

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**



**PROYECTO INMOBILIARIO DE VIVIENDA  
RESIDENCIAL BOLIVAR**

**ANALISIS COMPARATIVO DE SISTEMAS Y TECNOLOGIAS  
APLICADAS A LA CONSTRUCCION DE LOSAS ALIGERADAS**

**INFORME DE SUFICIENCIA**

**Para optar el Titulo Profesional de:**

**INGENIERO CIVIL**

**GUILLERMO JOSE DIAZ ALIAGA**

**Lima- Perú**

**2008**

## INDICE

RESUMEN.	Pág. 4.
LISTA DE CUADROS.	Pág. 5.
LISTA DE GRÁFICOS Y FOTOGRAFÍAS.	Pág. 7.
INTRODUCCION	Pág. 9.
CAPITULO 1: RESUMEN EJECUTIVO.	Pág. 10.
CAPITULO 2: GENERALIDADES.	Pág. 15
2.1 Alcances de la Tecnología de los Materiales y la Industrialización de la Construcción en nuestro medio	Pág. 15
2.2 Tecnologías usadas para la construcción de losas aligeradas.	Pág. 15
2.3 Renovación de los sistemas constructivos.	Pág. 16
2.4 Industrialización de elementos estructurales para el uso de viguetas.	Pág. 16
2.5 Industrialización de elementos estructurales para el uso de losas aligeradas.	Pág. 17
CAPITULO 3: SISTEMAS DE LOSAS ALIGERADAS UTILIZADOS EN EL MERCADO DE LA CONSTRUCCION.	Pág. 20
3.1 Sistemas de losas aligeradas.	Pág. 20
3.2 Sistema de losa aligerada convencional.	Pág. 20
3.2.1 Componentes del Sistema convencional.	Pág. 21
3.3 Sistemas de losa aligerada prefabricada.	Pág. 22
3.4 Sistema de vigueta pretensada.	Pág. 23
3.4.1 Componentes del Sistema	Pág. 24
3.4.2 Características técnicas	Pág. 26
3.4.3 Características estructurales	Pág. 28
3.5 Sistema de vigueta prefabricada	Pág. 30
3.5.1 Características técnicas	Pág. 34
3.5.2 Características estructurales	Pág. 35
CAPITULO 4: ANALISIS Y CALCULO DE LOSAS ALIGERADAS	Pág. 36
4.1 Análisis estructural de losas.	Pág. 36
4.2 Cálculo de losas aligeradas convencionales.	Pág. 36

4.3 Cálculo de losas aligeradas de sistemas prefabricados	Pág. 37
4.4 Cálculo de losas aligeradas con viguetas pretensadas y prefabricadas	Pág. 37
4.5 Aplicación de cálculo de losas aligeradas	Pág. 38
4.5.1 Aplicación en losas aligeradas convencionales	Pág. 39
4.5.2 Aplicación en losas aligeradas con viguetas pretensadas	Pág. 41
4.5.3 Aplicación en losas aligeradas con viguetas prefabricadas	Pág. 43
CAPITULO 5 : COMPLEMENTOS EN LOSAS ALIGERADAS.	Pág. 45
5.1 Complementos en el sistema tradicional.	Pág. 45
5.1.1 Ladrillo de arcilla.	Pág. 45
5.2 Complementos en los sistemas prefabricados.	Pág. 46
5.2.1 Bovedillas de arcilla.	Pág. 47
5.2.2 Bovedillas de poliestireno.	Pág. 48
CAPITULO 6 : ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS	Pág. 50
6.1 Estructura de costos.	Pág. 50
6.2 Elección de los materiales.	Pág. 50
6.3 Análisis de costos unitarios.	Pág. 50
6.3.1 Costos del sistema convencional.	Pág. 51
6.3.2 Costos de sistemas de viguetas prefabricadas.	Pág. 52
CAPITULO 7: PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS.	Pág. 54
7.1 Procedimientos constructivos en losas aligeradas de los sistemas alternativos.	Pág. 54
7.1.1 Procesos constructivos	Pág. 54
7.2 Conexiones y detalles de viguetas pretensadas.	Pág. 58
7.2.1 Conexiones de viguetas pretensadas.	Pág. 58
7.2.2 Detalles constructivos de viguetas pretensadas.	Pág. 61
7.3 Conexiones y detalles de viguetas prefabricadas.	Pág. 65
7.3.1 Conexiones de viguetas prefabricadas.	Pág. 65
7.3.2 Detalles constructivos de viguetas prefabricadas	Pág. 66
CAPITULO 8: ANALISIS COMPARATIVO DE LOS SISTEMAS DE LOSAS ALIGERADAS.	Pág. 68

8.1 Ventajas de los sistemas de losas aligeradas con viguetas Prefabricadas.	Pág. 68
CONCLUSIONES	Pág. 71
RECOMENDACIONES.	Pág. 73
BIBLIOGRAFIA	Pág. 74
ANEXOS	Pág. 76
Tablas de diseño de viguetas firth	Pág. 77
Tablas de diseño de viguetas PRETENZA	Pág. 92
Panel Fotográfico	Pág. 95
Planos	Pág. 100

# RESUMEN

En el Capítulo 1, se presenta un Resumen Ejecutivo del proyecto inmobiliario *Conjunto Residencial Bolívar*, desarrollado a lo largo del Curso de Titulación en donde se hace mención a las ventajas que ofrecía la ubicación del terreno frente a otras alternativas, se presenta un alcance del desarrollo de los estudios preliminares y su influencia para la toma de decisión para la elaboración del proyecto inmobiliario, hasta la etapa de definición del valor de venta, valor de inversión y rentabilidad del proyecto.

En el Capítulo 2, se describen los alcances de la Tecnología de los Materiales y de la Industrialización de la Construcción, referente al uso de prefabricados de concreto, su desarrollo en otros mercados de América Latina, específicamente referido al empleo de viguetas prefabricadas para la construcción de losas aligeradas en nuestro medio.

En el Capítulo 3, se describen los diferentes sistemas de losas aligeradas utilizados en nuestro mercado local, haciendo énfasis en el uso de sistemas de viguetas pretensadas y prefabricadas.

En el Capítulo 4, se muestra el proceso del Cálculo Estructural para las losas aligeradas, así como su aplicación en el cálculo y selección de viguetas de los sistemas industrializados, mediante el uso de tablas y especificaciones proporcionadas por el fabricante.

En el Capítulo 5, se describen los diferentes tipos de complementos que sirven de aligerantes en las losas, tanto en el sistema convencional y en los sistemas de viguetas prefabricadas.

El Capítulo 6, se realiza un análisis de costos unitarios, en donde se indican los costos de estas tecnologías y su influencia en el rendimiento y la productividad de las obras.

El Capítulo 7, se detallan los Procesos Constructivos de los sistemas de losas aligeradas con elementos prefabricados, incidiendo en la versatilidad de estos sistemas en comparación con el sistema de losa aligerada convencional.

En el Capítulo 8, se realiza un análisis comparativo de los sistemas de losas aligeradas, en donde se muestran las ventajas y desventajas de cada uno de los sistemas estudiados.

## LISTA DE CUADROS

### CAPITULO 3

CUADRO N° 3.1. Cantidad de insumos por metro cuadrado de losa aligerada en el Sistema Convencional.	Pág. 22.
CUADRO N° 3.2. Porcentaje de participación de metales en los aceros de alta resistencia.	Pág. 25.
CUADRO N° 3.3. Cantidad de insumos por metro cuadrado de losa aligerada con viguetas pretensadas.	Pág. 27
CUADRO N° 3.4. Peso Propio de Losas Aligeradas.	Pág. 27
CUADRO N° 3.5. Propiedades Básicas de las Viguetas tipo Firth.	Pág. 28
CUADRO N° 3.6. Momentos Admisibles de Viguetas Firth.	Pág. 29
CUADRO N° 3.7. Luz Máxima de Viguetas Pretensadas Pretensa.	Pág. 29
CUADRO N° 3.8. Luz Máxima de Viguetas Pretensadas Firth.	Pág. 30
CUADRO N° 3.9. Momentos Admisibles de Viguetas Pretensa.	Pág. 30
CUADRO N° 3.10. Configuración del acero en las viguetas prefabricadas.	Pág. 33.
CUADRO N° 3.11. Cantidad de insumos por metro cuadrado de losa aligerada con viguetas prefabricadas.	Pág. 34
CUADRO N° 3.12. Peso Propio de Losas Aligeradas.	Pág. 35
CUADRO N° 3.13. Momentos admisibles (kg.m), en función de la luz libre y la sobrecarga para una losa de 20cm.	Pág. 35

### CAPITULO 4

CUADRO N° 4.1. Resultados del cálculo del acero en la losa aligerada convencional.	Pág. 40
CUADRO N° 4.2. Resultados del cálculo del Cortante en la losa aligerada convencional.	Pág. 40
CUADRO N° 4.3. Momentos de diseño y tipo de vigueta Firth.	Pág. 42
CUADRO N° 4.4. Resultados del cálculo del Cortante en la losa Aligerada Firth.	Pág. 42
CUADRO N° 4.5. Momentos de diseño y tipo de vigueta Pretensa.	Pág. 43
CUADRO N° 4.6. Resultados del cálculo del Cortante en la losa aligerada Pretensa.	Pág. 43
CUADRO N° 4.7. Momentos de diseño y tipo de vigueta T-Concreto.	Pág. 44

CUADRO N° 4.8. Resultados del cálculo del Cortante en la losa aligerada T-Concreto.	Pág. 44
---	---------

## **CAPITULO 5**

CUADRO N° 5.1. Características físicas del ladrillo de techo.	Pág. 45
CUADRO N° 5.2. Espaciamiento entre viguetas utilizados en otros países.	Pág. 46
CUADRO N° 5.3. Características físicas de las bovedillas de arcilla.	Pág. 48

## **CAPITULO 6**

CUADRO N° 6.1. Costos de Losa aligerada convencional.	Pág. 51
CUADRO N° 6.2. Costos de Losa aligerada sistema viguetas Firth.	Pág. 52
CUADRO N° 6.3. Costos de Losa aligerada sistema viguetas Pretensa.	Pág. 53

## **CAPITULO 8**

CUADRO N° 8.1. Cuadro Comparativo: Encofrado.	Pág. 69
CUADRO N° 8.2. Cuadro Comparativo: Armado de Viguetas.	Pág. 69
CUADRO N° 8.3. Cuadro Comparativo: Colocación de ladrillos.	Pág. 69
CUADRO N° 8.4. Cuadro Comparativo: Instalaciones eléctricas y sanitarias.	Pág. 70
CUADRO N° 8.5. Cuadro Comparativo: Acero de Refuerzo.	Pág. 70
CUADRO N° 8.6. Cuadro Comparativo: Vaciado de Concreto.	Pág. 70
CUADRO N° 8.7. Cuadro Comparativo: Desencofrado de Losas.	Pág. 70

# LISTA DE GRAFICOS Y FOTOGRAFIAS.

## LISTA DE GRAFICOS

### CAPITULO 2

GRAFICO N° 2.1. Esquema básico del sistema de losas con placas alveolares. Pág. 18

### CAPITULO 3

GRAFICO. 3.1. Detalle típico de una losas aligerada convencional de 20 cm. Pág. 21

GRAFICO. 3.2. Esquema del proceso de pretensado de una estructura. Pág. 23

GRAFICO. 3.3. Detalle típico de una losas aligerada con viguetas prefabricadas. Pág. 31

GRAFICO. 3.4. Vista de una vigueta prefabricada. Pág. 31

GRAFICO. 3.5. Detalle típico del alma metálica o estructura TRALICHO. Pág. 32

GRAFICO. 3.6. Detalle típico de la vigueta prefabricada. Pág. 33

### CAPITULO 4

GRAFICO N° 4.1. Esquema de ejemplo aplicativo Pág. 39

### CAPITULO 5

GRAFICO N° 5.1. Esquema de colocación de las bovedillas y espaciamiento de viguetas. Pág. 47

GRAFICO N° 5.2. Esquema de una bovedilla de arcilla. Pág. 47

### CAPITULO 7

GRAFICO. N° 7.1. Conexión de vigueta con una viga peraltada. Pág. 58

GRAFICO. N° 7.2. Conexión de vigueta con una viga peraltada. Pág. 59

GRAFICO. N° 7.3. Conexión de vigueta con una viga peraltada al centro Pág. 59

GRAFICO. N° 7.4. Conexión de vigueta con una viga peraltada al centro Pág. 60

GRAFICO. N° 7.5. Conexión de vigueta con una viga chata (solera) Pág. 60

GRAFICO. N° 7.6. Conexión de vigueta con una placa Pág. 61

GRAFICO. N° 7.7. Apuntalamiento típico de viguetas Pág. 61



GRAFICO. Nº 7.8. Apuntalamiento de encuentro entre vigueta y bovedilla con viga peraltada	Pág. 62
GRAFICO. Nº 7.9. Apuntalamiento de encuentro entre bovedilla y muro.	Pág. 62
GRAFICO. Nº 7.10. Detalle de doble vigueta para columnetas	Pág. 63
GRAFICO. Nº 7.11. Detalle de doble vigueta para muros paralelos	Pág. 63
GRAFICO. Nº 7.12. Detalle de doble vigueta para muros transversales.	Pág. 64
GRAFICO. Nº 7.13. Aplicación de viguetas en borde de losa	Pág. 64
GRAFICO. Nº 7.14. Detalle de viga costura sobre viguetas.	Pág. 65
GRAFICO. Nº 7.15. Detalle de encuentro de vigueta con una viga peraltada al extremo	Pág. 65
GRAFICO. Nº 7.16. Detalle de encuentro de vigueta con una viga peraltada al centro	Pág. 66
GRAFICO. Nº 7.17. Detalle de encuentro de vigueta con una viga chata.	Pág. 66
GRAFICO. Nº 7.18. Detalle de apuntalamiento típico.	Pág. 67
GRAFICO. Nº 7.19. Detalle de doble vigueta.	Pág. 67
GRAFICO. Nº 7.20. Detalle de vigueta en borde de losa.	Pág. 67

## LISTA DE FOTOGRAFIAS

### CAPITULO 2

FOTO Nº 2.1. Izaje mediante grúa de la placa alveolar.	Pág. 19
--	---------

### CAPITULO 5

FOTO Nº 5.3. Plancha de una bovedilla de poliestireno.	Pág. 48
--	---------

### CAPITULO 7

FOTO Nº 7.1. Instalación de apuntalamiento de viguetas.	Pág. 55
FOTO Nº 7.2. Colocación de viguetas prefabricadas	Pág. 55
FOTO Nº 7.3. Colocación de bovedillas de arcilla.	Pág. 56
FOTO Nº 7.4. Instalaciones Eléctricas usando bandejas.	Pág. 56
FOTO Nº 7.5. Instalaciones Sanitarias	Pág. 57
FOTO Nº 7.6. Colocación de acero de temperatura.	Pág. 57
FOTO Nº 7.7. Vaciado de concreto de la losa de compresión	Pág. 58

# INTRODUCCION

En la última década, se aprecia un crecimiento en la Industria de la Construcción, lo cual hace más competitivo el mercado inmobiliario, debiendo las empresas mejorar sus procesos constructivos, aplicando tecnologías y sistemas de construcción industrializados para reducir costos operativos, es así como se inserta el uso de sistemas prefabricados en la construcción.

La Industrialización de la Construcción, trae consigo tecnologías y sistemas que aceleran los procesos constructivos, agregando un valor de calidad e ingeniería a las obras. Es importante la difusión de estos sistemas, e incentivar el uso masivo de tecnologías que sirven para mejorar la calidad y reducir costos en la construcción.

En el Proyecto Inmobiliario de Vivienda "Residencial Bolívar", se propone como alternativa plasmar el uso de sistemas prefabricados en losas aligeradas, analizando los diferentes sistemas de viguetas prefabricadas existentes en nuestro medio.

Dado que aún no es masivo el uso y conocimiento de los sistemas de prefabricados para la construcción, este informe plantea un estudio comparativo entre los diferentes sistemas y tecnologías existentes para la construcción de losas aligeradas.

El presente Informe de Suficiencia, tiene como fin mostrar el uso de los prefabricados de concreto en la aplicación de viguetas para la construcción de losas aligeradas, con la finalidad de difundir el uso de estos sistemas constructivos, así como su aporte a la calidad de la construcción y a la productividad de las obras de ingeniería.

Para lograr este objetivo, se ha reunido información de los sistemas que son utilizados en nuestro medio.

# CAPITULO 1

## RESUMEN EJECUTIVO

El mercado inmobiliario en el Perú ha mostrado, en los últimos años, un escaso dinamismo, como resultado de la contracción de la demanda interna y de los ingresos de la población, así como por el exceso de oferta inmobiliaria en el segmento tradicional. Las empresas inmobiliarias se han visto afectadas por la competencia de la autoconstrucción, la informalidad, sobrecostos existentes en las actividades de habilitación de terrenos y edificación. Mientras existe una realidad decreciente en el segmento tradicional, emerge como un atractivo negocio inmobiliario el mercado de viviendas económicas, gracias al Programa *Mi Vivienda*, y *Techo Propio* fomentado por el Estado Peruano, dado su elevado potencial de crecimiento y rentabilidad. La necesidad de reducir el déficit, y tomando en consideración los principales determinantes de la oferta y la demanda de terrenos y viviendas terminadas – en particular los bajos ingresos de los estratos socioeconómicos C y D y las restricciones al acceso a las fuentes de financiamiento hipotecario tradicionales – el Estado, en conjunto con el sector privado, iniciaron en 1998 programas habitacionales liderados por el Programa *Mivivienda*, orientados a la construcción de viviendas económicas con el objetivo de atender a un mercado antes no explorado y que contaba con un gran potencial de crecimiento.

El proyecto inmobiliario se enfoca a los aspectos económicos y financieros que se desprenden de una valoración de rentabilidad de la inversión, también considera los aspectos técnicos necesarios para que esta rentabilidad esté correctamente sustentada. Para la elección de nuestro proyecto inmobiliario se requirió un diagnóstico de los diferentes distritos en donde se realizan proyectos inmobiliarios similares al perfil planteado en nuestro anteproyecto de inversión, teniendo en cuenta el público objetivo al que está dirigido nuestro producto inmobiliario.

Inicialmente se realizó el papel de un promotor inmobiliario para la obtención de una utilidad económica derivada de invertir un capital, dedicar trabajo y esfuerzo a un proyecto de inversión y sobre todo, considerar los riesgos derivados de no alcanzar metas y tiempos previstos del proyecto, así como de no cumplir con las

condiciones de préstamos hipotecarios y cometer errores en aspectos fundamentales como:

- La elección de la ubicación del proyecto.
- Los costos y tiempos de ejecución.
- El análisis del entorno económico y comercial.
- El análisis financiero.

En la actualidad, existe una alta demanda por adquirir una vivienda en los Distritos de Jesús María, Pueblo Libre, San Miguel y Magdalena del Mar. En nuestro caso evaluamos concretamente dos terrenos ubicados en Miraflores (Calle Jorge Chávez 498, esquina con la Calle Madrid) y Pueblo Libre (Av. Simón Bolívar 1858. Esquina con el Pasaje El Carmen), para ello se hizo un muestreo de varias edificaciones en estas zonas, llegando a la conclusión que todas estas edificaciones para vivienda multifamiliar son vendidas con rapidez, generalmente adquiridas por sectores poblacionales de nivel socio económico B y C, dentro de los consumidores tenemos parejas jóvenes no solamente de la zona, sino también de otros distritos poblacionales de Lima y provincias. Luego encontramos diferencias en los costos del terreno y el público objetivo, en Miraflores los costos del terreno son mayores lo cual influye directamente en el valor del inmueble, nuestro público objetivo era los sectores B y C, además debemos agregar que la ubicación del terreno en Pueblo Libre presenta un crecimiento urbanístico y su cercanía a las zonas comerciales de San Miguel.

Una vez definida la ubicación del proyecto inmobiliario en el Distrito de Pueblo Libre, se realizó un Análisis de la Competencia, a fin de estudiar el tipo de inmueble ofertado por la competencia en el entorno urbano, analizar las ventajas y desventajas de estos proyectos, una vez reunida esta información del mercado, se elaboró un perfil del tipo de proyecto para el público objetivo que viene siendo atendido en esta zona de la capital.

El proyecto Inmobiliario, está ubicado en la Avenida Simón Bolívar N° 1858 en el Distrito de Pueblo Libre, podemos afirmar que se encuentra dentro de una zona estratégica. El Proyecto se encuentra circundada por Universidades, Institutos, Colegios, Clínicas, Hospitales, centros comerciales y de esparcimiento como la Plaza San Miguel; haciendo más atractivo a los nuevos compradores. Se ha realizado visita a varias edificaciones construidas y en construcción, por estas zonas, pudiendo constatar que muchos departamentos son vendidos en pre-

venta, llegando el promotor a vender casi en su totalidad al concluir la edificación.

