



PROPUESTA DIDACTICA PARA INTRODUCIR ELEMENTOS PREFABRICADOS EN LOS EJERCICIOS PROYECTUALES DE ARQUITECTURA

Mgtr. Arq. Guadalupe Álvarez

Ing. Anabella Cardellino, Arq. Yohana Cicaré, Arq. Gabriela Cristina, Ing. Daniela Gilabert, Arq. Florencia Marciani, Arq. Carolina Ponssa, Ing. Silvina Prados y Arq. Manuel Salinas

Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño de la Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.

Web: <http://www.faudi.unc.edu.ar>

Correos electrónico de contacto: danielagilabert@hotmail.com; caroponssa@gmail.com

Resumen: En nuestro medio se hace cada vez más extensivo el uso de elementos prefabricados en los procesos constructivos ya que representan una alternativa práctica, rápida y económica. Como docentes comprometidos con la realidad donde estamos insertos y motivados por acercar las técnicas locales a los ejercicios académicos, nos interesa indagar sobre el correcto uso de estos sistemas constructivos. Éste trabajo hace foco en las viguetas de hormigón pretensado e intenta incorporar pautas en el proceso de diseño arquitectónico con estos elementos. Errores conceptuales en el proyecto o falta de definición y detalles constituyen los motivos fundamentales de las patologías que frecuentemente se presentan en losas de este tipo.

Como estrategia de enseñanza en la formación de grado se propone introducir desde la etapa inicial, la capacitación en el uso de viguetas como una alternativa más en el uso de hormigón. El estudiante debe conocer las variables que intervienen para la definición y especificación de estas losas, poder verificarlas y evaluar diferentes resoluciones estructurales y constructivas para críticamente determinar si corresponde implementarlas en su propuesta.

El trabajo expone ejercicios proyectuales planteados por las cuatro cátedras de diseño arquitectónico de nivel dos de la carrera donde se plantean alternativas estructurales usando y desarrollando losas armadas con viguetas.

Palabras clave: hormigón pretensado, vigueta prefabricada, ejercicio proyectual, herramienta didáctica.

1 Introducción

La necesidad de agilizar los tiempos destinados para la construcción de obras de arquitectura introduce, a las técnicas tradicionales, elementos producidos industrialmente. Es el caso de las viguetas pretensadas de uso intensivo en el país. Estos elementos pertenecen a un sistema abierto de prefabricación de losas alivianadas, donde los diferentes componentes son producidos en distintas fábricas respetando formatos y medidas estándar que, combinados, se comportan de manera eficiente.

Son incuestionables las ventajas del sistema que, adaptado a la construcción tradicional y apprehendido por la mano de obra local, permite el ahorro en el material, en el encofrado y disminuye tiempos de ejecución y desencofrado. Otra ventaja de este tipo de losas es su peso,

son notablemente más livianas con respecto a las losas macizas, lográndose reducir el mismo hasta en un 40%.

Conocer las variables que involucran la elección de cada uno de los componentes del sistema y los criterios para su adecuada utilización y verificación permitirá al proyectista tomar decisiones y desarrollar sus proyectos de manera precisa.

El presente trabajo tiene por objeto ampliar las alternativas en el diseño de losas incorporando el uso de viguetas pretensadas, desde las primeras ideas de materialidad.

2 Componentes de la losa con viguetas.

La primera consideración a tener en cuenta es la disponibilidad en el mercado de todos los componentes del sistema. Los fabricantes varían según el lugar y la producción no es continua en todo el año, por ejemplo, en invierno la fabricación de bovedillas cerámicas disminuye por problemas relacionados con la disponibilidad de combustible.

Las losas alivianadas están compuestas por (Figura 1):

- 2.1 Viguetas prefabricadas y pretensadas (nervios).
- 2.2 Bloques o material inerte.
- 2.3 Capa de compresión.

