ASOCIACIÓN NACIONAL DE INDUSTRIALES DE VIGUETA PRETENSADA, A.C.

Sistema de Vigueta y Bovedilla

Vigueta

Tabla de contenido

1. Introducción 2
2. Materiales 2
3. Proceso de fabricación 2
3.1 Tensado de los alambre de presfuerzo 3
3.2 Extrusión y colado de las viguetas 3
3.3 Curado 3
3.4 Corte de las viguetas 4
3.5 Almacenamiento en planta de producción 5
4. Recomendaciones de manipulación, almacenamiento e izado 5
5. ¿Qué es un sistema de piso o cubierta de techo a base de vigueta y bovedilla? 6
6. Proceso constructivo 8
7. Normatividad y Reglamentación 13
8. Conceptos básicos de análisis y diseño 14
8.1 Etapa de carga en transición 14
8.2 Condición de servicio 15
9. Bibliografía 17

- **APLICACIONES DEL SISTEMA DE VIGUETA Y BOVEDILLA**

1. Introducción

La Vigueta Pretensada es un elemento estructural de concreto presforzado utilizado generalmente en sistemas de pisos prefabricados de concreto en edificaciones.

El sistema de vigueta y bovedilla se compone de tres partes principales: Componente portantes (viguetas), componentes aligerantes (bovedillas) y un firme de concreto armado que tiene como principal dar integridad al sistema de piso.

Teóricamente el sistema de vigueta y bovedilla trabaja en una sola dirección, aunque una vez colado el firme de concreto armado la carga se reparte en una pequeña porción a los extremos panel de losa paralelos al eje longitudinal de las viguetas.

2. Materiales

Dos materiales forman una vigueta, el concreto y el acero de presfuerzo. El concreto de una vigueta pretensada, según la norma NMX-C-406-ONNCCE-2013, debe tener una resistencia no menor a f_c' = 350 kg/cm^2. El acero utilizado para la aplicación del presfuerzo tiene una resistencia promedio a la fluencia de f_y = 17,000 kg/cm^2.

3. Proceso de fabricación

Las viguetas pretensadas se fabrican mediante procesos industrializados en los cuales se llevan estrictos controles de calidad durante su fabricación y en la calidad de los materiales utilizados, como ser: los agregados, cemento y el acero de presfuerzo.

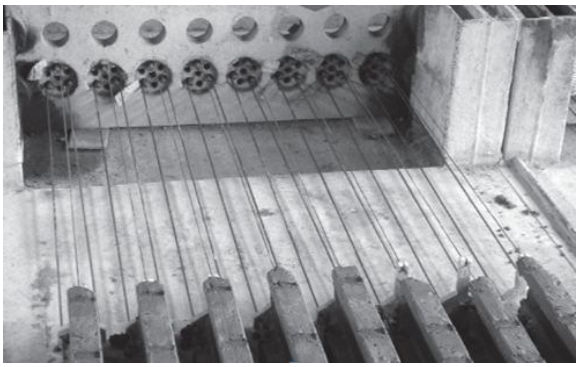


Fig.3.1. Tensado de alambres de presfuerzo

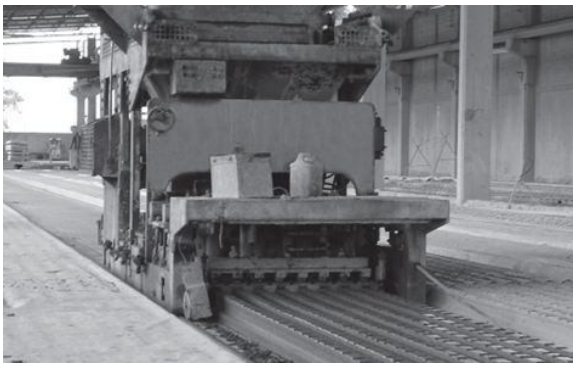


Fig.3.2. Extrusión de las viguetas

3.1 Tensado de los alambre de presfuerzo

Utilizando gatos hidráulicos que tensan los alambres hasta que estos logran un esfuerzo aproximado de $0.8f_y$, esto con el propósito que el acero no entre en el rango inelástico, lo que podría provocar que este fluya y se rompa. La idea es tensarlo y mantenerlo dentro del rango elástico para que este tenga la capacidad de volver a su condición de reposo en la cual aplica el presfuerzo al concreto. Generalmente para el armado de las viguetas se utilizan alambres de 3, 5 y en menor medida de 7 mm de diámetro.

3.2 Extrusión y colado de las viguetas

Una vez que los cables han sido tensados se procede a extruir las viguetas. Este proceso se logra a través de una maquina especializada (ver. Figura 2) en donde en su parte superior se vierte el concreto previamente dosificado, el cual posee la característica de tener un bajo revenimiento (entre 2 – 5 cm), en algunos casos el revenimiento puede llegar a ser cero. La máquina extrusora recorre toda la pista la cual llega a tener más de 100 m de longitud.

Debido al bajo revenimiento el concreto de las viguetas recién extruidas no se disgrega quedándose con la forma que le da el molde de la maquina extrusora. En algunos casos se utilizan aditivos plastificantes para darle un buen acabado a las viguetas.

También existe otra forma de fabricar vigueta pretensa la cual a través de moldes. Se vacía el concreto en moldes, en los que previamente los alambres han sido tensados. Contrario a las viguetas extruidas estas no se cuelan en forma continua a lo largo de toda la pista, dejándose algunos espacios para facilitar el corte de los alambres. En Cualquiera de los dos métodos de producción utilizados se obtiene elementos de gran calidad y resistencia.

3.3 Curado

Para evitar agrietamientos por cambios volumétricos en el concreto las viguetas deben ser curadas. En el caso de la vigueta proceso de curado es sencillo dado que son elementos poco peraltados como las viguetas. Consiste en extender una lona sobre toda la pista recién colado hasta que se lleve a cabo el corte, como lo muestra la figura 3.

