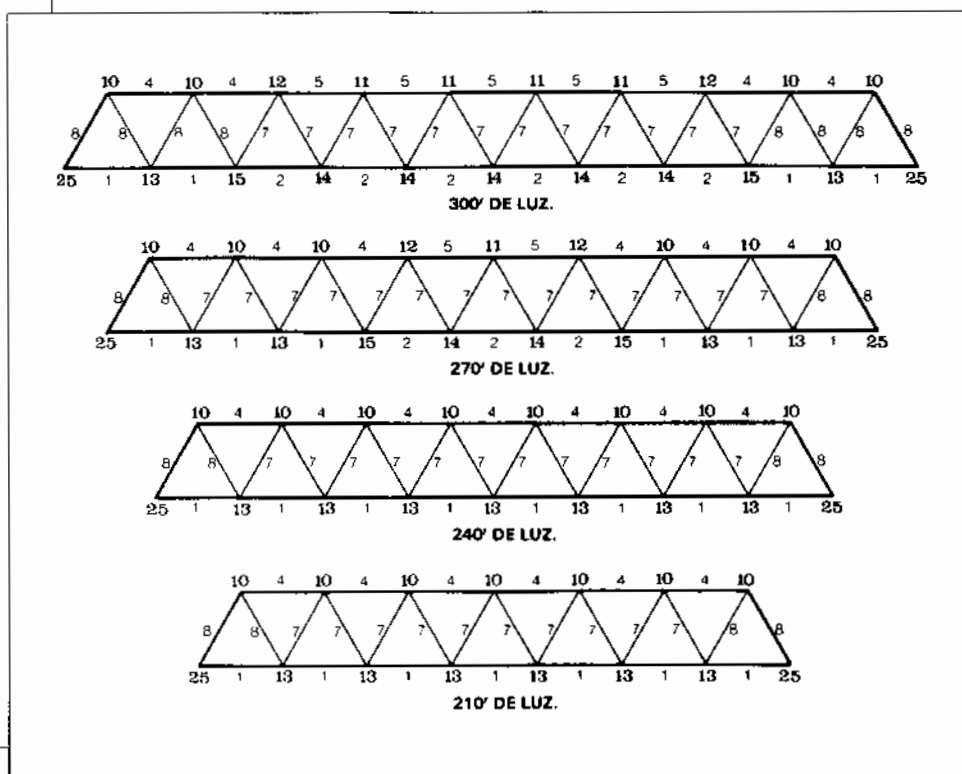


Figura No. 12-5

continúa pág. siguiente

Continuación figura No. 12-5

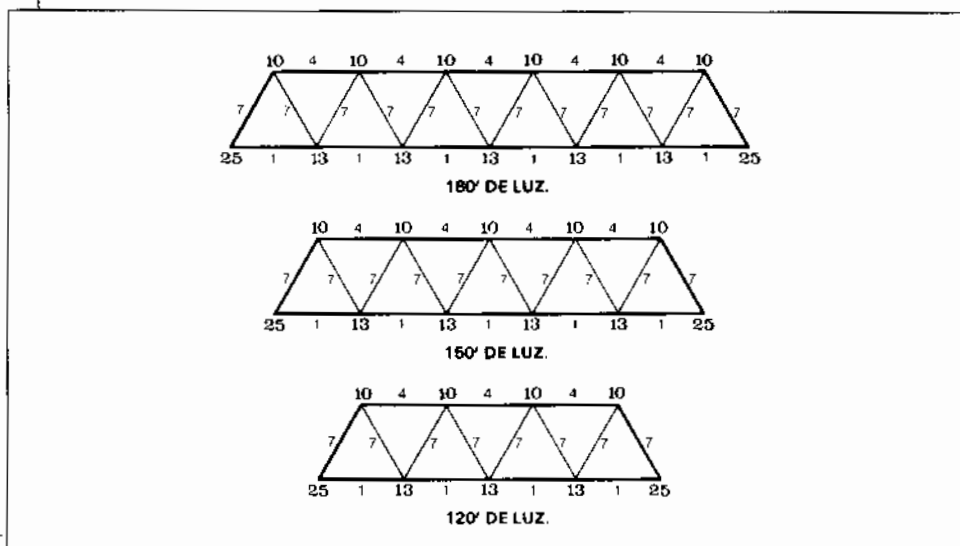


Figura No.12-5

## 12.5. Lanzamiento del puente

Un método de lanzamiento del puente AH, es mediante el empleo de una nariz de lanzamiento de paneles Acrow o Bailey, como se muestra en la figura No. 12-6.

La nariz de lanzamiento de paneles Acrow o Bailey es construida sobre rodillos en la orilla base, y el puente AH construido progresivamente detrás de ella, haciéndola rodar hacia adelante, mientras tanto el punto de balanceo siempre debe ser mantenido detrás de los conjuntos de rodillos delanteros en la orilla base cuando se esté lanzando hacia adelante.

De acuerdo con la figura 12-5, se pueden apreciar los componentes mayores del puente, en el momento del lanzamiento, intercambiando partes con el material Bailey, tanto en la nariz como en las pilas o torres.

1. Conectores Diagonales (AH 72).
2. Conectores Bailey (AH 71).
3. Conjuntos de Rodillos de Lanzamiento (AH 67), se emplean un máximo de cuatro, cada uno de 120 toneladas de capacidad, en el pilar intermedio provisional y el estribo de la orilla base.
4. Nariz de lanzamiento de paneles Acrow o Bailey, de acuerdo con las necesidades del caso, un mínimo de dos secciones, cuando se esté cambiando de tres a dos pisos y de dos a un piso.

5. Eslabones de Lanzamiento, sirven para contrarrestar el hundimiento de la nariz de lanzamiento y para asegurar un suave asentamiento sobre los rodillos en la orilla opuesta, cuando se esté lanzando hacia adelante.
6. Conjuntos de Rodillos de Lanzamiento (AH 67), normalmente se emplean dos en el estribo opuesto.
7. Pilar provisional de paneles Acrow o Bailey, si fuera necesario, los conjuntos de rodillos de lanzamiento (AH 67) son fijados en la parte superior de este pilar. Cuando se lance el puente AH a su posición, la nariz de lanzamiento de paneles Acrow o Bailey y el pilar provisional son desarmados. Se describen otros métodos de lanzamiento en el Manual Técnico AH. (Ver figura No. 12-6).

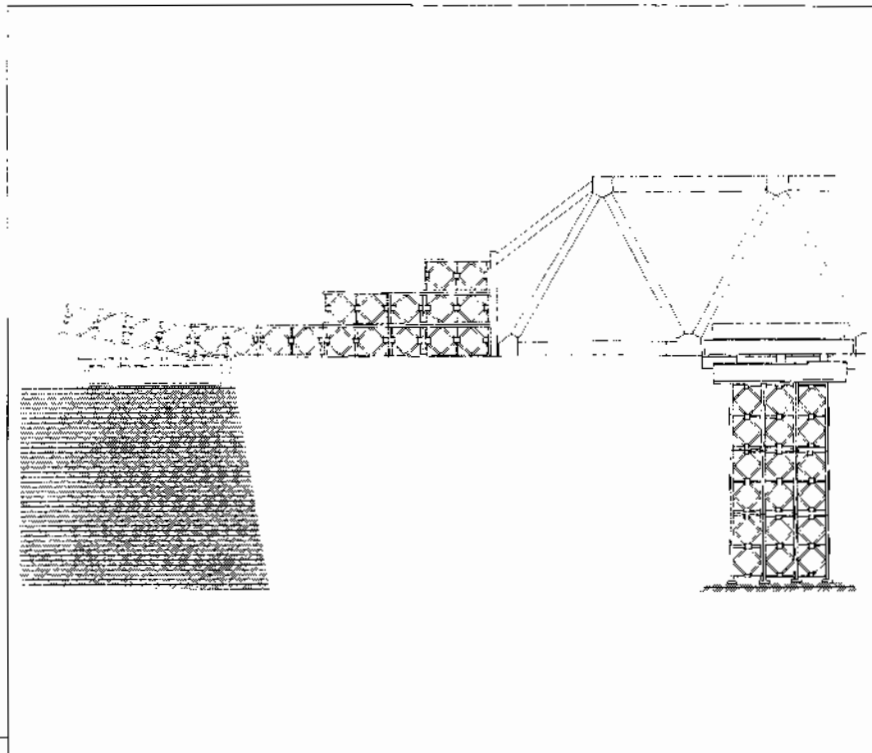


Figura No. 12-6



## CAPÍTULO XIII

# Puentes PARMS

### **13.1. Introducción**

El nuevo Puente de Armado Rápido Modular SAC - PARMS, es una respuesta al desafío de la industria colombiana, que compite con los del mercado extranjero, y que se halla patentado como producto de ingeniería e innovación nacional.

#### **LA EMPRESA QUE LO CONSTRUYE A NIVEL NACIONAL ES:**

SAC ESTRUCTURAS METÁLICAS LTDA., la cual después de varios años de estudios, cálculos y pruebas diseñó un moderno puente semipermanente modular desarmable.

La alta ingeniería de SAC ESTRUCTURAS METÁLICAS LTDA., superó el diseño e innovación tecnológica de otros sistemas. El puente es económico, versátil, liviano y fácilmente transportable.

Las características del puente permiten a las Fuerzas Militares y otras entidades públicas y privadas, dar solución a problemas en casos de obras de emergencia y utilidades semipermanentes, e incluso permanentes con algunas modificaciones

El puente es fácil de montar, durable, modulable de tres en tres metros.



Todos los elementos que lo conforman son intercambiables, permitiendo que puentes ya instalados puedan complementarse para nuevas o diferentes soluciones.

El puente trae piezas adicionales denominadas "elementos de acople", para unir la baranda Bailey con el puente modular SAC, que permite la compatibilidad de los dos tipos de puentes; siendo esto una oportunidad para las unidades de Ingenieros del Ejército Colombiano, que cuentan con este material, permitiéndoles aumentar su capacidad en movilidad y en trabajos técnicos propios del arma. (Ver figura No. 13-1).

Se trata de puentes de armadura tipo "WARREN" de tráfico de una o doble vía (ver figura No. 13-2), con piso inferior y tablero metálico, de madera o de concreto, compuesto por módulos triangulares que soportan las vigas transversales.

El sistema de acoplamiento entre los módulos de piso con tablero metálico permite fácil manejo, intercambio, estabilidad de estos al paso de los vehículos y adaptación de los guardarruedas en los módulos laterales, además la ampliación del ancho libre del tablero de piso en múltiplos de 1.17 m.

Sus apoyos son elementos acoplados en los extremos de la cinta inferior y colocados sobre rodillos para llegar a la placa base que posee los pernos de anclaje.

El sistema de protección para todos los elementos del PARMS, puede ser por galvanización en caliente, según especificación ASTM A-123 y A-153 o pintura, según requerimiento con limpieza previa SSPC SPG.

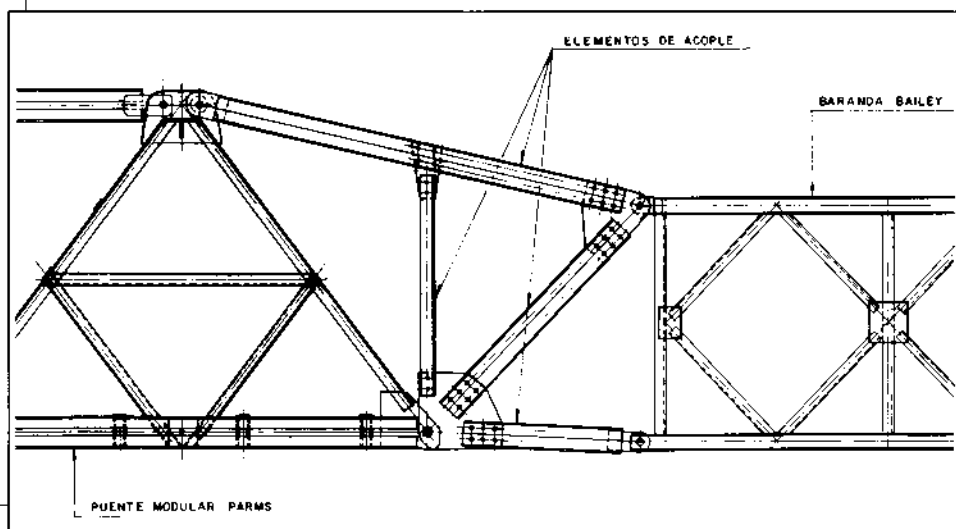


Figura No. 13-1

Se toman todas las medidas necesarias para que la protección no sea maltratada en el transporte y manejo de la estructura; es válido el uso de madera, neopreno u otros materiales para este fin.

El acabado es de apariencia uniforme, sin excesos, limpio y, en general, libre de materiales extraños.

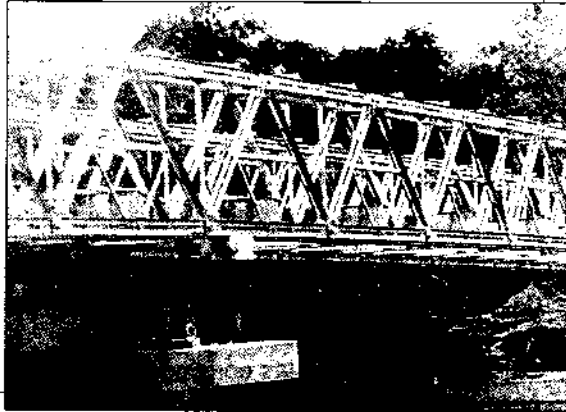


Figura No. 13-2

### Fabricación

La fabricación sigue las normas AASHTO, AISC, AWS y Fedestructuras, utilizando los materiales con los controles de inspección durante los procesos, calificación y supervisión de soldadores, control dimensional, pruebas destructivas y no destructivas (NDT), etc.

Para la fabricación y control de sus conjuntos soldados, se emplean patrones que garantizan exactitud y precisión, logrando una alta eficiencia en cada uno de los elementos; para las piezas sueltas se cuenta también con las respectivas matrices que garantizan su posterior ensamble en el sitio de montaje; además se realizan preensambles por muestreo (SPOT), para garantizar una mejor calidad.

## 13.2. Clasificación puentes PARMS

### a. Según su uso

- Para una o varias luces continuas
- Como puente colgante
- Como puente semirrígido o suspendido.

### b. Según su piso

Pueden ser acondicionados para diferentes tipos de tablero y anchos de calzada, así:

Para tablero inferior o superior con piso: ver tabla No. 3.

- Tipo metálico
- Figura No. 13-3

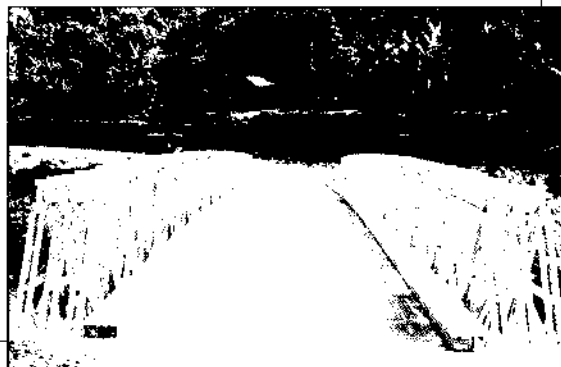


Figura No. 13-3

- Tipo madera - Figura No. 13-4.
- Tipo Concreto Reforzado.
- Tipo rejilla.

### c. Según su circulación

Para vías de circulación doble o sencilla, con los tipos de piso enumerados anteriormente.

- Al ser normalizadas las diferentes piezas, se permite un fácil intercambio de elementos, manejo, almacenamiento, consecución, transporte y montaje.
- La gran mayoría de las conexiones están compuestas por pasadores, lo cual permite agilizar el montaje o desmontaje, si es necesario, como también su reutilización.
- Por ser de fabricación nacional y ser totalmente MODULAR, en el caso de ser desmontados, pueden utilizarse adicionando o quitando número de piezas, en nuevas configuraciones, según la necesidad.

El puente está diseñado para soportar entre otros los siguientes tipos de camiones:

- AASHTO 20 - 44
- AASHTO 15 - 44
- AASHTO 20 - 44
- MOPT 3 - S - 2
- INVIAS C-32 - 95
- INVIAS C-40 - 95

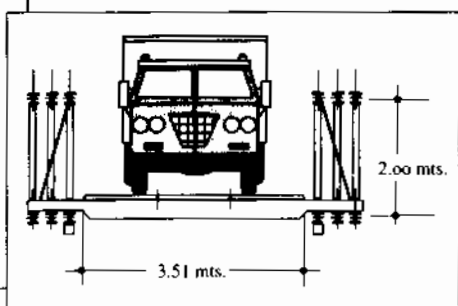
Para la selección del tipo de puente, debe tenerse en cuenta la carga a ser soportada, su luz o distancia entre apoyos y el tipo de tablero. (Ver tabla No. 1).