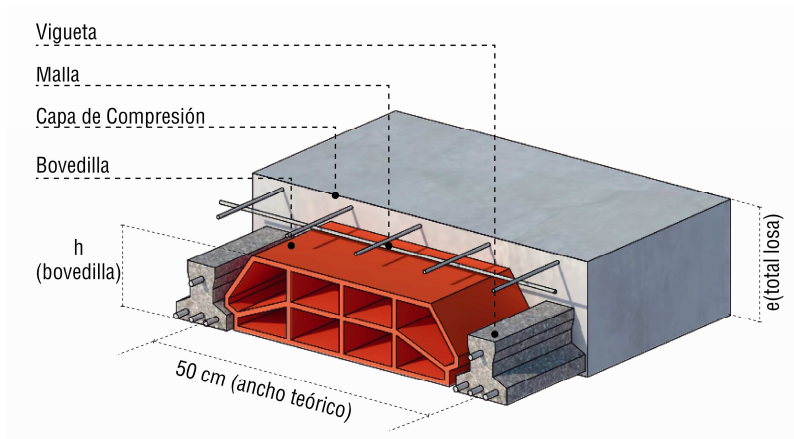


Figura 1. Elementos componente de la losa de viguetas.

Fuente: fotos y elaboración gráfica propia

2.1 Viguetas pretensadas de hormigón

Son elementos semiresistentes que constituyen la armadura de la losa, por lo tanto, solo pueden resistir solicitaciones de manera solidaria con el hormigón de la capa de compresión. No son aptas para recibir cargas como un perfil metálico o una viga ya que no son un dispositivo estructural en sí mismo.

Las viguetas tienen una sección constante de hormigón de gran resistencia (30MPa) y su forma es la de una “T” invertida (Figura 2). La armadura principal se aloja en la parte inferior y varía en función de la resistencia del acero utilizado y de la longitud de la vigueta. Por lo tanto, si se desconocen datos del fabricante, se puede verificar la capacidad resistente en función de la armadura. Es siempre recomendable, al tratarse de un producto prefabricado, el empleo de piezas elaboradas por marcas reconocidas con respaldo técnico.

Para definir el largo de las viguetas a utilizar se debe considerar la luz libre entre apoyos (muros o vigas) más la longitud requerida de apoyo, como mínimo 10cm en muros portantes y 8cm en vigas o tabiques de hormigón armado.



Figura 2. Geometría de la vigueta. Fuente: elaboración grafica propia

2.2 Bloques o bovedillas

Su función es solo de relleno, su altura define el espesor de la losa, es decir, su rigidez y resistencia. Se fabrican cerámicas, de poliestireno expandido o de hormigón. Las alturas más usuales son de 9, 13 y 17 cm. El ancho de las bovedillas define la separación teórica de 50 cm entre ejes de viguetas (Figura 3).

El bloque cerámico, humectado convenientemente, tiene una perfecta adherencia con el hormigón colado de la losa. Su textura superficial favorece y facilita la aplicación de revoque en el cielorraso.



Figura



Bloque de hormigón. Fuente: imágenes de la web



3. Bloque cerámico, Bloque EPS y

El bloque de poliestirenoexpandido –EPS–es el más liviano y por lo tanto fácil de manipular. Cada ladrillo reemplaza a 4 bloques cerámicos, lo que genera una mayor rapidez en el montaje, menor desperdicio por roturas y disminuye la posibilidad de escurrimiento del hormigón entre juntas de bloques. Además, teniendo en cuenta las propiedades del material y su consistencia compacta reduce la transmisión de ruidos entre pisos.

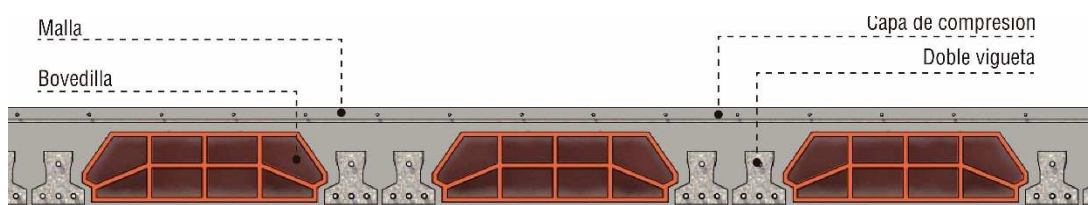
El bloque de hormigón, es el de mayor peso, pero el más económico de los tres.