Fig.3.3. Curado

Fig.3.4. Corte de las viguetas

3.4 Corte de las viguetas

Este es uno de las fases más importantes dentro del proceso de producción debido a que es en este punto en donde se presfuerza el concreto a través de la carga que le transmite por fricción el alambre de presfuerzo.

Una vez que el concreto ha alcanzado una resistencia suficiente para poder soportar la transmisión de presfuerzo se procede al corte de las viguetas. Generalmente la resistencia que debe alcanzar el concreto previo al corte ronda entre el 60 y 70% de su resistencia de diseño y esto puede lograrse en uno o varios días después de haber sido coladas. Las viguetas son cortadas en longitudes específicas de acuerdo a cada proyecto.

Fig.3.5. Manipulación y manejo

Fig.3.6. Almacenamiento

Debido a que el alambre de presfuerzo es estirado sin sobrepasar su límite elástico este una vez que se destensa siempre querrá volver a su longitud inicial, es en ese momento que este transmite la carga de presfuerzo a la sección de concreto. En la mayor parte de los casos debido que deliberadamente se coloca

el alambre de presfuerzo de tal manera que exista una excentricidad respecto al centroide de la sección de concreto de la vigueta se observa una deflexión positiva (↑) la que es conocida como contraflecha.

La contraflecha es una característica importante de las viguetas producto del presfuerzo, esta evita que las losas se deformen debajo de la horizontal debido a las de servicio cargas impuestas al sistema de piso.

3.5 Almacenamiento en planta de producción

Como muestra la figura 5, posterior al corte las viguetas so retiradas de las pistas de colado y transportadas al patio de almacenamiento en planta. Estas se apilan como se observa en la figura 6.

4. Recomendaciones de manipulación, almacenamiento e izado

Se recomienda que la manipulación y movimiento de cada vigueta durante el transporte y colocación en obra sea realizada al menos por dos personas, cargando y manipulando la vigueta de sus extremos. La figura 25 muestra un dispositivo simple recomendado para izar viguetas.

Figura 4.1. Dispositivo para izar las viguetas

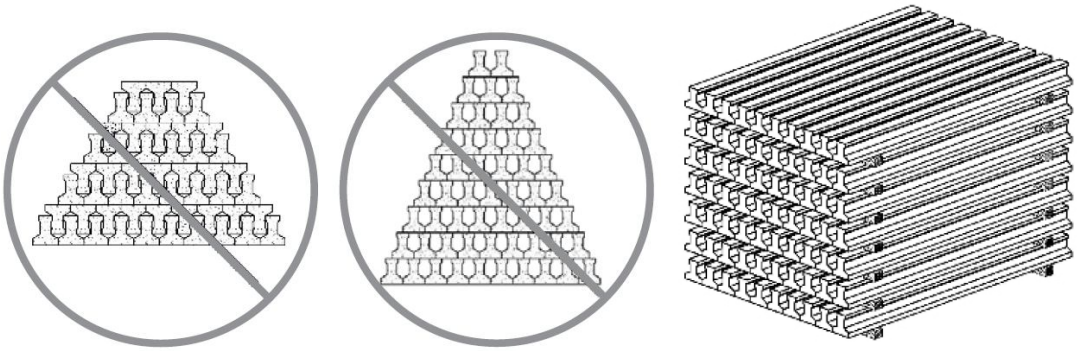


Figura 4.2 Dispositivo para izar las viguetas

Tanto en planta de producción como en obra las viguetas deben ser estibadas correctamente. Se remienda que estas sean colocadas sobre un suelo firme y que estén dispuestas de tal forma se formen varias camas

de viguetas separadas por polines de madera, los cuales es sumamente importantes que se ubiquen alineados, como se observa en la figura 4.2.

Durante el proceso de transporte y colocación en obra, se debe tener cuidado al izar la viguetas previo a su instalación final. La norma NMX-C-406-ONNCCE-2013, recomienda que las viguetas sean izadas de tal forma que se observa en la figura 4.3, evitado así tomarlas del centro del claro para evitar daños a la misma.

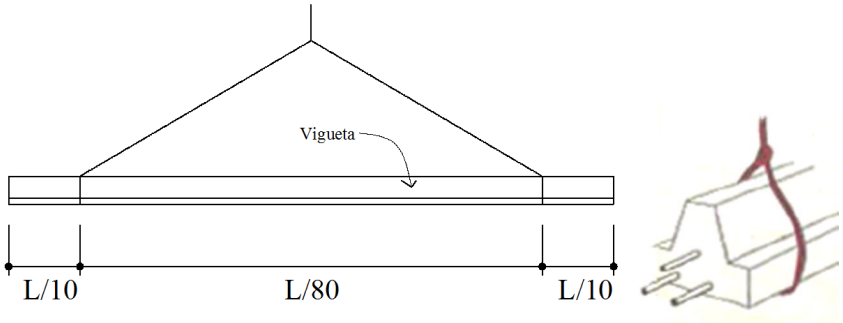


Figura 4.3 Izado de componentes portantes

5. ¿Qué es un sistema de piso o cubierta de techo a base de vigueta y bovedilla?