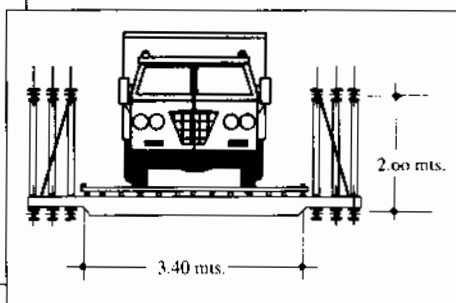
Figura No. 13-4

### 13.3. Tipos de puentes PARMs

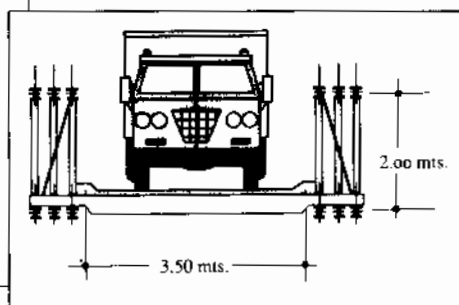
#### a. De acuerdo con el tablero o piso



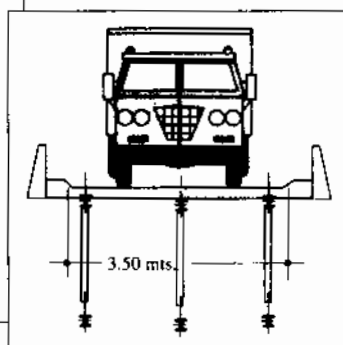
1. PUEBTE TIPO SL  
(SENCILLO LAMINA) Ver tabla No. 3  
Tablero de lámina antideslizante reforzada sobre vigas longitudinales.



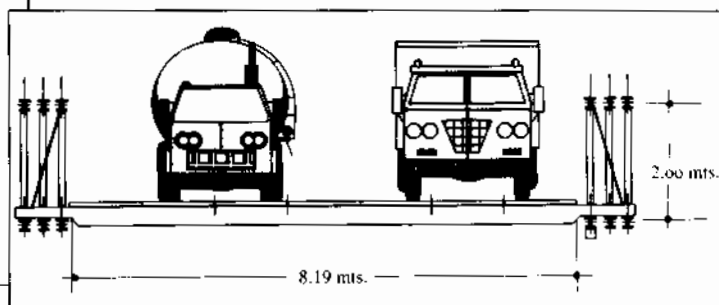
2. PUEBTE TIPO SM  
(SENCILLO MADERA)  
Tablero de madera reforzado sobre vigas longitudinales de madera.



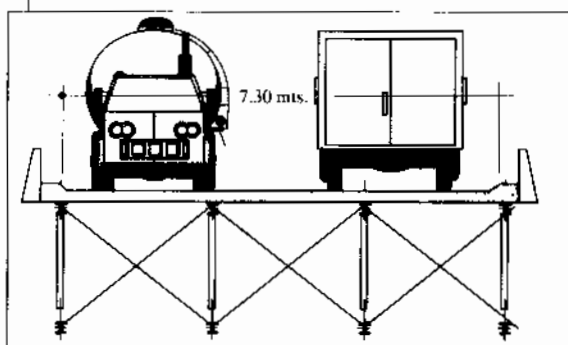
3. PUEBTE TIPO SCI  
(SENCILLO CONCRETO INFERIOR)  
Tablero de concreto inferior.



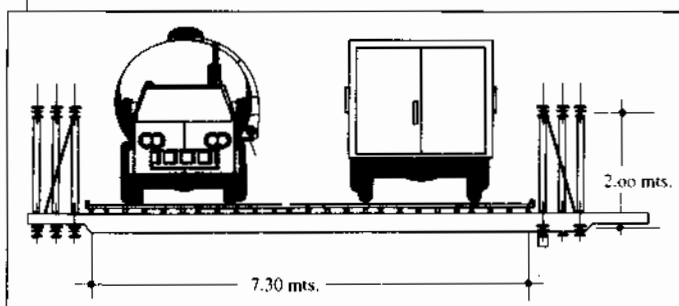
4. PUEBTE TIPO SCS  
(SENCILLO CONCRETO SUPERIOR)  
Tablero de concreto superior con baranda tipo metálica.



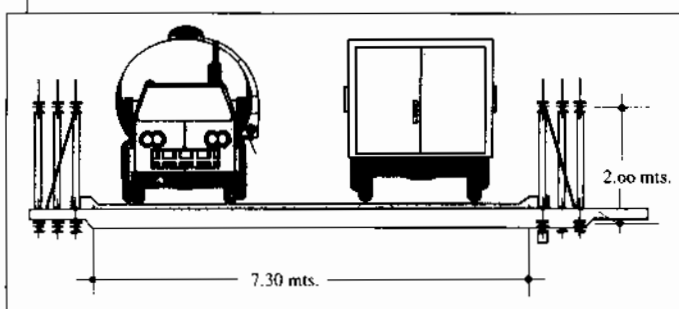
5. PUEBTE TIPO DL  
(DOBLE LAMINA)  
Tablero de lámina antideslizante reforzada sobre vigas longitudinales.



6. PUENTE TIPO DCS  
(DOBLE CONCRETO  
SUPERIOR)  
Tablero de concreto superior  
con baranda tipo metálica.



7. PUENTE TIPO DM  
(DOBLE MADERA)  
Tablero de madera  
reforzado sobre vigas  
longitudinales de  
madera.



8. PUENTE TIPO DCI  
(DOBLE CONCRETO  
INFERIOR)  
Tablero de concreto  
inferior.

#### b. De acuerdo con sus vigas de rigidez (Barandas)

Los puentes PARMs pueden ser empleados para diferentes tipos de luces, con un número determinado de módulos, dependiendo de la selección dada en la tabla No. 5, para la viga de rigidez.

TIPOS DE Puentes PARMs DE ACUERDO CON SUS VIGAS DE RIGIDEZ  
PARA CAMIÓN 3-S-2 (HS 20-44 + 24%)

Tipos de vigas	Número de módulos	Luz en metros
• Puentes con vigas de rigidez sencilla	De 2 a 7 Módulos	De 6 a 21 m
• Puentes con vigas de rigidez doble	De 8 a 12 Módulos	De 24 a 36 m
• Puentes con vigas de rigidez triple	De 13 a 14 Módulos	De 39 a 42 m
• Puentes con vigas de rigidez triple reforzada	De 15 Módulos	De 45 m

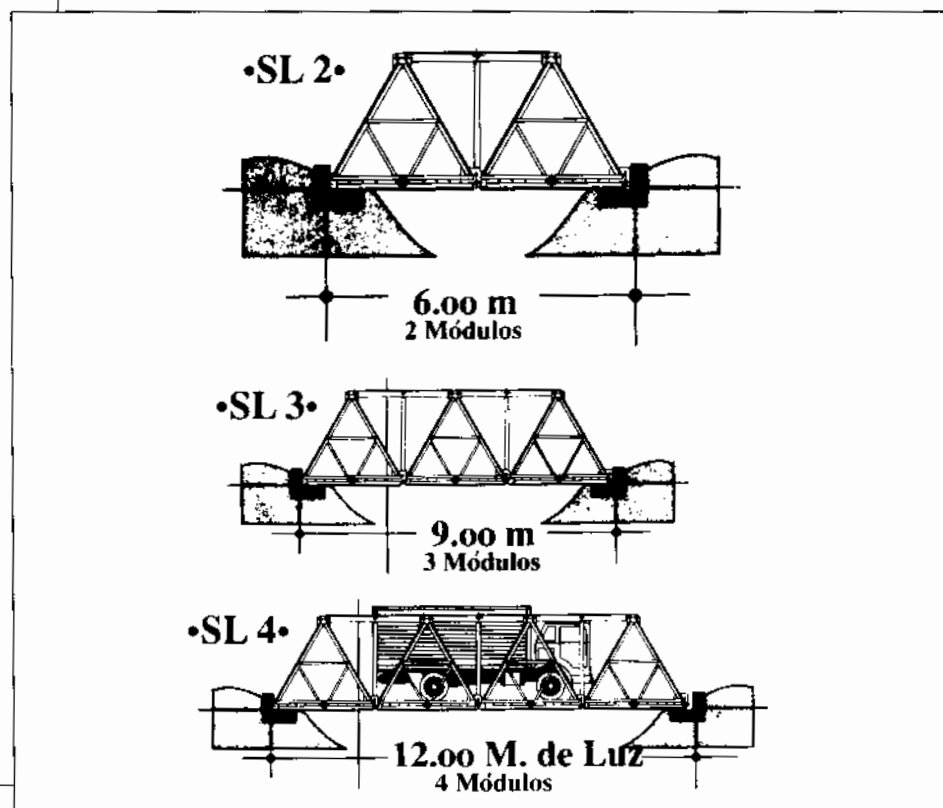
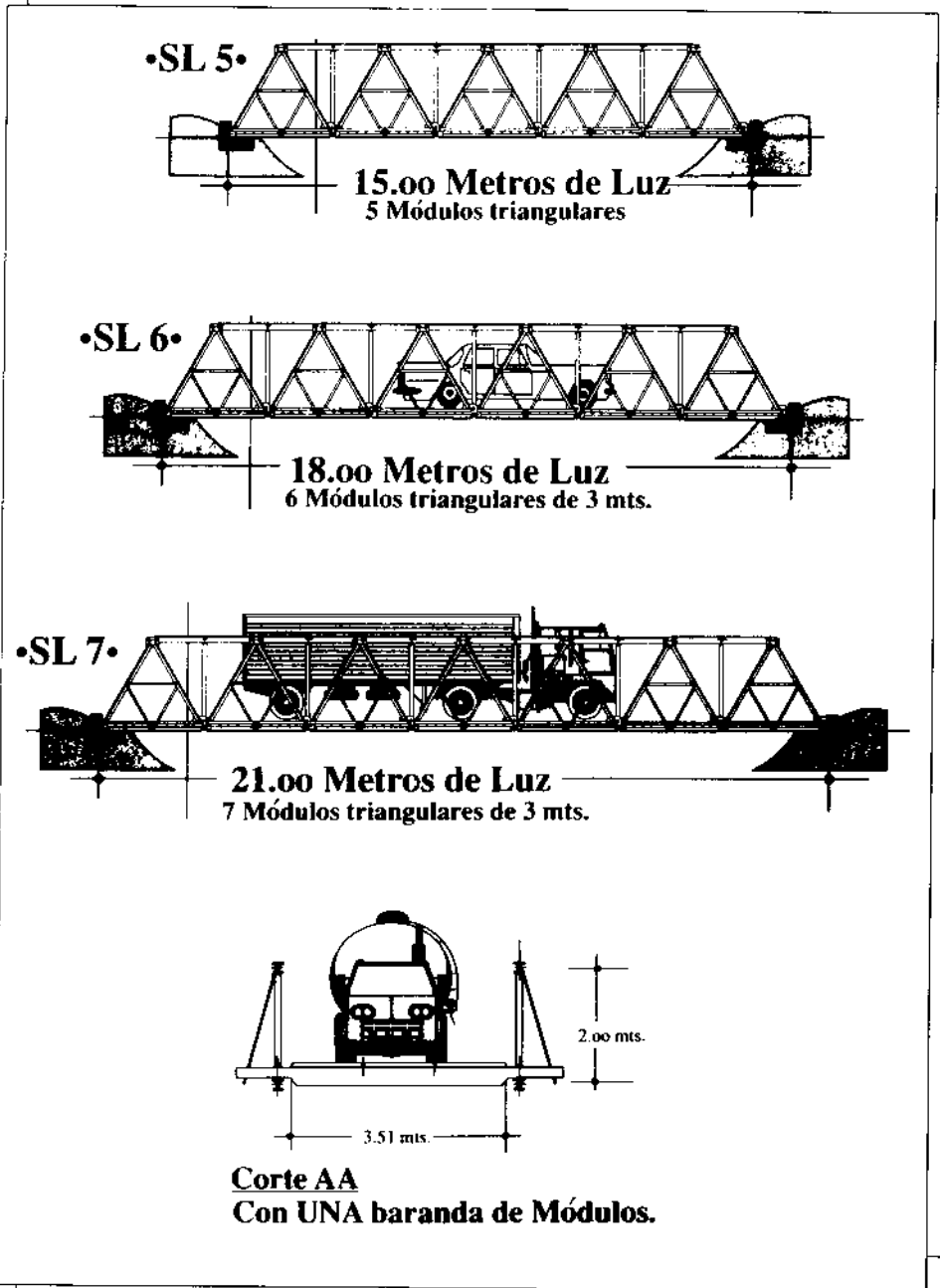


Figura No. 13-5

continúa pág. siguiente

Continuación figura No. 13-5



## 13.4. Descripción de componentes básicos

### a. Módulo típico

Consiste en un triángulo con base de 3 m y altura de 2 m. En cada uno de sus vértices están previstas perforaciones para pasadores, permitiendo su ensamble con otro módulo. Las conexiones en los vértices de la base son macho y hembra. El peso aproximado de cada módulo es de 350 kg. Lo cual admite manejo manual, si es necesario, para las labores de transporte, descargue y montaje.

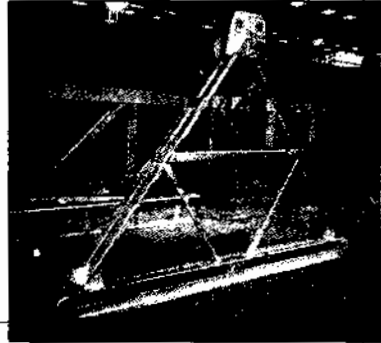


Figura No. 13-6

Las vigas transversales se apoyan sobre las vigas de rigidez en un nudo sobre la cinta inferior, determinado por un triángulo invertido inferior que distribuye la carga y ayuda a controlar las flexiones ocasionadas por los rodillos en la etapa de montaje.

### b. Viga superior

Elemento en forma de canal, de longitud 3 m, de peso aproximado de 70 kilos, con perforaciones en sus extremos para conectarse por medio de los pasadores al módulo básico o típico.

Esta viga es la que permite darle la contraflecha a la baranda, que es otra de las características importantes del puente PARMS.

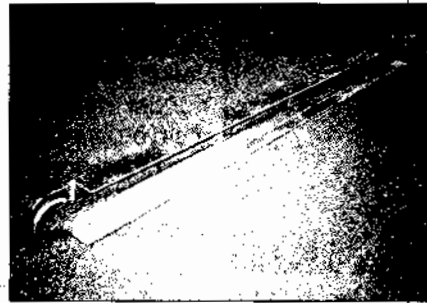


Figura No. 13-7

### c. Pasadores

Sirve de conector entre módulos y entre las vigas transversales y los módulos típicos, haciendo rápido y preciso su ensamblaje. Fabricado en acero calibrado de alta resistencia.

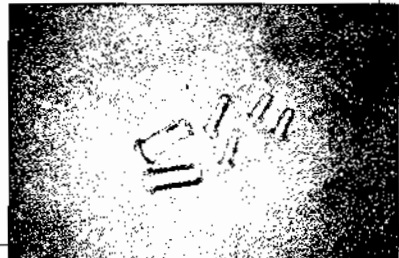


Figura No. 13-8



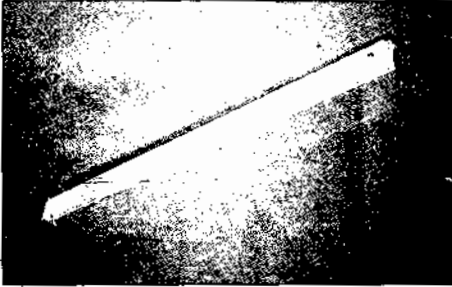


Figura No. 13-9

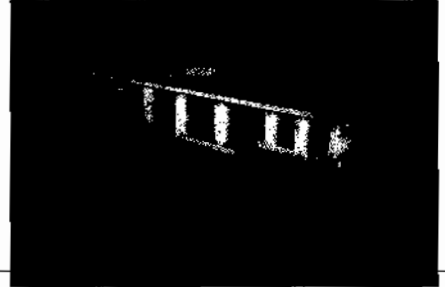


Figura No. 13-10

**d. Paral**

Elemento vertical que une la viga superior a la conexión entre módulos, controlando el pandeo de la viga superior.

**e. Viga transversal**

Transmite las cargas de las vigas longitudinales de piso a los módulos. Se efectúa su conexión mediante pasadores. Tiene una longitud de 6.20 m y pesa 430 kg.