2.3 Capa de compresión

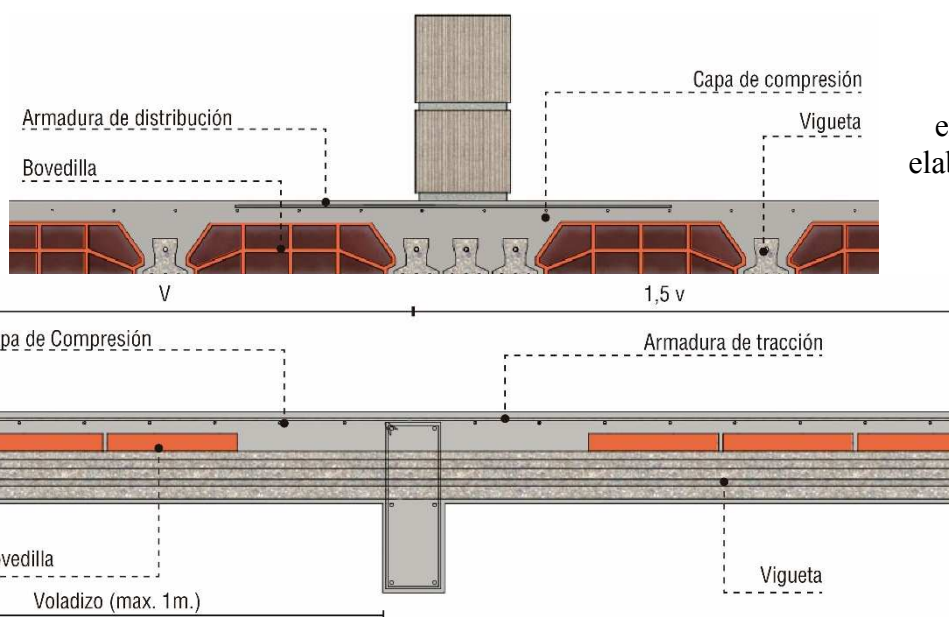
Tiene la función de resistir la compresión en la losa. Su espesor es de 4 o 5cm y termina de definir la altura de la misma. Si bien los fabricantes de viguetas especifican una resistencia mínima del hormigón de 13MPa, el reglamento vigente no permite una resistencia inferior a 20MPa (H-20).

Esta capa de hormigón es el único componente no prefabricado del sistema que fusiona todos los elementos en un diafragma rígido. Cuenta con una armadura mínima para controlar la fisuración por contracción y temperatura (0.18% de la sección bruta de hormigón).

Una de las principales ventajas de diseñar con estas losas, es su versatilidad. Al igual que en una losa nervurada se puede aumentar su resistencia incorporando más viguetas por nervios o colocando refuerzos (barras de acero) en la capa de compresión lo que posibilita el armado de losas continuas o en voladizos (Figuras 5, 6 y 7).



Figuras 5
Refuerzos
Fuente:
propia.



y 6.
en losa.
elaboración

Figura 7. Losas con voladizo. Fuente: elaboración propia.

3 Herramientas de diseño.

Intentando incorporar las técnicas locales en los ejercicios académicos desde las primeras etapas de diseño y pensadas para al nivel dos de la carrera de arquitectura, se proponen una serie de tablas (Figuras 8, 9 y 10) que permiten determinar la altura y configuración de la losa de viguetas a partir de su esbeltez geométrica.