Un sistema de piso a base de vigueta y bovedilla está formado por tres componentes principales:

a. Componente portante (Vigueta)
b. Componente aligerante (Bovedilla)
c. Firme de Concreto armado

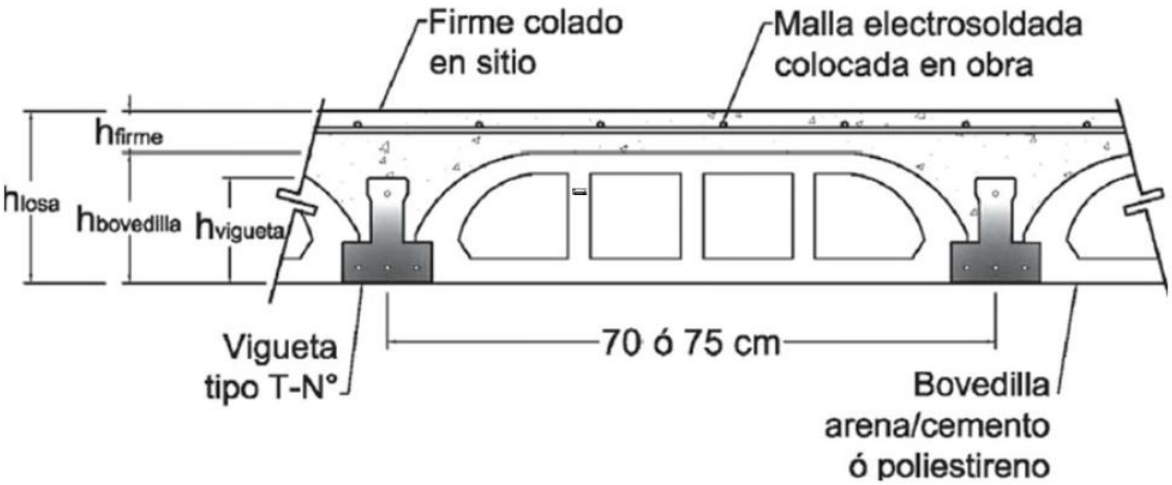


Figura 5.1 Componentes del sistema de vigueta y bovedilla

También, componen el sistema otros elementos no menos importantes como ser: el refuerzo por cambios volumétricos y refuerzo por momento negativo.

Figura 5.2 Sistema de vigueta y bovedilla

Los componentes portantes (viguetas) son elementos muy resistentes que durante la etapa de colado resisten en sección simple todas las cargas impuestas. Una vez que el concreto del firme ha fraguado la vigueta trabaja en conjunto con este dándole al sistema una capacidad de carga considerable.

Una característica de este sistema es el aligeramiento que se da mediante el uso de bovedillas. Las bovedillas más utilizadas son las de poliestireno y cemento-arena. El aligerar el sistema de piso tiene un gran impacto sobre la estructura dado que con esto se reducen las cargas sobre las trabes columnas y cimentación, lo que conlleva a secciones de menor tamaño, asimismo, las cargas sobre el suelo se reducen considerablemente. Por otra parte, desde el punto de vista sísmico el aligeramiento del sistema de piso resulta en la reducción de las masas inerciales reduciendo de esta forma las solicitaciones sísmicas sobre la estructura.

El firme de concreto debe ir reforzado por mallas u otro tipo de refuerzo que ayude a controlar el agrietamiento por fraguado en el concreto. También, es muy común el uso de refuerzo por momento negativo o bastones en los bordes de la losa. Estos bastones evitan el agrietamiento por flexión en los extremos los bordes de la losa y ayuda a mejorar la continuidad del sistema.

El firme tiene como principales funciones dar integridad y continuidad al sistema de piso, resistir las cargas verticales y trasmitirlas adecuadamente a los elementos perimetrales portantes. De la misma forma debe ser capaz de funcionar como diafragma rígido de piso, trasmitiendo adecuadamente a los elementos verticales resistentes las carga laterales (sísmicas y viento) que se presente en la vida de la edificación.

6. Proceso constructivo

- **Apuntalamiento.** Se deben colocar madrinas de nivelación en los extremos de las viguetas. Cuando sea necesario también se ubican madrinas interiores, siempre respetando las longitudes de apuntalamiento máximas especificadas por el fabricante o proveedor certificado. Las viguetas son colocadas una a la par de la otra a lo largo del panel de losa a la distancia especificada en los planos del proyecto (ver figura 5.1).

- **Longitudes mínimas de apoyo.** Como lo muestra la *figura 5.2*, es importante que las viguetas tengan una longitud de apoyo suficiente para garantizar el buen funcionamiento del sistema. Previo al colado la vigueta debe entrar y apoyarse en el elemento confinante del panel de losa ya sea trabe, dala o cualquier otro. La norma NMX-C-406-ONNCCE-2013 de Vigueta y Bovedilla establece que la longitud de apoyo de las viguetas deben estar conforme a lo siguiente:

Claro	Longitud de apoyo mínimo (mm)
$\boldsymbol{L \leq 4000\ mm}$	40 mm
$\boldsymbol{L \geq 4000\ mm}$	$\frac{L}{100}$, $L\ en\ mm$

En algunos casos se puede dar que la vigueta no entre en el elemento confinante y se realiza un tipo conexión llamada, Conexión por Solapo (para mayor información sobre este tipo de conexión (www.anivip.org.mx).