Figura No. 13-11

**f. Pie de amigo**

Va conectado del extremo de la viga transversal al vértice superior del módulo típico y sirve para controlar el pandeo horizontal y la alineación de las barandas.



Figura No. 13-12

**g. Riostra de piso**

Se colocan entre vigas transversales para controlar cargas horizontales debidas a viento, sismo o las presentadas durante el montaje.

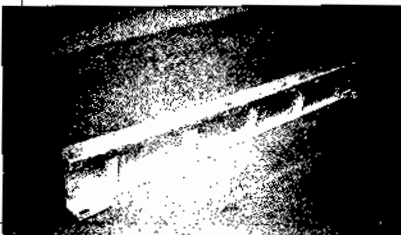


Figura No. 13-13

**h. Viga longitudinal**

Se apoyan en las vigas transversales por medio de pasadores y tienen previstos elementos para anclar el piso, ya sea metálico, de madera o concreto.

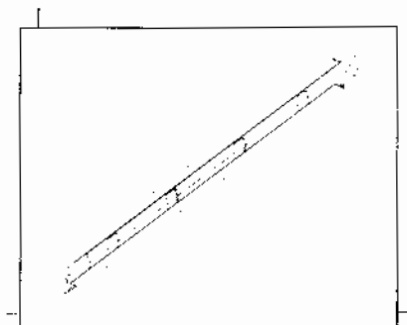


Figura No. 13-14

### i. Refuerzo superior

Elemento en la viga superior para aumentar la capacidad de carga. Se une mediante pasadores.

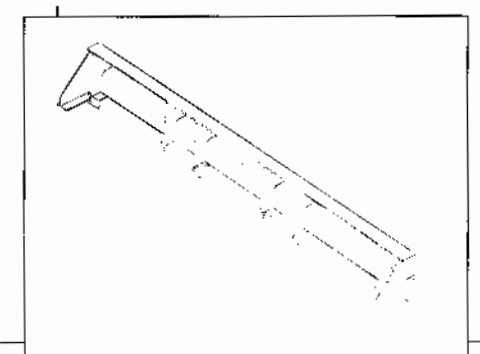


Figura No. 13-16

### k. Guardarrueda (piso metálico)

Elemento metálico modular de 3.0 m de long. Su función es delimitar la calzada y proteger la estructura principal de posibles impactos directos.

Para hacer más fácil su instalación, está provisto de tachas que unen los módulos entre sí.

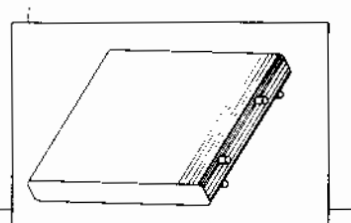


Figura No. 13-15

### j. Tablero de piso

Elemento modular de 1.00 x 1.17 metros que soporta totalmente las cargas de los vehículos que transitan por los puentes PARMs.

Su fijación entre módulos de piso se realiza a través de tachas incorporados a los mismos, lo cual hace más fácil y rápido el armado y desarmado del puente.

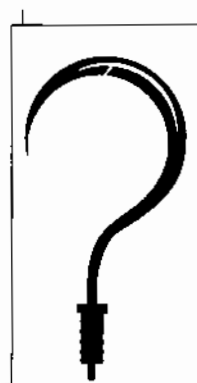


Figura No. 13-17

### l. Perno de anclaje

Es el elemento que permite fijar el puente PARMs a los pasadores embebidos en el concreto de la infraestructura.

**m. Viga intermedia**

Tiene las mismas características que la viga superior, excepto que ésta no posee orificios para pasadores en el centro.

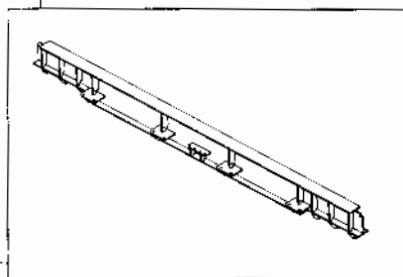


Figura No. 13-18

**n. Base de apoyo fijo y móvil****Apoyo móvil**

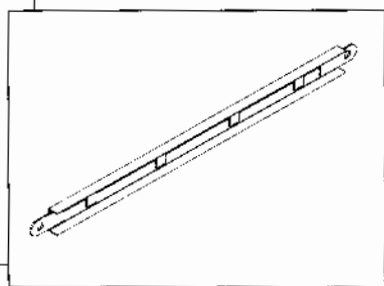
Elementos que transmiten las cargas verticales del puente a la cimentación. Permiten absorber las deformaciones longitudinales que se presentan por cargas y/o cambios de temperatura; para este fin están provistos de rodillos en acero de alta resistencia. Se conectan a la baranda del puente por medio de pasadores y a la infraestructura, por medio de los pernos de anclaje.



Figura No. 13-19

**Apoyo fijo**

Elemento diseñado para transmitir todas las cargas del puente. Se conecta a la baranda por medio de pasadores y a la infraestructura, por medio de los pernos de anclaje.

**o. Refuerzo inferior**

Elementos para aumentar la capacidad de carga en la cinta inferior de las barandas.

Figura No. 13-20



Figura No. 13-21

**p. Separadores**

Son los elementos utilizados en caso de usar doble y triple baranda que permiten mantener constante la separación entre módulos.

**r. Plantillas**

Ayudan a que la colocación de los pernos de anclaje sea precisa, garantizando el case de la platina de apoyo.

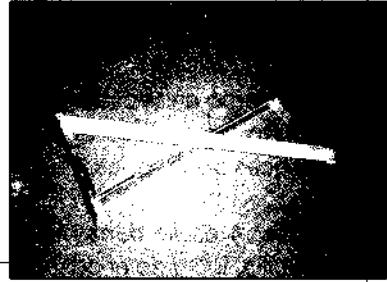


Figura No. 13-22

**q. Arriostrado superior**

Son los utilizados en caso de doble y triple baranda para garantizar la alineación y paralelismo entre las mismas.

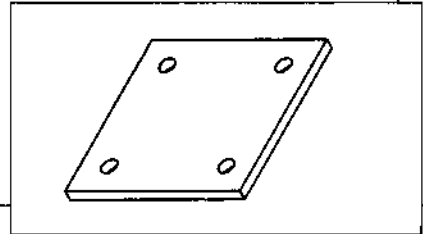


Figura No. 13-23

En la figura No. 13-26, al final del capítulo, se observan todos los anteriores componentes ya acoplados.

## 13.5. Montaje del puente

**a. Generalidades**

Se pueden usar diferentes métodos de montaje, dependiendo de las características topográficas e hidrológicas de la zona de lanzamiento del puente, entre ellas el sistema de nariz de lanzamiento, teleférico, montaje con grúa telescópica, apoyos temporales, o usando apoyo flotante (planchón) si las características hidrológicas del río lo permiten o cualquier otro sistema dependiendo de la dificultad del terreno y el buen criterio del ingeniero de montaje.

**b. Transporte**

El peso de cada elemento se encuentra en el cuadro resumen de cantidades, pesos y capacidad de los vehículos necesarios. (Ver tabla No. 4).

El material debe ser embarcado en el mismo orden de montaje:

- Anclajes y apoyos: Cunas, rodillos y puntal de avance (equipo de lanzamiento).
- El puente mismo en secciones completas. Si el inicio del montaje del puente no es inmediato, se realizan embarques de elementos homogéneos, según sus características geométricas.

En la tabla No. 4 están dadas las cantidades de cada pieza para un puente de baranda sencilla, incluido el peso para este tipo de puente. De manera general, el material más pesado deberá quedar debajo del más ligero, pues así se facilitará el levantamiento en cargue y descargue en los vehículos, sin causar daños a las piezas menores y dando mejor acomodación.

Para evitar posibles daños que se puedan presentar en el movimiento de los elementos durante el viaje, se utilizan tacos y cuñas de madera. Apoyos, guardaruedas, piezas longitudinales externas, piezas diagonales y refuerzos cubrejuntas, que ocupan menos espacio al formar fardos compactos en los cuales las unidades se alternan quedando una parte en posición derecha y la otra invertida.

Las cartelas, tornillos, pasadores y elementos pequeños se deben empacar en cajas de aproximadamente 40 kg.

### c. Método de montaje con nariz de lanzamiento

#### Preparación del terreno para descargue, montaje y replanteo

Los elementos que componen la estructura se deberán descargar en forma ordenada, de acuerdo con la secuencia de montaje. La zona de descargue debe ser un terreno seco y firme, cercano al sitio de montaje.

La zona de lanzamiento deberá estar completamente despejada y el terreno se deberá rellenar con material seleccionado y/o nivelar, si es necesario. La zona de lanzamiento debe tener una longitud mínima equivalente al 80% de la longitud del puente, si no es posible, buscar la forma de reemplazar cargas del puente con contrapesos que compen-



Figura No. 13-24

sen las cargas de la nariz de lanzamiento en voladizo durante el proceso de lanzamiento, incluyendo el factor de seguridad. Si los accesos son muy estrechos, se deberá estudiar el caso particular para llevar a cabo el montaje.

Se deberá trazar la línea del eje del puente a partir del estribo hacia atrás, hasta cubrir la longitud total del puente y su nariz, y paralelamente los ejes de las vigas principales del puente. Se ubicarán correctamente los apoyos temporales de los rodillos para lograr la pendiente de ataque correcta en el lanzamiento, teniendo en cuenta los niveles de los apoyos definitivos de contraflechas y deflexiones de la nariz y del puente.

#### **d. Montaje de rodillos (Ver figura No. 13-25)**

Se instalarán 3 ejes de rodillos mínimo, dos para el lanzamiento, separados 6 m, que determinan la pendiente de ataque, y el otro para la recepción de la nariz.

Se deben construir las bases adecuadas para apoyo de la estructura de los rodillos de desplazamiento, ya sea usando los estribos o pantallas del puente (rodillos principales), o construyendo bases de concreto ciclópeo, emparrillados metálicos o de madera, teniendo en cuenta las capacidades portantes del suelo. Estos apoyos deberán resistir las cargas laterales producidas por las fuerzas de arrastre del lanzamiento o de otros factores durante el montaje.

La estructura de soporte de los rodillos se debe nivelar teniendo en cuenta el terreno, los niveles de los estribos, la pendiente de ataque de la nariz, contraflechas y deflexiones del conjunto nariz-estructura puente. También se debe tener en cuenta que la nariz de lanzamiento puede quedar, si se quiere, con una contrapendiente, con respecto a la estructura del puente, o completamente nivelada. La cantidad necesaria de rodillos por eje dependerá del número de vigas laterales principales que conformen la estructura del puente.



*Figura No. 13-25*

**e. Armado de la estructura de nariz de lanzamiento**

La longitud de la nariz de lanzamiento será como mínimo el 80% de la longitud del puente o igual a ésta.

Se procederá a armar la estructura de la nariz de lanzamiento por tramos, partiendo de los estribos del puente hacia atrás y se montará sobre los rodillos ya nivelados y alineados. La nariz se puede ir lanzando hasta  $\frac{1}{3}$  de su longitud para ganar espacio en la zona de lanzamiento. Una vez armada la estructura de la nariz, se empalmará con el primer tramo del puente por medio de un sistema de pasadores. Se armará como mínimo una longitud de puente, tal que compense las cargas de voladizo de la nariz de lanzamiento. Se recomienda armar la mayor longitud posible de puente o la longitud total del puente, si el terreno lo permite y si se cuenta con la cantidad de apoyos y rodillos temporales suficientes y necesarios.

**f. Secuencia de armado y montaje para el puente PARMS**

1. Se arman secciones de barandas por parejas de módulos tipo para cada baranda, uniendo dos POS S1 por medio del sistema de pasadores (Módulo Típico) y una POS S2 (Viga Superior), y posteriormente se monta el paral S4. (Ver clasificación de POS en la tabla No. 5).

2. Una vez se tengan armadas las dos barandas (con dos módulos), se aploman y se montan las vigas transversales (S5) con sus respectivos piedeamigos (S7). Si el módulo extremo es el que se está armando, se instala la viga transversal S9.

3. Se repite esta operación hasta completar la longitud total del puente.

4. Lanzamiento o montaje del puente sobre los estribos.

5. Una vez el puente se encuentre sobre sus apoyos, se procede a montar las vigas longitudinales S8 y S10, y posteriormente el piso seleccionado.

6. Para el cálculo del tiempo ver la tabla No. 2 de Rendimiento de Montaje.

7. Para hacer el montaje del puente PARMS, se recomienda utilizar el siguiente equipo:

- a. Grúa camión de 2 ton con punta y brazo de 10 m (por facilidad de movimiento de piezas únicamente)
- b. Polipasto a gasolina de 20 ton o tractores para arrastrar el puente
- c. Rodillos basculantes tipo SAC
- d. Tramos cortos de tubos metálicos de 10" a 20"
- e. Estructura de nariz de lanzamiento tipo SAC

- f. 4 Poleas dobles de trabajo pesado
- g. Cables de acero alma de yute de 5/8" o similares
- h. Estribos o cables de izaje
- i. Tirfor, garruchas y manilas

8. Las herramientas usadas para el montaje del puente modular PARMS, son:

- a. 1 Caja metálica para herramientas
- b. 4 Punzones de paso
- c. 1 Pinza estándar para pines
- d. 2 Raches
- e. 2 Palancas de fuerza
- f. 3 Copas para tornillos diámetro 1/2", 3/4" y 1"
- g. 2 Martillos pesados
- h. 1 Alicata
- i. 2 Gatos hidráulicos

9. Personal requerido para el montaje

- a. 1 Ingeniero de Montajes (equiv. a 1 Oficial de ingenieros)
- b. 1 Jefe de Montajes (equiv. a 1 Suboficial de ingenieros)
- c. 3 Montadores u Oficiales (equiv. a 3 Suboficiales de ingenieros)
- d. 4 Ayudantes (equiv. a 6 soldados de ingenieros)

### g. Lanzamiento

El empuje necesario para lanzar un puente desarmable PARMS es directamente proporcional al peso total del puente y su nariz de lanzamiento y al coeficiente de fricción del acero sobre los rodillos. El coeficiente de fricción puede tomarse como 0.1.

El deslizamiento se reduce esencialmente al tirar de las vigas principales inferiores del puente o de la punta de la nariz desde la otra margen. Para tal efecto, se usará un sistema de aparejos de mínimo 4 hilos en cable de acero y fijo al puente o nariz y a un anclaje en el terreno (ya sea un muerto de concreto o pilotes) enganchado a un equipo tractor al otro extremo del aparejo, con la suficiente capacidad para poder deslizar la nariz y los tramos del puente. El deslizamiento se debe hacer en forma gradual y a baja velocidad. Por esta razón se recomienda utilizar aparejos con 4 hilos mínimo. El movimiento debe ser controlado por un ingeniero con experiencia. A medida que se va deslizando la estructura, se armarán los tramos de nariz faltantes y/o los tramos de la estructura principal del puente, hasta llegar al otro extremo con la nariz de lanzamiento. Se debe tener en cuenta la compensación de las cargas en voladizo de la nariz de lanzamiento, para contrarrestarlas con los tramos de estructura del puente a medida que avanza el lanzamiento.



### Nivelación del puente, contraflecha y piso metálico

Una vez el puente halla llegado sobre los puntos de apoyo definitivos, se entrará a desarmar la nariz de lanzamiento y por medios de gatos hidráulicas se bajará de los rodillos para dejarlo en el nivel de anclajes.

Después de tener el puente ubicado y nivelado sobre sus apoyos, se procederá a montar las vigas secundarias longitudinales y demás elementos para armado del piso metálico. Los tableros metálicos se colocarán en forma alternada e irán atornillados.

Después de haber instalado todo el piso seleccionado, se procederá a ajustar el camber previsto del puente de acuerdo con su longitud y cargas de diseño, este camber se ajusta por medio de gatos hidráulicos instalados en los extremos del puente.

### h. Proceso de desmontaje para puentes PARMS

El sistema más conveniente para desmontaje del puente, consiste en llevar a cabo el mismo proceso de montaje a la inversa, utilizando el método con la nariz de lanzamiento.

## 13.6. Tablas

**TABLA No. 1**  
**TABLA DE CARGAS DE TRABAJO**

Reacciones por extremo (estribo) del puente PARMS, ancho especial tablero metálico para camión tipo 3-S-2 MOPT

LUZ(m)	C. MUERTA(ton)	C. VIVA(ton)	LUZ(m)	C. MUERTA(ton)	C. VIVA(ton)
12	8.2	40.6	30	25.8	40.6
15	10.0	40.6	33	26.6	40.6
18	12.0	40.6	36	29.0	40.6
21	13.7	40.6	39	38.8	40.6
24	19.5	40.6	42	40.9	40.6
27	22.0	40.6	45	45.0	40.6

**TABLA No. 2**  
**CUADRO DE RENDIMIENTOS DE MONTAJE**

TIPO PUENTE	LONG. (m)	DURACIÓN DÍAS	No. PERSONAS
PARMS	27	10	9
PARMS	30	10	9
PARMS	39	12	9
PARMS	42	15	9
PARMS	45	15	9

Aumentando el número de personas, se disminuye el tiempo de montaje proporcionalmente.