La Municipalidad Distrital de Pueblo Libre, mediante el Área de Subgerencia de Licencias y Autorizaciones, en conformidad con el artículo 63 del Texto Único Ordenado del Reglamento de la Ley N° 27157, aprobado mediante Decreto Supremo N° 035-2006-VIVIENDA, y el Plan de Zonificación del distrito aprobado mediante Ordenanza N° 1017-MML, certifica que el predio ubicado en: PASAJE EL CARMEN esquina con la AV. SIMON BOLIVAR N° 1858 (04 esquinas), esta sujeto a los siguientes parámetros urbanísticos y edificatorios; para definir las características más importantes de nuestro proyecto, podemos precisar:

- El Área Total del predio es de 6,000.00 m<sup>2</sup>, ubicado en el distrito de Pueblo Libre, con un Área de Tratamiento Normativo II.
- La zonificación se divide en dos casos, la primera una Zonificación RDA que se ubica frente a la Av. Simón Bolívar y la segunda Zonificación RDM que se ubica frente al Pasaje El Carmen.
- Se permite una altura máxima de 8 pisos.
- Se considera un área mínima de 75.00 m<sup>2</sup> para departamentos de 3 dormitorios, se utilizó como área de cada departamento 90.00 m<sup>2</sup>.
- Un retiro normativo de 3.00 m. en el Pasaje el Carmen, de 5.00 m. en la Av. Simón Bolívar y de 3.00 m. en el Jr. El Alba.
- Se establece un área mínima libre para conjuntos residenciales según la zonificación, para la Zonificación RDA 50% del área del predio y para la Zonificación RDM 40% del área del predio, se cumplió estos requisitos ya que tenemos un área libre de 3500.00 m<sup>2</sup> (58.33%).
- Un alineamiento de fachada de 3.00 m. en el Pasaje el Carmen, de 5.00 m. en la Av. Simón Bolívar y de 3.00 m. en el Jr. El Alba.
- Los espacios de estacionamiento se establecen según la zonificación, para un RDA 1 cada 1.5 Viviendas y para un RDM 1 cada 1.5 Viviendas, en total tenemos 48 estacionamientos para cada bloque.
- Además debemos considerar un jardín de aislamiento de 2.50 m. frente a la Av. Simón Bolívar.

Con el levantamiento topográfico del terreno se pudo establecer las dimensiones exactas del predio, este presenta una superficie plana de forma rectangular, siendo las dimensiones del predio las siguientes por el Norte Jr. El Alba con

42.50 m., por el Este pasaje el Carmen con 142.10 m., por el Sur Av. Bolívar con 40.76 m. y por el Oeste terrenos de propiedad de terceros con 147.10 m, arrojando un área total de 6,000.00 m<sup>2</sup>. La urbanización del terreno contempla secciones de vías de 14.00 m. en el Jr. El Alba y de 34.00 m en la Av. Bolivar todas con cubiertas con carpeta asfáltica. Los sistemas de desagüe, agua potable, telecomunicaciones y eléctrico se considerarán subterráneos, obedeciendo a aspectos funcionales y estéticos que proporcionarán un atractivo ante el mercado y todos cuentan con factibilidad en su instalación y cobertura.

Se realizó un estudio de Mecánica de Suelos, para verificar las propiedades geotécnicas del terreno, y obtener el parámetro de Capacidad Portante del suelo de fundación que va a interactuar con la estructura y las consideraciones que se deben tener en cuenta para la correcta elección del tipo de cimentación a proyectar.

El proyecto consta de 4 bloques de 08 pisos cada uno con semisótano, cada piso esta compuesto por 4 departamentos de 90.00 m<sup>2</sup>, dando un total de 32 departamentos por bloque y todo el conjunto residencial contempla 128 departamentos, cada uno independiente en sus servicios y con áreas comunes de esparcimiento. Cada departamento presenta el siguiente programa arquitectónico:

1. Área de Estacionamiento en Semisótano.
2. Sala
3. Comedor
4. Tres Dormitorios
5. Un Baño principal y uno de servicio
6. Cocina
7. Patio de Servicio.

El Sistema estructural que se proyecta es:

- Una Cimentación de zapatas cuadradas y rectangulares sobre una plataforma compactada.
- Sistema dual, comprendido por pórticos principales y placas.
- Columnas y vigas de concreto armado  $f'c=210$  Kg/cm<sup>2</sup>, que conforman los pórticos principales.
- Las columnas tienen geoméricamente diferentes formas, existen cuadradas, rectangulares, en "T" y en "L".

En relación al presente estudio, se incluye dentro de la Tecnología de los Materiales, el uso de las viguetas prefabricadas para la construcción de losas aligeradas.

Una vez definido el sistema estructural, se procedió a la elección de la tabiquería y acabados del proyecto, para los tabiques se ha considerado el uso de ladrillo silico calcáreo P7 y P10, ya que estos muros no son necesarios tarrajear, solo se solaquea, luego se empasta y pinta, evitando considerablemente la partida de tarrajeo y haciendo nuestro producto más competitivo.

Los acabados son similares a los que se han recogido del Estudio de Competencia, tales como pisos cerámicos y laminados, puertas contraplacadas, ventanas de aluminio con sistema NOVA, aparatos sanitarios tipo Top Piece y griferías ITALGRIF.

La edificación cuenta con su respectivo equipamiento que atiende principalmente a las áreas comunes, para lo cual se ha instalado una cisterna que atiende al consumo domiciliario y al consumo de agua contra incendio, teniendo sensores de humo y temperatura, y gabinetes contra incendio según lo especificado en el RNE.

Los servicios públicos de abastecimiento de agua, desagüe y energía eléctrica, se conectan directamente desde la calle, hacia la cisterna y al banco de Medidores según sea el caso, la acometida es directa desde la vía pública ya que la zona cuenta con Habilitación Urbana. Asimismo el proyecto contempla las instalaciones de circuitos de teléfono externo, intercomunicador y televisión por cable.

Asimismo, el proyecto cuenta con un área recreativa en donde los propietarios pueden acceder dentro del Complejo Multifamiliar, este es un buen argumento de ventas y aporta un valor agregado al bien inmueble.

Es así como sumados todos estos factores se proyecta que para el Conjunto Residencial Bolívar que consta de 128 unidades de vivienda, una estructura de costos en donde se puede apreciar que nuestro proyecto inmobiliario es viable, presentando un monto de inversión de \$'6'224,675.62, con un valor de venta de \$'7'258,376.97, lo que refleja una rentabilidad de 12%, en un tiempo de duración del proyecto desde la etapa de pre ventas hasta la finalización de la construcción de 18 meses.

## CAPITULO 2

### GENERALIDADES

#### 2.1 ALCANCES DE LA TECNOLOGIA DE LOS MATERIALES Y LA INDUSTRIALIZACION DE LA CONSTRUCCION EN NUESTRO MEDIO.

En la última década, se está viendo un incremento de la Industria de la Construcción, lo cual hace más competitivo el mercado inmobiliario, teniendo las empresas que afinar sus procesos constructivos, aplicando tecnologías y sistemas de construcción industrializados, para reducir costos operativos, es así como vemos la inserción del uso de sistemas prefabricados en la construcción. La Industrialización de la Construcción, trae consigo tecnologías y sistemas que aceleran los procesos constructivos, agregando un valor de calidad e ingeniería a las obras.

Es importante la difusión de estos sistemas, e incentivar el uso masivo de tecnologías que sirven para mejorar la calidad y reducir costos en la construcción.

#### 2.2 TECNOLOGIAS USADAS PARA LA CONSTRUCCION DE LOSAS ALIGERADAS.

En nuestro medio, se utilizan las siguientes tecnologías para la construcción de losas aligeradas:

- a. *Aligerados Convencionales.* Sistema típico en donde las viguetas y las losas son un conjunto que se vacían in situ, cuyo complemento es el ladrillo de arcilla.



- b. *Aligerados con viguetas prefabricadas.* Son sistemas en donde la vigueta es un elemento prefabricado, y se instala junto con el acero de refuerzo y el complemento, los cuales se integran al momento del vaciado de la losa de concreto.

En el presente informe nos ocuparemos de detallar los sistemas constructivos que hacen uso de las viguetas prefabricadas.

### **2.3 RENOVACION DE LOS SISTEMAS CONSTRUCTIVOS.**

El uso de viguetas prefabricadas, trae consigo la renovación de los sistemas y procesos constructivos tradicionales, logrando un aporte a la calidad de la construcción, al fomento de su industrialización, estos puntos aportan al incremento de la productividad en las obras.

La práctica de la construcción se va tecnificando, la inclusión de los prefabricados, así como los diversos sistemas de apuntalamiento y encofrado de losas, el uso del acero dimensionado, el desarrollo de los complementos alternativos a la arcilla (bandejas de concreto y tecnopor); este conjunto de tecnologías nos dan una variedad de posibilidades para evaluar los métodos adecuados, adoptando soluciones económicas con calidad técnica.

### **2.4 INDUSTRIALIZACION DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES PARA EL USO DE VIGUETAS.**

En nuestro país, aún no es masivo el uso y conocimiento de los sistemas de prefabricados para la construcción, por lo que se plantea un estudio comparativo entre los diferentes sistemas y tecnologías existentes para la construcción de losas aligeradas.

Es importante la difusión de estos sistemas, e incluso llegar a ser de uso común en la autoconstrucción de viviendas y en programas de interés social. En otros países de Latinoamérica, tales como México, Colombia y Chile, el uso del

sistema de viguetas prefabricadas está difundido y ha desplazado al sistema constructivo de losas aligeradas convencionales, de ahí la importancia de la difusión de dicho sistema.

En el caso de España, dicha tecnología se inicia en los años 60, que se ha desarrollado y evolucionado en la rama pretensado de viguetas, cuyo uso no es exclusivo de las construcciones formales, sino de la autoconstrucción de viviendas, debido a su aporte en la reducción de costos de construcción. Es así como en México y España, existe toda una industria dedicada a la fabricación y desarrollo de la Tecnología de los prefabricados de concreto, básicamente de las viguetas. En nuestro medio no pasan de 5 empresas las que proveen dicho producto.

## **2.5 INDUSTRIALIZACION DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES PARA EL USO DE LOSAS ALIGERADAS.**

El tema de las viguetas prefabricadas, y en especial de las pretensadas, basan su principio en el Concreto Pretensado, utilizado generalmente para que los elementos estructurales cubran grandes luces sin necesidad de incrementar sus dimensiones (principalmente el peralte). Este principio aún no está explotado en nuestro medio, se espera que en los próximos años se introduzca el criterio de Placas Alveolares.

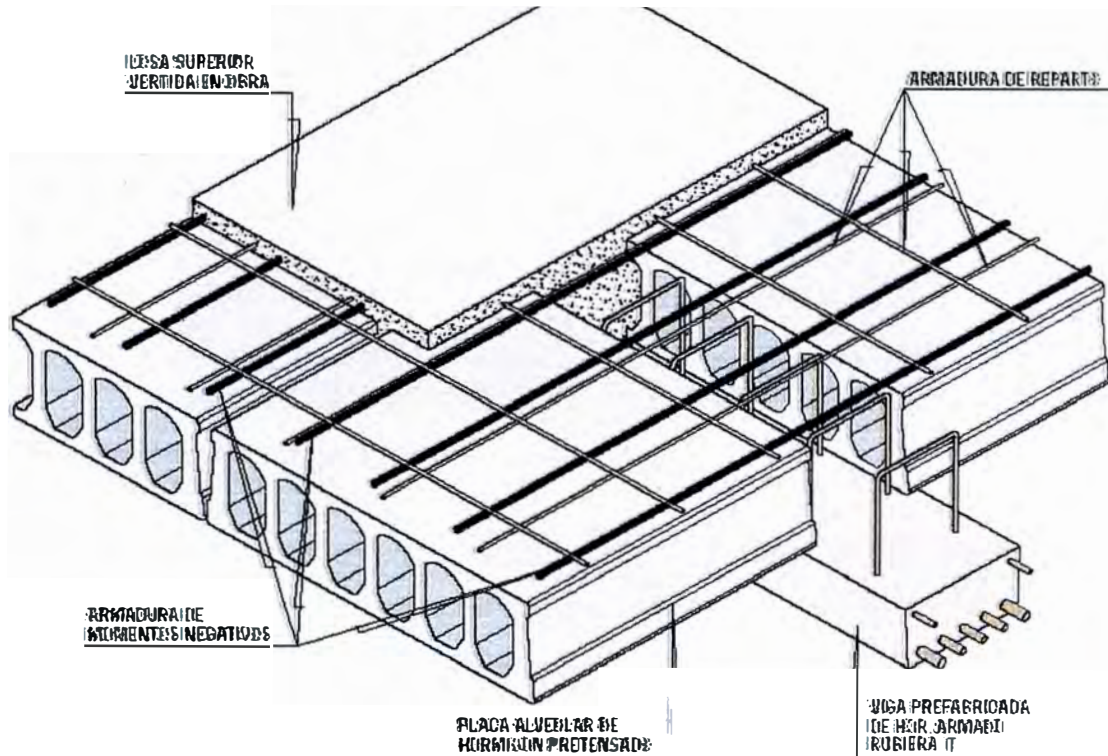
La Placa Alveolar es un elemento superficial plano de concreto pretensado, de sección constante, aligerado mediante alvéolos longitudinales y capaces de soportar grandes luces y sobrecargas. Las principales ventajas que se derivan del uso de la placa alveolar pretensada son:

- Una mayor velocidad de transporte a la obra y montaje, reduciéndose de una manera considerable el costo de mano de obra.
- La placa es completamente autoportante por lo que no son necesarios apuntalamientos ni encofrados.

- La placa puede ponerse en servicio inmediatamente después de su colocación sin necesidad de la utilización de capas de compresión (vaciado de losa adicional). Ver Grafico Nº 2.1.

### GRAFICO Nº 2.1

*Esquema básico del sistema de losas con placas alveolares.*



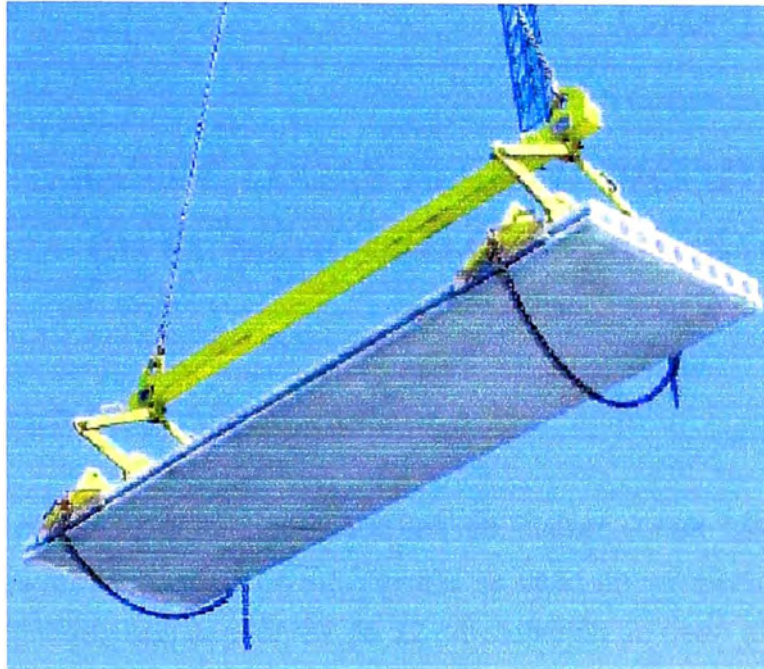
*Fuente: Prefabricados Rubiera, España.*

Las principales aplicaciones de la Placa Alveolar son las siguientes:

- Estructuras que cubren grandes luces en edificación.
- Su uso es muy común en instalaciones industriales, comerciales y deportivas.
- El vaciado de la capa superior o losa de compresión, puede ser posterior al montaje de la placa alveolar, esta placa puede ser utilizada como plataforma de trabajo y después colocar la losa superior.
- También se puede utilizar como muros de contención de tierras, silos para almacenaje de grano y paredes de cerramiento con distintos acabados.

### FOTO N° 2.1

*Izaje mediante grúa de la placa alveolar*



*Fuente: Prefabricados Rubiera, España.*

Las Placas Alveolares, son una muestra del estado de la Industrialización de la Construcción en América Latina, es de uso muy común en países como México, Chile, Colombia y España. Incluso en México, la Industria del Concreto Pretensado y Prefabricado se encuentra agremiada y reunida por la *Asociación Nacional de Industriales del Preesfuerzo y la Prefabricación de Concreto (ANIPPAC)*, esta institución se preocupa por los avances e innovaciones tecnológicas., así como del control de calidad y normatividad de esta industria.

Como hemos podido apreciar, la Industrialización y el desarrollo tecnológico de la Construcción, es un campo muy amplio, el cual en nuestro medio no ha sido explotado en su totalidad.

## CAPITULO 3

### SISTEMAS DE LOSAS ALIGERADAS UTILIZADOS EN EL MERCADO DE LA CONSTRUCCION

#### 3.1 SISTEMAS DE LOSAS ALIGERADAS.

En la construcción de edificaciones se utilizan losas macizas y losas aligeradas. Las losas macizas en su mayoría se usan en los sistemas de muros de ductilidad limitada con espesores de 12 cm, también se usan en los sistemas de pórticos y duales según las solicitaciones de carga ó para zonas con alta densidad de instalaciones sanitarias.

En el caso de las losas aligeradas, están tienen un espesor de 17 cm hasta 30 cm, según lo indicado por el proyectista de estructuras, son de uso común en los sistemas aporticados y duales.

Dentro de las losas aligeradas, respecto a la naturaleza de las viguetas tenemos los siguientes sistemas:

- Sistema de Losa Aligerada Convencional.
- Sistema de Losa Aligerada Prefabricada.

#### 3.2 SISTEMA DE LOSA ALIGERADA CONVENCIONAL.

Este sistema es el más conocido en nuestro país, aunque en las construcciones actuales está quedando rezagado por las losas de viguetas prefabricadas. Este procedimiento constructivo es de común uso en la autoconstrucción de viviendas y edificaciones pequeñas.

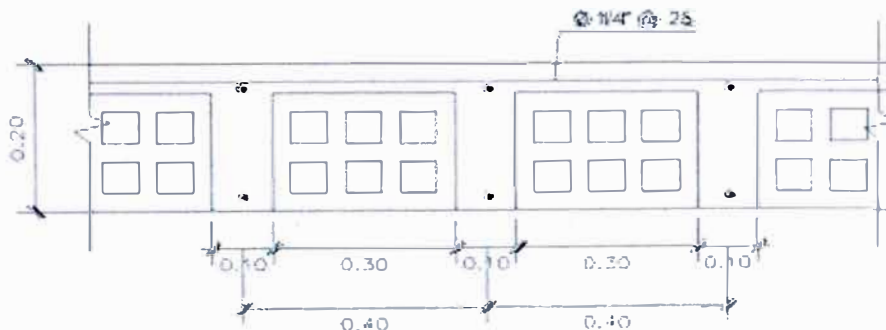
### 3.2.1 COMPONENTES DEL SISTEMA CONVENCIONAL.

El sistema consta de la habilitación en obra de todos sus componentes (ver Grafico. 3.1) tales como:

- *Viguetas.* Las viguetas se preparan in situ, sobre el encofrado, y van espaciadas a cada 40 cm cada una.
- *Acero de Refuerzo.* Se coloca en cada vigueta y en las zonas que se indique en los planos de estructuras. También comprende la colocación del acero de temperatura.
- *Complemento.* El complemento en este caso es el ladrillo de arcilla, las dimensiones son de 30x30 cm. , con alturas de 12, 15, 20 y 25cm.
- *Losa.* El vaciado del concreto genera una estructura monolítica entre la vigueta y la losa de compresión.

**GRAFICO. 3.1**

*Detalle típico de una losas aligerada convencional de 20 cm.*



Fuente: Elaboración propia.

Este procedimiento emplea una gran cantidad de encofrado, un mayor tiempo de desencofrado, como generalmente se hacen los vaciados con concreto preparado en situ, se incrementan los tiempos de vaciado y como consecuencia los rendimientos son bajos.

La cantidad de insumos que intervienen por cada metro cuadrado de losa aligerada convencional están dados en el Cuadro N° 3.1.

**CUADRO N° 3.1**

*Cantidad de insumos por metro cuadrado de losa aligerada en el Sistema Convencional*

<b>ALTURA (cm)</b>	<b>PESO (kg/m<sup>2</sup>)</b>	<b>LADRILLO (unid/m<sup>2</sup>)</b>	<b>CONCRETO (m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>)</b>
17	280	8.33	0.080
20	300	8.33	0.090
25	350	8.33	0.100
30	420	8.33	0.113

*Fuente: Elaborado con la información del RNE y Revista Costos S10.*

**3.3 SISTEMA DE LOSA ALIGERADA PREFABRICADA.**

Como producto del desarrollo de la Tecnología de los Materiales y la industrialización de la Construcción, se vienen utilizando de manera creciente los sistemas de losas aligeradas con viguetas prefabricadas, cuyo aporte es la fácil instalación y mejor desempeño estructural, pudiendo cubrir luces mayores sin incrementar el espesor de la losa aligerada.

Los Sistemas de Losas Aligeradas con viguetas prefabricadas, forman un Sistema Estructural formado por componentes portantes prefabricados denominados viguetas, con complementos aligerantes denominados bovedillas, unidos por una losa de concreto de compresión.

Una de las principales ventajas de los sistemas de viguetas prefabricadas, es minimizar el uso de encofrados, por cuanto la forma de las viguetas hace que los complementos descansen sobre ellas, evitando así el encofrado.

Las viguetas prefabricadas, se producen en plantas industriales en las que se preparan a la medida de los paños de las losas aligeradas por construirse. Estas viguetas pueden ser fabricadas realizando un vaciado sobre una estructura de acero corrugado en forma de cercha, o vaciadas sobre un encofrado que lleva unos cables de acero, estos cables están sometidos a un proceso de pretensado.