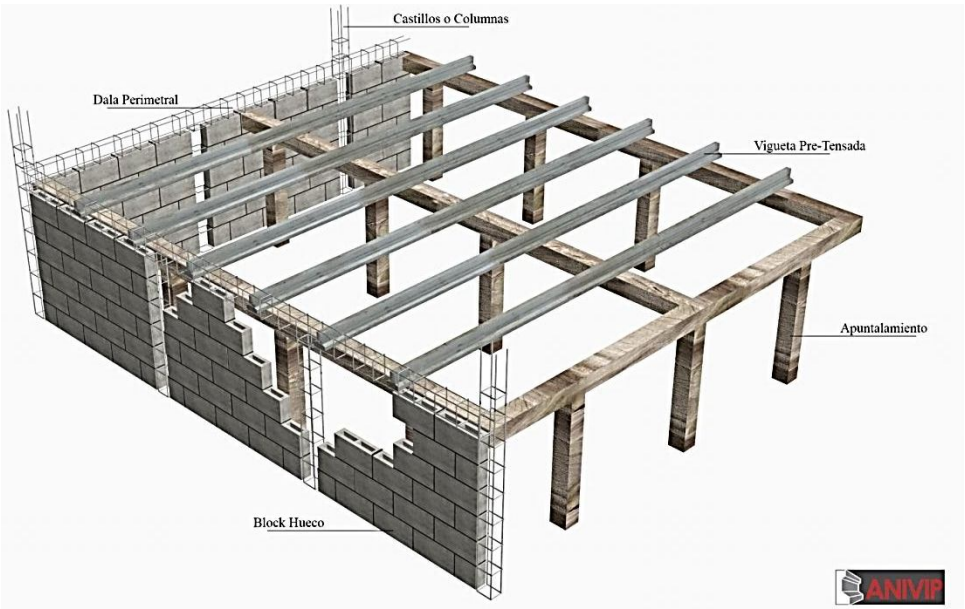


Figura 5.1 Izado de componentes portantes

- **Colocación de las viguetas y bovedillas**. Se procura colocar una bovedilla en cada extremo de las viguetas para que sirvan de escantillón o guía, como se muestra en las figuras 5.2 Y 5.3. Es importante presionar lateralmente las viguetas contra las bovedillas para evitar desprendimiento por apoyo inadecuado de las mismas.

- **Instalaciones.** Posterior a la colocación de las viguetas y las bovedillas, se deben dejar los espacios y huecos para las instalaciones eléctricas y sanitarias. En ningún punto se permite agujerar o perforar la vigueta para introducir cualquier tipo de instalaciones, dado que esto restaría capacidad al sistema.

  Asimismo, es permitido introducir ductos o instalaciones a lo largo de la cuña de concreto que se forma entre la vigueta y la bovedilla, en vista que esta tiene una función estructural en el sistema de piso.