**TABLA No. 3**  
**DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE PISO**

El Puente de Armado Rápido Modular SAC, PARMS permite sistemas de piso con las siguientes características:

TABLERO INFERIOR	TABLERO SUPERIOR
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Piso Metálico</li> <li>• Piso de Madera</li> <li>• Placa de Concreto</li> <li>• Rejilla</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Placa de Concreto</li> </ul>

**Nota:** Los anchos del puente permiten tránsito en una o dos vías de circulación. Los elementos que se emplean para formar el piso metálico son:

- El tablero de piso de lámina antideslizante y el guardarrueda.
- El tablero es ortotrópico metálico, liviano y de alta rigidez capaz de soportar las sobrecargas de diseño; es un elemento de bajo peso para facilitar su instalación y se ensambla al patín superior de las vigas longitudinales, por medio de pines soldados en la parte inferior del tablero.
- Los guardarruedas soportan lateralmente los tableros de piso y se ensamblan a las vigas transversales con tornillos.

**TABLA No. 4**  
**CUADRO RESUMEN DE CANTIDADES DE OBRA**  
**Y PESOS POR ELEMENTOS**

PUENTE LUZ: 18 m. - UNA VÍA - PISO DE MADERA - BARANDA: SENCILLA

POS	DESCRIPCIÓN	PESO UNITARIO KG	SL-6	
			CANT.	PESO
S-1	MÓDULO TÍPICO	349.8	12	4197.6
S-2	VIGA SUPERIOR	71.2	20	1424.0
S-3	PASADOR TÍPICO 2½	5.1	34	173.4
S-4	PARAL	18.3	10	183
S-5	VIGA TRANS. TÍPICA (A = 4.01)	391.0	-	-
S-6	PASADOR $\phi$ 1¼	0.9	12	10.8
S-7	PIEDEAMIGO	16.2	12	194.4
S-8	VIGA LONG. INICIAL (T. MET.)	81.0	8	648.0
S-9	VIGA TRANS. INICIAL (A = 4.01)	324.9	-	-

*continúa pág. siguiente*

Continuación tabla No. 4

POS	DESCRIPCIÓN	PESO UNITARIO KG	SL-6	
			CANT.	PESO
S-10	VIGA LONG. TÍPICA (T. MET.)	148.0	20	2960.0
S-11	TABLERO DE PISO TÍPICO	136.8	-	-
S-12	GUARDARRUEDA TÍPICO	81.4	-	-
S-13	ARRIOST. VIG. SUP. (2B Y 3B)	23.7	-	-
S-14	PERNO DE ANCLAJE	2.4	16	38.4
S-15	APOYO MÓVIL	127.8	2	255.6
S-16	APOYO FIJO	135.4	2	270.8
S-17	PASADOR O 1¼	0.7	48	33.6
S-18	TORNILLO DE APOYO	3.1	4	12.4
S-19	BASE APOYO FIJO	56.2	2	112.4
S-24	BASE APOYO MÓVIL	112.4	2	224.8
S-25	PLANTILLA DE ANCLAJE A. F.	7.4	2	14.8
S-26	TABLERO DE PISO INICIAL	69.2	-	-
S-27	DIAG. DE EMPALME (2 HM)	128.2	-	-
S-28	DIAG. DE EMPALME (2 HH)	129.3	-	-
S-29	GUARDARRUEDA INICIAL	51.7	-	-
S-30	REFUERZO SUPERIOR	63.0	-	-
S-31	CONEC. REFUERZO SUP.	6.5	-	-
S-32	REFUERZO INFERIOR	65.4	-	-
S-33	PASADOR O 2½ LARGO	5.2	-	-
S-34	SUP. INICIAL REF. SUPERIOR	2.9	-	-
S-38	RIOSTRA TÍPICA (A = 4.01)	33.8	-	-
S-39	SEPARADOR SUP. MOD. (2B)	4.8	-	-
S-40	SEPARADOR VIGA SUP. (1B)	1.2	10	12.0
S-41	RIOSTRA VIGA SUP. (1B)	15.4	8	123.2
S-42	VIGA TRANS. INICIAL (A = 4.81)	363.8	-	-
S-43	VIGA TRANS. TÍPICA (A = 4.81)	-	-	-
S-44	RIOSTRA TÍPICA (A = 4.81)	20.8	-	-
S-45	SEPAR. INF. DE MOD. (3B)	-	-	-
S-46	SEPAR. INF. DE MOD. (2B)	5.4	-	-
S-50	VIGA TRANS. TÍPICA (A = 4.71)	433.3	6	2599.8
S-51	VIGA TRANS. INICIAL (A = 4.71)	366.0	2	732.0
S-52	RIOSTRA TÍPICA (A = 4.71)	21.5	24	516.0
S-53	SEPARADOR SUP. MOD. (3B)	2.1	-	-
S-54	SEPARADOR SUP. MOD. (3B)	1.9	-	-
S-55	PLANTILLA DE ANCLAJE A. M.	7.4	2	14.8
S-57	CONECTOR DE MADERA	-	-	-
S-58	VIGA LONG. CORTA TAB. MAD.	-	-	-
S-59	VIGA LONG. TÍPICA TAB. MAD.	-	-	-
S-60	TORNILLO FIJADOR DE MAD.	-	-	-

PESO TOTAL kg

14751.8

PESO / M

820.0

**TABLA No. 5**  
**CUADRO DE SELECCIÓN DE LA VIGA DE RIGIDEZ**  
**UNA VÍA PISO METÁLICO O MADERA**

NORMA	TIPOS DE CAMION	PESO TOTAL TN	LUZ DEL PUENTE ENTRE CENTROS DE APOYO EN METROS													
			3.0	6.0	9.0	12.0	15.0	18.0	21.0	24.0	27.0	30.0	33.0	36.0	39.0	42.0
AASHTO	H-20-44	18.20	S							D					T	
AASHTO	HS-15-44	24.50	S							D					T	
AASHTO	HS-20-44	32.70	S							D					T	
MOPT	3-S-2	40.60	S							D					T	TR
INVIAS	C-32-95	32.00	S							D					T	
INVIAS	C-40-95	40.00	S							D					T	TR

CONVENCIONES VIGA DE RIGIDEZ

S = SIMPLE

D = DOBLE

T = TRIPLE

TR = TRIPLE REFORZADO



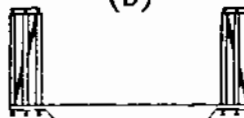
SENCILLO  
(S)



DOBLE  
(D)



TRIPLE  
(TR)



TRIPLE

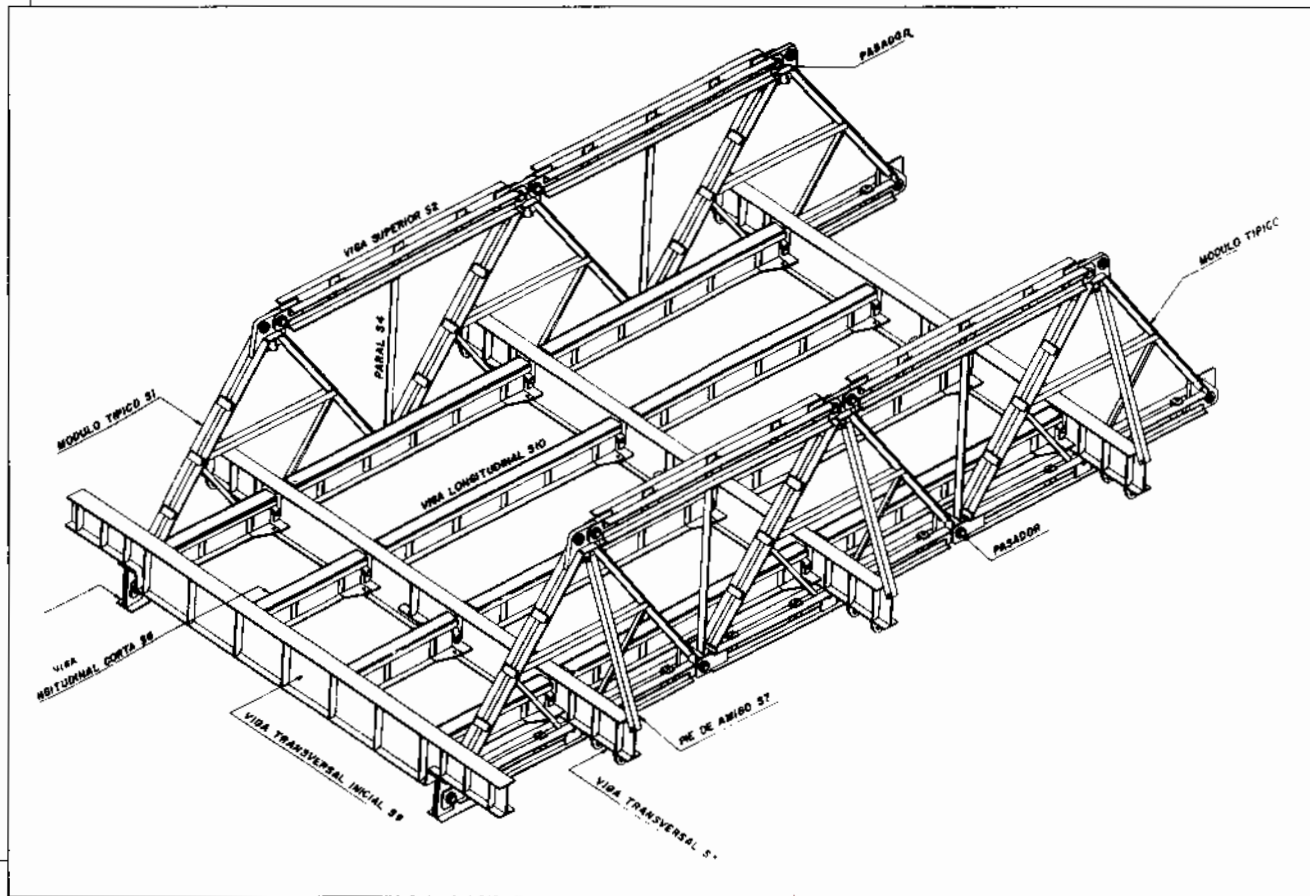


Figura No.13-26

# TERCERA PARTE

## Manejo y ayudas para el control de tráficos y estribos



## CAPÍTULO XIV

# Manejo de los componentes del puente

### **14.1. Cuidados en el transporte, almacenamiento y montaje**

a) La mayor causa del daño a una estructura galvanizada, es el mal manejo durante el transporte y montaje. Aunque como se explicó anteriormente, la estructura galvanizada presenta una gran resistencia a la corrosión, en virtud a su dureza y al fenómeno de la protección catódica, esto no debe tomarse como excusa para los procedimientos de mal manejo que cause golpes o rasguños. A menudo se asume que el acero, sea galvanizado o no, es un material muy fuerte, capaz de resistir el peor manejo. Las costosas estructuras metálicas a veces se dejan caer pesadamente de la grúa o desde camiones y se utilizan de mil maneras de forma inadecuada. Para evitar malos tratos, es esencial que todos los pasos de cargue, descargue y transporte sean supervisados por personal calificado.

b) Una gran ayuda en la previsión de malos manejos es el empleo de materiales y equipos especiales. El



uso correcto de poleas y empaques de madera, previenen la mayoría de raspaduras y rasguños que se hacen durante el cargue y descargue de materiales. Igualmente, el empaque de madera adecuado alrededor de la estructura ayuda a prevenir los daños durante el transporte.

c) La prevención del ataque químico, por tanto, consiste en mantener el material galvanizado lejos de agresivos químicos. Los artículos galvanizados deben ser transportados y almacenados, completamente separados de otros elementos.

d) Numerosos elementos químicos también están presentes en los suelos; el grado de agresión varía entre los tipos de suelos y es, por lo tanto, recomendable que, como práctica estándar, la estructura galvanizada sea almacenada a distancia del terreno sobre madera u otro elemento similar.

e) Mancha por almacenamiento húmedo (óxido blanco).

Se puede formar un depósito grueso blanco o gris, conocido como óxido moho blanco, sobre la superficie de los artículos galvanizados por la poca ventilación durante almacenamiento o el transporte.

En casos extremos, el valor protectorio de la galvanización puede ser dañado, pero el ataque es a menudo muy leve, a pesar de la apariencia abultada del depósito.

Este depósito poroso no protege y debe ser retirado, aun si el ataque es superficial, para permitir la formación de platina y de productos de corrosión bastante adherentes (carbonato de zinc, etc.), lo cual contribuye a la resistencia de la estructura galvanizada. Los depósitos leves pueden ser retirados con un cepillo y los más pesados con una solución de dicromato de sodio al 5%. Adicionalmente el 0.5% de ácido sulfúrico concentrado por volumen.

Esta solución se aplica con un cepillo y se deja durante 30 segundos antes de enjuagar y secar. El ataque sobre el recubrimiento galvanizado de la estructura, normalmente es causado por la retención de aguas lluvias entre las superficies y las bajas condiciones de aire. Para prevenir esto, es conveniente almacenar en un ambiente seco y bien ventilado.

Donde el almacenamiento bajo cubierta no es posible, las piezas galvanizadas se deben amontonar de manera que el agua lluvia pueda drenar libremente. Además, se debe mantener la circulación libre del aire y separar todas las partes recién galvanizadas, colocando espaciadores de madera entre ellas.

Las cajas de madera que contengan partes galvanizadas, se deben mantener bajo techo, porque la madera absorbe humedad y produce daños en las partes guardadas dentro de ellas. Alternativamente, los huacales de madera se pueden vaciar y

las partes se pueden amontonar separadamente. A las estructuras galvanizadas, normalmente se les aplica un tratamiento simple de dicromato antes de iniciar los trabajos, para minimizar la posibilidad del óxido blanco.

Al dicromato no se le puede confiar totalmente la prevención del óxido blanco y se debe seguir las instrucciones anteriores.



## CAPÍTULO XV

# Mantenimiento y ayudas para el control del tránsito

### **15.1. Cuidado de las partes y del equipo**

#### **a. Partes del puente**

Cuando almacene y transporte partes del puente, manténgalas limpias y manipúelas de la siguiente manera:

1) Tableros y paneles: Engrase las mordazas y la parte interior de las aberturas por donde entran los pasadores. Los tableros se dañan con facilidad; por consiguiente, almacénelos en posición vertical, de forma tal que descansen sobre el lado largo. Si es necesario almacenarlos horizontalmente para mayor estabilidad, no amontone más de diez (10) sobre una base plana.

2) Estructura de arriostamiento y placas de sujeción: Engrase las terminales cónicas.

3) Postes finales: Engrase las superficies de los cojinetes curvos y los pasadores.

4) Cojinetes: Engrase todos los segmentos.

5) Pasadores de los paneles: Engrase los ejes.

6) Varillas tensoras: Engrase las roscas y los pasadores.

7) Pernos: Engrase todo el perno.

### **b. Equipo de levantamiento**

Proteja los elementos del equipo de levantamiento, tales como rodillos, gatos, palancas de cargue de los paneles, los extractores de pasador y todas las llaves, manteniéndolos limpios y lubricados.

### **c. Lubricación de los rodillos**

Antes de lanzar un puente, lubrique los cojinetes de los rodillos oscilantes a través de las graseras colocadas en ambos extremos de los ejes. Para lubricar los rodillos fijos siga estos pasos:

1) Retire toda la grasa y suciedad de alrededor del eje en cada extremo de ambos rodillos.

2) Acuñe los rodillos contra los cojinetes exteriores donde se encuentran las graseras.

3) Agregue grasa hasta que salga alrededor del eje en los cojinetes interiores.

4) Si no aparece grasa en el cojinete interior de cualquier rodillo, desarme y limpie la unidad completa.

5) Después de armar nuevamente el rodillo, repita los pasos 2 y 3.

## **15.2. Mantenimiento de los puentes**

### **a. Grupos de mantenimiento**

El equipo de mantenimiento generalmente consta de una cuadrilla de ensamblaje. Pero, para trabajos rutinarios de reparación, el grupo solamente consta de seis hombres, que se encargan de:

1) Revisar el puente después de los primeros 30 minutos de uso y más luego, periódicamente, para asegurarse de que estén ajustados los pernos de la estructura, los pernos de las vigas, las abrazaderas y las varillas tensoras.

2) Examinar la placa base para detectar cualquier asentamiento irregular y agregar las plaquetas necesarias.