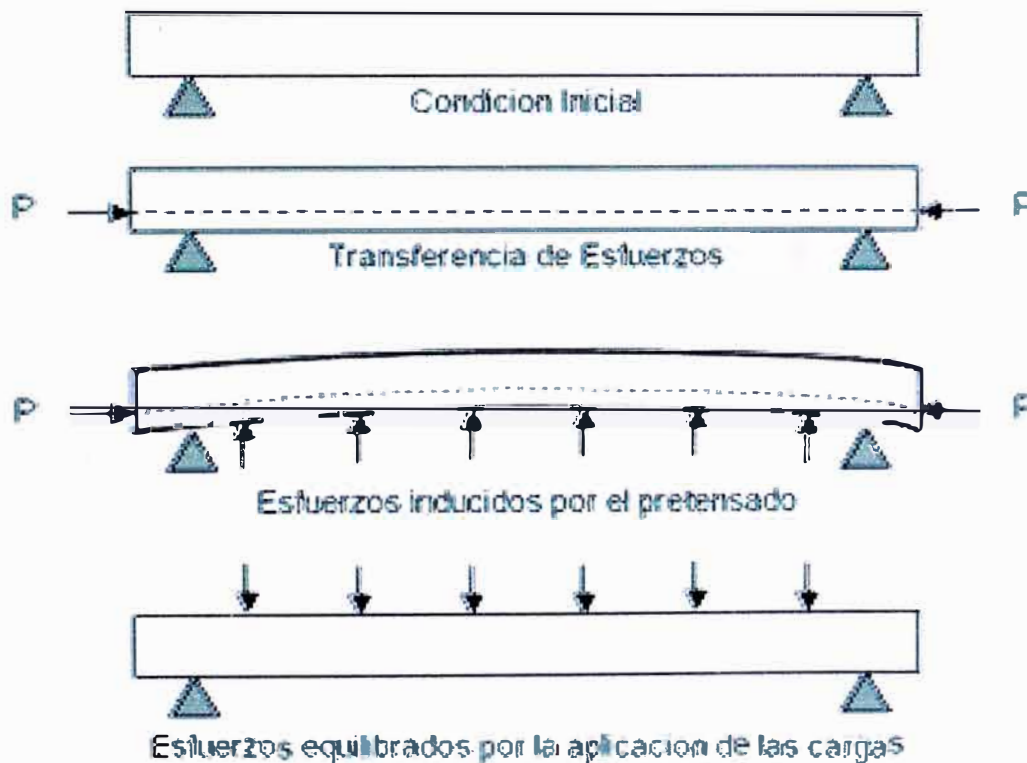
En el caso de los complementos utilizados en los sistemas de viguetas prefabricadas, estos se denominan bovedillas, las cuales pueden ser de arcilla, tecnopor, bandejas de concreto simple, etc.

### 3.4 SISTEMA DE VIGUETA PRETENSADA.

En este sistema, las viguetas están expuestas a un proceso de pretensado previo a su puesta en servicio. Para lo cual revisaremos algunos conceptos básicos del Concreto Pretensado.

**GRAFICO. 3.2**

*Esquema del proceso de pretensado de una estructura.*



Fuente: Manual de viguetas pretensadas De Acero. México.

El Concreto Pretensado, es el Concreto Armado en el cual se han inducido esfuerzo internos (pretensado) para reducir los esfuerzos potenciales de tracción en el concreto resultantes de sus cargas [1]. El Pretensado es la aplicación controlada de una fuerza tensora al concreto, mediante el tensado de cables de acero de alta resistencia, previo a que la estructura entre en servicio.



### 3.4.1 COMPONENTES DEL SISTEMA.

#### a) *Vigueta Pretensada.*

Es el componente portante resistente del sistema, está formado por concreto de alta resistencia con alambres de acero pretensadas, a los cuales se les aplica una fuerza pretensora. Consta de una sección transversal tipo "T" invertida, en cuyas alas se apoyan las bovedillas, de esta forma se evita el fondo de encofrado. Las viguetas pueden estar espaciadas a 50 ó 60 cm, según el diseño indicado por el proyectista.

En el caso de necesitar satisfacer una sobrecarga mayor, o sustituir una viga chata, se pueden utilizar doble vigueta para suplir dicho elemento.

Para lograr una buena adherencia entre la vigueta pretensada y la losa de concreto, la vigueta debe de contar con una rugosidad mayor a 6 mm, tal como lo indica la Norma ACI 318, esto garantiza el anclaje mecánico del sistema [14].

La vigueta pretensada está conformada a su vez de los siguientes materiales:

#### a.1) *Acero de Refuerzo.*

Es un acero de alta resistencia y baja relajación los que generalmente se utilizan para la fabricación de viguetas pretensadas.

Los aceros al carbono o no aleados, son aleaciones hierro (Fe), carbono (C), que contienen pequeñas proporciones de otros elementos, principalmente manganeso (Mn), silicio (Si), fósforo (P) y azufre (S).

Los aceros aleados son aquellos que contienen, además otros elementos que se añaden voluntariamente por encima de determinados porcentajes para conseguir mejorar determinadas propiedades que no pueden lograrse con los aceros al carbono. Los aceros empleados en la fabricación de estructuras de concreto pretensado son en general aceros no aleados ó especiales con un alto contenido en carbono. Su

composición química representativa es la que se indica en el Cuadro N° 3.2.

### CUADRO N° 3.2

Porcentaje de participación de metales en los aceros de alta resistencia

ELEMENTO	PORCENTAJE MINIMO	PORCENTAJE MAXIMO
Carbono (C)	0.75	0.85
Manganeso (Mn)	0.60	0.90
Silicio (Si)	0.15	0.35
Fosforo (P)	—	0.015
Azufre (S)	—	0.010
Cromo (Cr)	—	0.30
Vanadio (V)	—	0.10

Fuente: Manual de viguetas pretensadas De Acero. México.

En estos tipos de aceros se combina la resistencia de un material frágil (cementita) con la plasticidad de uno dúctil (ferrita) para obtener al mismo tiempo un material resistente y dúctil (perlita).

La materia prima para la fabricación de los alambres de presfuerzo es el alambrón de alto contenido de carbono (1080 Cr-V), que se obtiene por laminado en caliente., de este material se obtiene el Alambre, que es producto de sección maciza, procedente de un estirado en frío ó trefilado de alambrón.

El Alambre de Presfuerzo es un Alambre de Acero de Alto Carbono en acabado liso ó grafilado, sometido a un proceso Térmico de Relevado de Esfuerzos, que asegura las propiedades mecánicas para su aplicación en Viguetas Pretensadas.

El Alambre de Alta resistencia utilizado para la fabricación de viguetas pretensadas es de 4 y 5 mm, desarrolla una Resistencia Ultima del Acero (fpu) de 18,000 kg/cm<sup>2</sup>.

### **a.2) Concreto.**

El concreto que se utiliza para la fabricación de viguetas es de 350 kg/cm<sup>2</sup> de resistencia a la compresión como mínimo, usándose concretos de 420 kg/cm<sup>2</sup> y 500 kg/cm<sup>2</sup> según el tipo de vigueta.

Este concreto tiene como agregado fino a la Arena Gruesa; y como agregado grueso al confitillo, esta mezcla junto con el cemento en las proporciones adecuadas debe presentar una buena trabajabilidad para el tipo de sección a vaciar, cuenta con un slump de diseño de 3 ½" como máximo.

**Bovedilla.** Es el componente aligerante de relleno que se apoya sobre la cuña de las viguetas. Los materiales de los que puede estar conformada la bovedilla son arcilla, tecnopor o concreto, o cualquier otro material que disminuya el peso y aligere la losa. A su vez la dimensión de las bovedillas depende de la separación entre viguetas.

**Losa de Compresión.** Es el concreto vaciado in situ, ya sea fabricado en obra o premezclado, la losa es el componente que solidariza la vigueta pretensada con el acero de refuerzo negativo.

### **3.4.2 CARACTERISTICAS TECNICAS.**

Los materiales que participan por cada metro cuadrado de losa aligerada con viguetas prefabricadas se indican en el Cuadro N° 3.3.

Asimismo el peso propio de la losa aligerada está en función del tipo de espaciamiento y complemento utilizado, estos datos sumados a otras cargas de gravedad, nos indican la carga muerta de la estructura. El peso propio de las losas con viguetas pretensadas se indica en el Cuadro N° 3.4.

**CUADRO N° 3.3**

*Cantidad de insumos por metro cuadrado de losa aligerada con viguetas pretensadas.*

ALTURA DE LOSA (cm)	VOLUMEN DE CONCRETO		COMPLEMENTO
	VIGUETA DOBLE (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> )	VIGUETA SIMPLE (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> )	BOVEDILLAS cm (und/m <sup>2</sup> )
<i>Viguetas espaciadas a 50 cm</i>			
17	0.07	0.060	8.00
20	0.09	0.070	8.00
25	0.12	0.090	8.00
30	0.15	0.110	8.00
<i>Viguetas espaciadas a 60 cm</i>			
17	0.06	0.0575	8.50
20	0.08	0.068	8.50
25	0.11	0.088	8.50

Fuente: Firth Industries Perú.

**CUADRO N° 3.4**

*Peso Propio de Losas Aligeradas.*

ALTURA DE LOSA (cm)	SISTEMA DE LOSA CON VIGUETAS PRETENSADAS			
	LOSA CON VIGUETA SIMPLE		LOSA CON VIGUETA DOBLE	
	ARCILLA (Kg/m <sup>2</sup> )	POLIESTIRE NO (Kg/m <sup>2</sup> )	ARCILLA (Kg/m <sup>2</sup> )	POLIESTIRE NO (Kg/m <sup>2</sup> )
<i>Viguetas espaciadas a 50 cm</i>				
17	245	180	290	230
20	280	210	345	280
25	335	250	430	350
30	400	300	515	420
<i>Viguetas espaciadas a 60 cm</i>				
17	245	180	250	200
20	275	210	310	245
25	330	250	395	320

Fuente: Firth Industries Perú.

### 3.4.3 CARACTERISTICAS ESTRUCTURALES.

Las viguetas pretensadas, presentan características específicas según su origen de fabricación. En el mercado peruano se tienen 2 tipos de vigueta pretensada, una es la fabricada en el país producida por *Firth Industries Perú S.A.*, y la otra es fabricada en Bolivia por la empresa PRETENZA. e importada a nuestro país por VIPRET.

En el caso de las viguetas fabricadas por Firth, clasifican las viguetas de acuerdo a su capacidad de carga por SERIES, según el Cuadro N° 3.5., donde:

$f_{pu}$  : Resistencia Última del Acero.

$e_p$  : Excentricidad del acero en la vigueta.

**CUADRO N° 3.5**

*Propiedades Básicas de las Viguetas tipo Firth.*

Serie	Area de Acero (cm <sup>2</sup> )	$f_{pu}$ (Kg/m <sup>2</sup> )	$f'_c$ (Kg/m <sup>2</sup> )	$e_p$ (cm)	Volumen concreto (m <sup>3</sup> /m)	Peso Vigueta (kg)
101	0.378	18000	350	0.54	0.0072	17
102	0.504	18000	350	1.09	0.0072	17
103	0.630	18000	420	1.01	0.0072	17
104	0.784	18000	420	1.09	0.0072	17
105	0.980	18000	500	1.31	0.0072	17

Fuente: *Firth Industries Perú.*

Las viguetas pretensadas están diferenciadas por series o tipos según el fabricante, de acuerdo a la Luz Libre le corresponde un Momento Flector Admisible ( $\Phi M_n$ ) y una Sobrecarga Máxima (S/C). Ver Cuadro N° 3.6 y 3.9, de viguetas Firth y Pretensa respectivamente.

### CUADRO N° 3.6

Momentos Admisibles de Viguetas Firth.

	Altura de losa (cm)	Dist/ejes (cm)	Peso Propio (Kg/m <sup>2</sup> )		Momentos Admisibles (Kg-m) = $\phi M_n$				
			Ladrillo	Poliestireno	V101	V102	V103	V104	V105
VIGUETA SIMPLE	17	60	245	180	760	1030	1290	1585	1965
	20	60	275	210	940	1280	1595	1965	2435
	25	60	330	250	1250	1660	2100	2595	3230
	17	50	245	180	760	1030	1290	1585	1965
	20	50	280	210	940	1280	1595	1965	2435
	25	50	335	250	1250	1660	2100	2595	3230
	30	50	400	300	1560	2020	2610	3230	4020
VIGUETA DOBLE	17	71	250	200	1470	1953	2445	2960	3600
	20	71	310	245	1835	2469	3055	3720	4540
	25	71	395	320	2445	3196	4070	4980	6110
	17	61	290	230	1470	1953	2445	2960	3600
	20	61	345	280	1835	2469	3055	3720	4540
	25	61	430	350	2445	3196	4070	4980	6110
	30	61	515	420	3055	3970	5090	6240	7690

Fuente: Firth Industries Perú.

Asimismo, el fabricante indica unas restricciones para la luz máxima según el tipo de vigueta (Ver Cuadro N° 3.7 y 3.8).

### CUADRO N° 3.7

Luz Máxima de Viguetas Pretensadas Pretensa.

Tipo	F'c (Kg/m <sup>2</sup> )	Luz Máxima (m)
1	350	3.80
2	350	4.20
3	420	4.60
4	420	5.00
5	420	5.40
6	420	5.90
7	500	6.50
8	500	7.50

Fuente: Pretensa. Bolivia.

**CUADRO N° 3.8**  
*Luz Máxima de Viguetas Pretensadas Firth.*

Serie	f'c (Kg/m <sup>2</sup> )	Luz Máxima (m)
101	350	4.50
102	350	5.50
103	420	6.50
104	420	7.50
105	500	8.50

Fuente: Firth Industries Perú.

**CUADRO N° 3.9**  
*Momentos Admisibles de Viguetas Pretensa.*

Eje entre viguetas	Espesor de losa	Peso Propio	TIPO	TIPO	TIPO	TIPO	TIPO	TIPO	TIPO	TIPO
			1	2	3	4	5	6	7	8
A	H		1,0 - 3,8	3,9 - 4,2	4,3 - 4,6	4,7 - 5,0	5,1 - 5,4	5,5 - 5,9	6,0 - 6,5	6,6 - 7,5
cm	cm	kg/m <sup>2</sup>	Kg.m	Kg.m	Kg.m	Kg.m	Kg.m	Kg.m	Kg.m	Kg.m
40	17	193	695	942	1,003	1,155	1,358	1,841	2,164	2,361
50	17	179	557	755	803	925	1,088	1,477	1,736	1,894
60	17	169	464	629	670	772	908	1,232	1,450	1,582
40	20	206	852	1,147	1,219	1,411	1,655	2,233	2,634	2,870
50	20	190	682	918	976	1,131	1,326	1,790	2,112	2,302
60	20	178	569	766	814	943	1,106	1,494	1,763	1,921
40	22	226	956	1,283	1,364	1,582	1,852	2,495	2,948	3,209
50	22	205	766	1,028	1,092	1,267	1,484	1,999	2,363	2,573
60	22	191	638	857	911	1,057	1,238	1,668	1,972	2,148
40	25	256	1,113	1,488	1,580	1,839	2,149	2,886	3,418	3,719
50	25	232	891	1,191	1,265	1,473	1,721	2,313	2,739	2,981
60	25	214	743	993	1,055	1,228	1,435	1,929	2,285	2,487
40	30	301	1,374	1,830	1,941	2,267	2,643	3,540	4,201	4,567
50	30	265	1,100	1,465	1,554	1,815	2,117	2,835	3,366	3,660
60	30	242	917	1,221	1,296	1,513	1,765	2,365	2,808	3,053

Fuente: Resumen extraído de Pretensa. Bolivia.

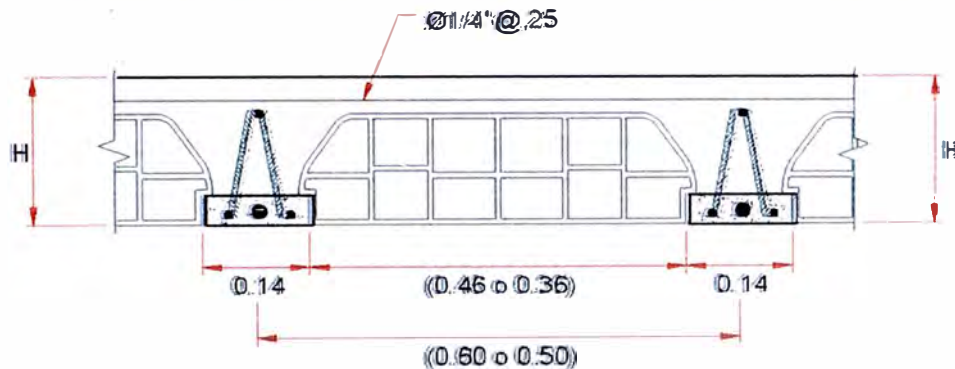
### 3.5 SISTEMA DE VIGUETA PREFABRICADA.

Este sistema es de uso muy difundido en otros países para la construcción de edificaciones a menor escala y en la autoconstrucción de viviendas, las viguetas se fabrican en plantas industriales que no necesitan de

mucha infraestructura para poder aportar un producto industrializado de calidad a la construcción de losas aligeradas.

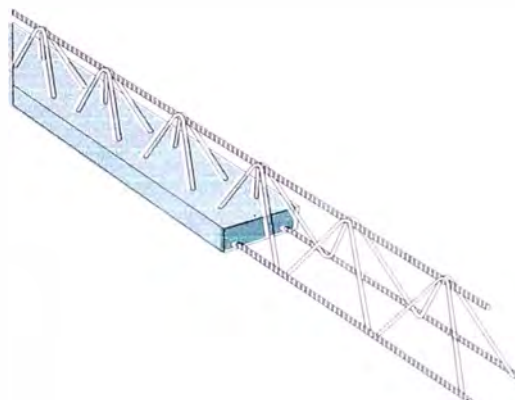
El sistema está compuesto por viguetas prefabricadas en planta, las cuales se forman de la unión de una estructura metálica tipo tijeral hecha a base de acero corrugado con un Límite de Fluencia ( $f_y$ ) de 5,000 kg/cm<sup>2</sup> y una Resistencia a la Rotura ( $f_r$ ) de 5,600 kg/cm<sup>2</sup>, estos aceros van longitudinalmente y están unidos por acero trefilado de alta resistencia. Sobre esta estructura se vacía un patin de concreto ( $f'_c=280$  kg/cm<sup>2</sup> o más). Esta unión forma la vigueta prefabricada, que junto con las bovedillas y el vaciado en obra de la losa completan la losa aligerada. Ver Gráficos 3.3 y 3.4.

**GRAFICO. 3.3**  
Detalle típico de una losa aligerada con viguetas prefabricadas.



Fuente: Elaboración Propia.

**GRAFICO. 3.4**  
Vista de una vigueta prefabricada.



Fuente: T-Concreto.



Este sistema viene siendo desarrollado en nuestro medio por las empresas *T-Concreto*, *TODOCEMENTO* y *ALITEC*. Uno de los proveedores de esta estructura metálica en nuestro medio es *PRODAC S.A.* mediante el producto *TRALICHO*, también se puede preparar en planta con un proceso de soldadura.

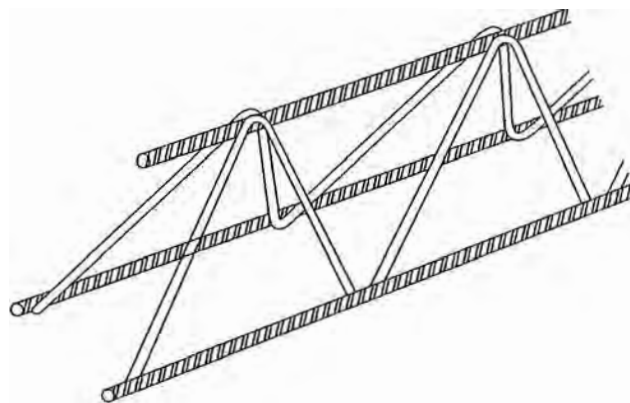
La *Vigueta* es el componente principal del sistema prefabricado de losas aligeradas, ya que es el elemento estructural responsable de la resistencia de la losa.

Los componentes de estos sistemas son los siguientes:

- a) **Alma Metálica.** Es el componente principal de las viguetas prefabricadas, la armadura está hecha de varillas de acero corrugado, 2 inferiores y 1 superior unidos por otro hilo trefilado en frío. Este acero tiene una resistencia a la rotura de 5,600 kg/cm<sup>2</sup> y un límite de fluencia de 5,000 kg/cm<sup>2</sup>. Los 4 hilos de acero pasan por una máquina totalmente automatizada que les aplica una soldadura eléctrica especial que termina por unirlos en la configuración que se muestra en el detalle.

### GRAFICO. 3.5

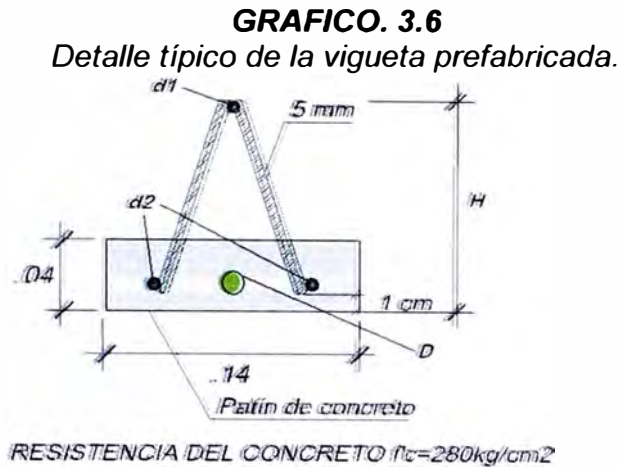
*Detalle típico del alma metálica o estructura TRALICHO.*



*Fuente: T-Concreto*

El Acero de refuerzo aporta al área de acero negativo requerido según calculo estructural, las viguetas aportan toda el área de acero positivo que demanda la losa, según lo especificado por el proyectista.

El conjunto de estos dos elementos constituyen la vigueta que es el elemento principal del sistema, el cual es el responsable del apoyo de la losa.



Fuente: T-Concreto

Donde se presentan las siguientes configuraciones, con las mejores prestaciones de acuerdo al peralte de la losa:

**CUADRO N° 3.10**  
*Configuración del acero en las viguetas prefabricadas.*

Peralte (cm)	d1 (mm)	d2 (mm)	H (mm)	Tolerancia (mm)
17	5 – 7	7	120	+/- 5%
20	5 – 7	7	150	+/- 5%
25	5 – 7	7	200	+/- 5%

Fuente: T-Concreto

Donde

- D : Acero adicional según calculo estructural.  
d1 : Aportan área de acero superior o negativo.  
d2 : Las Viguetas prefabricadas aportan todo el acero positivo que demanda la losa.