Figura 5.2 Apoyo de las vigueta

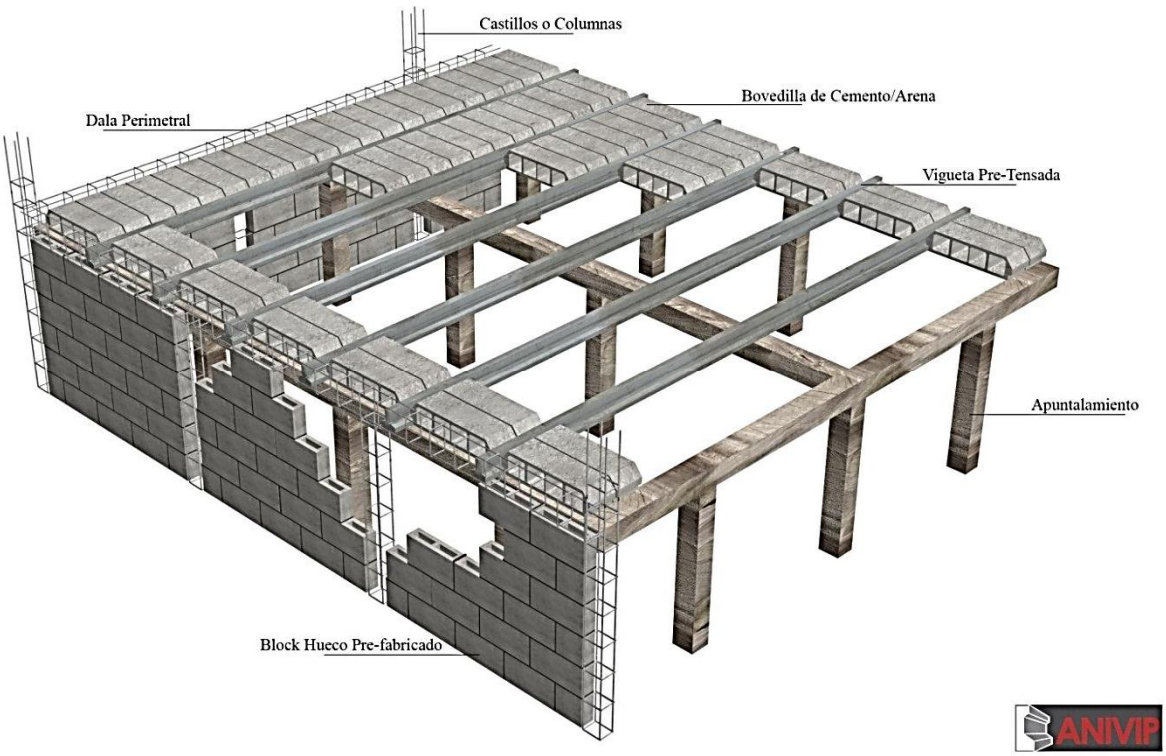


Figura 5.3 Colocación de bovedillas de cemento -arena

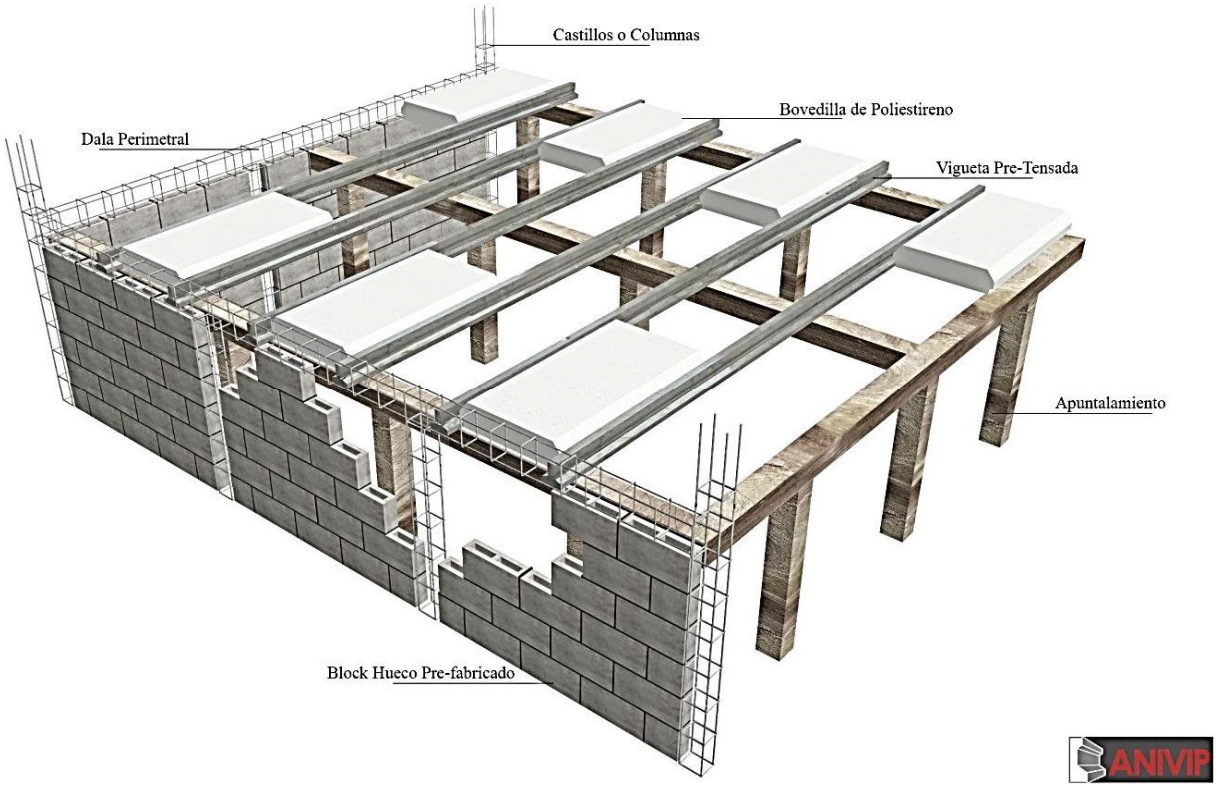


Figura 5.4 Colocación de bovedilla de poliestireno

- **Malla de refuerzo por cambios volumétricos.** Previo al colado del firme de concreto se coloca la malla de refuerzo por cambios volumétricos o malla por temperatura, como comúnmente se le conoce. Esta malla de acero juega un papel fundamental para que el firme de concreto no se agriete durante el fraguado del concreto.

$f_y\ (Mpa)$	**Cuantía Mínima**
412 (4200 kg/cm^2)	0,0025
490 (5000 kg/cm^2)	0,0020

Para obtener la cuantía mínima para otros valores de resistencia a la fluencia de la malla se puede utilizar la siguiente expresión:

$$\rho_{temp} = -6x10^{-6}(f_y - 412) + 0.0025, \quad f_y\ en\ MPa$$

Durante la instalación de la malla electrosoldada se recomienda el uso de calzas para garantizar el recubrimiento mínimos del acero. También, en la nueva normatividad se especifica que las mallas de refuerzo por temperatura deben ser adquiridas en hojas y no en rollos para facilitar su instalación y mejor desempeño.

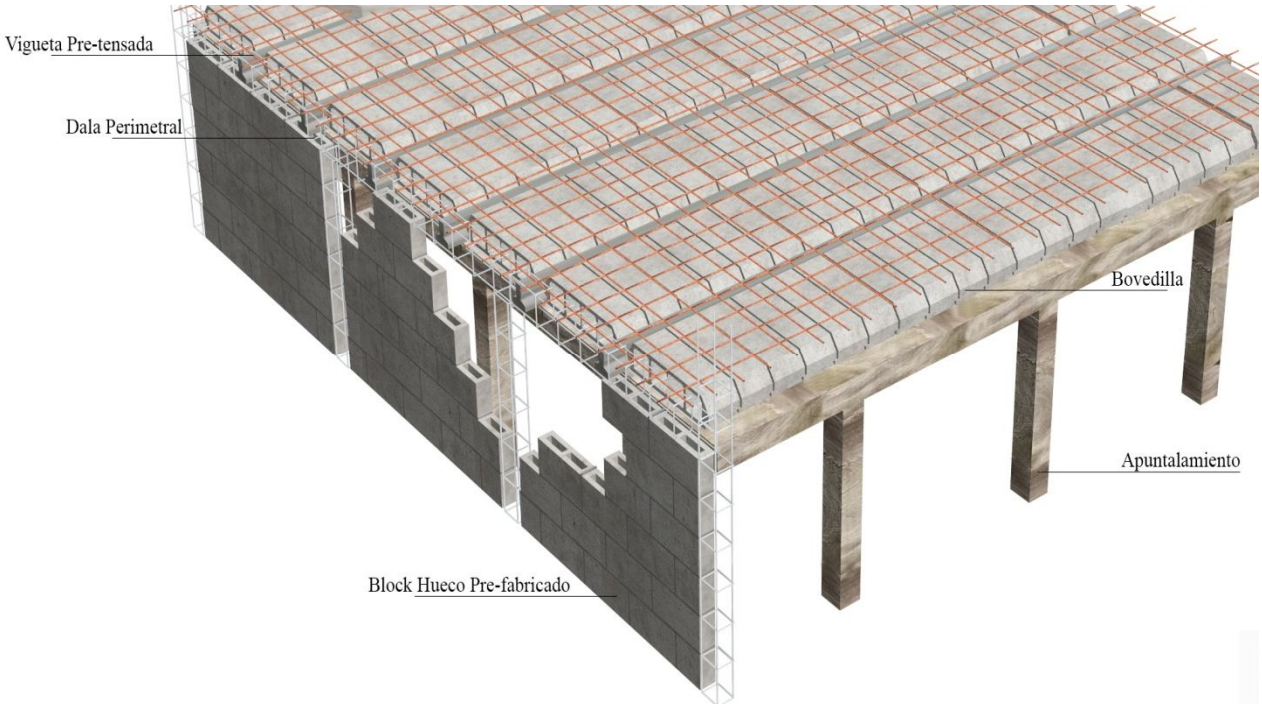


Figura 5.5 Colocación de la malla electrosoldada

- **Bastoneo.** Cuando se requiera se debe colocar acero de refuerzo por momento negativo (bastones) en los bordes del panel. El proveedor o el calculista del proyecto deben determinar la cantidad de acero requerida para evitar agrietamiento en el concreto producto del momento negativo generado en los extremos de las viguetas.