3) Revisar la base de apoyo para gato de las rampas.

4) Asegurarse de que todos los pasadores se encuentren en su lugar.

5) Lubricar todas las roscas expuestas a la interperie y, de vez en cuando, verter una pequeña cantidad de aceite sobre cada unión de los paneles, si el puente va a permanecer en el sitio durante largo tiempo.

6) Reparar la superficie de rodadura y las rampas.

7) Realizar el mantenimiento de las vías de aproximación.

8) Durante las tormentas, revisar los bancos para detectar cualquier erosión o desgaste en los estribos, drenajes o vías de aproximación.

9) Reemplazar los seguros de los postes finales.

### b. Herramientas

La siguiente es una lista de herramientas para trabajo rutinario de mantenimiento :

• Llave devolvedor (para puentes de 2 y 3 pisos)	1
• Llave de estrella 1 1/8	2
• Llave fija 1 1/8	2
• Llave fija 1 7/8	1
• Barra de demolición	1
• Martillo pata de cabra	1
• Nivel	1
• Segueta	1
• Mazo de 6 lbs	1
• Pala de mango largo	1

### c. Repuestos

Los repuestos incluyen aproximadamente el 10 % o el 25 % de todas las partes del puente.

Dependiendo de la situación táctica, los repuestos se pueden aumentar hasta el 50 % para los puentes en áreas de avanzada. Los puentes en la retaguardia, sólo requieren partes de la línea de rodadura para reemplazar las desgastadas o las que se dañan con el uso normal.

## 15.3. Control de tránsito

Para asegurar que los conductores respeten las restricciones de espacio y clase, además de que la aproximación hacia el puente sea adecuada, se toman las siguientes medidas de control.

### a. Señales del puente

El puente y las vías de acceso se demarcan con las señales estándar determinadas por la OTAN. Estas señales establecen la clase de vehículo, el ancho de la vía y la altura del puente.

**b. Guías de tránsito**

Se colocan en cada uno de los extremos de los puentes cuando son largos. En los puentes cortos, tan sólo es necesario ubicar una guía en cualesquiera de los extremos. Las funciones que debe cumplir son:

- 1) Hacer cumplir las restricciones de tránsito y detener los vehículos que no cumplan con las normas de seguridad. Determina los cruces adecuados de vehículos críticos y detiene los vehículos que exceden los números de clase que correspondan al puente.
- 2) Mantener el flujo continuo de tráfico para evitar congestiones.
- 3) Organizar el flujo alterno de tránsito cuando haya necesidad de despejar la salida del puente.
- 4) Detener el tránsito cuando se presentan fallas en el puente.
- 5) Mantener los vehículos espaciados y dentro de los límites de velocidad de acuerdo con el tipo de cruce autorizado.
- 6) Ayudar a los conductores de vehículos anchos guiándolos durante el cruce.
- 7) Mantener las señales de demarcación.

**c. Señales de aproximación**

Las señales de aproximación están ubicadas en las vías de acceso o en la intersección con la red principal de tránsito.

**d. Comunicaciones**

Los dos guías ubicados en los puentes largos, deben tener señales de aproximación y sistemas de comunicación que les permitan recibir y enviar mensajes entre sí.

**Restricciones del tránsito**

El ancho de la vía del puente normalmente tiene una restricción de 3.75 m.

**Marcación del puente**

a) Sistemas de marcación: Con el puente se suministra cinta luminosa que debe ser utilizada en condiciones de oscuridad extrema. La cinta se coloca en los postes de aproximación y no es visible desde el aire. La función de este tipo de cinta, es guiar a los conductores y mantener el flujo continuo del tráfico.

b) Pintura: Como ayuda adicional en la conducción nocturna, especialmente para vehículos muy anchos, se debe pintar una línea central con pintura luminosa o

blanca. Este tipo de pintura se debe utilizar cuando y donde lo permita la situación táctica, debido a su visibilidad desde el aire.

c) Altura de la superficie de rodadura por encima de la rampa: Para evitar el posible desplazamiento del puente por el impacto de los vehículos, se debe construir la superficie de rodadura a más de una pulgada de diferencia por encima de la base de la rampa.

### 15.4. Proceso de galvanizado en caliente

El proceso de galvanización produce un recubrimiento de zinc metálico y zinc-hierro, resistente a la absorción y muy durable; el zinc se aplica metalúrgicamente sobre las piezas metálicas. Una ventaja del proceso es que se puede aplicar hasta un recubrimiento mínimo estándar de un grosor aproximado de  $610 \text{ g/m}^2$ .

Generalmente, el material de los puentes se limpia con aire a alta presión, para retirar la capa de óxido u otros agentes, antes de ser limpiado más detalladamente con una solución de ácido hidroclorehídrico o sulfúrico. Después de la limpieza, las piezas se introducen en una aleación hierro/zinc sobre la superficie y a medida que las piezas se sacan del baño estas capas de aleación se recubren con una capa de zinc.

Los tornillos se introducen en el baño de galvanización, en una canasta perforada, la cual, después que el proceso ha tenido lugar, se transfiere rápidamente a una centrífuga, donde la acción giratoria arroja lejos el zinc sobrante, el que de otra manera podría interferir con las roscas.

### 15.5. Propiedades del recubrimiento

Las capas de aleación de zinc/hierro, formadas en la superficie de las partes metálicas, durante el proceso de galvanización, son más duras que un acero templado. La capa de zinc en la parte superior de la aleación es relativamente suave. Por lo tanto, si una pieza de metal galvanizada recibe un golpe directo, durante el manejo y el transporte, éste tiende a ser amortiguado por el zinc. Por eso, la mayor parte de la fuerza absorbida, no se transmite a las capas entre el recubrimiento y el metal base.

Esto no significa, sin embargo, que se pueda tolerar un mal trato deliberado de las partes del puente galvanizadas, sino más bien, que las partes galvanizadas tienen más oportunidad de sobrevivir al mal manejo con su capa protectora intacta, que una estructura con el acabado convencional.



## 15.6. Causas de prevención de daños en el acero galvanizado

La excelente resistencia a la corrosión del zinc en la atmósfera, es debida a la formación de una capa protectora o platina, la cual consta del óxido de zinc insoluble, hidróxidos, carbonatos y sales de zinc, dependiendo del ambiente. Cuando la platina protectora se ha estabilizado, la reacción entre el recubrimiento del zinc y su ambiente procede a reducirse sustancialmente, dando como resultado larga vida al recubrimiento. Es importante, por lo tanto, mantener la integridad del recubrimiento de zinc y su platina, para asegurar una larga vida y protección; con este fin se deben tener en cuenta las causas del daño de la estructura galvanizada, y tomar las medidas preventivas apropiadas.

### a. Ataque químico

Varias sustancias químicas fuertes, tales como ácidos, fertilizantes y compuestos sulfúricos, atacan la galvanización, formando sales solubles de zinc en la superficie de la estructura. Las sales se disuelven por la humedad atmosférica, dejando una capa fresca de zinc expuesta a un ataque mayor. Luego, este ciclo se repite carcomiendo progresivamente el recubrimiento protector, a menos que la fuente de contaminación sea retirada.

Si ocurre contaminación química de alguna clase, los efectos del daño se reducirán lavando con agua limpia y retirando la fuente de contaminación.

### b. Corrosión galvánica

La corrosión galvánica o electrónica que da como resultado la eliminación del recubrimiento de zinc, es probable si un artículo galvanizado se coloca en contacto con una pieza no galvanizada, particularmente en un ambiente húmedo.

Por lo tanto, las piezas de acero deben ser retiradas si están oxidadas, y elementos tales como puntillas o cadenas no se deben dejar encima del material galvanizado. Las vigas de acero no galvanizadas se pueden utilizar para formar plataformas de almacenamiento, sólo si se colocan piezas de madera seca entre ellas y material galvanizado.

### c. Reparación del galvanizado

A pesar de tomar todas las precauciones necesarias, es casi seguro que le ocurra algún daño al recubrimiento durante el transporte y/o el levantamiento. La vida de protección del galvanizado no se reducirá, pero, sin embargo, se deben llevar a cabo rápidamente las reparaciones del caso. Se recomienda que toda la estructura galvanizada se inspeccione en los siguientes casos:

1) Cuando llega por primera vez al depósito de almacenamiento.

blanca. Este tipo de pintura se debe utilizar cuando y donde lo permita la situación táctica, debido a su visibilidad desde el aire.

c) Altura de la superficie de rodadura por encima de la rampa: Para evitar el posible desplazamiento del puente por el impacto de los vehículos, se debe construir la superficie de rodadura a más de una pulgada de diferencia por encima de la base de la rampa.

### 15.4. Proceso de galvanizado en caliente

El proceso de galvanización produce un recubrimiento de zinc metálico y zinc-hierro, resistente a la absorción y muy durable; el zinc se aplica metalúrgicamente sobre las piezas metálicas. Una ventaja del proceso es que se puede aplicar hasta un recubrimiento mínimo estándar de un grosor aproximado de  $610 \text{ g/m}^2$ .

Generalmente, el material de los puentes se limpia con aire a alta presión, para retirar la capa de óxido u otros agentes, antes de ser limpiado más detalladamente con una solución de ácido hidroclorehídrico o sulfúrico. Después de la limpieza, las piezas se introducen en una aleación hierro/zinc sobre la superficie y a medida que las piezas se sacan del baño estas capas de aleación se recubren con una capa de zinc.

Los tornillos se introducen en el baño de galvanización, en una canasta perforada, la cual, después que el proceso ha tenido lugar, se transfiere rápidamente a una centrífuga, donde la acción giratoria arroja lejos el zinc sobrante, el que de otra manera podría interferir con las roscas.

### 15.5. Propiedades del recubrimiento

Las capas de aleación de zinc/hierro, formadas en la superficie de las partes metálicas, durante el proceso de galvanización, son más duras que un acero templado. La capa de zinc en la parte superior de la aleación es relativamente suave. Por lo tanto, si una pieza de metal galvanizada recibe un golpe directo, durante el manejo y el transporte, éste tiende a ser amortiguado por el zinc. Por eso, la mayor parte de la fuerza absorbida, no se transmite a las capas entre el recubrimiento y el metal base.

Esto no significa, sin embargo, que se pueda tolerar un mal trato deliberado de las partes del puente galvanizadas, sino más bien, que las partes galvanizadas tienen más oportunidad de sobrevivir al mal manejo con su capa protectora intacta, que una estructura con el acabado convencional.

## 15.6. Causas de prevención de daños en el acero galvanizado

La excelente resistencia a la corrosión del zinc en la atmósfera, es debida a la formación de una capa protectora o platina, la cual consta del óxido de zinc insoluble, hidróxidos, carbonatos y sales de zinc, dependiendo del ambiente. Cuando la platina protectora se ha estabilizado, la reacción entre el recubrimiento del zinc y su ambiente procede a reducirse sustancialmente, dando como resultado larga vida al recubrimiento. Es importante, por lo tanto, mantener la integridad del recubrimiento de zinc y su platina, para asegurar una larga vida y protección; con este fin se deben tener en cuenta las causas del daño de la estructura galvanizada, y tomar las medidas preventivas apropiadas.

### a. Ataque químico

Varias sustancias químicas fuertes, tales como ácidos, fertilizantes y compuestos sulfúricos, atacan la galvanización, formando sales solubles de zinc en la superficie de la estructura. Las sales se disuelven por la humedad atmosférica, dejando una capa fresca de zinc expuesta a un ataque mayor. Luego, este ciclo se repite carcomiendo progresivamente el recubrimiento protector, a menos que la fuente de contaminación sea retirada.

Si ocurre contaminación química de alguna clase, los efectos del daño se reducirán lavando con agua limpia y retirando la fuente de contaminación.

### b. Corrosión galvánica

La corrosión galvánica o electrónica que da como resultado la eliminación del recubrimiento de zinc, es probable si un artículo galvanizado se coloca en contacto con una pieza no galvanizada, particularmente en un ambiente húmedo.

Por lo tanto, las piezas de acero deben ser retiradas si están oxidadas, y elementos tales como puntillas o cadenas no se deben dejar encima del material galvanizado. Las vigas de acero no galvanizadas se pueden utilizar para formar plataformas de almacenamiento, sólo si se colocan piezas de madera seca entre ellas y material galvanizado.

### c. Reparación del galvanizado

A pesar de tomar todas las precauciones necesarias, es casi seguro que le ocurra algún daño al recubrimiento durante el transporte y/o el levantamiento. La vida de protección del galvanizado no se reducirá, pero, sin embargo, se deben llevar a cabo rápidamente las reparaciones del caso. Se recomienda que toda la estructura galvanizada se inspeccione en los siguientes casos:

- 1) Cuando llega por primera vez al depósito de almacenamiento.

2) Después de ser transportada al sitio de instalación.

3) Después de terminar el levantamiento instalación.

Los inspectores deben estar entrenados para reconocer los problemas relacionados con la estructura galvanizada y elaborar informes detallados de los daños, incluyendo el programa sugerido de reparación y renovación. Los elementos que sean dañados y no tengan reparación se deben reportar, para que se tomen las medidas necesarias para el cambio.

Donde hayan sido dañadas pequeñas áreas de galvanización por el manejo excesivamente fuerte o por el retiro de óxido blanco, se puede efectuar reparaciones locales rápidas. Sin embargo, la resistencia adecuada a la corrosión sólo será alcanzada si se aplica nuevamente una cantidad suficiente de zinc. La pintura rica en zinc es el método más simple de alcanzar esto, se debe utilizar el siguiente procedimiento:

Limpie cuidadosamente el área afectada y luego aplique el número apropiado de capas de pintura rica en zinc ( $150 \text{ g/m}^2$ ), recordando que el recubrimiento total recomendado no debe ser menor de  $610 \text{ g/m}^2$ . Es esencial que se utilice pintura rica en zinc en este tratamiento, para asegurar que la protección electrofítica del recubrimiento galvanizado sea continua. Es una buena práctica mantener una amplia disponibilidad de pintura rica en zinc, en todos los sitios de almacenamiento y depósito, para utilizarla cuando sea requerida.



2) Después de ser transportada al sitio de instalación.

3) Después de terminar el levantamiento instalación.

Los inspectores deben estar entrenados para reconocer los problemas relacionados con la estructura galvanizada y elaborar informes detallados de los daños, incluyendo el programa sugerido de reparación y renovación. Los elementos que sean dañados y no tengan reparación se deben reportar, para que se tomen las medidas necesarias para el cambio.

Donde hayan sido dañadas pequeñas áreas de galvanización por el manejo excesivamente fuerte o por el retiro de óxido blanco, se puede efectuar reparaciones locales rápidas. Sin embargo, la resistencia adecuada a la corrosión sólo será alcanzada si se aplica nuevamente una cantidad suficiente de zinc. La pintura rica en zinc es el método más simple de alcanzar esto, se debe utilizar el siguiente procedimiento:

Limpie cuidadosamente el área afectada y luego aplique el número apropiado de capas de pintura rica en zinc ( $150 \text{ g/m}^2$ ), recordando que el recubrimiento total recomendado no debe ser menor de  $610 \text{ g/m}^2$ . Es esencial que se utilice pintura rica en zinc en este tratamiento, para asegurar que la protección electrolítica del recubrimiento galvanizado sea continua. Es una buena práctica mantener una amplia disponibilidad de pintura rica en zinc, en todos los sitios de almacenamiento y depósito, para utilizarla cuando sea requerida.



## CAPÍTULO XVI

# Cálculo de estribos

*(tomado del libro "Puentes Fijos", editado por la escuela de las américas. 1970)*

### 16.1. Generalidades

La subestructura de un puente está compuesta de soportes intermedios (Pilares o Caballetes) y soportes extremos, los cuales se denominan Estribos. Los estribos en los puentes transmiten las reacciones extremas provenientes de la superestructura hasta la fundación. Pueden también servir como muros de retención para contener los rellenos.

Los estribos se construyen de madera, acero, hormigón armado, hormigón sin refuerzo o de mampostería. Este capítulo tiene como fin explicar los procedimientos de diseño relacionados solamente con los estribos de hormigón sin refuerzo. Se reconoce el hecho que también se usan comúnmente otros tipos de estribos. Sin embargo, en él se recalca el diseño de los estribos en hormigón sin refuerzo, por dos razones principales; su amplio uso en el sistema de puentes militares, al hecho que su diseño se debe comprender como parte integral de los puentes.

Los estribos para los puentes militares varían en su construcción de acuerdo con la permanencia planeada de la estructura y con las condiciones de los suelos de las márgenes del sitio. Los estribos generalmente se



basan en diseños en medios improvisados, siendo la principal consideración la rapidez y la facilidad de construcción. El tiempo que se ahorra en la construcción de los estribos es sumamente importante en los puentes de tramos relativamente cortos, puesto que la preparación de los estribos y de los caminos de acceso pueden tomar tanto tiempo en construirse que el resto del puente.