BOVEDILLA CERAMICA										
VIGUETAS	simple vigueta					doble vigueta				
	Bovedilla 9 cm		Bovedilla 13 cm		Bovedilla 17 cm		Bovedilla 13 cm		Bovedilla 17 cm	
	capa compresion(cm)		capa compresion(cm)		capa compresion(cm)		capa compresion(cm)		capa compresion(cm)	
	4	5	4	5	4	5	4	5	4	5
Largo	peso propio (kg/m ²)		peso propio (kg/m ²)		peso propio (kg/m ²)		peso propio (kg/m ²)		peso propio (kg/m ²)	
(m)	177	199	209	231	245	267	243	265	287	309
1.00	LOSA ESPESOR 13 cm	LOSA ESPESOR 14 cm	LOSA ESPESOR 17 cm	LOSA ESPESOR 18 cm	LOSA ESPESOR 21 cm	LOSA ESPESOR 22 cm	LOSA ESPESOR 17 cm	LOSA ESPESOR 18 cm	LOSA ESPESOR 21 cm	LOSA ESPESOR 22 cm
1.20										
1.40										
1.60										
1.80										
2.00										
2.20										
2.40										
2.60										
2.80										
3.00										
3.20										
3.40										
3.60										
3.80										
4.00										
4.20										
4.40										
4.60										
4.80										
5.00										
5.20										
5.40										
5.60										
5.80										
6.00										
6.20										
6.40										
6.60										
6.80										
7.00										
7.20										

BOVEDILLA DE POLIESTIRENO EXPANDIDO										
VIGUETAS	simple vigueta					doble vigueta				
	Bovedilla 9 cm		Bovedilla 13 cm		Bovedilla 17 cm		Bovedilla 13 cm		Bovedilla 17 cm	
	capa compresion(cm)		capa compresion(cm)		capa compresion(cm)		capa compresion(cm)		capa compresion(cm)	
	4	5	4	5	4	5	4	5	4	5
Largo	peso propio (kg/m ²)		peso propio (kg/m ²)		peso propio (kg/m ²)		peso propio (kg/m ²)		peso propio (kg/m ²)	
(m)	134	156	150	172	175	197	195	217	230	252
1.00	LOSA ESPESOR 13 cm	LOSA ESPESOR 14 cm	LOSA ESPESOR 17 cm	LOSA ESPESOR 18 cm	LOSA ESPESOR 21 cm	LOSA ESPESOR 22 cm	LOSA ESPESOR 17 cm	LOSA ESPESOR 18 cm	LOSA ESPESOR 21 cm	LOSA ESPESOR 22 cm
1.20										
1.40										
1.60										
1.80										
2.00										
2.20										
2.40										
2.60										
2.80										
3.00										
3.20										
3.40										
3.60										
3.80										
4.00										
4.20										
4.40										
4.60										
4.80										
5.00										
5.20										
5.40										
5.60										
5.80										
6.00										
6.20										
6.40										
6.60										
6.80										
7.00										
7.20										

Figuras 8 y 9. Tablas para predimensionado de losa de viguetas con bloques cerámicos y poliestireno expandido. Fuente: elaboración propia.



VIGUETAS	BOVEDILLA DE HORMIGON									
	simple vigueta					doble vigueta				
										
	Bovedilla 9 cm		Bovedilla 13 cm		Bovedilla 17 cm		Bovedilla 13 cm		Bovedilla 17 cm	
	capa compresion(cm)		capa compresion(cm)		capa compresion(cm)		capa compresion(cm)		capa compresion(cm)	
	4	5	4	5	4	5	4	5	4	5
Largo (m)	peso propio (kg/m ²)		peso propio (kg/m ²)		peso propio (kg/m ²)		peso propio (kg/m ²)		peso propio (kg/m ²)	
	205	227	233	255	269	291	262	284	306	328
1.00	LOSA ESPESOR 13 cm	LOSA ESPESOR 14 cm	LOSA ESPESOR 17 cm	LOSA ESPESOR 18 cm	LOSA ESPESOR 21 cm	LOSA ESPESOR 22 cm	LOSA ESPESOR 17 cm	LOSA ESPESOR 18 cm	LOSA ESPESOR 21 cm	LOSA ESPESOR 22 cm
1.20										
1.40										
1.60										
1.80										
2.00										
2.20										
2.40										
2.60										
2.80										
3.00										
3.20										
3.40										
3.60										
3.80										
4.00										
4.20										
4.40										
4.60										
4.80										
5.00										
5.20										
5.40										
5.60										
5.80										
6.00										
6.20										
6.40										
6.60										
6.80										
7.00										
7.20										