- **Colado del firme de Concreto.** Durante el colado en sitio se deben tener ciertos cuidados que se mencionan a continuación:
  - No se debe permitir la acumulación de concreto en ningún punto de la losa, ya que esto implica una sobrecarga sobre las bovedillas o viguetas que podría provocar algún daño.
  - Evitar pararse en las bovedillas. Se debe utilizar tablones en los cuales los obreros puedan pararse.
  - Como se muestra en la figura 5.6, el colado debe hacerse de los bordes de del panel de losa hacia su interior y colando primero las líneas de las viguetas y luego emparejando el resto de la losa.

a)

b)

Figura 4.7 Colado del firme

- **Curado.** El concreto del firme debe ser curado adecuadamente para evitar agrietamientos excesivos que puedan reducir la durabilidad del sistema y afectar su apariencia.

- **Retiro de puntales.** Se recomienda que posterior al colado del firme los puntales sean retirados en un periodo de tiempo no menor a 7 días. Si el sistema de piso va cargar a los pocos días de ser colado los puntales se deben dejar por un periodo mínimo de 15 días.

7. Normatividad y Reglamentación

En Mexico el sistema de vigueta y bovedilla está regido por los reglamentos de construcciones locales y varias normas mexicanas. Se mencionan las normas mexicanas aplicables al sistema de vigueta y bovedilla:

- NMX-C-406-ONNCCE-2013
- NMX-C-463-ONNCCE-2009
- NMX-C-460-ONNCCE-2009

Actualmente la norma **NMX-C-406-1997-ONNCCE** cuyo nombre es: **"Industria de la construcción - Sistemas de vigueta y bovedilla y componentes prefabricados similares para losas – Especificaciones y métodos de prueba"**, es la norma NMX vigente, que rige los sistemas de vigueta y bovedilla.

Sin embargo, esa norma ha sido actualizada por la norma **NMX-C-406-ONNCCE-2013**, que lleva por nombre: **"Industria de la Construcción –Componentes para sistemas de losas prefabricadas de concreto – Especificaciones y métodos de ensayo"**. Con la actualización la norma ha sufrido cambios significativos que la vuelven más completa. La norma tiene por objeto garantizar el buen comportamiento estructural del sistema. Asimismo, establece los requisitos y especificación para fines de certificación de productos (componentes portantes y aligerantes).

La norma NMX-C-463-0NNCCE-2009 **"Industria de la construcción – Bovedilla de poliestireno expandido para losas de entrepiso y azotea de concreto a base de viguetas prefabricadas – Especificaciones y métodos de ensayo"**, especifica los lineamientos que se deben cumplir las bovedillas de poliestireno expandido como ser: dimensiones, densidad relativa, resistencia al flexiona y corte y autoextinguibilidad.

La norma NMX-C-460-ONNCCE-2009 **"Industria de la construcción –Aislamiento térmico – Valor "R" para las envolventes de vivienda por zona térmica en la república mexicana – Especificaciones y verificación"**, establece las especificaciones de resistencia térmica total "R" que aplican a las envolventes de las viviendas de acuerdo a la zona térmica en donde se ubique la edificación.

8. Conceptos básicos de análisis y diseño

Durante su construcción y condición de servicio el sistema es sometido a dos estados diferentes de carga. El primero es cuando se cuela el firme de concreto y se le conoce como etapa de transición y el segundo es cuando el firme de concreto ha endurecido y funciona en sección compuesta con la vigueta y son aplicadas las cargas de servicio, esta etapa se conoce como condición de servicio.

8.1 Etapa de carga en transición

En esta condición de carga sobre la vigueta se cuela el firme de concreto. La vigueta trabaja en sección simple en vista que el concreto colado no aporta ninguna resistencia en vista que no ha endurecido.

En esta etapa uno de los factores de gran importancia es la longitud de autoportancia que es la distancia a la cual deben colocarse los puntales. Generalmente la longitud de autoportancia de

cada tipo de vigueta debe ser proporcionada por el **proveedor certificado** y puede variar dependiendo de la resistencia de la vigueta en sección simple.