Los puentes militares generalmente no se diseñan para que sean permanentes y generalmente se usa madera para la construcción de los estribos. Sin embargo, surgen situaciones en que se requieren puentes más permanentes, con lo cual hacen deseable la construcción de estribos de hormigón, tema que nos ocupa en el presente capítulo.

## 16.2. Descripción

Se pueden usar estribos de hormigón en puentes semipermanentes, sin necesidad de refuerzo. Estos estribos se usan preferiblemente en donde se puede evitar que el agua penetre a los moldes de hormigón. Aun cuando los diseños de hormigón son macizos no necesitan acero de refuerzo, las ventajas que ofrece el refuerzo de acero justifican el uso de materiales desechables, disponibles tales como mallas de alambre o esteras de aterrizaje del tipo de barras o varillas para fortalecer los estribos. En las presas de extremo, este refuerzo deberá estar cerca de la cara posterior y extenderse bien abajo del asiento del puente.

Se debe colocar el hormigón para estribos sin juntas de construcción. No se debe, bajo ninguna circunstancia, hacer una junta de construcción en la parte superior de un asiento de puente.

No se deben rellenar los estribos hasta que el hormigón haya alcanzado toda su consistencia. Se deben esperar por lo menos 5 días cuando se usa cemento Portland para hormigón y 2 días cuando se usa hormigón fraguado rápido.

## 16.3. Consideraciones de diseño

1. El efecto de volcamiento causado por la presión lateral del suelo, de la posible humedad del deshielo o aguas lluvias. (Véase la figura No. 16-1).

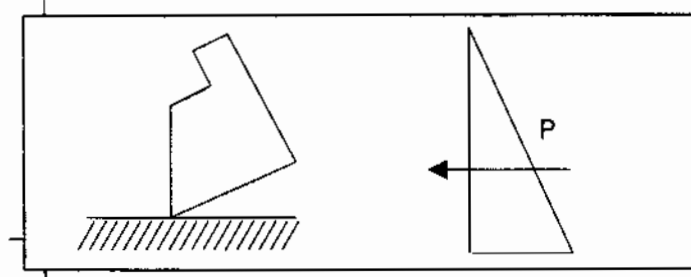


Figura No. 16-1  
Volcamiento

## CAPÍTULO XVI

# Cálculo de estribos

*(tomado del libro "Puentes Fijos", editado por la escuela de las américas. 1970)*

### 16.1. Generalidades

La subestructura de un puente está compuesta de soportes intermedios (Pilares o Caballetes) y soportes extremos, los cuales se denominan Estribos. Los estribos en los puentes transmiten las reacciones extremas provenientes de la superestructura hasta la fundación. Pueden también servir como muros de retención para contener los rellenos.

Los estribos se construyen de madera, acero, hormigón armado, hormigón sin refuerzo o de mampostería. Este capítulo tiene como fin explicar los procedimientos de diseño relacionados solamente con los estribos de hormigón sin refuerzo. Se reconoce el hecho que también se usan comúnmente otros tipos de estribos. Sin embargo, en él se recalca el diseño de los estribos en hormigón sin refuerzo, por dos razones principales; su amplio uso en el sistema de puentes militares, al hecho que su diseño se debe comprender como parte integral de los puentes.

Los estribos para los puentes militares varían en su construcción de acuerdo con la permanencia planeada de la estructura y con las condiciones de los suelos de las márgenes del sitio. Los estribos generalmente se

basan en diseños en medios improvisados, siendo la principal consideración la rapidez y la facilidad de construcción. El tiempo que se ahorra en la construcción de los estribos es sumamente importante en los puentes de tramos relativamente cortos, puesto que la preparación de los estribos y de los caminos de acceso pueden tomar tanto tiempo en construirse que el resto del puente.

Los puentes militares generalmente no se diseñan para que sean permanentes y generalmente se usa madera para la construcción de los estribos. Sin embargo, surgen situaciones en que se requieren puentes más permanentes, con lo cual hacen deseable la construcción de estribos de hormigón, tema que nos ocupa en el presente capítulo.

## 16.2. Descripción

Se pueden usar estribos de hormigón en puentes semipermanentes, sin necesidad de refuerzo. Estos estribos se usan preferiblemente en donde se puede evitar que el agua penetre a los moldes de hormigón. Aun cuando los diseños de hormigón son macizos no necesitan acero de refuerzo, las ventajas que ofrece el refuerzo de acero justifican el uso de materiales desechables, disponibles tales como mallas de alambre o esteras de aterrizaje del tipo de barras o varillas para fortalecer los estribos. En las presas de extremo, este refuerzo deberá estar cerca de la cara posterior y extenderse bien abajo del asiento del puente.

Se debe colocar el hormigón para estribos sin juntas de construcción. No se debe, bajo ninguna circunstancia, hacer una junta de construcción en la parte superior de un asiento de puente.

No se deben rellenar los estribos hasta que el hormigón haya alcanzado toda su consistencia. Se deben esperar por lo menos 5 días cuando se usa cemento Portland para hormigón y 2 días cuando se usa hormigón fraguado rápido.

## 16.3. Consideraciones de diseño

1. El efecto de volcamiento causado por la presión lateral del suelo, de la posible humedad del deshielo o aguas lluvias. (Véase la figura No. 16-1).

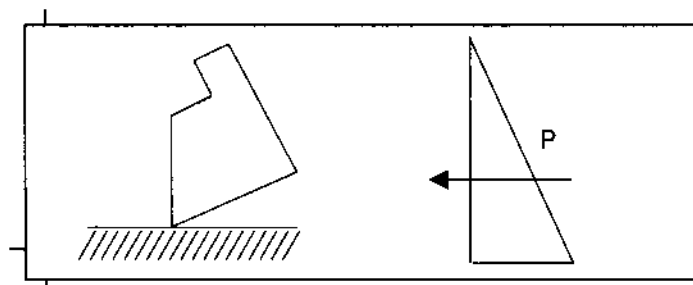


Figura No. 16-1  
Volcamiento

2. El efecto de deslizamiento causado por fuerzas laterales y fuerzas de fricción insuficientes debajo de la base del estribo. (Véase la figura No. 16-2).
3. El efecto de aplastamiento sobre el material de la fundación en el pie, cuando se excede el valor de estabilidad permisible del suelo. (Véase la figura No. 16-3).
4. Falla de la tierra del terraplén: Este tipo de falla ocurre por el esfuerzo cortante en masa del suelo que rodea el estribo. (Véase la figura No. 16-4)

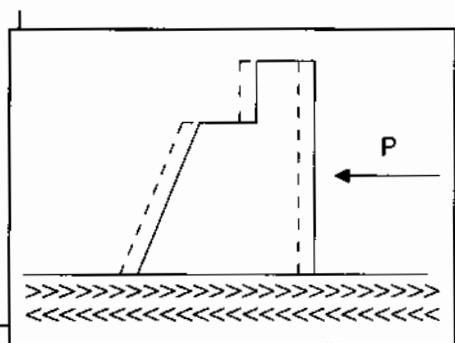


Figura No. 16-2  
Desplazamiento

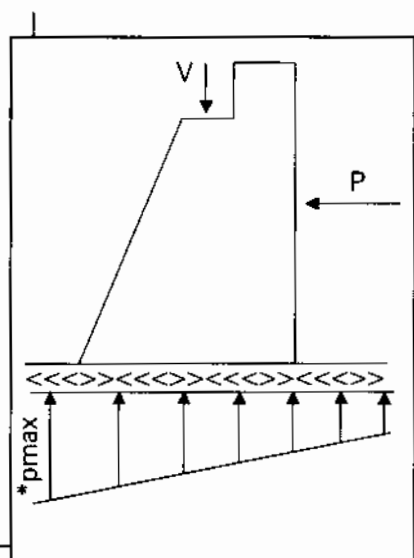


Figura No. 16-3  
Presiones sobre la fundación

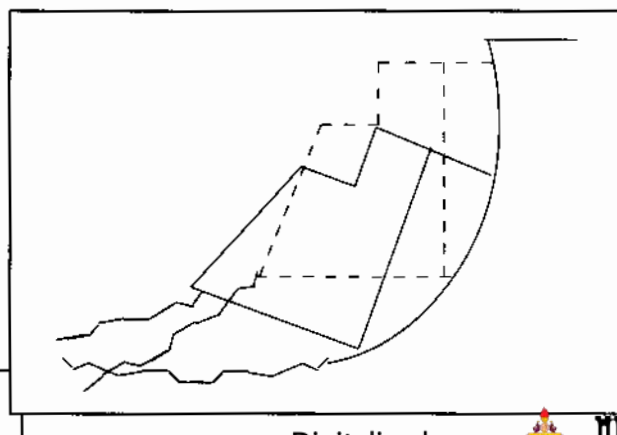


Figura No. 16-4  
Falla del esfuerzo cortante

## 16.4. Problema de ejemplo

El siguiente procedimiento de diseño está basado en la Teoría de Rankin. Se sabe que existen varias maneras de encarar este tipo de problema, pero a fin de presentar un procedimiento uniforme, sencillo y útil, se enseña la Teoría de Rankin.

El alcance de la instrucción se ha proyectado para que sea general y, por consiguiente, muy sencilla. Se necesitará tener más conocimiento para resolver cualquier problema relacionado con los estribos para grandes edificaciones o situaciones extraordinarias del suelo, que las que contiene este capítulo. Se deberá reconocer que la falla del esfuerzo cortante de los terraplenes no se tomará en cuenta en el procedimiento siguiente. Esto no es un descuido, más bien es una omisión intencional, puesto que la complejidad del problema requiere un mayor conocimiento del que se pueda ofrecer en tan corto tiempo.

### 1. Dado:

El estudio y el diseño del estribo de hormigón de gravedad que se presenta en la figura No. 16-5, se han basado en ciertas suposiciones que se enumeran a continuación:

- El peso muerto del hormigón - 150 libras por pie cúbico, y 135 libras por pie cúbico para la tierra.
- Las propiedades del suelo son las que se muestran en la tabla No. 2 del capítulo XVI. Supóngase que el relleno sea arena densa y saturada bien graduada.
- Los coeficientes de fricción entre el hormigón y el material vecino, aparecen en la tabla No. 3 del capítulo XVI.
- La sobrecarga debida al tránsito vehicular sobre la aproximación de 3 pies.
- El puente es de dos vías, con un tramo de 60 pies, clase 70, con largueros de acero y un piso de madera de 6'.
- El material de la fundación ofrece una estabilidad de 2.5 toneladas por pie cuadrado.
- El hormigón tiene una resistencia a la falla  $f_c$  de 2.000 libras por pulgada cuadrada y un esfuerzo de tensión permisible de  $0.03 f_c$ , o sea 60 libras por pulgada cuadrada.

### 2. Calcule:

- Determine la dimensión X que se muestra en la figura No. 16-5, de manera que la fundación quede completamente en compresión.
- La presión máxima y mínima del suelo.

2. El efecto de deslizamiento causado por fuerzas laterales y fuerzas de fricción insuficientes debajo de la base del estribo. (Véase la figura No. 16-2).
3. El efecto de aplastamiento sobre el material de la fundación en el pie, cuando se excede el valor de estabilidad permisible del suelo. (Véase la figura No. 16-3).
4. Falla de la tierra del terraplén: Este tipo de falla ocurre por el esfuerzo cortante en masa del suelo que rodea el estribo. (Véase la figura No. 16-4)

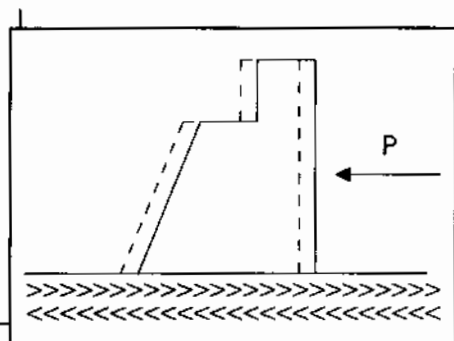


Figura No. 16-2  
Desplazamiento

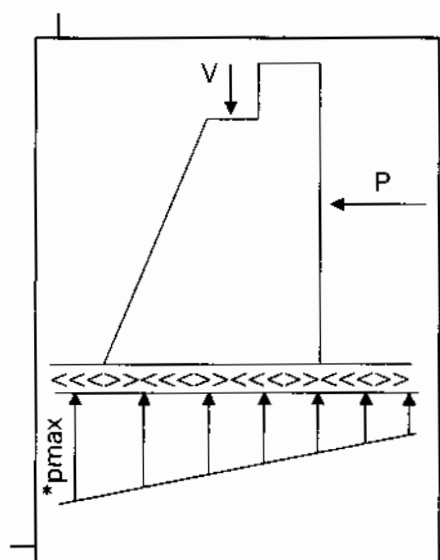


Figura No. 16-3  
Presiones sobre la fundación

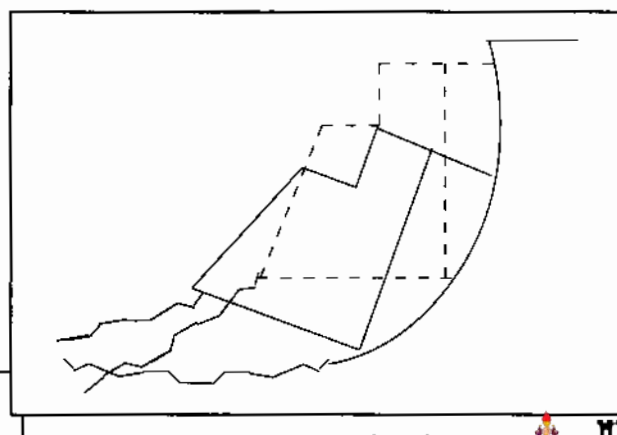


Figura No. 16-4  
Falla del esfuerzo cortante

## 16.4. Problema de ejemplo

El siguiente procedimiento de diseño está basado en la Teoría de Rankin. Se sabe que existen varias maneras de encarar este tipo de problema, pero a fin de presentar un procedimiento uniforme, sencillo y útil, se enseña la Teoría de Rankin.

El alcance de la instrucción se ha proyectado para que sea general y, por consiguiente, muy sencilla. Se necesitará tener más conocimiento para resolver cualquier problema relacionado con los estribos para grandes edificaciones o situaciones extraordinarias del suelo, que las que contiene este capítulo. Se deberá reconocer que la falla del esfuerzo cortante de los terraplenes no se tomará en cuenta en el procedimiento siguiente. Esto no es un descuido, más bien es una omisión intencional, puesto que la complejidad del problema requiere un mayor conocimiento del que se pueda ofrecer en tan corto tiempo.

### 1. Dado:

El estudio y el diseño del estribo de hormigón de gravedad que se presenta en la figura No. 16-5, se han basado en ciertas suposiciones que se enumeran a continuación:

- a. El peso muerto del hormigón - 150 libras por pie cúbico, y 135 libras por pie cúbico para la tierra.
- b. Las propiedades del suelo son las que se muestran en la tabla No. 2 del capítulo XVI. Supóngase que el relleno sea arena densa y saturada bien graduada.
- c. Los coeficientes de fricción entre el hormigón y el material vecino, aparecen en la tabla No. 3 del capítulo XVI.
- d. La sobrecarga debida al tránsito vehicular sobre la aproximación de 3 pies.
- e. El puente es de dos vías, con un tramo de 60 pies, clase 70, con largueros de acero y un piso de madera de 6'.
- f. El material de la fundación ofrece una estabilidad de 2.5 toneladas por pie cuadrado.
- g. El hormigón tiene una resistencia a la falla  $f_c$  de 2.000 libras por pulgada cuadrada y un esfuerzo de tensión permisible de 0.03  $f_c$ , o sea 60 libras por pulgada cuadrada.

### 2. Calcule:

- a. Determine la dimensión X que se muestra en la figura No. 16-5, de manera que la fundación quede completamente en compresión.
- b. La presión máxima y mínima del suelo.

c. Esfuerzo de tensión en la base del estribo.

d. Si hay deslizamiento o no.

### 3. Solución:

#### A.1. Determinación de las presiones laterales del suelo

a) En la parte superior del estribo, la presión lateral se debe exclusivamente a la presencia de la supuesta carga de 3 pies. El valor de esta presión, lo proporciona:

$$PTOP = (\beta s) (hs) \tan^2 (45^\circ - \phi/2)$$

donde: P<sub>TOP</sub>: Presión en libras por pie cuadrado  
 $(\beta s)$ : Densidad del relleno en libras/pie<sup>3</sup>  
 $(hs)$ : Alt. de la supuesta sobrecarga de 3 pies  
 $\phi$ : Ángulo de fricción interna

De la tabla No. 2, capítulo XVI, se pueden obtener los valores de  $\beta s$  y de  $\phi$  para un suelo bien saturado SW.