Figura 10. Tabla para predimensionado de losa de viguetas con bloques de hormigón.
Fuente: elaboración propia

De fácil uso, estas tablas de doble entrada adoptan como parámetros de cálculo:

- el peso propio (variable, dependiendo del bloque utilizado),
- la carga accesoria permanente (piso, cielorraso, etc.) Se adopta como máximo 200kg/m²
- la sobrecarga reglamentaria en función del uso. Se adopta 200kg/m² por tratarse de vivienda.¹

4 Implementación de las tablas en un proyecto de arquitectura.

En las cuatro cátedras de arquitectura de nivel dos se aborda la temática de vivienda agrupada y constructivamente se limitan a dos o tres niveles de altura.

Durante el proceso de diseño, los estudiantes en grupo, delinear sus propuestas y en la etapa de predimensionado y evaluación de alternativas se plantean trabajar con viguetas en losas. Para determinar su espesor y configuración utilizan las tablas presentadas.

¹ Los fabricantes de viguetas denominan “sobrecarga admisible” a la suma de la sobrecarga reglamentaria y de la carga accesoria permanente.

En el desarrollo del proyecto de la alternativa final, desde la materia de Estructuras 1 se requiere un análisis de cargas y determinación de las solicitaciones máximas en losas y vigas. De esta manera se verifican las dimensiones adoptadas y se pueden confeccionar planos y detalles constructivos del esquema estructural propuesto.

A continuación se ejemplifica el desarrollo de proyecto de un conjunto habitacional en barrio Bella Vista de la ciudad de Córdoba, realizado por estudiantes² en un trabajo de integración entre las cátedras de Arquitectura 2B y Estructuras 1A³ (Figura 11).

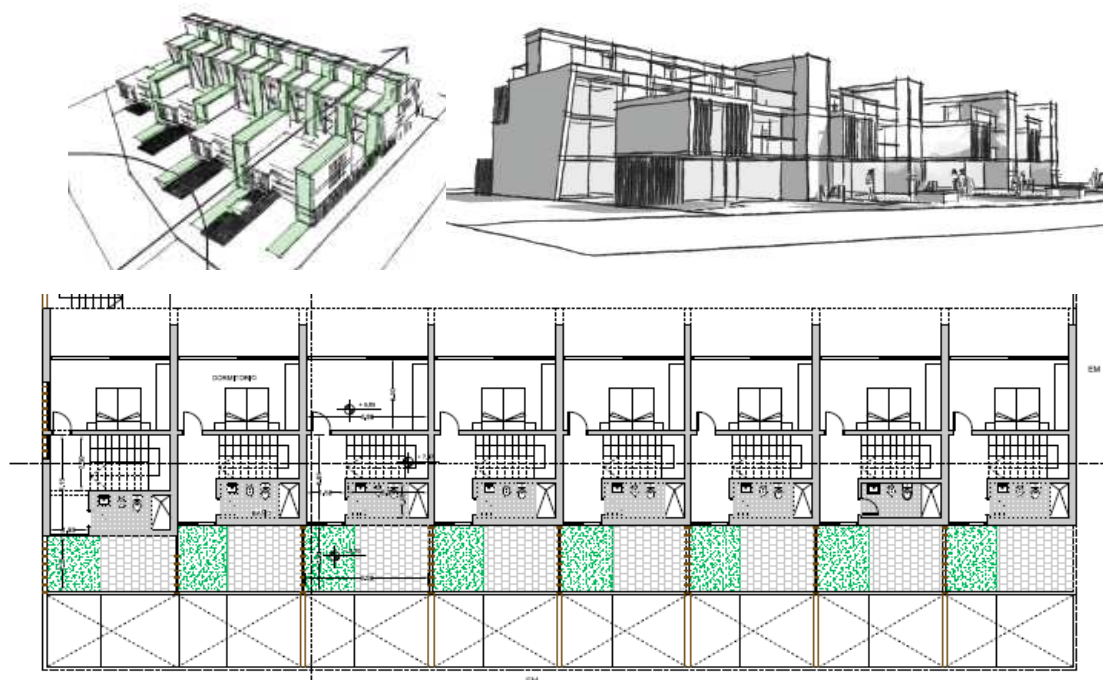
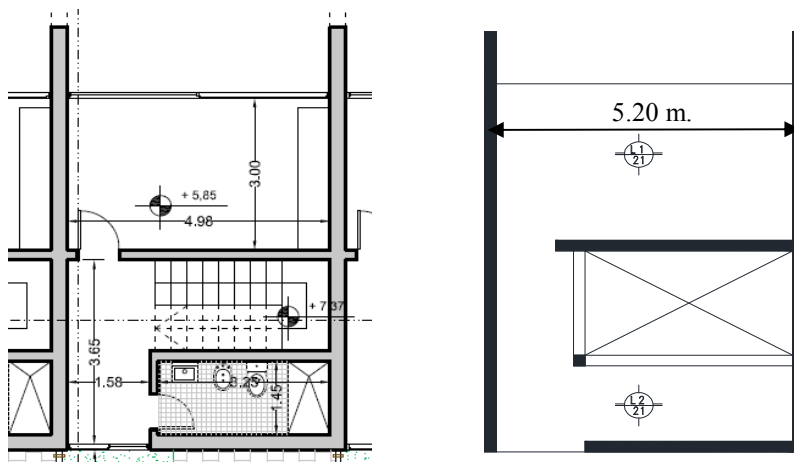