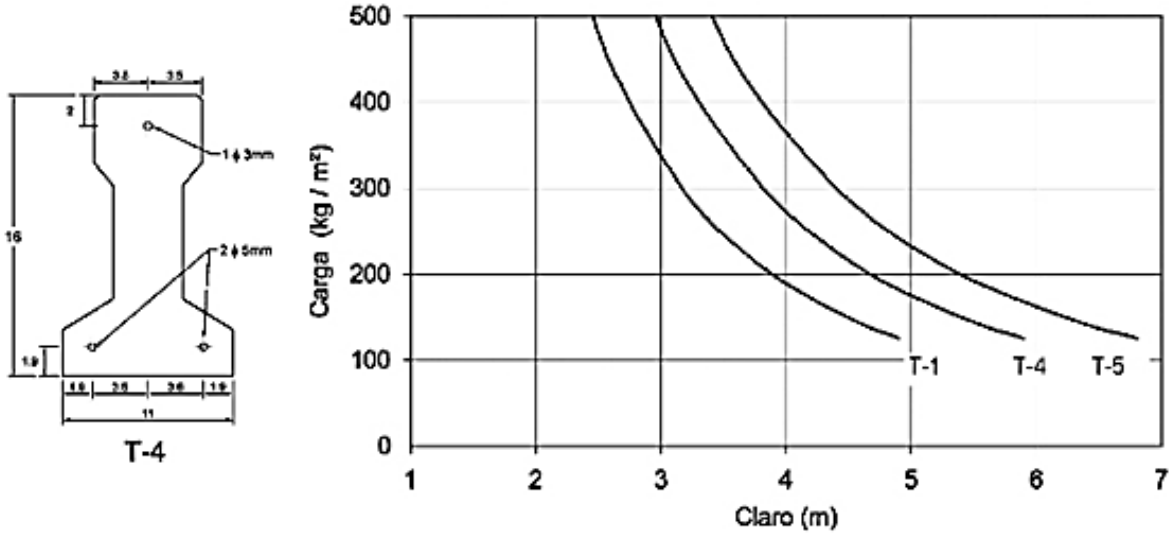


Figura 7.1 Grafica de autoportancia para la vigueta mostrada

La figura 7.1 muestra un ejemplo de la gráfica de autoportancia para un determinado tipo de vigueta. Dependiendo de las cargas de colado (peso de concreto del firme, refuerzos, carga viva de colado etc.), existe una longitud de autoportancia determinada para cada elemento.

8.2 Condición de servicio

En esta etapa, el concreto del firme de concreto y de la cuña que se forma entre la bovedilla y la vigueta ya ha endurecido, por lo cual la capacidad resistente de la sección se ve considerablemente aumentada. Para fines de cálculo se desprecia cualquier aportación en rigidez y resistencia de las bovedillas sean estas de cemento arena o de poliestireno, tomándose en cuenta únicamente una sección T formada por la vigueta y el concreto del firme circundante como se observa en la figura 7.2.

En esta etapa de carga se aplican las cargas máximas en condiciones de servicio. En esta condición se esperan deflexiones en las viguetas, no así, agrietamientos por flexión o de otro tipo. Deben ser consideradas las deformaciones a largo plazo por flujo plástico, relajación del acero y todas aquellas deformaciones a largo plazo.

De la misma forma que se mostró con la autoportancia, cada sistema tiene un rango de capacidad que depende del tipo de vigueta utilizada, peralte del sistema, claros, cargas etc.

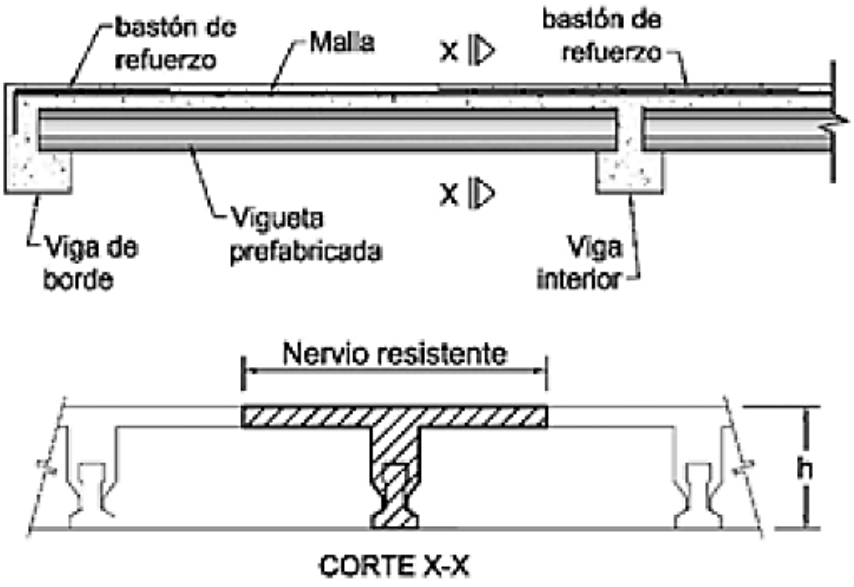


Figura 7.2 Sección resistente

La resistencia del sistema puede ser mostrada a través de graficas o tablas tal como se muestra en la figura 7.3. Cada proveedor tiene sus propias tablas y curvas de capacidad de los sistemas que produce, el usuario tiene la libertad de solicitárselas.

TABLA DE CARGAS (h=16+4cm) P.P.=275kg/m²

BOVEDILLA DE CEMENTO-ARENA

	SOBRECARGA UTIL = Carga Viva + Acabados (kg/m²)						
TIPOS	250	350	500	750	1000	1500	CLARO (m)
T-0	3.07	2.81	2.53	2.20	1.97	1.67	
T-4	4.28	3.92	3.52	3.06	2.74	2.33	
T-5	4.83	4.43	3.97	3.46	3.10	2.63	

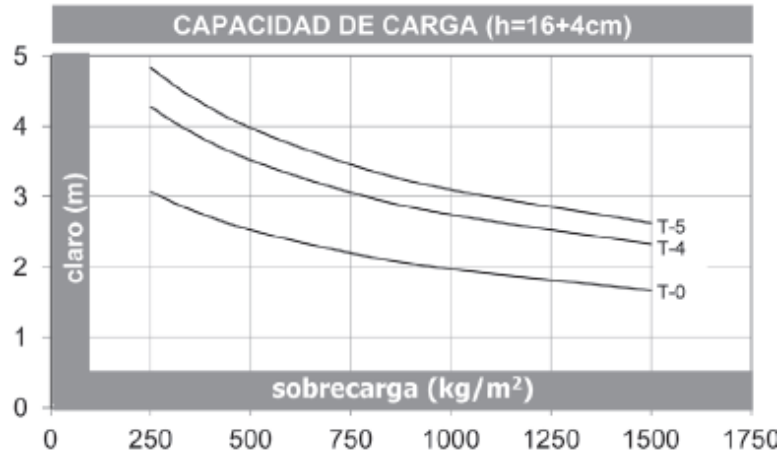


Figura 7.3 Ejemplo de curvas de capacidad para diferentes tipos de viguetas en un sistema de 20 cm de peralte total