**b) Patín de Concreto.** Sus funciones principales son:

- i) contener y mantener todo el acero positivo requerido en buenas condiciones y en la posición adecuada hasta su ensamble en la obra;
- ii) servir de soporte para la bovedilla con lo cual se elimina el uso del encofrado de contacto.

El concreto utilizado en el vaciado del patín es de 280 Kg/cm<sup>2</sup>, luego de un curado no menor a 7 días, permite desencofrar en menos tiempo y se logra un mayor avance en el desarrollo de la obra que demanda la losa, según especificación del proyecto.

c) **Losa de Concreto.** Corresponde a la losa de compresión que se vacía sobre las viguetas prefabricadas y las bovedillas, en esta losa se coloca el acero de temperatura y los refuerzos negativos indicados en los planos de estructuras.

### 3.5.1 CARACTERISTICAS TECNICAS.

En el sistema de viguetas prefabricadas, los coeficientes de consumo de materiales en la losa aligerada, están dados en el Cuadro N° 3.11.

#### CUADRO N° 3.11

*Cantidad de insumos por metro cuadrado de losa aligerada con viguetas prefabricadas.*

ALTURA DE LOSA (cm)	VOLUMEN DE CONCRETO (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> )	BOVEDILLAS (unid/m <sup>2</sup> )
Viguetas espaciadas a 50 cm		
17	0.0661	8.00
20	0.0720	8.00
25	0.0820	8.00
30	0.0920	8.00
Viguetas espaciadas a 50 cm		
17	0.0721	8.50
20	0.0770	8.50
25	0.0870	8.50

Fuente: T-Concreto

Otra de las características a tener en cuenta es el peso de la losa aligerada para este sistema, el cual se incluye en el cálculo de cargas para determinar el tipo de vigueta que se instalará en función de la luz y

la sobrecarga, esta característica está determinada en el Cuadro N° 3.12, correspondiente a una losa con viguetas espaciadas a cada 50 cm.

**CUADRO N° 3.12**

*Peso Propio de Losas Aligeradas.*

ALTURA DE LOSA (cm)	PESO DE VIGUETA (kg/m <sup>2</sup> )	PESO DE BOVEDILLA ARCILLA (kg/m <sup>2</sup> )	PESO DE CONCRETO (kg/m <sup>2</sup> )	PESO PROPIO LOSA (kg/m <sup>2</sup> )
17	24.40	63.00	158.40	245.80
20	25.50	85.00	172.20	282.70
25	27.00	100.00	195.20	322.20
30	28.90	122.00	218.20	369.10

Fuente: T-Concreto

### 3.5.2 CARACTERISTICAS ESTRUCTURALES.

Las viguetas prefabricadas, se fabrican de acuerdo a la solicitud estructural de la losa aligerada, ya que dentro de su fabricación se coloca el acero positivo principal "D", este elemento es vaciado dentro del patín de concreto.

**CUADRO N° 3.13**

*Momentos admisibles (kg.m), en función de la luz libre y la sobrecarga para una losa de 20cm.*

Tipo de Vigueta	Luz Máxima (m)	S/C 200 Kg/m <sup>2</sup>	S/C 250 Kg/m <sup>2</sup>	S/C 300 Kg/m <sup>2</sup>
T-C 1	3.40	505.60	554.80	603.90
T-C 2	3.50	535.80	587.90	639.90
T-C 3	4.60	925.50	1015.50	1105.40
T-C 4	5.30	1228.70	1348.00	1467.40
T-C 5	6.00	1574.64	1727.64	1880.64

Fuente: T-Concreto

# CAPITULO 4

## ANALISIS Y CÁLCULO DE LOSAS ALIGERADAS

### 4.1 ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE LOSAS.

Para el análisis estructural de losas aligeradas se toma como marco normativo el Reglamento Nacional de Edificaciones, específicamente las Normas E-020 CARGAS y E-060 CONCRETO ARMADO [2].

Partiendo de esta pauta, se puede decir que el análisis de losas aligeradas es una parte del proyecto de Estructuras de una Edificación, en este capítulo vamos a apreciar los criterios básicos para el calculo de losas aligeradas, tanto para un sistema convencional como para un sistema de viguetas prefabricadas.

### 4.2 CÁLCULO DE LOSAS ALIGERADAS CONVENCIONALES.

Para este caso, aplicaremos los tópicos para el Cálculo Estructural de Losas Aligeradas.

- Dimensionamiento de losa H.

$$H = l_n/25 \quad \text{Ec. (4.1)}$$

- Metrado de Cargas. Para el peso propio se tiene en cuenta lo indicado en el RNE, a estas cargas hay que agregar las cargas muertas debido a piso de acabados, tabiquerías entre otras que especifique el proyecto en donde se van aplicar. De acuerdo al uso de la edificación se consideran las cargas vivas a las que estará expuesta la losa.

- Combinación de Cargas Vivas ( $W_l$ ) y Cargas Muertas ( $W_d$ ).

$$W_u = 1.5W_d + 1.8W_l \quad \text{Ec. (4.2)}$$

- Calculo de los Momentos Flectores ( $M_u$ ) y Fuerza Cortantes ( $V_u$ ) Factorados. Estos se pueden hallar mediante un método de análisis o los

factores del ACI [3]. Con los momentos de diseño se calcula el refuerzo de las viguetas.

$$A_s = M_u / \phi f_y (d-a/2) \quad \text{Ec. (4.3)}$$

- Verificación del Cortante. Verificando el cortante sabremos si la losa aligerada necesita de ensanche para absorber los esfuerzos cortantes.

$$\phi V_{cor} = \sigma_c b h \quad \text{Ec. (4.4)}$$

Donde  $\sigma_c$  es el esfuerzo del concreto en la vigueta y esta dado por la siguiente expresión:

$$\sigma_c = 0.53 \sqrt{f'_c} \quad \text{Ec. (4.5)}$$

- Acero de Temperatura.

$$A_{temp} = 0.0018 b t \quad \text{Ec. (4.6)}$$

#### 4.3 CÁLCULO DE LOSAS ALIGERADAS DE SISTEMAS PREFABRICADOS.

El análisis estructural es similar para el caso de las losas aligeradas convencionales, solo hay que tener en cuenta lo especificado por el fabricante de cada sistema de viguetas pretensadas o prefabricadas. Para el caso de los sistemas prefabricados se acostumbra utilizar tablas de diseño, las que tienen en cuenta las siguientes características:

1. Espaciamiento entre viguetas.
2. Luz libre.
3. Sobrecarga.

#### 4.4 CÁLCULO DE LOSAS ALIGERADAS CON VIGUETAS PRETENSADAS Y PREFABRICADAS.

Para el caso de viguetas pretensadas, el cálculo se hace siguiendo el análisis indicado para una losa aligerada convencional, y con la ayuda de Tablas de Diseño se procede a seleccionar el tipo de vigueta.

Para realizar el cálculo de viguetas pretensadas se sigue el siguiente procedimiento:

1. Selección del paño de losa aligerada.
2. Determinar las cargas actuantes en la losa, tanto cargas vivas y muertas.
3. Aplicar los coeficientes para hallar la carga factorada.
4. Aplicar cualquier procedimiento de análisis estructural para el cálculo de los Momentos ( $\Phi M_n$ ) y Cortantes ( $\Phi V_c$ ) Últimos.
5. Con los datos del Momento ( $\Phi M_n$ ) y Cortante ( $\Phi V_c$ ) Últimos, se usan tablas para seleccionar el tipo de vigueta.

De acuerdo al fabricante, se tiene en cuenta los parámetros de diseño mostrados en el Cuadro N° 3.6 para las viguetas Firth, y el Cuadro N° 3.9, para las viguetas Pretensa.

Los Momentos admisibles que aparecen en las Tablas de Diseño, corresponden a los Momentos Facturados, hallados luego de realizar la amplificación de cargas y de un análisis estructural adecuado.

El acero de refuerzo negativo se calcula de la misma forma que en una Losa Aligerada Convencional.

Para el caso de las viguetas prefabricadas, se sigue la misma secuencia de cálculo, teniendo en cuenta las características estructurales indicadas en el Cuadro N° 3.13.

#### 4.5 APLICACIÓN DE CÁLCULO DE LOSAS ALIGERADAS.

Se plantea un ejemplo práctico para el caso de losas aligeradas, el cual se aplicara a los 3 casos presentados, para lo cual se tiene en cuenta los datos del Grafico N° 4.1, en donde se indican las dimensiones del paño a diseñar.

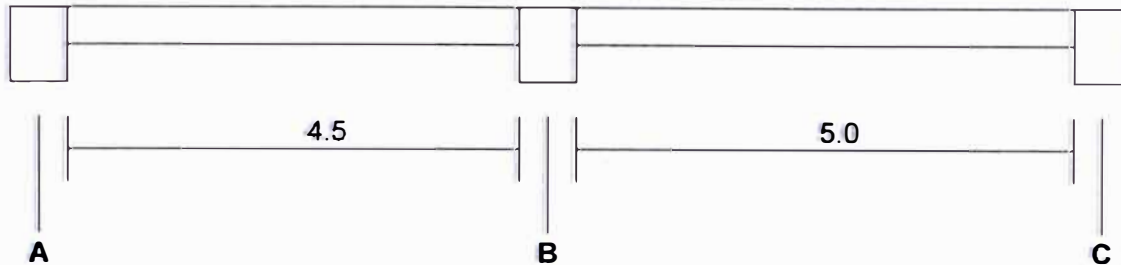
Se tienen los siguientes datos.

Uso	Vivienda multifamiliar.
Peso Acabados ( $W_a$ ):	100 kg/m <sup>2</sup>
Sobrecarga	200 kg/m <sup>2</sup>
Concreto	$f'c = 210$ kg/m <sup>2</sup>

Acero :  $f_y = 4,200 \text{ kg/m}^2$   
Luz Libre :  $L_1 = 4.50 \text{ m} / L_2 = 5.00 \text{ m}$

**GRAFICO N° 4.1**

*Esquema de ejemplo aplicativo.*



Fuente: *Elaboración propia.*

**4.5.1 APLICACIÓN EN LOSAS ALIGERADAS CONVENCIONALES.**

- Dimensionamiento de losa H. se toma como referente la dimensión mayor.

$$H_1 = 4.50 / 25 \dots \dots \dots H_1 = 18 \text{ cm.}$$

$$H_2 = 5.00 / 25 \dots \dots \dots H_2 = 20 \text{ cm.}$$

Tómanos como altura de losa H = 20 cm.

- Metrado de Cargas.

Cargas Muertas:

$$W_{pp} = 300 \text{ kg/m}^2 \quad \text{(del Cuadro N° 3.1)}$$

$$W_d = W_{pp} + W_a$$

$$W_d = 400 \text{ kg/m}^2 \quad \dots \dots \dots \text{Total Carga Muerta.}$$

- Combinación de Cargas Vivas (Wl) y Cargas Muertas (Wd).

$$W_u = 1.5W_d + 1.8W_l.$$

$$W_u = 1.5 (400) + 1.8 (200)$$

$$W_d = 960 \text{ kg/m}^2 \quad \dots \dots \dots \text{Total Carga Factorada.}$$

Carga Factorada por vigueta, ancho tributario de 40 cm.

$$W_d' = 960 \text{ kg/m}^2 \times 0.40$$

$$W_d' = 384 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{m} \quad \dots \dots \text{Total Carga Factorada por Vigueta.}$$

- Calculo de los Momentos Flectores (Mu). Usamos los factores del ACI.

$$M_A^- = 1/16 W_u' L_1^2$$



$$M_{AB}^+ = 1/14 Wu' L_1^2$$

$$M_B^- = 1/9 Wu' ((L_1 + L_2) / 2)^2$$

$$M_{BC}^+ = 1/14 Wu' L_2^2$$

$$M_C^- = 1/16 Wu' L_2^2$$

Reemplazando en las fórmulas del procedimiento de cálculo de losas aligeradas obtenemos:

#### CUADRO N° 4.1

Resultados del cálculo del acero en la losa aligerada convencional.

MOMENTO	Ln (m)	Wu' (kg/m <sup>2</sup> )	Mu (kg.m)	AS + (cm <sup>2</sup> )	AS - (cm <sup>2</sup> )	En barras
M <sub>A</sub> <sup>-</sup>	4.50	384.00	486.00		0.84	1 ø 12mm
M <sub>AB</sub> <sup>+</sup>	4.50	384.00	555.43	0.99		1 ø 12mm
M <sub>B</sub> <sup>-</sup>	4.88	384.00	1,014.00		1.74	1 ø 5/8"
M <sub>BC</sub> <sup>+</sup>	5.00	384.00	756.00	1.32		2 ø 3/8"
M <sub>C</sub> <sup>-</sup>	5.00	384.00	661.50		1.12	1 ø 12mm

Fuente: Elaboración propia.

- Verificación del Cortante. Aplicando las relaciones para el cálculo del cortante con los coeficientes del ACI, se elabora el Cuadro N° 4.2., en donde se incluye la longitud de desarrollo del acero de refuerzo.

$$V_A = 1/2 Wu' L_1$$

$$V_B^1 = 1.15/2 Wu' L_1$$

$$V_B^2 = 1.15/2 Wu' L_2$$

$$V_C = 1/2 Wu' L_2$$

#### CUADRO N° 4.2

Resultados del cálculo del Cortante en la losa aligerada convencional.

CORTANTE	Ln	Wu' (kg/m <sup>2</sup> )	Vc (Kg)	φVc (Kg)	D' (m)	D (m)
V <sub>A</sub>	4.50	384.00	864.00	1,508.05	1.18	1.20
V <sub>B</sub> <sup>1</sup>	4.50	384.00	993.60	1,508.05	1.56	1.60
V <sub>B</sub> <sup>2</sup>	5.00	384.00	1,148.16	1,508.05	2.08	2.10
V <sub>C</sub>	5.00	384.00	998.40	1,508.05	1.57	1.60

Fuente: Elaboración propia.

- Acero de Temperatura.

$$A_{temp} = 0.0018 \text{ bt}$$

$$A_{temp} = 0.0018 \times 100 \times 5 = 0.90 \text{ cm}^2$$

Utilizamos  $\phi \frac{1}{4}$  " @ 0.25 m

#### 4.5.2 APLICACIÓN EN LOSAS ALIGERADAS CON VIGUETAS PRETENSADAS.

Se aplica el procedimiento de Cálculo indicado en el ítem 4.2, teniendo en cuenta una altura de losa aligerada de 0.20 m, también escogemos un espaciamiento entre viguetas de 0.50 m, y una bovedilla de poliestireno. Para este ejemplo ilustrativo utilizaremos las viguetas tipo Firth y tipo Pretensa.

#### **ALIGERADO CON VIGUETAS FIRTH.**

- Metrado de Cargas.

Cargas Muertas:

$$W_{pp} = 210 \text{ kg/m}^2 \quad (\text{del Cuadro N}^\circ 3.4)$$

$$W_d = W_{pp} + W_a$$

$$W_d = 310 \text{ kg/m}^2 \quad \dots\dots\dots \text{Total Carga Muerta.}$$

- Combinación de Cargas Vivas (W<sub>I</sub>) y Cargas Muertas (W<sub>d</sub>).

$$W_u = 1.5W_d + 1.8W_I.$$

$$W_u = 1.5 (310) + 1.8 (200)$$

$$W_u = 825 \text{ kg/m}^2 \quad \dots\dots\dots \text{Total Carga Factorada.}$$

Carga Factorada por vigueta, ancho tributario de 50 cm.

$$W_u' = 825 \text{ kg/m}^2 \times 0.50$$

$$W_u' = 412.50 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{m} \quad \dots \text{Total Carga Factorada por Vigueta.}$$

- Cálculo de los Momentos Flectores (M<sub>u</sub>). Aplicando los coeficientes del ACI, se calcula el acero negativo y se elabora el Cuadro N° 4.3. También se selecciona el tipo de vigueta teniendo en cuenta los momentos positivos.

Se ha elegido la vigueta tipo V-102 para el Paño 2, ya que la vigueta tipo V-101 solo se fabrica hasta 4.50 m.

**CUADRO N° 4.3**

*Momentos de diseño y tipo de vigueta Firth.*

MOMENTO	Ln (m)	Wu' (kg/m <sup>2</sup> )	Mu (kg.m)	AS - (cm <sup>2</sup> )	En barras	VIGUETA FIRTH
M <sub>A</sub> <sup>-</sup>	4.50	412.50	522.07	0.90	1 ø 12mm	-
M <sub>AB</sub> <sup>+</sup>	4.50	412.50	596.65	-	-	V-101
M <sub>B</sub> <sup>-</sup>	4.85	412.50	1,078.11	1.86	1 ø 5/8"	-
M <sub>BC</sub> <sup>+</sup>	5.00	412.50	796.71	-	-	V-102
M <sub>C</sub> <sup>-</sup>	5.00	412.50	697.13	1.21	1 ø ½"	-

Fuente: Elaboración propia.

- Cálculo de las Fuerzas Cortantes.

**CUADRO N° 4.4**

*Resultados del cálculo del Cortante en la losa aligerada Firth.*

CORTANTE	Ln	Wu' (kg/m <sup>2</sup> )	ϕVc (Kg)	Vc (Kg)	D' (m)	D (m)
V <sub>A</sub>	4.50	412.50	1,508.05	928.13	1.26	1.30
V <sub>B</sub> <sup>1</sup>	4.50	412.50	1,508.05	1,067.34	1.67	1.70
V <sub>B</sub> <sup>2</sup>	5.00	412.50	1,508.05	1,233.38	2.23	2.25
V <sub>C</sub>	5.00	412.50	1,508.05	1,072.50	1.69	1.70

Fuente: Elaboración propia.

**ALIGERADO CON VIGUETAS PRETENZA.**

- Metrado de Cargas Muertas.

$$W_{pp} = 190 \text{ kg/m}^2 \quad (\text{de acuerdo al fabricante})$$

$$W_d = W_{pp} + W_a$$

$$W_d = 290 \text{ kg/m}^2 \quad \dots\dots\dots \text{Total Carga Muerta.}$$

- Combinación de Cargas Vivas (Wl) y Cargas Muertas (Wd).

$$W_u = 1.5W_d + 1.8W_l$$

$$W_u = 1.5 (290) + 1.8 (200)$$

$$W_u = 795 \text{ kg/m}^2 \quad \dots\dots\dots \text{Total Carga Factorada.}$$

Carga Factorada por vigueta, ancho tributario de 50 cm.

$$W_u' = 795 \text{ kg/m}^2 \times 0.50$$

$$W_u' = 397.50 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{m} \quad \dots \text{Total Carga Factorada por Vigueta.}$$

- Cálculo de los Momentos Flectores ( $M_u$ ). Se aplican los coeficientes del ACI, se calcula el acero negativo y se selecciona el tipo de vigueta.

#### CUADRO N° 4.5

Momentos de diseño y tipo de vigueta Pretensa.

MOMENTO	Ln (m)	Wu' (kg/m <sup>2</sup> )	Mu (kg.m)	AS - (cm <sup>2</sup> )	En barras	VIGUETA PRETENZA
$M_A^-$	4.50	397.50	503.09	0.87	1 ø 12mm	-
$M_{AB}^+$	4.50	397.50	574.96	-	-	Tipo 3
$M_B^-$	4.85	397.50	1,038.91	1.80	1 ø 5/8"	-
$M_{BC}^+$	5.00	397.50	767.74	-	-	Tipo 5
$M_C^-$	5.00	397.50	671.78	1.16	1 ø 1/2"	-

Fuente: Elaboración propia.

- Luego se calcula el Cortante y la longitud de desarrollo de los refuerzos negativos (Cuadro N° 4.6) en el aligerado.

#### CUADRO N° 4.6

Resultados del cálculo del Cortante en la losa aligerada Pretensa.

CORTANTE	Ln	Wu' (kg/m <sup>2</sup> )	$\phi V_c$ (Kg)	Vc (Kg)	D' (m)	D (m)
$V_A$	4.50	397.50	1,508.05	894.38	1.22	1.25
$V_B^1$	4.50	397.50	1,508.05	1,028.53	1.61	1.65
$V_B^2$	5.00	397.50	1,508.05	1,188.53	2.15	2.15
$V_C$	5.00	397.50	1,508.05	1,033.50	1.63	1.65

Fuente: Elaboración propia.

### 4.5.3 APLICACIÓN EN LOSAS ALIGERADAS CON VIGUETAS PREFABRICADAS.

Para este caso tomaremos como referencia las especificaciones del fabricante T-Concreto (se puede aplicar a los otros fabricantes). El espaciamiento entre viguetas es de 50 cm y la bovedilla es de arcilla.

#### ALIGERADO CON VIGUETAS T-CONCRETO.

- Metrado de Cargas Muertas:

$$W_{pp} = 282.70 \text{ kg/m}^2 \quad (\text{del Cuadro N° 3.12})$$

$$W_d = W_{pp} + W_a$$

$$W_d = 382.70 \text{ kg/m}^2 \quad \dots\dots\dots \text{Total Carga Muerta.}$$

- Combinación de Cargas Vivas (Wl) y Cargas Muertas (Wd).

$$W_u = 1.5 (382.7) + 1.8 (200)$$

$$W_u = 934.05 \text{ kg/m}^2 \quad \dots\dots\dots \text{Total Carga Factorada.}$$

Carga Factorada por vigueta, ancho tributario de 50 cm.

$$W_u' = 934.05 \text{ kg/m}^2 \times 0.50$$

$$W_u' = 467.03 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{m} \quad \dots \text{Total Carga Factorada por Vigueta.}$$

- Calculo de los Momentos Flectores (Mu). Se indican en el Cuadro N° 4.7., y los cortantes de diseño en el Cuadro N° 4.8

**CUADRO N° 4.7**

*Momentos de diseño y tipo de vigueta T-Concreto.*

MOMENTO	Ln (m)	Wu' (kg/m <sup>2</sup> )	Mu (kg.m)	AS - (cm <sup>2</sup> )	AS - (*)vigüeta	AS - diseño	En barras	VIGUETA T-Concreto
M <sub>A</sub> <sup>-</sup>	4.50	467.03	591.08	1.02	0.38	0.64	1 ø 3/8"	-
M <sub>AB</sub> <sup>+</sup>	4.50	467.03	675.53				-	TC-3
M <sub>B</sub> <sup>-</sup>	4.85	467.03	1,220.63	2.11	0.38	1.73	1 ø 5/8"	-
M <sub>BC</sub> <sup>+</sup>	5.00	467.03	902.04				-	TC-4
M <sub>C</sub> <sup>-</sup>	5.00	467.03	789.28	1.36	0.38	0.98	1 ø 12mm	-

Fuente: Elaboración propia.