La tabla No. 2 da un valor a  $\phi$  de 32.5° y a  $\beta s$  un valor de 137 libras por pie cúbico. Se seleccionó el valor máximo de  $\beta s$ , a fin de que se produjera la situación más crítica. Sustituyendo los valores de  $\beta s$ ,  $hs$ , y  $\phi$ , tenemos:

$$PTOP = 137 \text{ lb/pie}^3 (3 \text{ pies}) \tan^2 (45^\circ - 32.5^\circ/2)$$

$$PTOP = 411 \text{ lb/pie}^3 \tan^2 (28.7^\circ)$$

$$PTOP = 411 \text{ lb/pie}^2 (0.548)2$$

$$PTOP = 124 \text{ lb/pie}^2$$

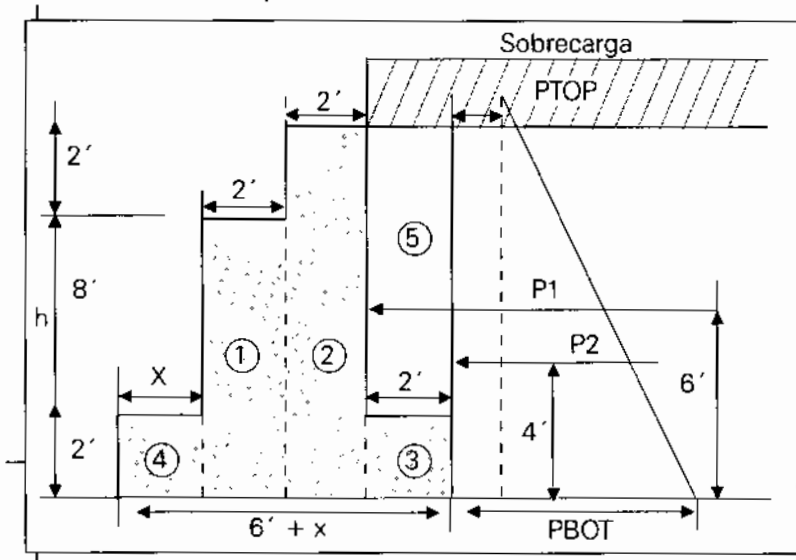


Figura No. 16-5  
 Estribo de  
 hormigón de  
 gravedad



b) En el fondo del estribo la presión lateral se debe a la sobrecarga de 3 pies más los 12 pies del suelo. Esta presión la proporciona:

$$PBOT = (\beta s) (h + hs) \tan^2 (45^\circ - \phi/2)$$

donde:  $\beta s = 137$  lb por pie<sup>3</sup>

$h = 12$  pies

$hs = 3$  pies

$$\tan^2 (45^\circ - \phi/2) = (0.548)^2 = 0.3$$

Sustituyendo los valores apropiados, tenemos:

$$PBOT = 137 \text{ lb por pie}^3 (12 \text{ pies} + 3 \text{ pies}) (0.3)$$

$$PBOT = 616 \text{ libras por pie cuadrado.}$$

Se puede suponer que estas presiones están distribuidas en forma lineal entre la parte superior y la parte inferior del estribo, como se muestra en la figura No. 16-5.

#### A.2. Determinación de la reacción sobre el asiento de la viga

La reacción del puente comprende tanto la carga muerta como la carga viva. Sin embargo, cuando se diseña el estribo, no se debe incluir la carga viva sobre el puente en la reacción, puesto que tiende a estabilizar el estribo, en vez de agravar la condición del volcamiento. Una vez que se haya terminado la dimensión X, se determinará la ubicación de la reacción del puente, relativa al centroide de la base del estribo. Si la línea de acción de la reacción del puente está hacia la derecha del centroide, entonces la reacción del puente es una fuerza de estabilización y los cálculos están correctos. Sin embargo, si la línea de acción de la reacción del puente está hacia la izquierda del centroide, entonces la reacción es una fuerza de perturbación y se deben hacer nuevamente los cálculos para la dimensión X, incluyendo la carga viva.

#### Reacción de la carga muerta

La reacción de la carga muerta, la proporciona:

$$RCM = \frac{ML}{2}$$

donde M es la carga muerta por pie de puente

L es la longitud del tramo = 60 pies

Basándose en la tabla No. 1 del capítulo XVI, se encuentra que la carga muerta es 1.690 libras/pie de puente para un puente de 60 pies, de 2 vías, clase 70 con largueros de acero y un piso de madera de 6". Sustituyendo los valores de M y L tenemos:

$$RCM = \frac{1.680 \text{ libras/pie (60 pies)}}{2}$$

$$RCM = 50.400 \text{ libras}$$

Puesto que el estribo tiene 24 pies de anchura, la reacción por pie es:

$$RCM = \frac{50.400 \text{ libras}}{24 \text{ pies}} = 2.100 \text{ libras/pie}$$

### A.3. Determinación de los pesos y las fuerzas laterales

Se supone que el peso total de cada sección, según como está numerada en la figura No. 16-5, actúa en el centroide de su área. Estos pesos se calculan para un pie de profundidad y se basan en la suposición de una densidad de 150 libras por pie cúbico para el hormigón y 135 libras por pie cúbico para la tierra.

NÚMERO DE SECCIÓN	ÁREA PIES CUADRADOS	LIBRAS POR PIE CÚBICO	V= PESO (LIBRAS)
1	20	150	3.000
2	24	150	3.600
3	4	150	600
4	2X	150	300X
5	20	137	2.740
RCM	-	-	2.100

$$\Sigma V = 12.040 \text{ libras} + 300 x$$

La fuerza P1, la proporciona:

$$P1 = P_{TOP} (h) \equiv \text{Presión en libras X pie cuadrado por la altura.}$$

donde  $P_{TOP} = 124 \text{ lb por pie}^2$

$$h = 12 \text{ pies}$$

Sustituyendo

$$P1 = 124 (12 \text{ pies})$$

$$P1 = 1.480 \text{ libras}$$

La fuerza P2, la proporciona:

$$P2 = \frac{P_{BOT} - P_{TOP}}{2} (h)$$

donde  $P_{BOT} = 616 \text{ lb por pie}^2$

$P_{TOP} = 124 \text{ lb por pie}^2$

$$h = 12 \text{ pies}$$

Sustituyendo:

$$P_2 = \frac{(616 \text{ lb por pie}^2 - 124 \text{ lb por pie}^2)}{2} (12 \text{ pies})$$

$$P_2 = 2.960 \text{ libras} \Rightarrow \Sigma H = P_1 + P_2$$

#### A.4. Determinación de la dimensión X

En la figura No. 16-6 se muestran las distancias hasta los centros de cada área, desde el extremo izquierdo del estribo. Supóngase la distribución de presión del suelo de la fundación triangular que se muestra en la figura No. 16-7, se tomarán los momentos de todas las fuerzas cerca del tercer punto de la base. Esto determinará la dimensión X, de manera que la resultante R pasará a través del tercer punto de la base. Se debe observar cuidadosamente la dirección de las fuerzas que hacen girar el estribo.

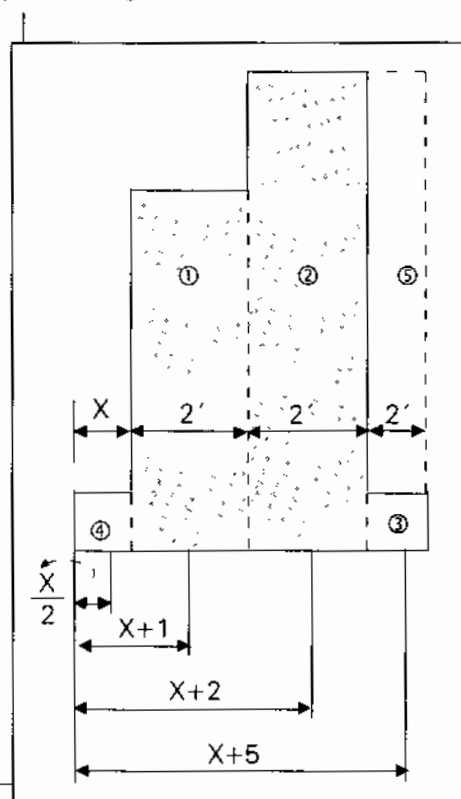


Figura No. 16-6  
Distancia hasta los centros de cada área.

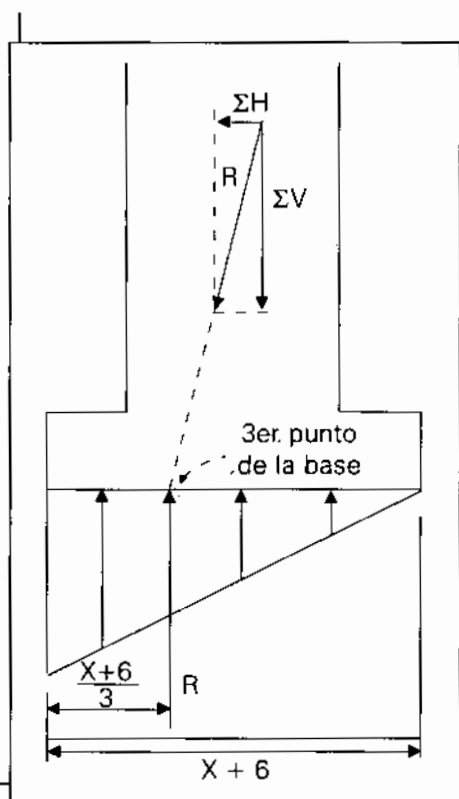


Figura No. 16-7  
Distribución de la presión del suelo de la fundación triangular.

Supóngase que es positivo el momento en dirección de las manecillas del reloj, los cálculos están puestos de una manera resumida a continuación:

SECCIÓN NÚMERO	FUERZA EN LIBRAS	BRAZO DE MOMENTO (EN PIES)	MOMENTO (EN LIBRAS-PIE)
1	3.000	$x + 1 - \frac{x + 6}{3} = 0.667 x - 1$	$-2.000 x + 3.000$
2	3.600	$x + 3 - \frac{x + 6}{3} = 0.667 x + 1$	$-2.400 x - 3.600$
3	600	$x + 5 - \frac{x + 6}{3} = 0.667 x + 3$	$-400 x - 1.800$
4	$300 x$	$\frac{x - x + 6}{2} = 0.167 x - 2$	$50 x^2 - 600 x$
5	2.740	$x + 5 - \frac{x + 6}{3} = 0.667 x + 3$	$-1.830 x - 8.220$
RCM	2.100	$x + 1 - \frac{x + 6}{3} = 0.667 x - 1$	$-1.400 x + 2.100$
P1	1.480	6	8.880
P2	2.960	4	11.840
$\Sigma V = 12.040 \text{ lb} + 300 x$ $\Sigma H = 4.440 \text{ lb}$ $\Sigma M_v + \Sigma M_h = \Sigma M$		$\Sigma M_v = 50 x^2 - 8.630 x - 8.520$ $\Sigma M_h = 20.720 \text{ libra/pie}$ $\Sigma M = 50 x^2 - 8.630 x + 12.200$	

Los momentos se basan en la suposición de que el tercer punto de la base está hacia la izquierda de la reacción RCM. Siendo así, 1, 2, 3 y 5, y RCM, dan momentos negativos y 4, P1 y P2, dan momentos positivos. Ya que la suma de los momentos (M) cerca del tercer punto de la base es igual a cero, el valor de X se puede obtener de la siguiente manera:

$$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

donde:

$$a = 50$$

$$b = -8.630$$

$$c = 12.200$$

$$\Sigma M = 50X^2 - 8.630x + 12.200 = 0$$

Sustituyendo los valores de a, b y c, tenemos:

$$x = \frac{8.630 \text{ pies} \pm \sqrt{(8.630)^2 - 4(50)(12.200)}}{2(50)}$$

$$x = \frac{86.3 \text{ pies} \pm \sqrt{74.476.900 - 2.440.000}}{100}$$

$$x = 86.3 \text{ pies} \pm \frac{\sqrt{72.036.800}}{100}$$

$$x = 86.3 \text{ pies} \pm \frac{8.490 \text{ pies}}{100} \quad (\text{Aproximado } 8.487.4554 \text{ a } 8.490)$$

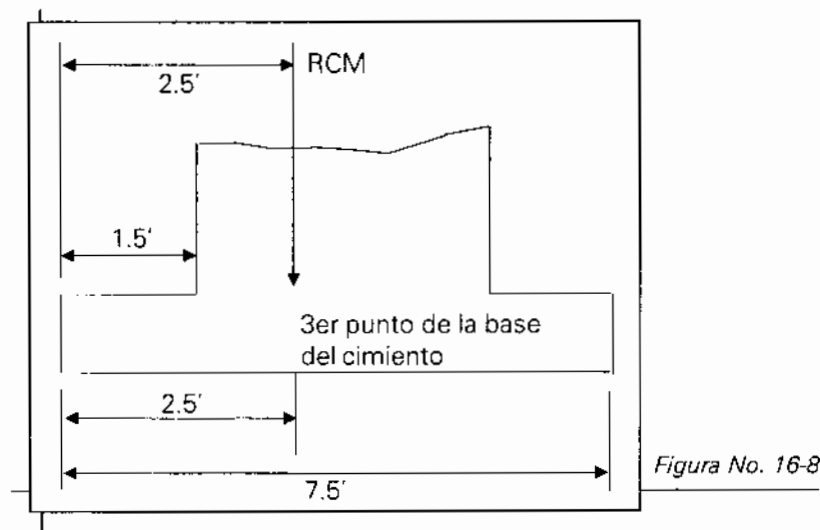
$$x = 86.3 \text{ pies} \pm 84.9 \text{ pies}$$

Usando el signo menos

$$x = 1.4 \text{ pies}$$

Use 1.5 pies

En la figura No. 16-8 se muestra la ubicación de la reacción de la carga muerta, RCM, relativa al tercer punto de la base. La figura No. 16-8 muestra que la reacción de la carga muerta está a 2.5 pies del extremo izquierdo de la base del estribo, y que el tercer punto de la base está también a 2.5 pies del extremo izquierdo de la base. Por consiguiente, la reacción de la carga muerta no ayuda y no perjudica la estabilidad del muro, por consiguiente, los cálculos están correctos.



**B. Determinación de las presiones máximas y mínimas del suelo**

Se puede determinar la ubicación de la resultante de todas las fuerzas verticales ( $\Sigma v$ ) desde el tercer punto de la base del estribo, usando la ecuación (véase la figura No. 16-9).

$$d = \frac{\Sigma Mv}{\Sigma v}$$

En la tabla anterior se proporcionan los valores de  $\Sigma Mv$  y  $\Sigma v$  que se repiten a continuación:

$$\begin{aligned}\Sigma V &= 12.040 \text{ libras} + 300X \\ \Sigma Mv &= 50x^2 - 8.630x - 8.520\end{aligned}$$

El valor que se computó para X es de 1.4 pies, sin embargo, haga que X sea igual a 1.5 pies, a fin de que tenga un valor de incremento redondo de  $\frac{1}{2}$  pie. Sustituyendo los valores de  $\Sigma V$ ,  $\Sigma MV$  y X, en la ecuación d, tenemos:

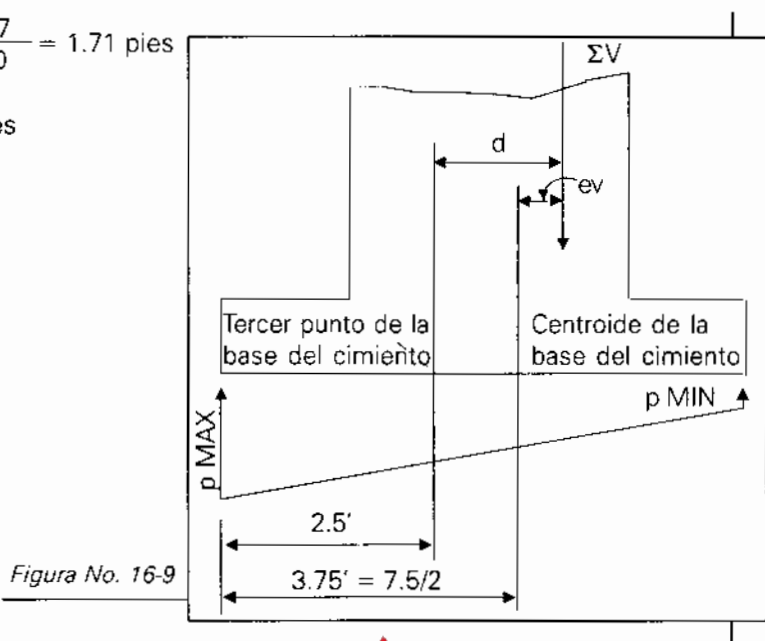
$$d = \frac{\Sigma Mv}{\Sigma V}$$

$$d = \frac{50 (1.5)^2 - 8.630 (1.5) - 8.520}{12.040 + 300 (1.5)}$$

$$d = \frac{113 - 12.950 - 8.520}{12.040 + 450}$$

$$d = \frac{-21.357}{12.490} = 1.71 \text{ pies}$$

$$d = -1.71 \text{ pies}$$



El valor negativo de  $d$ , significa que el momento ocasionado por  $\Sigma V$  es un momento en la dirección en que giran las manecillas del reloj y que la resultante  $\Sigma V$  está hacia la derecha del tercer punto de la base, como se muestra en la figura 16-9.