Figura 11. Ejercicio de diseño Nivel 2. Fuente: elaboración de los estudiantes

El proyecto propone unidades de tres niveles en bloque que ayudan a definir el perfil urbano en este barrio de baja densidad. Cada unidad presenta alternativas de crecimiento e incorporación de cochera en el tiempo.

Comprobada la coherencia entre el planteo arquitectónico y el esquema resistente y verificada la estabilidad del bloque frente a las solicitaciones horizontales y verticales, los estudiantes inician el predimensionado de los elementos estructurales (Figura 12).



² Ejercicio de diseño del año 2015. Alumnas: Maria Constanza Gómez Cuenca y Valentina Haro

³ Universidad Nacional de Córdoba, Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño.
Arquitectura 2B: Prof. Titular: Arq. Enrique Moiso; Estructuras 1A: Prof. Titular Arq. Isolda Simonetti

Figura 12. Planta de arquitectura y esquema estructural. Fuente: elaboración de los estudiantes

Se optó por trabajar con losa de viguetas por ser una técnica ampliamente difundida en la zona y de gran dominio para la mano de obra local.

Para el predimensionado de losas se utilizan las tablas. Se adopta, simplificada, la luz de cálculo (1) igual a la longitud de la vigueta:

$$L \text{ cálculo} = L \text{ libre} + 2 L \text{ apoyo} = 4.98\text{m} + 2 \times 0.10\text{m} \approx 5.20\text{m} \quad (1)$$

Desde la tabla para bovedillas de hormigón, con la luz de cálculo se obtiene un espesor de losa de 21cm, usando bovedillas de 17cm y resuelta con doble vigueta (Figura 13).

VIGUETAS	BOVEDILLA DE HORMIGON									
	simple vigueta					doble vigueta				
	Bovedilla 9 cm		Bovedilla 13 cm		Bovedilla 17 cm		Bovedilla 13 cm		Bovedilla 17 cm	
	capa compresion(cm)	capa compresion(cm)	capa compresion(cm)	capa compresion(cm)	capa compresion(cm)	capa compresion(cm)	capa compresion(cm)	capa compresion(cm)	capa compresion(cm)	capa compresion(cm)
Largo (m)	peso propio (kg/cm ²)	peso propio (kg/cm ²)	peso propio (kg/cm ²)	peso propio (kg/cm ²)	peso propio (kg/cm ²)	peso propio (kg/cm ²)	peso propio (kg/cm ²)	peso propio (kg/cm ²)	peso propio (kg/cm ²)	peso propio (kg/cm ²)
1.00										
1.20	LOSA ESPESOR 13 cm									
1.40										
1.60	LOSA ESPESOR 14 cm									
1.80										
2.00		LOSA ESPESOR 17 cm								
2.20										
2.40			LOSA ESPESOR 18 cm							
2.60										
2.80				LOSA ESPESOR 21 cm						
3.00										
3.20					LOSA ESPESOR 22 cm					
3.40										
3.60						LOSA ESPESOR 17 cm				
3.80										
4.00							LOSA ESPESOR 18 cm			
4.20										
4.40								LOSA ESPESOR 21 cm		
4.60										
4.80									LOSA ESPESOR 22 cm	
5.00										
5.20										
5.40										
5.60										
5.80										
6.00										
6.20										
6.40										
6.60										
6.80										
7.00										
7.20										