(\*) Acero de 7mm de diámetro aportado el TRALICHO.

**CUADRO N° 4.8**

*Resultados del cálculo del Cortante en la losa aligerada T-Concreto.*

CORTANTE	Ln	Wu' (kg/m <sup>2</sup> )	φVc (Kg)	Vc (Kg)	D' (m)	D (m)
V <sub>A</sub>	4.50	412.50	1,508.05	1,050.82	1.43	1.45
V <sub>B</sub> <sup>1</sup>	4.50	412.50	1,508.05	1,208.44	1.89	1.90
V <sub>B</sub> <sup>2</sup>	5.00	412.50	1,508.05	1,396.42	2.53	2.55
V <sub>C</sub>	5.00	412.50	1,508.05	1,214.28	1.90	1.90

Fuente: Elaboración propia.

## CAPITULO 5

### COMPLEMENTOS EN LOSAS ALIGERADAS

#### 5.1 COMPLEMENTOS EN EL SISTEMA TRADICIONAL.

En las losas aligeradas se tiene un elemento importante para aligerar el peso es el denominado Complemento, este material puede ser de arcilla cocida, poliestireno o concreto. En este capítulo nos vamos a ocupar de describir los complementos que se emplean en nuestro medio.

En el sistema convencional se utilizan como complementos los llamados ladrillos de techo de arcilla cocida.

##### 5.1.1 LADRILLO DE ARCILLA.

El ladrillo de arcilla para techo es el complemento del Sistema de Losa Aligerada Tradicional. Sus medidas corresponden al peralte de losa aligerada más utilizado en las construcciones típicas peruanas. Su presentación con superficie lisa o rayada obedece a las preferencias de los constructores, algunos de los cuales atribuyen a los de superficie rayada una mejor adherencia al tarrajeo de cielorraso.

A continuación presentamos las principales características físicas de este material, en donde H es la altura del ladrillo.

#### CUADRO N° 5.1

*Características físicas del ladrillo de techo.*

<b>Tipo</b>	<b>Alabeo en %</b>	<b>Alto</b>	<b>Ancho</b>	<b>Largo</b>	<b>Peso</b>	<b>Und/m<sup>2</sup></b>
H 12	2.00	12	30	30	6.50	9
H 15	2.00	15	30	30	7.50	9
H 20	2.00	20	30	30	10.30	9

Fuente: Ladrillos Fortes.

## 5.2 COMPLEMENTOS EN LOS SISTEMAS PREFABRICADOS.

El complemento es el elemento aligerante de la losa y puede ser de varios materiales, se apoyan directamente en las viguetas prefabricadas, cubriendo toda la superficie de la losa. Su función principal es aligerar la losa y eliminar el encofrado.

En el caso de los sistemas prefabricados generalmente a los complementos se les denomina bovedillas, debido a que su sección geométrica es ligeramente abovedada.

Las Bovedillas pueden ser de diversos materiales, los de uso común son:

- Bovedillas de Arcilla.
- Bovedillas de Poliestireno.

Debido a la naturaleza del material de fabricación del complemento, este a su vez contribuye a disminuir el peso de la losa aligerada.

Otra característica importante de las bovedillas, sirven de separación entre viguetas, este espaciamiento es indicado por el proyectista de estructuras en los planos. Generalmente en nuestro medio se utilizan viguetas prefabricadas espaciadas a 50 y 60 cm. Por ejemplo en México, el espaciamiento regular de viguetas es 60 y 75 cm, de acuerdo a la tecnología de los materiales desarrollados en otros países se ha elaborado el Cuadro N° 5.2, en donde se presentan espaciamentos entre viguetas prefabricadas.

**CUADRO N° 5.2**

*Espaciamiento entre viguetas utilizados en otros países.*

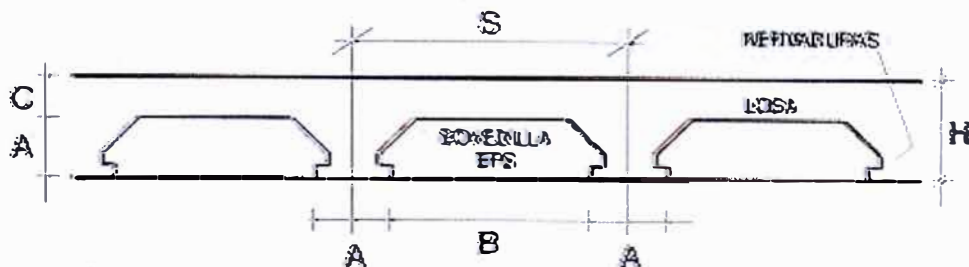
ESPACIAMIENTO SIMPLE ENTRE VIGUETAS (CM)						
PAIS	44	50	60	70	72	75
PERU						
MEXICO						
CHILE						
COLOMBIA						
ESPAÑA						

Fuente: Elaboración propia.

En otros países es mas difundido el uso de bovedillas de concreto normalizado, debido a que la arcilla es un recurso que proviene generalmente de tierras de cultivo como en nuestro medio, y muchas ladrilleras utilizan este insumo depredando las zonas de cultivo cercanas a las áreas urbanas en donde se desarrolla la industria de la construcción.

**GRAFICO N° 5.1**

*Esquema de colocación de las bovedillas y espaciamiento de viguetas.*



Fuente: Aislapol. Chile.

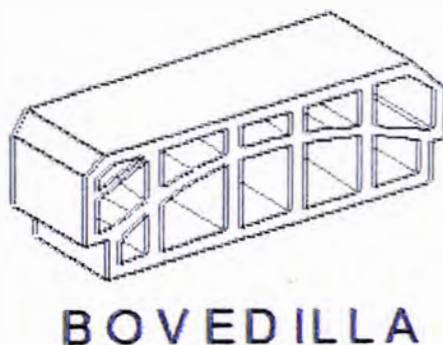
### 5.2.1 BOVEDILLAS DE ARCILLA.

Se le denomina bovedilla a los complementos utilizados en los sistemas que emplean viguetas prefabricadas, debido a su forma.

Las bovedillas se encuentran normadas según la NTP ITINTEC N° 331.017 (materia prima) y la NTP ITINTEC N° 331.040:2006 (techos y entrepisos).

**GRAFICO N° 5.2**

*Esquema de una bovedilla de arcilla.*



Fuente: Ladrillos Fortes.



Las Bovedilla son fabricadas mediante un proceso industrial mecanizado y cocidas a 1000 °C que le brindan una mayor consistencia y le garantizan seguridad antes, durante y después de su colocación.

Dentro de las bovedillas se encuentran las Bandejas Sanitarias, las cuales tiene menos espesor para facilitar el paso de las tuberías de desagüe.

### CUADRO N° 5.3

*Características físicas de las bovedillas de arcilla.*

Tipo	Alabeo en %	Alto (cm)	Ancho (cm)	Largo (cm)	Peso (kg)	Und/m2	
						L=20 cm	L=25 cm
H 12	2.00	12	42	20	6.50	10	8
H 15	2.00	15	42	20	7.10	10	8
H 20	2.00	20	42	20	10.00	10	8
B - SAN	2.00	6	42	20	2.50	10	8

Fuente: Elaboración propia.

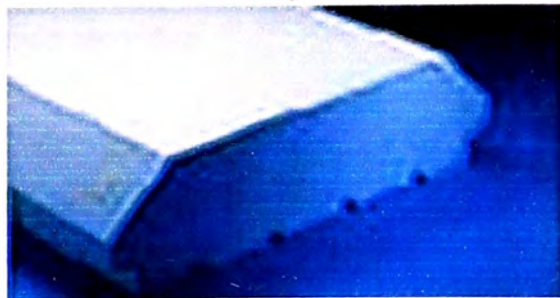
#### 5.2.2 BOVEDILLAS DE POLIESTIRENO.

Reduce significativamente el peso de la losa, lo que permite a su vez reducir el requerimiento de acero en los elementos verticales.

El trabajo en obra con este elemento requiere, sobretodo inicialmente una adecuada supervisión para que se cumplan las normas de seguridad mínimas que indican que los elementos de albañilería en general no deben usarse como zona de tránsito.

#### FOTO N° 5.1

*Plancha de una bovedilla de poliestireno.*



Fuente: Aislapol. Chile.

El peso del complemento en este caso es insignificante, la densidad del poliestireno expandido es  $10 \text{ kg/m}^3$ , y el peso de este complemento en una losa aligerada es de  $0.90 \text{ kg/m}^2$ .

### ***Ventajas.***

- El peso respecto a la bovedilla de arcilla es mucho menor, hasta en un 80%.
- Reduce la carga muerta debido a su poco peso, por consiguiente se puede disminuir el acero de refuerzo.
- Aporta propiedades acústicas y térmicas.
- En caso de incendios, el poliestireno se auto extingue, no es inflamable.
- Rapidez de instalación debido a su bajo peso.
- Se pueden hacer entalles para facilitar el paso de las instalaciones eléctricas y sanitarias.

### ***Desventajas.***

- Necesita un apuntalamiento adicional, ya que la baja densidad de este complemento podría ocasionar la caída del concreto durante el vaciado.
- El apuntalamiento es el punto más desfavorable por tener incidencia directa en el costo de la losa aligerada.
- El poliestireno se disgrega con facilidad ante la fricción propia de los trabajos de construcción, originándose partículas de tecnopor las cuales con el viento forman una nieve, la cual se transporta con facilidad con el viento, ensuciando otras áreas de trabajo o edificaciones aledañas.

# CAPITULO 6

## ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS

### 6.1 ESTRUCTURA DE COSTOS.

Para realizar la estructura del Análisis de Costos Unitarios, es preciso conocer el desempeño de cada sistema, determinando el rendimiento y productividad de cada actividad que contribuye a la construcción de la losa aligerada.

La estructura de costos se efectuará siguiendo los análisis de costos unitarios para una losa convencional, agregando las variantes debido a la inclusión de los elementos prefabricados como las viguetas, así como el tipo de complemento aligerante elegido para la losa en estudio.

### 6.2 ELECCION DE LOS MATERIALES.

En los sistemas de construcción de losas aligeradas, se debe tener en cuenta las características de los materiales que participan en cada una de las partidas, por ejemplo es diferente el uso de ladrillo de techo de arcilla y el uso de complemento de poliestireno, para estos insumos que cumplen la misma función poseen costos y rendimientos diferentes debido a la naturaleza del material que los componen.

### 6.3 ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS.

Se elaboran los análisis de costos unitarios tanto para el sistema de losas aligeradas convencionales como losas aligeradas con viguetas prefabricadas, dentro de las losas con viguetas prefabricadas se analizarán las variantes de acuerdo al tipo de complemento aligerante.

### 6.3.1 COSTOS DEL SISTEMA CONVENCIONAL.

Para la elaboración de los costos unitarios de una losa aligerada convencional, se toma como referencia los publicados por las revistas especializadas tales como "Costos" del grupo S10 y "Capeco".

Las partidas incluirán el costo por mano de obra, materiales, equipos y herramientas. En este caso solo se analizarán las siguientes partidas:

- (a) **Concreto (m3).** Se tiene en cuenta la cantidad de concreto que entra en las viguetas y la losa de compresión. Se considera concreto premezclado con el uso de una bomba.
- (b) **Encofrado (m2).** Se considera el área del paño de losa aligerada a analizar, esto incluye entablado, frisos y apuntalamiento.
- (c) **Acero (kg).** Comprende el acero negativo y positivo de las viguetas, así como el acero por temperatura.
- (d) **Ladrillo de Techo (unid).** Es el complemento aligerante de la losa.

#### CUADRO N° 6.1

*Costos de Losa aligerada convencional.*

#### Presupuesto - losa aligerada convencional

#### Analisis para 1 m2 de Losa Aligerada

03	LOSAS ALIGERADAS	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
03.01	CONCRETO PREMEZCLADO LOSAS ALIGERADAS f <sub>c</sub> =210 kg/cm <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	0.09	275.22	24.77
03.02	ENCOFRADO NORMAL DE LOSAS ALIGERADAS SOLO CON MADERA	m <sup>2</sup>	1.00	32.50	32.50
03.03	ACERO f <sub>y</sub> =4200 kg/cm <sup>2</sup>	kg	4.05	5.55	22.48
03.04	LADRILLO PARA TECHO DE h=0.20 m	und	8.33	2.77	23.07
	<b>COSTO DIRECTO</b>				<b>102.82</b>
	<b>IGV 19%</b>				<b>19.54</b>
	<b>TOTAL PRESUPUESTO</b>				<b>122.36</b>

Fuente: Elaboración propia.

### 6.3.2 COSTOS DE SISTEMAS DE VIGUETAS PREFABRICADAS.

En este caso se elaboran los análisis de costos según la información recopilada y tomando en cuenta los rendimientos obtenidos en obra y sugeridos por los fabricantes respecto al uso de sus sistemas.

- (a) **Concreto (m3).** Comprende solamente el volumen de la losa de compresión que se vacía sobre las viguetas y bovedillas.
- (b) **Encofrado (m2).** Principalmente en este caso solo se considera el apuntalamiento de las viguetas.
- (c) **Viguetas (ml).** Comprende el tipo de vigueta especificada en los planos de estructuras, estas viguetas pueden ser pretensadas o prefabricadas.
- (d) **Acero (kg).** Comprende el acero positivo de refuerzo y la malla de acero por temperatura.
- (e) **Complemento (unid).** Los complementos en nuestro medio pueden ser de poliestireno o de arcilla.

#### CUADRO Nº 6.2

*Costos de Losa aligerada sistema viguetas Firth.*

#### Presupuesto - viguetas Firth Análisis para 1 m2 de Losa Aligerada

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
01	<b>SISTEMA FIRTH</b>				
01.01	CONCRETO EN LOSAS ALIGERADAS FIRTH 20 cm	m3	0.07	275.22	19.27
01.02	VIGUETA FIRTH V-101	m	2.00	11.26	22.52
01.03	APUNTALAMIENTO DE LOSA ALIGERADA	m2	1.00	20.17	20.17
01.04	ACERO $f_y=4200$ kg/cm <sup>2</sup>	kg	1.68	5.55	9.32
01.05	BOVEDILLAS DE ARCILLA 0.20@0.50	und	8.00	2.94	23.52
	<b>COSTO DIRECTO</b>				<b>94.80</b>
	<b>IGV 19%</b>				<b>18.01</b>
	<b>TOTAL PRESUPUESTO</b>				<b>112.81</b>

Fuente: Elaboración propia.

Para este caso se ha hecho un análisis para el caso de viguetas Firth y Viguetas Pretensa, tal como se indica en los Cuadros 6.2 y 6.3.

### CUADRO N° 6.3

*Costos de Losa aligerada sistema viguetas Pretensa.*

#### Presupuesto - viguetas Pretensa Análisis para 1 m2 de Losa Aligerada

	und	Cant.	p.u.	p.p.
02 SISTEMA PRETENZA				
02.01 CONCRETO EN LOSA ALIGERADA PRETENZA 20 cm	m3	0.07	275.22	18.16
02.02 VIGUETA PRETENZA VP4	m	2.00	13.73	27.46
02.03 APUNTALAMIENTO DE LOSA ALIGERADA	m2	1.00	20.17	20.17
02.04 ACERO $f_y=4200$ kg/cm2	kg	1.57	5.55	8.71
02.05 (*)COMPLEMENTO BANDEJA + TECNOPOR 0.20@0.50	und	8.00	2.25	18.00
<b>COSTO DIRECTO</b>				<b>92.50</b>
<b>IGV 19%</b>				<b>17.58</b>
<b>TOTAL_PRESUPUESTO</b>				<b>110.08</b>

Fuente: *Elaboración propia.*

De los cuadros mostrados, se puede inferir un ahorro importante en el uso de viguetas prefabricadas, representando cerca del 12% respecto del uso del sistema tradicional, esto para un proyecto representa un ahorro de \$ 2.00 por metro cuadrado de losa aligerada.

# CAPITULO 7

## PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS

### 7.1 PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS EN LOSAS ALIGERADAS DE LOS SISTEMAS ALTERNATIVOS

Los Sistemas de losas aligeradas con viguetas pretensadas y prefabricadas, se caracterizan principalmente por tener su facilidad de instalación, altos rendimientos, y el aporte del valor agregado de la calidad mediante la industrialización estos elementos prefabricados.

Para los casos de viguetas pretensadas y prefabricadas, el procedimiento es el mismo, solo presentan variantes en los detalles de las conexiones de las viguetas con los elementos estructurales en los que se apoyan.

#### 7.1.1 PROCESOS CONSTRUCTIVOS.

##### a. Colocación del apuntalamiento provisional

Instalar puntales espaciados a 1.50 m y soleras a cada 1.60 m, para servir de apoyo provisional a las viguetas (FOTO N° 7.1).

##### b. Instalación de las Viguetas

Las viguetas se colocan en forma manual por su bajo peso (12.5 Kg./m aprox.) y se apoyan sobre los encofrados de vigas o muros de soporte. La longitud de apoyo de las viguetas sobre los apoyos es de 6 cm. (FOTO N° 7.2).

**FOTO. N° 7.1**

*Instalación de apuntalamiento de viguetas (soleras).*



*Fuente: T-Concreto.*

**FOTO. N° 7.2**

*Colocación de viguetas prefabricadas.*



*Fuente: T-Concreto.*

**c. Colocación de las bovedillas**

El montaje de la bovedilla se hace en forma manual, se colocan primero las bovedillas de los extremos para dar una separación constante entre las viguetas.



**FOTO. N° 7.3**  
*Colocación de bovedillas de arcilla.*



*Fuente: T-Concreto.*

#### **d. Instalaciones Eléctricas y Sanitarias**

Donde se requiere una salida de instalación eléctrica se reemplaza la bovedilla por una bandeja con caja de luz, conocida como bandeja eléctrica.

**FOTO. N° 7.4**  
*Instalaciones eléctricas usando bandejas.*



*Fuente: T-Concreto.*

Las instalaciones sanitarias se instalarán reemplazando las bovedillas por bandejas sanitarias las que permitirán la instalación de las tuberías de agua y desagüe.

**FOTO. N° 7.5**  
*Instalaciones Sanitarias.*



*Fuente: T-Concreto.*

**e. Colocación del Acero de Temperatura**

La colocación del acero de temperatura se realiza de la forma tradicional, también se puede utilizar malla electro soldada ahorrando tiempo en el armado y colocación.

**FOTO. N° 7.6**  
*Colocación del Acero de Temperatura.*



*Fuente: Invuk SAC.*

**f. Vaciado de losa de compresión.**

El último paso es el vaciado de concreto, el espesor usado tradicionalmente es de 5cm, con una resistencia de 210 Kg. /cm<sup>2</sup>, según lo indiquen los planos.

**FOTO. Nº 7.7**

*Vaciado de Concreto de la losa de compresión.*



*Fuente: Invuk SAC*

**7.2 CONEXIONES Y DETALLES DE VIGUETAS PRETENSADAS.**

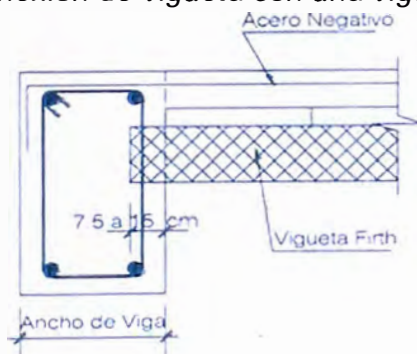
**7.2.1 CONEXIONES DE VIGUETAS PRETENSADAS.**

**a. Conexión de vigueta con una viga peraltada en extremo.**

Para el caso de luces menores de 5.00 m. la vigueta deberá penetrar 7.5 cm. en la viga peraltada, para luces mayores la vigueta deberá ingresar entre 10 y 15 cm. (Graf. Nº 7.1).

**GRAFICO. Nº 7.1**

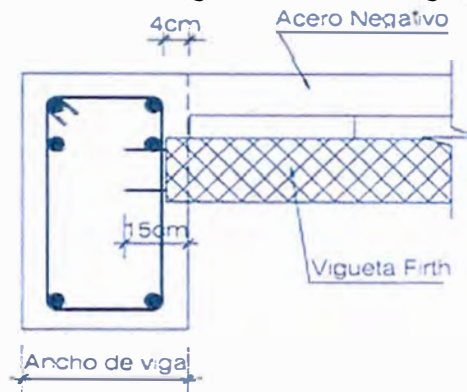
*Conexión de vigueta con una viga peraltada.*



*Fuente: Firth Industries Perú.*

En los casos en que el acero de la viga dificulte el ingreso de la vigueta, se deberá ingresar la vigueta con los cables expuestos con una conexión total mínima de 15 cm. (Graf. N° 7.2).

**GRAFICO. N° 7.2**  
*Conexión de vigueta con una viga peraltada.*

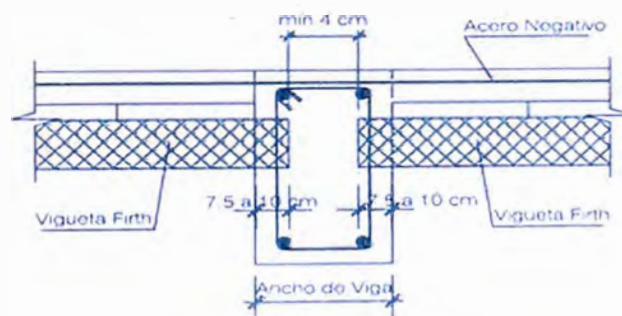


Fuente: Firth Industries Perú.