9. Bibliografía

- Asociación Nacional de Industriales de Vigueta Pretensada A.C., ANIVIP. *"Manual de Diseño Estructural de Sistemas de Piso a Base de Vigueta y Bovedilla para Edificaciones en Zonas Sísmicas"*, 1ra. Ed., 2009.
- Presforzados Mexicanos de Tizayuca S.A. de C.V., PREMEX, "Manual Técnico de Losas Prefabricadas", 6ta. Ed.,2013.
- Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación, S.C., ONNCCE, NMX-C-406-ONNCCE-2013 "Industria de la Construcción –Componentes para sistemas de losas prefabricadas de concreto – Especificaciones y métodos de ensayo".

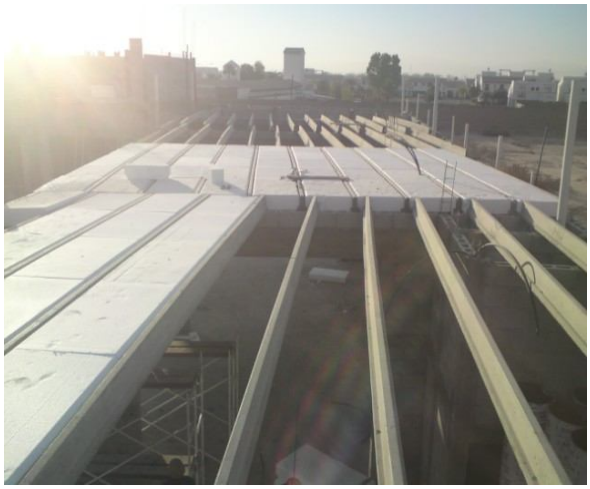
Fotografías Cortesía de:

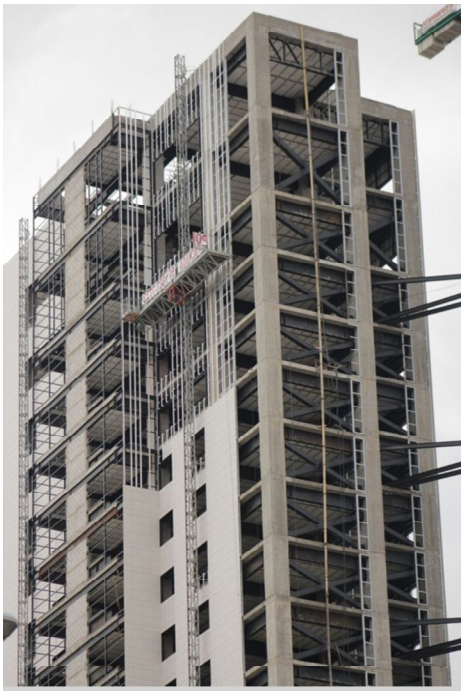
- ANSA PREFABRICADOS (www.ansaprefabricados.com)
- COMPRE GRUPO (www.compre.com.mx)
- PREMEX (www.premex.com.mx)
- GRUPO PREVI (www.grupoprevi.com.mx)
- INDUSTRIAL EL GRANJENO (www.industrialelgranjeno.com)
- NAPRESA (www.napresa.com.mx)

Elaborado por: DM

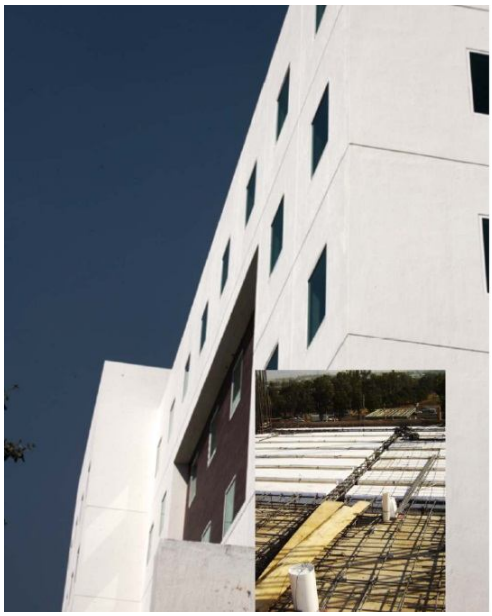
APLICACIONES DEL SISTEMA VIGUETA Y BOVEDILLA

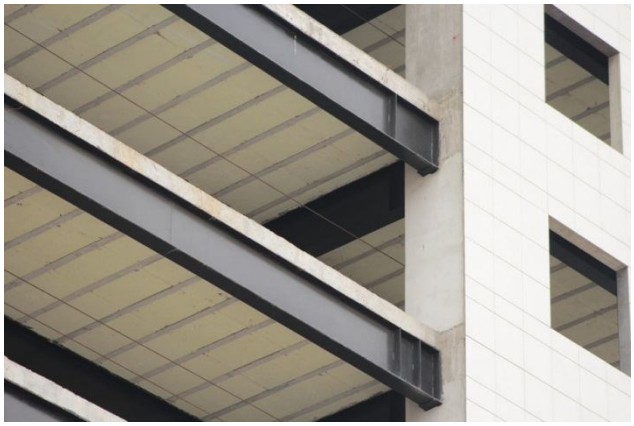
EN PROCESO DE CONSTRUCCIÓN





OBRAS FINALIZADAS CON SISTEMA DE VIGUETA Y BOVEDILLA



Carl's Jr.
HAMBURGERS
Auto Servicio
CERRADO

ibis
HOTEL