Figura 13. Procedimiento para uso de las tablas. Fuente: elaboración propia.

Para su verificación, se procedea realizar un análisis de carga de la losa:

Análisis de carga:

Peso propio:	306 kg/m ²
Contrapiso, carpeta y piso:	180 kg/m ²
Cielorraso:	50 kg/m ²
Sobrecarga de uso (Vivienda):	200 kg/m ²
Total	736 kg/m ²

Como las tablas de los proveedores vienen expresadas en tensiones admisibles se debe determinar la sollicitación de momento para condiciones de servicio (2):

$$\text{Momento requerido en servicio} = 736 \text{ kg/m}^2 \times (5.2 \text{ m})^2 / 8 = 2488 \text{kgm} \quad (2)$$

Para poder compararlo con el momento admisible suministrada por el proveedor de viguetas (Figura14).

TABLA N° 3		50 cm. (ancho teórico)						62 cm. (ancho teórico)			
		50 cm. (ancho teórico)		62 cm. (ancho teórico)							
Altura Bovedilla h (cm)		9		13		17		13		17	
Espesor Total de Losa e (cm)		13	14	17	18	21	22	17	18	21	22
Capa de Compresión d (cm)		4	5	4	5	4	5	4	5	4	5
Series de Viguetas	ASTER 1 a 3 - cada 20 cm. N: 2400 kg.	317	367	544	608	831	912	806	904	1226	1349
	A1 3,20 - 3,40 N: 3000 kg.	378	438	649	725	992	1088	901	1009	1369	1508
	A2 3,50 - 3,60 - 3,60 N: 3600 kg.	439	509	754	843	1152	1265	1118	1252	1699	1872
	B1 4,00 - 4,20 N: 4800 kg.	566	657	973	1087	1485	1630	1441	1615	2191	2413
	B2 4,40 - 4,50 - 4,50 N: 4800 kg.	630	731	1082	1210	1652	1813	1603	1796	2436	2684
	C 4,80 - 5,20 cada 20 cm. N: 6000 kg.	814	944	1398	1562	2134	2342	2071	2317	3147	3467
	D 5,60 a 6,20 cada 20 cm. N: 7800 kg.	987	1147	1697	1897	2591	2843	2514	2816	3821	4209
E 6,40 a 7,20 cada 20 cm. N: 9600 kg.	1162	1348	1996	2231	3047	3344	2957	3312	4495	4951	

Figura 14. Momentos flectores admisibles. Fuente: folleto de viguetas Tensolite T21

Si el momento admisible obtenido es superior al requerido la losa verifica (3),

Momento requerido = 2488kgm < Momento admisible = 3147 kgm → VERIFICA (3)

A continuación se elaboran planos y detalles que definen el proyecto de estructura (Figura 15).