**b. Conexión de vigueta con una viga peraltada al centro.**

Para luces menores de 5.00 la vigueta entrará en la viga peraltada 7.5 cm., para luces mayores la vigueta entrará 10 cm. (Graf. N° 7.3).

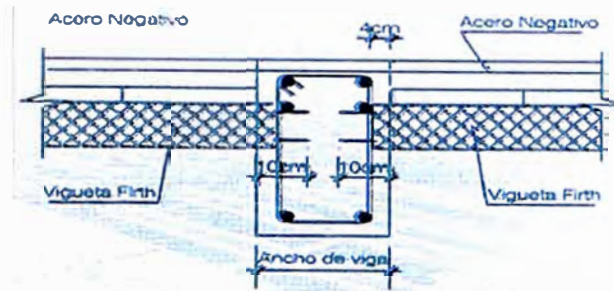
**GRAFICO. N° 7.3**  
*Conexión de vigueta con una viga peraltada al centro.*



Fuente: Firth Industries Perú.

Para vigas con mayor concentración de acero, que no permita el ingreso de la vigueta, se deberá ingresar la vigueta con los cables expuestos con 10 cm. como mínimo (Graf. N° 7.4).

**GRAFICO. N° 7.4**  
Conexión de vigueta con una viga peraltada al centro.

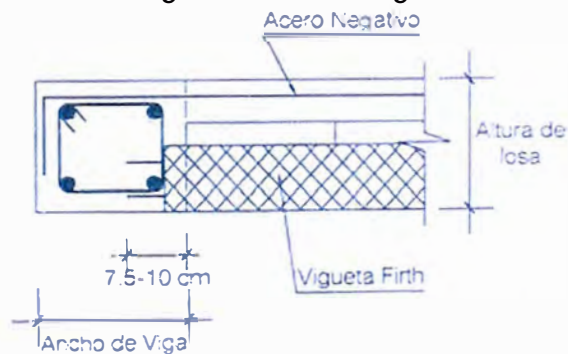


Fuente: Firth Industries Perú.

**c. Conexión de vigueta con una viga chata o solera.**

Para viguetas de hasta 5m., el apoyo puede ser de 7.5 a 10cm, en el caso de luces mayores se recomienda usar un ensanche de viguetas para absorber el esfuerzo cortante, instalar un refuerzo con una varilla de  $\phi \frac{1}{2}$ ", la vigueta deberá ingresar en la viga chata o solera entre 10 a 15 cm, si se presentara dificultad para el ingreso de la vigueta, se pueden utilizar cables expuestos en parte de su traslape.

**GRAFICO N° 7.5**  
Conexión de vigueta con una viga chata o solera.



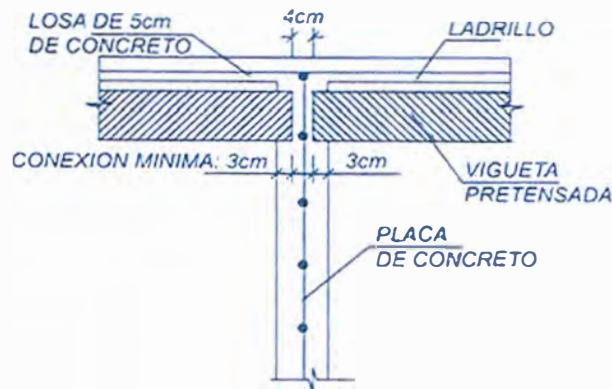
Fuente: Firth Industries Perú.

**d. Conexión de vigueta con una placa.**

En placas de 10 cm que son comúnmente usadas en los sistemas de muros de ductilidad limitada, el apoyo de la vigueta será de 3cm como mínimo, para una luz máxima de 4.50 m.

### GRAFICO Nº 7.6

Conexión de vigueta con una placa.



Fuente: Firth Industries Perú.

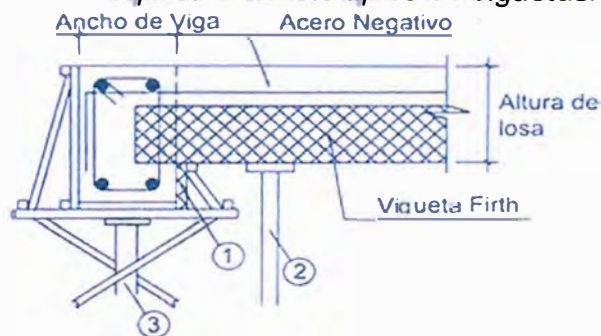
### 7.2.2 DETALLES CONSTRUCTIVOS DE VIGUETAS PRETENSADAS.

#### a. Detalles de apuntalamiento de viguetas.

Como se aprecia en el Grafico 7.7, se recomienda tanto la viga como la vigueta contar con puntales (elementos 2 y 3) para un mejor soporte de la losa, y contar con un encofrado para el costado de viga que ayude al soporte de la vigueta (elemento 1).

### GRAFICO Nº 7.7

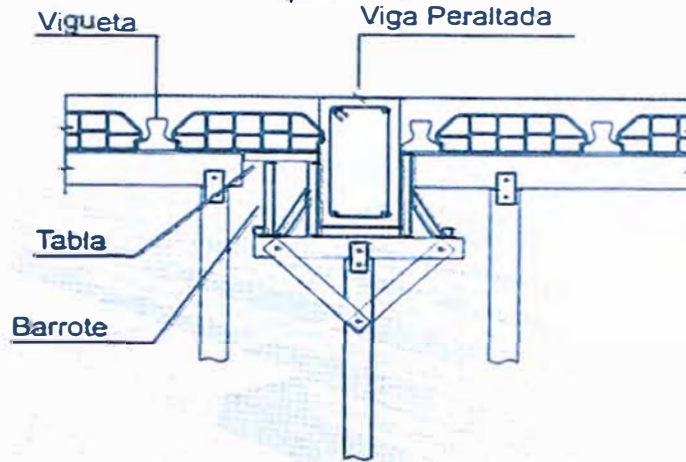
Apuntalamiento típico de viguetas.



Fuente: Firth Industries Perú.

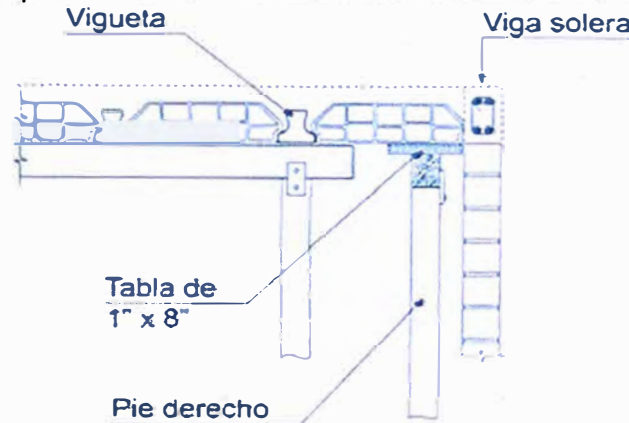
Para el caso del encofrado de fondos de losa aligerada en el encuentro de una viga con una bovedilla, se recomienda encofrar las bovedillas con una tabla ó elemento metálico, asegurar la bovedilla al encofrado ya sea con clavos ó alambres para evitar su movimiento. (Graf. 7.8 y Graf. 7.9).

**GRAFICO N° 7.8**  
Apuntalamiento de encuentro entre vigueta y bovedilla con viga peraltada.



Fuente: Firth Industries Perú.

**GRAFICO N° 7.9**  
Apuntalamiento de encuentro entre bovedilla y muro.

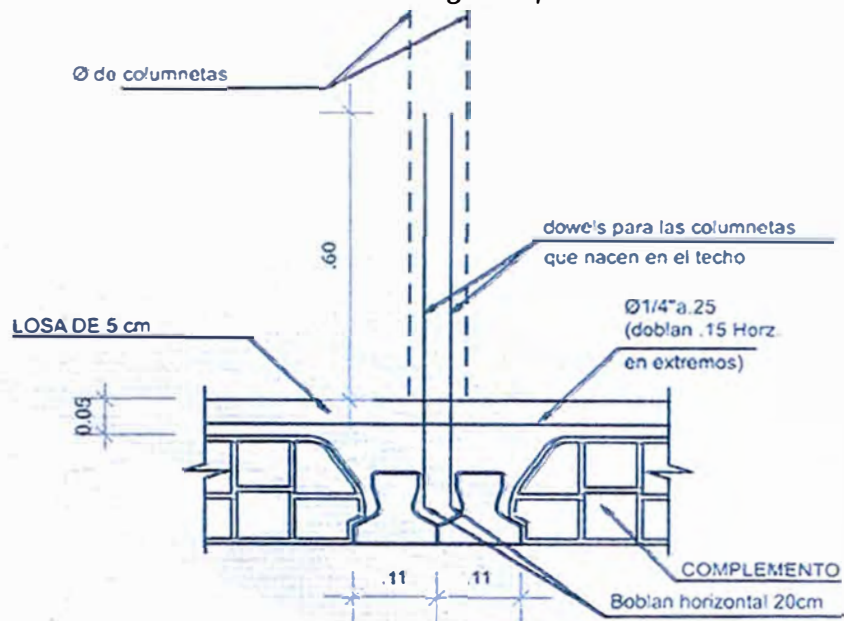


Fuente: Firth Industries Perú.

#### b. Detalles de doble vigueta.

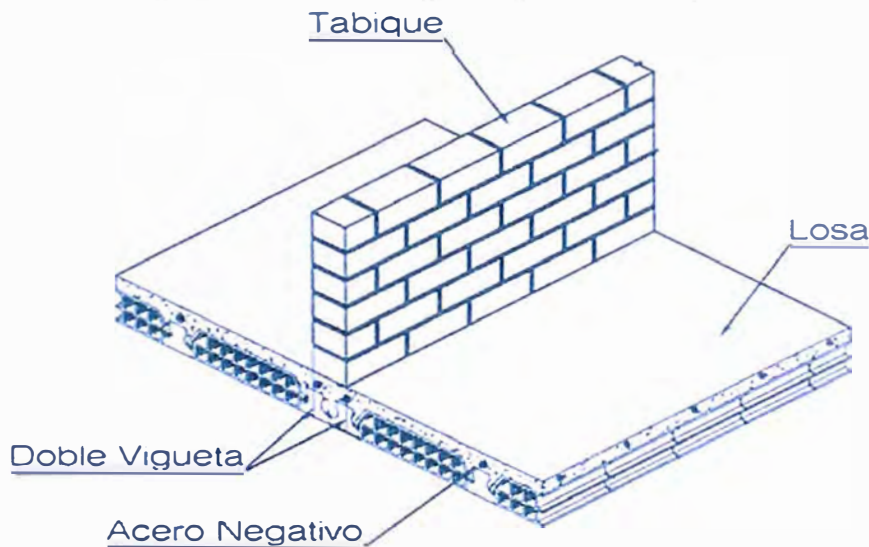
Cuando se requiera el nacimiento de una columneta, se coloca doble vigueta y se dejan dowells para luego empalmar con el acero de dicho elemento. (Graf. N° 7.10). En el caso de un muro paralelo al sentido de la losa aligerada, se instala doble vigueta con su respectivo acero negativo, es importante verificar los esfuerzos actuantes, ya que puede ser necesario el uso de una viga chata. (Graf. N° 7.11).

**GRAFICO N° 7.10**  
Detalle de doble vigueta para columnetas.



Fuente: Firth Industries Perú.

**GRAFICO N° 7.11**  
Detalle de doble vigueta para muros paralelos.



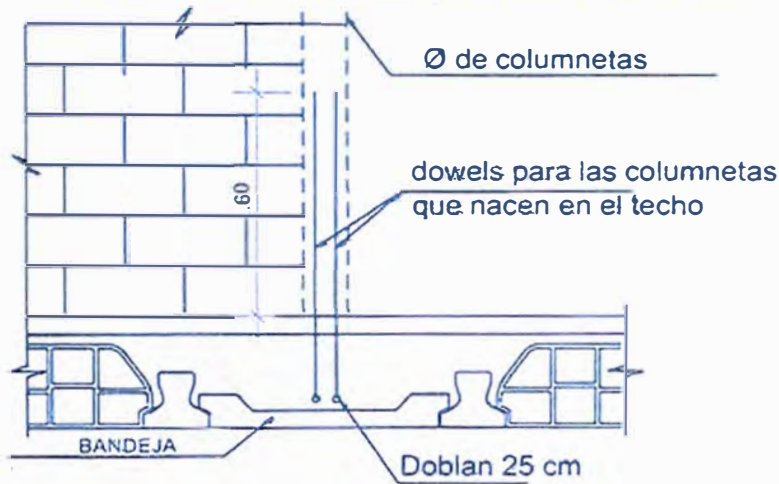
Fuente: Firth Industries Perú.

En el caso de tener un tabique transversal al sentido de la losa aligerada, en los extremos de los tabiques se dejarán dowells para las columnetas, en la base de estos dowells se coloca una bandeja sanitaria con el objeto de que el anclaje de estos elementos sea macizo.



En el caso de tabiques sobre luces mayores de 5 m se recomienda consultar con el proyectista de estructuras.

**GRAFICO N° 7.12**  
*Detalle de doble vigueta para muros transversales.*

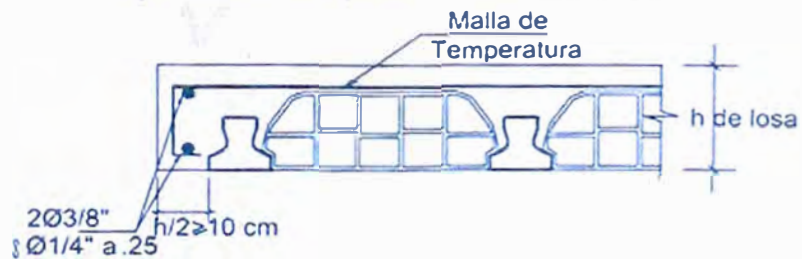


Fuente: Firth Industries Perú.

**c. Detalles de borde de losa.**

Para los bordes de losa, se recomienda confinar los bordes para evitar fisuramientos en estas zonas.

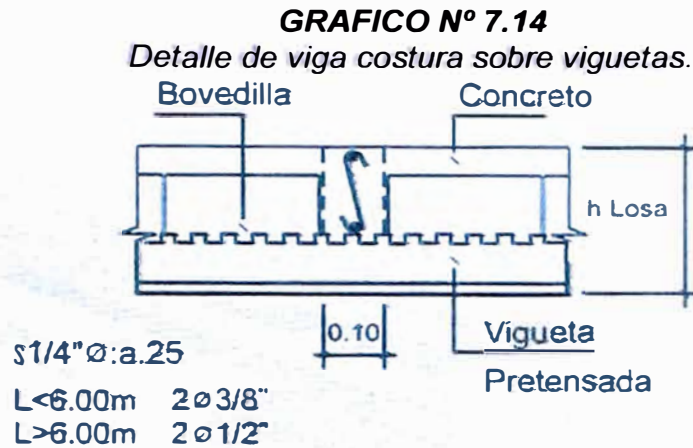
**GRAFICO N° 7.13**  
*Aplicación de viguetas en borde de losa.*



Fuente: Firth Industries Perú.

**d. Detalles de viga costura**

Se utiliza como un elemento que rigidiza y arriostra transversalmente a las viguetas pretensadas.



Fuente: Firth Industries Perú.

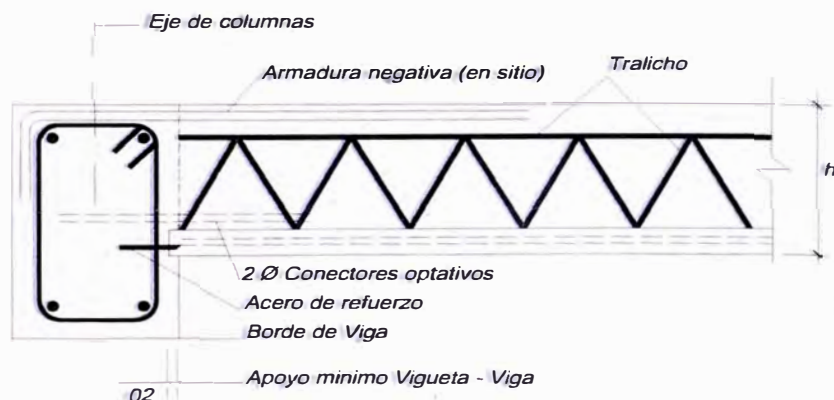
### 7.3 CONEXIONES Y DETALLES DE VIGUETAS PREFABRICADAS.

#### 7.3.1 CONEXIONES DE VIGUETAS PREFABRICADAS.

En este caso, se utiliza la prolongación del acero de la vigueta para conectar con los elementos estructurales de apoyo.

##### a. Conexión de vigueta con una viga peraltada en extremo.

**GRAFICO N° 7.15**  
*Detalle de encuentro de vigueta con una viga peraltada al extremo.*



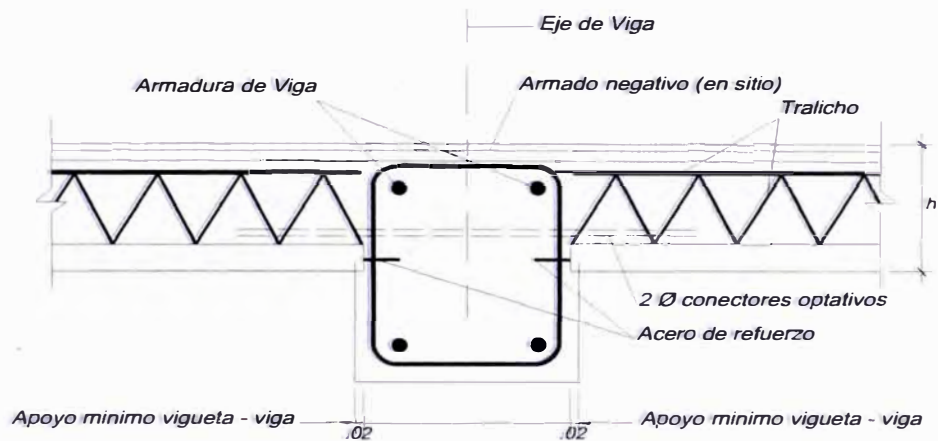
Fuente: T-Concreto.

**b. Conexión de vigueta con una viga peraltada al centro.**

En ambos lados de la viga peraltada, se introducen los aceros positivos y negativos de la vigueta para garantizar su empotramiento.

**GRAFICO N° 7.16**

*Detalle de encuentro de vigueta con una viga peraltada al centro.*

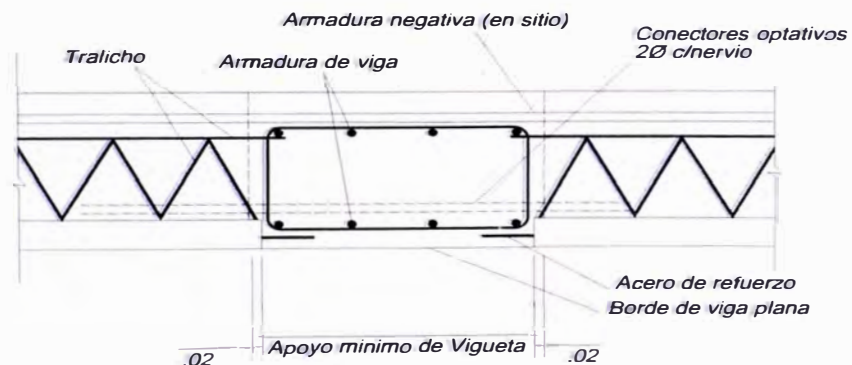


Fuente: T-Concreto.

**c. Conexión de vigueta con una viga chata o solera.**

**GRAFICO N° 7.17**

*Detalle de encuentro de vigueta con una viga chata.*



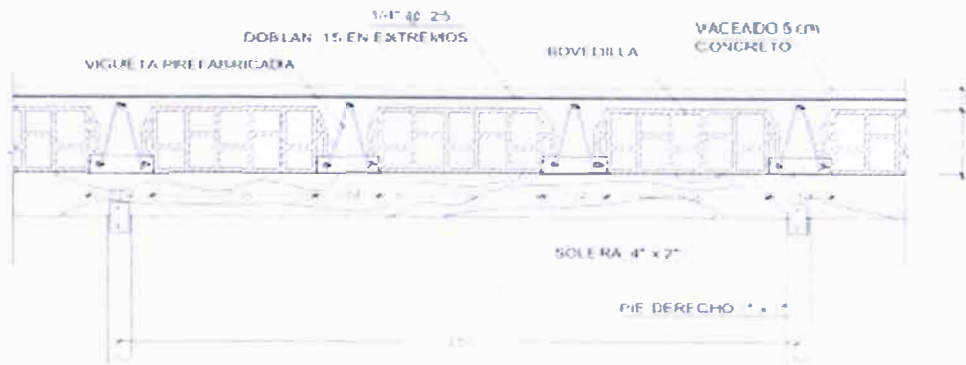
Fuente: T-Concreto.

**7.3.2 DETALLES CONSTRUCTIVOS DE VIGUETAS PREFABRICADAS.**

**a. Detalles de apuntalamiento de viguetas.**

### GRAFICO N° 7.18

Detalle de apuntalamiento típico.

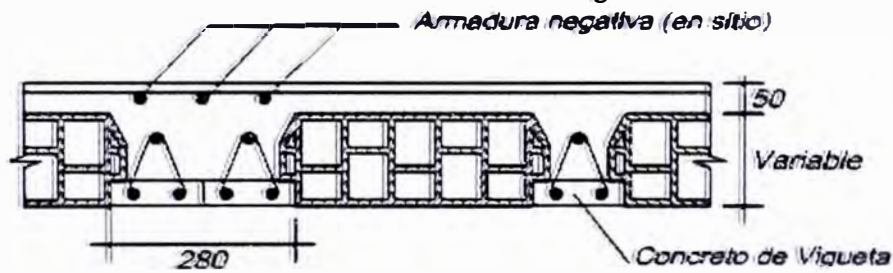


Fuente: T-Concreto.