La excentricidad de la suma de las fuerzas verticales ( $\Sigma V$ ) como se muestra en la figura No. 10-9, es:

$$e_v = 2.5 \text{ pies} + d - 3.75 \text{ pies}$$

$$\text{donde: } d = 1.71 \text{ pies}$$

Sustituyendo:

$$e_v = 2.5 \text{ pies} + 1.71 \text{ pies} - 3.75$$

$$e_v = 0.46 \text{ pies}$$

Como se muestra en la figura No. 106, el momento debido a  $\Sigma V$ , es hacia la derecha cerca del centroide de la base, es decir, un momento negativo.

La presión máxima del suelo,  $P_{MAX}$ , la proporciona:

$$P_{MAX} = \frac{\Sigma V}{A \text{ BASE}} + \frac{\Sigma M.C}{I \text{ BASE}}$$

$$\text{donde: } \Sigma V = 12.490 \text{ libras}$$

$$A \text{ BASE} = 7.5 \text{ pies}$$

$$C = + 3.75 \text{ pies}$$

$$I \text{ BASE} = 1/12 (1 \text{ pie}) (7.5 \text{ pies})^3$$

$$I \text{ BASE} = 42.2 \text{ pies}^4$$

La suma de los momentos ( $\Sigma M$ ), es la suma de los momentos debidos a tanto la fuerza horizontal como la vertical en el centroide de la base, es decir.

$$\Sigma M = \Sigma M_H + \Sigma M_V$$

La suma de los momentos debidos a las fuerzas horizontales se da en la tabla anterior que es 20.270 libras/pie. Este momento gira en dirección izquierda y se considera por consiguiente positivo. La suma de los momentos debidos a las fuerzas verticales ( $\Sigma V$ ), la proporciona:

$$\Sigma M_V = \Sigma V (e_v)$$

$$\text{donde: } \Sigma V = 12.490 \text{ libras}$$

$$e_v = 0.46 \text{ pies}$$

$$\text{Sustituyendo: } \Sigma M_v = 12.490 \text{ libras} (0.46 \text{ pies})$$

$$\Sigma M_v = 5740 \text{ libras pie}$$

Este momento gira a la derecha y se considera negativo. La suma final de los momentos ( $\Sigma M$ ) cerca del centroide de la base, la proporciona:

$$\begin{aligned} \Sigma M &= \Sigma MH + \Sigma Mv \\ \Sigma M &= 20.270 \text{ libras/pie} - 5.740 \text{ libras/pie} \\ \Sigma M &= 14.540 \text{ libras/pie} \end{aligned}$$

Sustituyendo los valores de  $\Sigma V$ , ABASE,  $\Sigma M$  e IBASE, en la ecuación PMAX, tenemos:

$$\begin{aligned} P_{MAX} &= \frac{12.490 \text{ libras/pies}}{7.5 \text{ pie}} + \frac{14.540 \text{ libras/pie} (3.75) \text{pies}}{42.2 \text{ pies}^4} \\ P_{MAX} &= 1.668 \text{ libras/pie}^2 + 1.292 \text{ libras/pie}^2 \\ P_{MIN} &= 2.960 \text{ libras/pie}^2 \end{aligned}$$

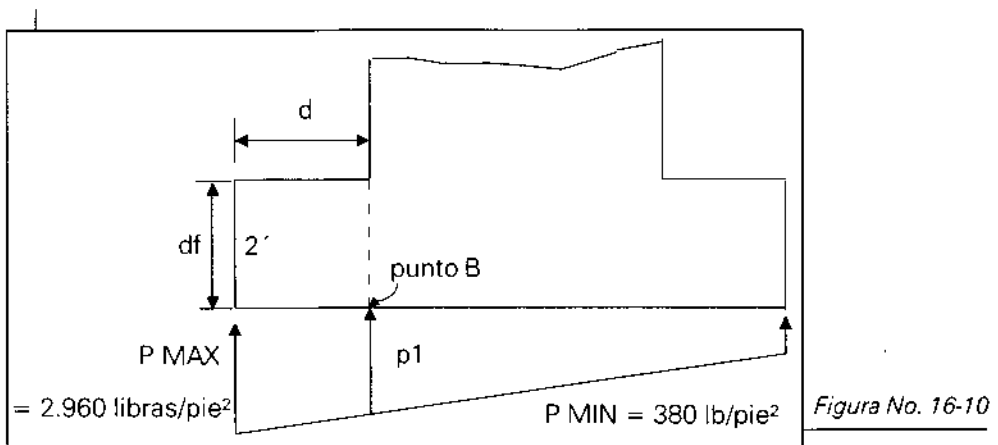
La presión máxima permisible del suelo se proporciona como 4.000 libras/pie<sup>2</sup>, por consiguiente, el esfuerzo dado es menos que el permisible.

La presión mínima de la fundación, la proporciona:

$$\begin{aligned} P_{MIN} &= \frac{\Sigma V}{A \text{ BASE}} - \frac{\Sigma MC}{I \text{ BASE}} \\ P_{MIN} &= 1.670 \text{ lb/pie}^2 - 1.290 \text{ lb/pie}^2 \\ P_{MIN} &= 380 \text{ lb/pie}^2 \end{aligned}$$

**C. Verificación del esfuerzo máximo de tensión en la base del estribo**

La figura No. 16-10 muestra la distribución de la presión de la fundación calculada anteriormente.





El esfuerzo máximo de tensión ocurre en el punto B y lo proporciona la ecuación:

$$f_B = \left( \frac{d}{df} \right)^3 \cdot \left( \frac{2 P_{MAX} + P_1}{6} \right)$$

$$df = 2.0 \text{ pies}$$

Hallamos inicialmente el valor de P1 utilizando así:

$$P_1 = P_{MIN} + \frac{P_{MAX} - P_{MIN}}{A_{Base}} \cdot (A_{Base} - d)$$

$$P_{MAX} = 2.960 \text{ lb/pie}^2$$

$$P_1 = \frac{380 \text{ lb/pie}^2 + 2.960 \text{ lb/pie}^2 - 380 \text{ lb/pie}^2}{7.5 \text{ pies}} \cdot (6 \text{ pies})$$

$$P_1 = 380 \text{ lb/pie}^2 + 2.070 \text{ lb/pie}^2$$

$$P_1 = 2.450 \text{ lb/pie}^2$$

Sustituyendo:

$$f_B = (1.5 \text{ pies} / 2.0 \text{ pies})^3 \left( \frac{2 (2.960 \text{ lb/pie}^2) + 2.450 \text{ lb/pie}^2}{6} \right)$$

$$f_B = (0.422) (1.400 \text{ lb/pie}^2)$$

$$f_B = 590 \text{ lb/pie}^2 = 4.1 \text{ lb/pulg}^2$$

El esfuerzo de tensión permisible se dio como 60 lb x pulg<sup>2</sup>, en este caso el esfuerzo resultante es menor que el permisible.

#### D. Deslizamiento

La resistencia al deslizamiento, la proporciona:

$$R_s = \Sigma V (k_f)$$

donde:  $\Sigma V = 12.490$  libras

$$k_f = 0.4 \text{ (Tabla 3; capítulo XVI)}$$

Sustituyendo:

$$R_s = 12.490 \text{ libras} (0.4)$$

$$R_s = 4.996 \text{ libras}$$

Las fuerzas que tienden a causar el deslizamiento, son las fuerzas laterales del suelo P1 y P2. La suma de P1 y P2 es 440 libras. De modo que la fuerza de deslizamiento es menor que la fuerza de resistencia, luego no hay deslizamiento.

**TABLA No. 1**  
**LARGUEROS DE ACERO CON PISO DE MADERA DE SEIS PULGADAS,**  
**ENCINTADO Y PASAMANOS DE MADERA**

Clasificación de los tramos		Tramo en pies								
Clase	Vías	20	30	40	50	60	70	80	90	100
8	1	480	520	560	600	630	670	710	750	780
	2	770	840	900	970	1030	1100	1160	1220	1280
24	1	570	620	660	710	750	800	840	890	930
	2	940	1010	1080	1150	1220	1290	1360	1430	1500
70	1	650	740	830	920	1010	1100	1190	1280	1370
	2	1050	1210	1370	1530	1690	1850	2010	2170	2320

**TABLA No. 2**  
**PROPIEDADES DE LOS SUELOS**

DESCRIPCIÓN DEL SUELO		SÍMBOLO UNIFICADO DE LA CLASIFICACIÓN DEL SUELO	POROSIDAD "N" %	CONTENIDO DE AGUA "W" %	PESO UNITARIO LIBRAS/PIE CÚBICO	COHESIÓN "C" TONELADAS/PIE CUADRADO	ÁNGULO INTERNO DE FRICCIÓN "Ø"	VALORES DE TANGENTE Ø	RESISTENCIA COMPRESIVA NO ENCERRADA "QU" TONELADAS/PIE CUADRADO			
Arena suelta	Seca	SW hasta SP	47.6 a 36.0	11.0 - 9.0	89.0 - 107.0		31°	0.60086				
	Húmeda									99.0 - 117.0	31°	0.60086
	Saturada									108.0 - 134.0	31°	0.60086
Arena densa	Seca	SW hasta SP	32.0 a 29.0	8.0 - 6.0	114.0 - 118.0		32.5°	0.63707				
	Húmeda									124.0 - 127.0	32.5°	0.63707
	Saturada									134.0 - 137.0	32.5°	0.63707
Arena muy suelta	Seca	SW hasta SP	28.0 a 24.5	6.0	121.0 - 127.0		33.5°	0.66189				
	Húmeda									128.0 - 135.0	33.5°	0.66189
	Saturada									138.0 - 142.0	33.5°	0.66189
Grava suelta	Seca	GW hasta GP	30.0 a 24.0	3.0	112.0 - 118.0		30.0°	0.57735				
	Húmeda									115.0 - 122.0	30.0°	0.57735
	Saturada									136.0 - 142.0	30.0°	0.57735
Grava muy densa	Seca	GW hasta GP	18.0	3.0	136.0		33.5°	0.66189				
	Húmeda									140.0	33.5°	0.66189
	Saturada									149.0	33.5°	0.66189
Arena arcillosa		SC	36.0 - 24.0	17.5 - 10.0	129.0 - 141.0	0.01 - 0.03	22.0° - 26.0°	0.40403-0.48773				
Arcilla arenosa		CL con arena	50.0 - 30.0	27.0 - 14.0	114.0 - 135.0	0.03 - 0.06	16.5° - 22.0°	0.29621-0.40403				
Arcilla altamente compresible		CH	69.0 - 38.0	45.0 - 19.0	96.0 - 127.0	0.06 - 0.12	11.0° - 16.5°	0.27732-0.29621	1.00 - 4.00			
Suelo orgánico altamente compresible		OH			69.0 - 88.0	0.00 - 0.05	22.0° - 26.0°	0.40403-0.48773				

Digitalizado por:



**TABLA No. 3**  
**COEFICIENTES DE FRICCIÓN**

MATERIALES	COEFICIENTE (kf)
Mampostería sobre mampostería	0.65
Mampostería sobre madera, en dirección de la fibra	0.60
Mampostería sobre madera, contra la fibra	0.50
Mampostería en contacto con arcilla seca	0.50
Mampostería en contacto con arcilla húmeda	0.33
Mampostería en contacto con arena	0.40
Mampostería en contacto con grava	0.60

**TABLA No. 4**  
**CAPACIDADES PERMISIBLES DE ESTABILIDAD DEL SUELO**

DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SUELO	CONDICIÓN	PRECISIÓN DE APOYO PERMISIBLE (ton/pie <sup>2</sup> )
1. Suelos de grano fino	Blando, no consolidado, con un alto contenido de humedad	1.0
2. Arcilla, cienos, arenas muy finas o mezclas de estos que contienen pocas partículas gruesas de arena o de grava. (Clasificación: MH, CH, CL, LO, OH)	Tieso, parcialmente consolidado, contenido mediano de humedad	2.0
	Duro, bien consolidado, contenido bajo de humedad (ligeramente humedecido o seco)	3.0
3. Arenas y suelos arenosos bien granulados que contienen algo de cieno y arcilla. (Clasificación: SW, SC, SP, GP, GM)	Suelto, no encerrado	1.5
	Suelto, encerrado	2.5
	Completo	5.0
4. Gravas y suelos gravosos bien granulados que contienen algo de arena, cieno y de arcilla. (Clasificación: GW, GC, GP, GM)	Suelto, no encerrado	2.0
	Suelto, encerrado	3.0
	Completo	6.0
	Arena y grava cimentada	8.0
5. Roca	Roca de calidad pobre; blanda y fracturada; también arcilla compacta	10.0
	Roca de buena calidad, dura y sólida	20.0

# GLOSARIO

- |            |   |
|------------|---|
| 1. WARREN  | Es un tipo de estructura metálica de nudos indeformables.                                     |
| 2. FOZUE   | Giro.   |
| 3. HSFG    | Nudos indeformables que no permiten giro. Son pernados o contruidos con remaches al caliente. |
| 4. CAMBER  | Es una contraflecha (flexión negativa).   |
| 5. CLEAR   | Claro-libre-espacio CLEAT = Ángulo de viga transversal.                                       |
| 6. WT      | Peso del cantiliver o cola.   |
| 7. WS      | Peso de la estructura del puente.   |
| 8. M       | Momento flector.  |
| 9. K       | Contrapeso.   |
| 10. WD     | Peso de grúa que se usa para armar el cantiliver.   |
| 11. M1     | Momento adicional para equilibrio de fuerzas.   |
| 12. LT     | Longitud estructura (cola o cantiliver).  |
| 13. LS     | Longitud del puente o cercha.   |
| 14. AO-CHB | Lista de elementos o diagramas.   |
| 15. LTC    | Longitud superior del miembro o panel.  |

16. LBC Longitud inferior del miembro o panel.
17. CHB Lista, catálogo, etc.
18. AL-CHB Lista o esquemas de rodillos de lanzamiento.
19. A1-CHB Lista de esquemas de lanzamiento.
20. NT Número de paneles de la cola o cantiliver (secciones).
21. NS Número de secciones de la estructura del puente.
22. "A" Indica un punto cualquiera (en este caso, una grúa).
23. DB Tolerancia en los pernos o tornillos.
24. DP Longitud adicional del miembro.
25. DS Deformación de un tramo.
26. H Altura de la cercha.
27. LP Longitud nominal de una sección.
28. N Número de paneles.
29. SPOT Pre-selección por muestreo.
30. FARDOS Nudos o intersecciones.
31. CARTELAS Las laminadas empleadas.
32. TIRFOR Es una herramienta de tipo manual empleada para realizar tensionados entre dos puentes de 1, 2, 3 hasta 5 toneladas.
33. ORTOTRÓPICOS Cuando un tablero de piso no sólo cumple la función como tal, sino que también hace parte de la viga y la sección estrecha del puente.

# BIBLIOGRAFÍA

- MINISTERIO DEL EJÉRCITO NORTEAMERICANO.  
"Datos de campaña del Cuerpo de Ingenieros".
- BALLFOUR-BEACEY-POWER.  
"Construcción Ltd. Callender-Hamilton".
- THOS STOREY (ENGINEERS).  
"Acrow Panel Bridging".
- COMPAÑÍA DEL GRUPO ACROW.  
"Manual Bailey Uniflote".
- HEADQUARTERS, DEPARTMENT OF ARMY.  
"Technical Manual Bailey Bridge".
- SCHAUM'S OUTLINE SERIES.  
"Física".
- DOCUMENTOS TÉCNICOS DE LA EMPRESA SAC ESTRUCTURAS METÁLICAS LTDA.
- PUENTES FIJOS EJÉRCITO DE LOS ESTADOS UNIDOS TE 7-205.
- LIBRO PUENTES METÁLICOS SEMIPERMANENTES ESCUELA DE INGENIEROS MILITARES - PRIMERA EDICIÓN 1986.