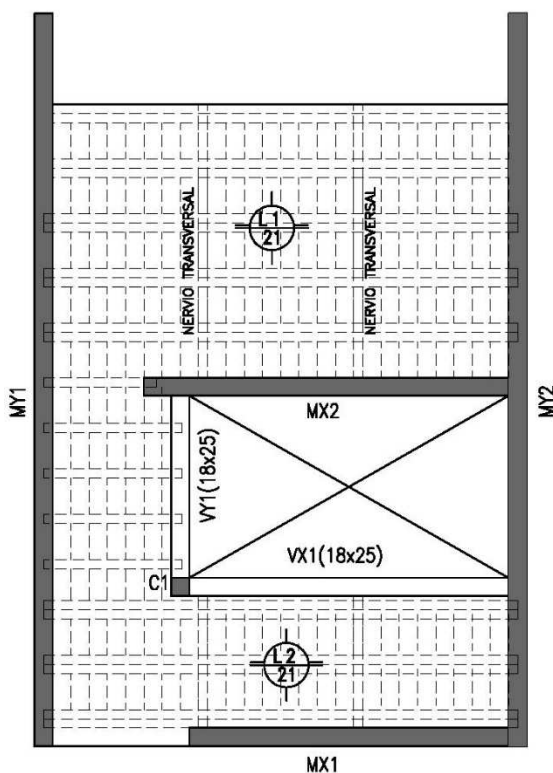
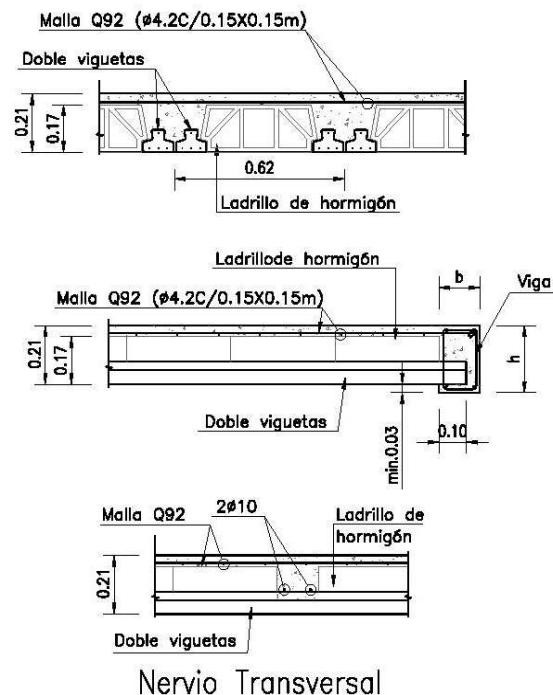


Figura 15. Planta de estructura y detalles de losa. Fuente: elaboración de los estudiantes



5 Conclusiones.

Como se refleja en muchísimas obras de viviendas de nuestro medio, son incuestionables las ventajas de incorporar elementos prefabricados en la construcción tradicional. Esta técnica, paulatinamente incorpora en los ejercicios académicos de nuestros estudiantes de arquitectura.

El correcto uso y especificación de losas realizadas con viguetas pretensadas es un tema poco abordado desde nuestra facultad. A partir de herramientas didácticas como la propuesta intentamos difundir el adecuado uso del sistema como una alternativa más en hormigón respaldado con herramientas que agilizan la tarea de predimensionado y posterior verificación de este tipo de losas.

Estas tablas, de fácil uso y rápida lectura, permiten ponderar diferentes alternativas constructivas y aportan datos precisos sobre la conformación y altura final de la losa.

6 Referencias.

CIRSOC 201 (2005) Reglamento Argentino: *“Diseño y dimensionado de estructuras de hormigón armado”*.

LARSSON, Carlos A. *“Hormigón Armado y Pretensado”* 2009. Edición Jorge Sarmiento Editor / Universitas y ACDEC Asociación Cooperadora Dpto. de Estructuras. FCEFyN UNC.

Folleto de fabricantes: *Tensolite, Corcecret, Pretensados Córdoba, Viguetas pretensadas Shap, Cerámica del Norte.*

PONSSA, Carolina; ALVAREZ, Guadalupe; CARDELLINO, Anabella; CICARÉ, Yohana; CRISTINA, Gabriela; GILABERT, Daniela; MARCIANI, Florencia; PRADOS, Silvina; SALINAS, Manuel. *“Estrategias de diseño estructural con hormigón armado en proyectos de arquitectura argentina”*. Proyecto de investigación, categoría B, acreditado por SECyT-UNC (Res. 202/16).