### b. Detalles de doble vigueta.

### GRAFICO N° 7.19

Detalle de doble vigueta.

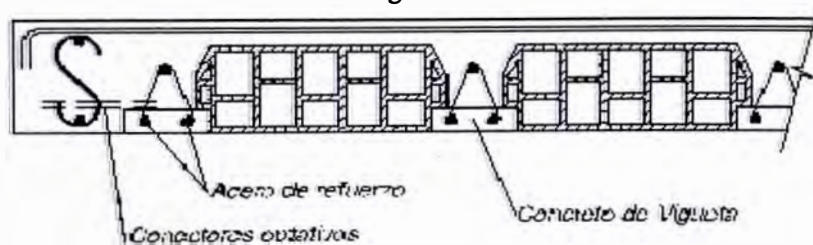


Fuente: T-Concreto.

### c. Detalles de borde de losa.

### GRAFICO N° 7.20

Detalle de vigueta en borde de losa.



Fuente: T-Concreto.

## CAPITULO 8

### ANALISIS COMPARATIVO DE LOS SISTEMAS DE LOSAS ALIGERADAS

#### 8.1 VENTAJAS DE LOS SISTEMAS DE LOSAS ALIGERADAS CON VIGUETAS PREFABRICADAS.

Una de las principales ventajas del uso de las viguetas prefabricadas es el tiempo de ejecución de las losas aligeradas, así como la reducción en la cantidad de encofrado, concreto, acero de refuerzo, y el aporte de un elemento prefabricado con parámetros estructurales normados.

Entre las principales ventajas tenemos las siguientes:

- Se reduce la cantidad de encofrado, se usa un 25% de puntales, 50% de soleras y se elimina el uso de de tablas o tableros, este dato es importante ya que se reducen los costos de encofrado.
- Se reducen las mermas del concreto por los encofrados, puesto que no hay contacto entre la madera y el concreto fresco.
- Debido a que las viguetas ya vienen con una resistencia inicial, se permite un rápido desapuntalamiento, esto da una dinámica rotación de los encofrados.
- Para edificaciones aporticadas se requiere de un solo juego de laterales de viga, puesto que no existe impedimento alguno de sacarlos luego del vaciado. De este modo, sólo se requiere de dos juegos de fondos de viga y uno sólo de laterales.
- Asimismo, por la forma de la bovedilla que encaja perfectamente con las viguetas evita la posibilidad de deslizamiento de éstas, disminuyendo la posibilidad de mermas en el concreto y aumentando la velocidad de vaciado.
- En este sistema se cuenta con bandejas especiales para las instalaciones sanitarias y eléctricas, esto reduce costos de instalación en ambas especialidades; y se reduce la merma de bovedillas.

Asimismo se ha elaborado un cuadro en donde se indican las principales ventajas de cada uno de los sistemas estudiados.

**CUADRO N° 8.1**

*Cuadro Comparativo: Encofrado.*

	<b>Sistema Convencional</b>	<b>Sistema con prefabricados</b>
1.	Instalar soleras con un espaciamiento a 0.6 -0.8 m	<b>Menor cantidad 35%</b> - Instalación de soleras espaciadas a 1.5 m
2.	Instalar puntales con un espaciamiento a 0.6 - 0.8 m	<b>Menor cantidad 40%</b> - Instalación de puntales espaciados a 1.5 m
3.	Colocar tablas sobre las soleras.	No se necesitan
4.	Operario carpintero y su cuadrilla para el armado del encofrado. (4 obreros)	Operario carpintero y 1 peón no especializado en <b>menor cantidad</b> (2 obreros).
5.	Merma y desperdicio de materiales de trabajo (mt)	Merma y desperdicio de mt en <b>menor proporción.</b>
6.	Consumo de gran cantidad de clavos y alambres	<b>en menor cantidad</b>

Fuente: Elaboración Propia.

**CUADRO N° 8.2**

*Cuadro Comparativo: Armado de Viguetas.*

	<b>Sistema Convencional</b>	<b>Sistema con prefabricados</b>
1.	Maestro herrero y su cuadrilla para instalación de viguetas (2 obreros).	Cuadrilla de peones (1 obrero).
2.	Cortar del fierro positivo	<b>No se necesita</b> más fierro, la vigueta aporta todo el acero positivo.
3.	Colocar del fierro positivo, asegurar que no se mueva de la posición correcta.	<b>No es necesario</b>
4.	Merma en el corte de fierro.	<b>No existe merma</b>

Fuente: Elaboración Propia.

**CUADRO N° 8.3**

*Cuadro Comparativo: Colocación de ladrillos.*

	<b>Sistema Convencional</b>	<b>Sistema con prefabricados</b>
1.	Trasladar los ladrillos hasta la losa	Trasladar la bovedilla hasta la losa
2.	Colocar los ladrillos	<b>Mas fácil y rápido</b> pues encajan en la vigueta
3.	Asegurar que los ladrillos no se muevan con el vaciado del concreto	<b>No es necesario</b>

Fuente: Elaboración Propia.

### CUADRO N° 8.4

*Cuadro Comparativo: Instalaciones eléctricas y sanitarias.*

	<b>Sistema Convencional</b>	<b>Sistema con prefabricados</b>
1.	Picar ladrillos para instalación de tuberías eléctricas	<b>No es necesario</b>
2.	Colocar la caja de luz y rellenar para evitar perdida de concreto	<b>No es necesario</b> , la bandeja eléctrica viene con caja octogonal
3.	Instalar tuberías para el cableado eléctrico	Instalar tuberías para el cableado eléctrico
4.	Instalar tuberías sanitarias.	Instalar tuberías sanitarias.
5.	Picar ladrillos para remates en los extremos	<b>No es necesario</b> , se usan bandejas estructurales para evitar picados.

Fuente: *Elaboración Propia.*

### CUADRO N° 8.5

*Cuadro Comparativo: Acero de Refuerzo.*

	<b>Sistema Convencional</b>	<b>Sistema con prefabricados</b>
1.	Cortar fierro negativo	<b>Menor cantidad</b> porque vigueta aporta fierro negativo.
2.	Colocar fierro negativo y asegurar que no se mueva de su posición.	<b>fácil y rápida colocación</b> pues se apoya en el fierro superior de la vigueta
3.	Merma de fierro	<b>Menor merma</b>

Fuente: *Elaboración Propia.*

### CUADRO N° 8.6

*Cuadro Comparativo: Vaciado de Concreto.*

	<b>Sistema Convencional</b>	<b>Sistema con prefabricados</b>
1.	Revisar que los elementos estén en las posiciones de trabajo	<b>No es necesario.</b> Los elementos encajan perfectamente
2.	Merma de concreto	<b>Menor merma</b>

Fuente: *Elaboración Propia.*

### CUADRO N° 8.7

*Cuadro Comparativo: Desencofrado de Losas.*

	<b>Sistema Convencional</b>	<b>Sistema con prefabricados</b>
1.	Retirar puntales 25% a los 7 días	Retirar puntales 25% – 30% a los <b>4 días</b>
2.	Retirar puntales 25%+ a los 15 días	Retirar puntales 25% – 30%+ a los <b>7 días</b>
3.	Retirar puntales 25%+ a los 21 días (y el 100% de las soleras, continua apuntalado)	Retirar puntales 25% – 30%+ a los <b>14 días</b> (y el 100% de las soleras, continua apuntalado)
4.	Retirar total del apuntalamiento a los 28 días	Retirar total del apuntalamiento <b>entre 18 y 21 días</b>

Fuente: *Elaboración Propia.*

## CONCLUSIONES

1. En cada proyecto se deben de plantear alternativas innovadoras en los procesos de construcción, aplicando la tecnología que ofrece el mercado, bajo este marco se plantea para el proyecto inmobiliario la necesidad del uso de elementos prefabricados de concreto armado para el uso de viguetas en la construcción de losas aligeradas.

### ACERO.

2. En los sistemas de viguetas pretensadas y prefabricadas, las viguetas aportan todo el acero positivo de la losa aligerada, disminuyendo de esta forma el consumo de acero corrugado para el refuerzo positivo.
3. En el caso de las viguetas prefabricadas con alma metálica, denominada tralicho, estas aportan hasta un 20% del acero negativo de refuerzo de la losa.

### ENCOFRADO

4. En los sistemas de viguetas prefabricadas, una de las ventajas es la eliminación del encofrado, el término adecuado para las alosas aligeradas con viguetas prefabricadas es APUNTALAMIENTO, este factor es uno de los principales reductores de los costos en comparación al sistema tradicional.
5. En cuanto al encofrado, este se hace económico ya que puede ser rotado con mayor facilidad, ya que la vigueta viene a obra con una resistencia inicial la cual aporta a la losa aligerada, siendo desencofrada con mayor rapidez.

### DISEÑO ESTRUCTURAL

6. Para el diseño de losas con viguetas prefabricadas, se hace uso de tablas, generalmente los proyectos con estas viguetas ya vienen detallados en los planos de estructuras.



## **COMPARACIONES ENTRE PREFABRICADOS**

7. Las viguetas pretensadas pueden cubrir grandes luces, hasta 8.50 metros de luz libre, lo cual permite espacios más amplios, esta es la principal diferencia con las viguetas prefabricadas cuya luz es limitada hasta los 6.00 metros.
  
8. Otra diferencia es que las viguetas pretensadas tienen un grado superior de industrialización respecto a las viguetas prefabricadas con alma metálica.

## **INDUSTRIALIZACION**

9. En la construcción de nuestro medio, aún no se ha desarrollado la Industrialización de la construcción a un nivel superior como en otras partes de América Latina, está muy difundido el uso de prefabricados de concreto armado, esto aporta un valor agregado y tecnológico a la construcción, dándole certificaciones y estándares de calidad, sin embargo existe la tendencia a incrementar el uso de prefabricados en la construcción.

## RECOMENDACIONES

1. Se recomienda continuar con la difusión de los prefabricados en la Industria de la Construcción, de tal manera que pueda llegar al mercado de la autoconstrucción de viviendas, ya que como hemos visto, con estos sistemas se ahorra en gastos de construcción.
2. Continuar con los estudios de tecnologías aplicadas a los prefabricados de concreto a otros niveles de la construcción, como se ha desarrollado en otros países, tal como la placa alveolar, la cual sirve para ser instalada en elementos verticales como muros de contención y elementos horizontales como losas de concreto.
3. Asimismo, en el caso de los complementos aligerantes o bovedillas, se debe promover el uso de materias primas como el poliestireno y el concreto normalizado, ya que como hemos visto en nuestro medio, con el uso y explotación de las canteras de arcilla, muchas áreas de cultivo se han visto afectadas, disminuyendo así las áreas verdes cercanas a nuestra ciudad.
4. Se recomienda, complementar esta información con ensayos y certificación de los materiales utilizados por estos sistemas prefabricados, para poder llegar a una Norma que agrupe a los prefabricados de concreto y sus conexiones entre elementos estructurales.
5. En el campo empresarial, es una buena oportunidad de negocio, sin necesidad de contar con una sofisticada planta industrial, se pueden fabricar viguetas con alma metálica, y hacer de esta una industria descentralizada, para poder satisfacer el mercado interno.

## BIBLIOGRAFIA

### LIBROS Y ARTICULOS

1. ACI-PUCP. Gallegos V., Héctor; Zegarra C., Luis; Casabonne R. Carlos; Lainez-Lozada, Pedro; Carrillo P., Dina. CONCRETO PRE - ESFORZADO. WH Editores. Lima, Perú. 1997.
2. Ingeniería y Gestión. REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES. Editorial Macro. Lima, Perú. 2008.
3. Morales Morales, Roberto. DISEÑO EN CONCRETO ARMADO. ACI-PERU. Lima, Perú. 2000.
4. Pérez Minguez, Juan. CALIDAD DEL DISEÑO EN LA CONSTRUCCIÓN. Editorial Díaz de Santos. Madrid, España. 2004.
5. Ramos Salazar, Jesús, COSTOS Y PRESUPUESTOS EN EDIFICACIONES. Edición CAPECO, Lima, Perú 1989
6. Rodríguez, Mario, ESTRUCTURAS PREFABRICADAS DE CONCRETO, Artículo, UNAM, México, 2006.
7. Rodríguez Castillejo, Walter, TÉCNICAS MODERNAS EN EL PLANEAMIENTO, PROGRAMACIÓN Y CONTROL DE OBRAS, Lima, 2000.
8. Solminihaç T., Hernán de; Thenoux Z., Guillermo. PROCESOS Y TECNICAS DE CONSTRUCCIÓN. Editorial Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile. 2002.
9. Sosa Canto, Alejandro; Baeza Pereyra, Rodrigo, Arcudia Abad, Enrique. MODELO PARA SIMULACIÓN COMPUTARIZADA DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DE LA LOSA PREFABRICADA L-18. Ing. Univ. Bogota - Colombia, 2007.

### TESIS E INFORMES DE INGENIERIA

10. Casavilca Paco, Paúl. PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS Y PROGRAMACIÓN DE OBRA DEL PABELLÓN DE LA FACULTAD DE CIENCIAS ADMINISTRATIVAS-UNMSM. Informe de Ingeniería. UNI-FIC, Lima, Perú, 2002.
11. Sánchez Vásquez, Segundo Arturo. COMPARACIÓN DE DISEÑO ESTRUCTURAL DE SISTEMAS CONSTRUCTIVOS, USO DE

LOSAS ALIGERADAS Y MACIZAS. Informe de Ingeniería. UNI-FIC, Lima, Perú, 2004.

12. Vivas Contreras, Walter V. SISTEMAS PREFABRICADOS PARA LOSAS ALIGERADAS. Informe de Ingeniería. UNI-FIC, Lima, Perú, 2002.

#### **MANUALES Y CATALOGOS**

13. DEACERO, ARMADURA DE LOSAS DE VIGUETAS Y BOVEDILLAS. Manual Técnico, edita DEACERO, México, 2008.
14. Firth Industries Perú S.A. SISTEMA DE LOSAS ALIGERADAS CON VIGUETAS. Manual Técnico, edita Firth Industries Perú S.A. Lima - Perú, 2008.

#### **PAGINAS WEB**

15. [www.anippac.org.mx](http://www.anippac.org.mx)
16. [www.basf.cl/aislapol/productos/bovedillas/index.html](http://www.basf.cl/aislapol/productos/bovedillas/index.html)
17. [www.pretensa.com](http://www.pretensa.com).
18. [www.t-concreto.com](http://www.t-concreto.com)
19. [www.tralix.cl](http://www.tralix.cl)

# **ANEXOS**

# **TABLAS DE DISEÑO DE VIGUETAS FIRTH**

**CASO DE VIGUETAS SIMPLEMENTE APOYADAS**

Tabla 2. Tabla Luz vs. Sobrecarga

CONSIDERACIONES:

Peso Propio (pp), Piso terminado (100 Kg/m<sup>2</sup>), S/C  
 Se considera una losa simplemente apoyada :  $wL^2/8$

ALTURA DE LOSA	17	cm
ESPACIAMIENTO A EJES	60	cm
COMPLEMENTO	LADRILLO DE ARCILLA	

a (mts) 0.6  
 pp (tn/m<sup>2</sup>)= 245  
 wu(tn/m)= 419 473 527 581 635 689 743 851

L (m)	Sobrecarga - S/C (Kg/m <sup>2</sup> )							
	100	150	200	250	300	350	400	500
2.50								
2.60								
2.70								
2.80				V101				
2.90								
3.00								
3.10								
3.20								
3.30								
3.40								
3.50				V102				
3.60								
3.70								
3.80								
3.90								
4.00				V103				
4.10								
4.20								
4.30								
4.40								
4.50				V104				
4.60								
4.70								
4.80								
4.90				V105				
5.00								
5.10								
5.20								
5.30								
5.40								
5.50								
5.60								
5.70								
5.80								
5.90								
6.00								

Firth Industries Perú S.A.

Las viguetas V101, V102, V103, V104 y V105 son autoportantes hasta 1.50m  
 Soleras (3"x 4") a 1.50m y puntales (3x4") a 1.50m

CONSIDERACIONES:

Peso Propio (pp), Piso terminado (100 Kg/m<sup>2</sup>), S/C  
 Se considera una losa simplemente apoyada :  $wL^2/8$

ALTURA DE LOSA	20	cm
ESPACIAMIENTO A EJES	60	cm
COMPLEMENTO	LADRILLO DE ARCILLA	

a (mts)	0.6							
pp (tn/m <sup>2</sup> )=	280							
wu(tn/m)=	450	504	558	612	666	720	774	882

L (m)	Sobrecarga – SIC (Kg/m <sup>2</sup> )							
	100	150	200	250	300	350	400	500
2.50								
2.60								
2.70								
2.80								
2.90								
3.00				V101				
3.10								
3.20								
3.30								
3.40								
3.50								
3.60								
3.70								
3.80				V102				
3.90								
4.00								
4.10								
4.20								
4.30				V103				
4.40								
4.50								
4.60								
4.70								
4.80				V104				
4.90								
5.00								
5.10								
5.20								
5.30								
5.40				V105				
5.50								
5.60								
5.70								
5.80								
5.90								
6.00								
6.10								
6.20								
6.30								
6.40								
6.50								

Firth Industries Perú S.A.

Las viguetas V101, V102, V103, V104 y V105 son autoportantes hasta 1.50m  
 Soleras (3"x 4") a 1.50m y puntales (3x4") a 1.50m



CONSIDERACIONES:

Peso Propio (pp), Piso terminado (100 Kg/m<sup>2</sup>), S/C  
Se considera una losa simplemente apoyada :  $wL^2/8$

ALTURA DE LOSA	25	cm
ESPACIAMIENTO A EJES	60	cm
COMPLEMENTO	LADRILLO DE ARCILLA	

a (mts)	0.6							
pp (tn/m <sup>2</sup> )=	350							
wu(tn/m)=	513	567	621	675	729	783	837	945

L (m)	Sobrecarga – S/C (Kg/m <sup>2</sup> )							
	100	150	200	250	300	350	400	500
2.50								
2.60								
2.70								
2.80								
2.90								
3.00								
3.10				V101				
3.20								
3.30								
3.40								
3.50								
3.60								
3.70								
3.80								
3.90								
4.00								
4.10								
4.20				V102				
4.30								
4.40								
4.50								
4.60								
4.70								
4.80				V103				
4.90								
5.00								
5.10								
5.20				V104				
5.30								
5.40								
5.50								
5.60								
5.70								
5.80				V105				
5.90								
6.00								
6.10								
6.20								
6.30								
6.40								
6.50								
6.60								
6.70								
6.80								
6.90								
7.00								

Firth Industries Perú S.A.

Las viguetas V101, V102, V103, V104 y V105 son autoportantes hasta 1.50m  
Soleras (3"x 4") a 1.50m y puntales (3x4") a 1.50m

CONSIDERACIONES:

Peso Propio (pp), Piso terminado (100 Kg/m<sup>2</sup>), S/C  
Se considera una losa simplemente apoyada :  $wL^2/8$

ALTURA DE LOSA	17	cm
ESPACIAMIENTO A EJES	50	cm
COMPLEMENTO	LADRILLO DE ARCILLA	

a (mts)	0.5							
pp (tn/m <sup>2</sup> )=	250							
wu(tn/m)=	353	398	443	488	533	578	623	713

L (m)	Sobrecarga – S/C (Kg/m <sup>2</sup> )							
	100	150	200	250	300	350	400	500
2.50								
2.60								
2.70								
2.80								
2.90								
3.00				V101				
3.10								
3.20								
3.30								
3.40								
3.50								
3.60								
3.70								
3.80				V102				
3.90								
4.00								
4.10								
4.20								
4.30								
4.40				V103				
4.50								
4.60								
4.70								
4.80				V104			V105	
4.90								
5.00								
5.10								
5.20								
5.30								
5.40								
5.50								
5.60								
5.70								
5.80		V105						
5.90								
6.00								

Firth Industries Perú S.A.

Las viguetas V101, V102, V103, V104 y V105 son autoportantes hasta 1.80m Soleras (3"x 4") a 2.00m y puntales (3x4") a 1.50m

CONSIDERACIONES:

Peso Propio (pp), Piso terminado (100 Kg/m<sup>2</sup>), S/C  
 Se considera una losa simplemente apoyada :  $wL^2/8$

ALTURA DE LOSA	20	cm
ESPACIAMIENTO A EJES	50	cm
COMPLEMENTO	LADRILLO DE ARCILLA	

a (mts)	0.5							
pp (tn/m <sup>2</sup> )=	280							
wu(tn/m)=	375	420	465	510	555	600	645	735

L (m)	Sobrecarga – S/C (Kg/m <sup>2</sup> )							
	100	150	200	250	300	350	400	500
2.50								
2.60								
2.70								
2.80								
2.90								
3.00								
3.10								
3.20				V101				
3.30								
3.40								
3.50								
3.60								
3.70								
3.80								
3.90								
4.00								
4.10								
4.20				V102				
4.30								
4.40								
4.50								
4.60								
4.70								
4.80				V103				
4.90								
5.00								
5.10								
5.20								
5.30				V104				
5.40								
5.50								
5.60								
5.70								
5.80				V105				
5.90								
6.00								
6.10								
6.20								
6.30								
6.40								
6.50								

Firth Industries Perú S.A.

Las viguetas V101, V102, V103, V104 y V105 son autoportantes hasta 1.80m Soleras (3"x 4") a 2.00m y puntales (3x4") a 1.50m

CONSIDERACIONES:

Peso Propio (pp), Piso terminado (100 Kg/m<sup>2</sup>), S/C  
 Se considera una losa simplemente apoyada :  $wL^2/8$

ALTURA DE LOSA	25	cm
ESPACIAMIENTO A EJES	50	cm
COMPLEMENTO	LADRILLO DE ARCILLA	

a (mts)	0.5							
pp (tn/m <sup>2</sup> )=	350							
wu(tn/m)=	428	473	518	563	608	653	698	788

L (m)	Sobrecarga – S/C (Kg/m <sup>2</sup> )							
	100	150	200	250	300	350	400	500
2.50								
2.60								
2.70								
2.80								
2.90								
3.00								
3.10								
3.20								
3.30								
3.40				V101				
3.50								
3.60								
3.70								
3.80								
3.90								
4.00								
4.10								
4.20								
4.30								
4.40								
4.50								
4.60								
4.70				V102				
4.80								
4.90								
5.00								
5.10								
5.20				V103				
5.30								
5.40								
5.50								
5.60								
5.70				V104				
5.80								
5.90								
6.00								
6.10								
6.20								
6.30								
6.40				V105				
6.50								
6.60								
6.70								
6.80								
6.90								
7.00								
7.10								
7.20								
7.30								
7.40								
7.50								
7.60								
7.70								

Firth Industries Perú S.A.

Las viguetas V101, V102, V103, V104 y V105 son autoportantes hasta 1.80m Soleras (3"x 4") a 1.80m y puntales (3x4") a 1.50m

CONSIDERACIONES:

Peso Propio (pp), Piso terminado (100 Kg/m<sup>2</sup>), S/C

Se considera una losa simplemente apoyada :  $wL^2/8$

ALTURA DE LOSA	25	cm
ESPACIAMIENTO A EJES	50	cm
COMPLEMENTO	LADRILLO DE ARCILLA	

a (mts) 0.5

pp (tn/m<sup>2</sup>)= 350

wu(tn/m)=

428      473      518      563      608      653      698      788

L (m)	Sobrecarga – S/C (Kg/m <sup>2</sup> )							
	100	150	200	250	300	350	400	500
2.50								
2.60								
2.70								
2.80								
2.90								
3.00								
3.10								
3.20								
3.30								
3.40								
3.50								
3.60				V101				
3.70								
3.80								
3.90								
4.00								
4.10								
4.20								
4.30								
4.40								
4.50								
4.60								
4.70								
4.80								
4.90				V102				
5.00								
5.10								
5.20								
5.30								
5.40								
5.50								
5.60				V103				
5.70								
5.80								
5.90								
6.00								
6.10								
6.20				V104				
6.30								
6.40								
6.50								
6.60								
6.70								
6.80								
6.90				V105				
7.00								
7.10								
7.20								
7.30								
7.40								
7.50								
7.60								
7.70								
7.80								
7.90								
8.00								
8.10								
8.20								
8.30								

Firth Industries Perú S.A.

Las viguetas V101, V102, V103, V104 y V105 son autoportantes hasta 1.80m Soleras (3"x 4") a 1.80m y puntales (3x4") a 1.50m

CONSIDERACIONES:

Peso Propio (pp), Piso terminado (100 Kg/m<sup>2</sup>), S/C  
Se considera una losa simplemente apoyada :  $wL^2/8$

ALTURA DE LOSA	17	cm
ESPACIAMIENTO A EJES	60	cm
COMPLEMENTO	POLIESTIRENO	

a (mts)	0.6							
pp (tn/m <sup>2</sup> )=	174							
wu(tn/m)=	355	409	463	517	571	625	679	787

L (m)	Sobrecarga – S/C (Kg/m <sup>2</sup> )							
	100	150	200	250	300	350	400	500
2.50								
2.60								
2.70								
2.80								
2.90				V101				
3.00								
3.10								
3.20								
3.30								
3.40								
3.50								
3.60								
3.70				V102				
3.80								
3.90								
4.00								
4.10								
4.20								
4.30				V103				
4.40								
4.50								
4.60				V104				
4.70								
4.80						V105		
4.90								
5.00								
5.10								
5.20								
5.30								
5.40								
5.50								
5.60								
5.70								
5.80								
5.90		V105						
6.00								
6.10								
6.20								

Firth Industries Perú S.A.

Las viguetas V101, V102, V103, V104 y V105 son autoportantes hasta 1.50m  
Soleras (3"x 4") a 2.00m y puntales (3x4") a 1.50m

CONSIDERACIONES:

Peso Propio (pp), Piso terminado (100 Kg/m<sup>2</sup>), S/C  
 Se considera una losa simplemente apoyada :  $wL^2/8$

ALTURA DE LOSA	20	cm
ESPACIAMIENTO A EJES	60	cm
COMPLEMENTO	POLIESTIRENO	

a (mts) 0.6  
 pp (tn/m<sup>2</sup>)= 195  
 wu(tn/m)= 373 427 481 535 589 643 697 805

L (m)	Sobrecarga – S/C (Kg/m <sup>2</sup> )							
	100	150	200	250	300	350	400	500
2.50								
2.60								
2.70								
2.80								
2.90								
3.00								
3.10				V101				
3.20								
3.30								
3.40								
3.50								
3.60								
3.70								
3.80								
3.90								
4.00								
4.10				V102				
4.20								
4.30								
4.40								
4.50								
4.60				V103				
4.70								
4.80								
4.90								
5.00								
5.10				V104				
5.20								
5.30								
5.40								
5.50								
5.60								
5.70				V105				
5.80								
5.90								
6.00								
6.10								
6.20								
6.30								
6.40								
6.50								

Firth Industries Perú S.A.

Las viguetas V101, V102, V103, V104 y V105 son autoportantes hasta 1.50m Soleras (3"x 4") a 1.50m y puntales (3x4") a 1.50m

CONSIDERACIONES:

Peso Propio (pp), Piso terminado (100 Kg/m<sup>2</sup>), S/C

Se considera una losa simplemente apoyada :  $wL^2/8$

ALTURA DE LOSA	25	cm
ESPACIAMIENTO A EJES	60	cm
COMPLEMENTO	POLIESTIRENO	

a (mts) 0.6

pp (tn/m<sup>2</sup>)= 249

wu(tn/m)=

422      476      530      584      638      692      746      854

L (m)	Sobrecarga – S/C (Kg/m <sup>2</sup> )							
	100	150	200	250	300	350	400	500
2.60								
2.70								
2.80								
2.90								
3.00								
3.10								
3.20				V101				
3.30								
3.40								
3.50								
3.60								
3.70								
3.80								
3.90								
4.00								
4.10								
4.20								
4.30								
4.40								
4.50				V102				
4.60								
4.70								
4.80								
4.90								
5.00								
5.10				V103				
5.20								
5.30								
5.40								
5.50								
5.60				V104				
5.70								
5.80								
5.90								
6.00								
6.10								
6.20								
6.30				V105				
6.40								
6.50								
6.60								
6.70								
6.80								
6.90								
7.00								
7.10								
7.20								
7.30								
7.40								
7.50								
7.60								
7.70								
7.80								

Firth Industries Perú S.A.

Las viguetas V101, V102, V103, V104 y V105 son autoportantes hasta 1.50m Soleras (3"x 4") a 1.50m y puntales (3x4") a 1.50m



CONSIDERACIONES:

Peso Propio (pp), Piso terminado (100 Kg/m<sup>2</sup>), S/C  
 Se considera una losa simplemente apoyada :  $wL^2/8$

ALTURA DE LOSA	17	cm
ESPACIAMIENTO A EJES	50	cm
COMPLEMENTO	POLIESTIRENO	

a (mts)	0.5							
pp (tn/m <sup>2</sup> )=	185							
wu(tn/m)=	304	349	394	439	484	529	574	664

L (m)	Sobrecarga – S/C (Kg/m <sup>2</sup> )							
	100	150	200	250	300	350	400	500
2.50								
2.60								
2.70								
2.80								
2.90								
3.00				V101				
3.10								
3.20								
3.30								
3.40								
3.50								
3.60								
3.70								
3.80								
3.90								
4.00								
4.10				V102				
4.20								
4.30								
4.40								
4.50								
4.60				V103				
4.70						V104		
4.80								
4.90							V105	
5.00								
5.10								
5.20								
5.30								
5.40								
5.50								
5.60								
5.70								
5.80								
5.90								
6.00								
6.10								
6.20								

Firth Industries Perú S.A.

Las viguetas V101, V102, V103, V104 y V105 son autoportantes hasta 1.80m  
 Soleras (3"x 4") a 2.00m y puntales (3x4") a 1.50m

CONSIDERACIONES:

Peso Propio (pp), Piso terminado (100 Kg/m<sup>2</sup>), S/C

Se considera una losa simplemente apoyada :  $wL^2/8$

ALTURA DE LOSA	20	cm
ESPACIAMIENTO A EJES	50	cm
COMPLEMENTO	POLIESTIRENO	

a (mts)	0.5							
pp (tn/m <sup>2</sup> )=	203							
wu(tn/m)=	317	362	407	452	497	542	587	677

L (m)	Sobrecarga – S/C (Kg/m <sup>2</sup> )							
	100	150	200	250	300	350	400	500
2.50								
2.60								
2.70								
2.80								
2.90								
3.00								
3.10								
3.20				V101				
3.30								
3.40								
3.50								
3.60								
3.70								
3.80								
3.90								
4.00								
4.10								
4.20								
4.30								
4.40				V102				
4.50								
4.60								
4.70								
4.80								
4.90								
5.00								
5.10				V103				
5.20								
5.30								
5.40								
5.50								
5.60				V104		V105		
5.70								
5.80								
5.90								
6.00								
6.10								
6.20								
6.30								
6.40								
6.50								

Firth Industries Perú S.A.

Las viguetas V101, V102, V103, V104 y V105 son autoportantes hasta 1.80m Soleras (3"x 4") a 2.00m y puntales (3x4") a 1.50m

CONSIDERACIONES:

Peso Propio (pp), Piso terminado (100 Kg/m<sup>2</sup>), S/C  
 Se considera una losa simplemente apoyada :  $wL^2/8$

ALTURA DE LOSA	25	cm
ESPACIAMIENTO A EJES	50	cm
COMPLEMENTO	POLIESTIRENO	

a (mts) 0.5  
 pp (tn/m<sup>2</sup>)= 256  
 wu(tn/m)= 357 402 447 492 537 582 627 717

L (m)	Sobrecarga – S/C (Kg/m <sup>2</sup> )							
	100	150	200	250	300	350	400	500
2.50								
2.60								
2.70								
2.80								
2.90								
3.00								
3.10								
3.20								
3.30								
3.40				V101				
3.50								
3.60								
3.70								
3.80								
3.90								
4.00								
4.10								
4.20								
4.30								
4.40								
4.50								
4.60								
4.70								
4.80								
4.90				V102				
5.00								
5.10								
5.20								
5.30								
5.40								
5.50				V103				
5.60								
5.70								
5.80								
5.90								
6.00								
6.10				V104				
6.20								
6.30								
6.40								
6.50								
6.60								
6.70								
6.80				V105				
6.90								
7.00								
7.10								
7.20								
7.30								
7.40								
7.50								

Firth Industries Perú S.A.

Las viguetas V101, V102, V103, V104 y V105 son autoportantes hasta 1.80m Soleras (3"x 4") a 1.80m y puntales (3x4") a 1.50m

CONSIDERACIONES:

Peso Propio (pp), Piso terminado (100 Kg/m<sup>2</sup>), S/C  
Se considera una losa simplemente apoyada :  $wL^2/8$

ALTURA DE LOSA	30	cm
ESPACIAMIENTO A EJES	50	cm
COMPLEMENTO	POLIESTIRENO	

a (mts) 0.5  
pp (tn/m<sup>2</sup>)= 297  
wu(tn/m)= 388 433 478 523 568 613 658 748

L (m)	Sobrecarga – S/C (Kg/m <sup>2</sup> )							
	100	150	200	250	300	350	400	500
3.60								
3.70								
3.80								
3.90								
4.00								
4.10				V101				
4.20								
4.30								
4.40								
4.50								
4.60								
4.70								
4.80								
4.90								
5.00				V102				
5.10								
5.20								
5.30								
5.40								
5.50								
5.60								
5.70								
5.80								
5.90				V103				
6.00								
6.10								
6.20								
6.30								
6.40								
6.50								
6.60								
6.70				V104				
6.80								
6.90								
7.00								
7.10								
7.20								
7.30								
7.40				V105				
7.50								
7.60								
7.70								
7.80								
7.90								
8.00								
8.10								
8.20								
8.30								
8.40								
8.50								

Firth Industries Perú S.A.

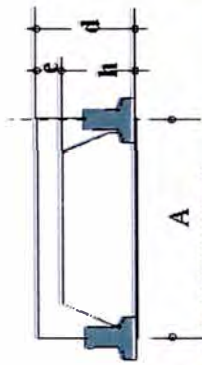
Las viguetas V101, V102, V103, V104 y V105 son autoportantes hasta 1.80m Soleras (3"x 4") a 1.80m y puntales (3x4") a 1.50m

# **TABLAS DE DISEÑO DE VIGUETAS PRETENSA**

## **CASO DE VIGUETAS SIMPLEMENTE APOYADAS**

**LOSAS ALIGERADAS PRETENSADAS**

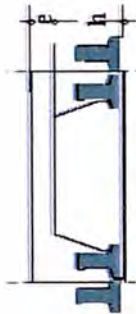
**MOMENTOS FLECTORES ADMISIBLES - CON VIGUETA SIMPLE**



CARGA MUERTA = PESO PROPIO + CARGAS PERMANENTES

EJE ENTRE VIGUETAS A	TIPÒ DE Tekmanp	ESPESORES		PESO PROPIO	COMPONENTES DE LA LOSA		VOLÜMEN HORMIGÓN	TIPOS DE VIGUETAS SEGÜN PRODUCCIÓN STANDARD									
		h	e		TIPO 1	TIPO 2		TIPO 3	TIPO 4	TIPO 5	TIPO 6	TIPO 7	TIPO 8				
cm	cm	cm	cm	kg/m <sup>2</sup>	mm <sup>2</sup>	piezas/m <sup>2</sup>	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	kg/m/m	kg/m/m	kg/m/m	kg/m/m	kg/m/m	kg/m/m	kg/m/m	kg/m/m	kg/m/m	kg/m/m
40	10/100/31	10	15	171	2.50	2.50	0.057	591	805	858	981	1.150	1.580	1.651	1.851	2.021	
50	10/100/31	10	15	161	2.00	2.00	0.056	373	616	688	788	930	1.268	1.386	1.523	1.623	
60	10/100/31	10	15	157	1.67	1.67	0.055	335	538	571	658	776	1.058	1.211	1.356	1.456	
40	12/100/31	12	17	193	2.50	2.50	0.065	695	912	1.005	1.155	1.358	1.611	1.811	2.161	2.361	
50	12/100/31	12	17	179	2.00	2.00	0.062	557	758	803	925	1.088	1.377	1.536	1.891	1.991	
60	12/100/31	12	17	169	1.67	1.67	0.060	361	629	670	772	908	1.232	1.350	1.562	1.662	
40	15/100/31	15	20	206	2.50	2.50	0.071	852	1.117	1.219	1.411	1.655	2.233	2.631	2.870	3.270	
50	15/100/31	15	20	190	2.00	2.00	0.066	682	918	976	1.131	1.328	1.790	2.112	2.302	2.702	
60	15/100/31	15	20	178	1.67	1.67	0.061	559	766	811	913	1.106	1.491	1.763	1.921	2.121	
40	17/100/31	17	22	226	2.50	2.50	0.078	956	1.283	1.361	1.582	1.852	2.495	2.918	3.209	3.609	
50	17/100/31	17	22	205	2.00	2.00	0.073	766	1.028	1.092	1.267	1.481	1.999	2.363	2.673	3.073	
60	17/100/31	17	22	191	1.67	1.67	0.069	638	857	911	1.057	1.238	1.668	1.972	2.138	2.438	
40	20/100/31	20	25	256	2.50	2.50	0.092	1.113	1.388	1.550	1.839	2.119	2.896	3.418	3.719	4.119	
50	20/100/31	20	25	232	2.00	2.00	0.081	891	1.191	1.265	1.471	1.721	2.313	2.739	2.981	3.381	
60	20/100/31	20	25	211	1.67	1.67	0.075	713	923	1.056	1.228	1.436	1.929	2.285	2.487	2.887	
40	22/100/31	22	27	287	2.50	2.50	0.103	1.217	1.526	1.726	2.010	2.317	3.118	3.731	4.058	4.458	
50	22/100/31	22	27	251	2.00	2.00	0.093	971	1.301	1.381	1.610	1.879	2.622	2.990	3.252	3.652	
60	22/100/31	22	27	231	1.67	1.67	0.085	812	1.081	1.151	1.312	1.567	2.103	2.491	2.711	3.111	
40	25/100/31	25	30	301	2.50	2.50	0.109	1.371	1.830	1.931	2.267	2.613	3.610	4.201	4.607	5.007	
50	25/100/31	25	30	265	2.00	2.00	0.098	1.100	1.466	1.551	1.816	2.117	2.856	3.366	3.660	4.060	
60	25/100/31	25	30	242	1.67	1.67	0.090	917	1.221	1.296	1.513	1.766	2.366	2.808	3.053	3.453	

**LOSAS ALIGERADAS PRETENSADAS**



**MOMENTOS FLECTORES ADMISIBLES - CON VIGUETA DOBLE**

CARGA MUERTA = PESO PROPIO + CARGAS FERMIENTES

EJE EJE VIGUETA A	TIPÒ DE TEKHOPII	ESPEORES		PESO PPOPII	COMPONENTES DE LA LOSA		VOLUMEN HOMIPII	TIPOS DE VIGUETAS SEGUN PRODUCCION STANDARD									
		h	e		VIGUETAS	TEKHOPII		TIPÒ 1	TIPÒ 2	TIPÒ 3	TIPÒ 4	TIPÒ 5	TIPÒ 6	TIPÒ 7	TIPÒ 8		
		cm	cm		mm/m <sup>2</sup>	piezas/m <sup>2</sup>		kg/m	kg/m	kg/m	kg/m	kg/m	kg/m	kg/m	kg/m	kg/m	kg/m
40	10/100/34	10	5	15	5.00	5.00	0.062	937	1.291	1.375	1.977	1.861	2.535	2.971	3.216		
50	10/100/44	10	5	15	3.00	3.00	0.06	789	1.077	1.147	1.316	1.553	2.116	2.382	2.711		
60	10/100/54	10	5	15	3.34	3.34	0.069	677	923	983	1.129	1.332	1.816	2.130	2.328		
40	12/100/34	12	5	17	5.00	5.00	0.073	1.113	1.509	1.605	1.851	2.117	2.953	3.473	3.789		
50	12/100/44	12	5	17	3.00	3.00	0.069	929	1.259	1.340	1.543	1.816	2.465	2.899	3.163		
60	12/100/54	12	5	17	3.34	3.34	0.066	796	1.080	1.159	1.324	1.555	2.116	2.599	2.716		
40	15/100/34	15	5	20	5.00	5.00	0.083	1.364	1.837	1.953	2.251	2.651	3.680	4.325	4.603		
50	15/100/44	15	5	20	3.00	3.00	0.078	1.137	1.532	1.628	1.886	2.212	2.987	3.526	3.843		
60	15/100/54	15	5	20	3.34	3.34	0.074	975	1.314	1.397	1.618	1.897	2.653	3.026	3.298		
40	17/100/34	17	5	22	5.00	5.00	0.093	1.531	2.055	2.183	2.535	2.958	3.998	4.725	5.137		
50	17/100/44	17	5	22	3.00	3.00	0.087	1.276	1.713	1.821	2.113	2.475	3.336	3.933	4.295		
60	17/100/54	17	5	22	3.34	3.34	0.082	1.095	1.470	1.562	1.813	2.123	2.862	3.383	3.685		
40	20/100/34	20	5	25	5.00	5.00	0.111	1.782	2.393	2.530	2.945	3.432	4.625	5.478	5.962		
50	20/100/44	20	5	25	3.00	3.00	0.101	1.485	1.987	2.110	2.456	2.871	3.888	4.571	4.973		
60	20/100/54	20	5	25	3.34	3.34	0.093	1.273	1.704	1.809	2.106	2.452	3.309	3.921	4.268		
40	22/100/34	22	5	27	5.00	5.00	0.123	1.939	2.601	2.752	3.219	3.759	5.033	5.980	6.505		
50	22/100/44	22	5	27	3.00	3.00	0.111	1.523	2.169	2.302	2.683	3.134	4.207	4.989	5.327		
60	22/100/54	22	5	27	3.34	3.34	0.103	1.393	1.950	2.092	2.392	2.855	3.608	4.280	4.656		
40	25/100/34	25	5	30	5.00	5.00	0.135	2.199	2.929	3.108	3.630	4.233	5.670	6.732	7.319		
50	25/100/44	25	5	30	3.00	3.00	0.121	1.833	2.432	2.591	3.026	3.520	4.729	5.616	6.106		
60	25/100/54	25	5	30	3.34	3.34	0.111	1.572	2.093	2.252	2.695	3.027	4.056	4.817	5.238		

# **PANEL FOTOGRAFICO**



**FOTO. N° A.1**

*Vista del apoyo de viguetas con una viga peraltada.*



Fuente: Invuk SAC.

**FOTO. N° A.2**

*Vista del traslape de viguetas con una viga chata.*



Fuente: Invuk SAC.

**FOTO. N° A.3**

*Apuntalamiento de losa aligerada con viguetas prefabricadas.*



*Fuente: Invuk SAC.*

**FOTO. N° A.4**

*Vista de las instalaciones eléctricas y sanitarias.*



*Fuente: Invuk SAC.*

**FOTO. N° A.5**

*Vaciado de concreto en losa aligerada.*



Fuente: Invuk SAC.

**FOTO. N° A.6**

*Losa aligerada luego de desencofrar.*



Fuente: Invuk SAC.

**FOTO. N° A.7**

*Bovedillas de poliestireno en losas aligerada.*



Fuente: CIA Moromizato S.A.

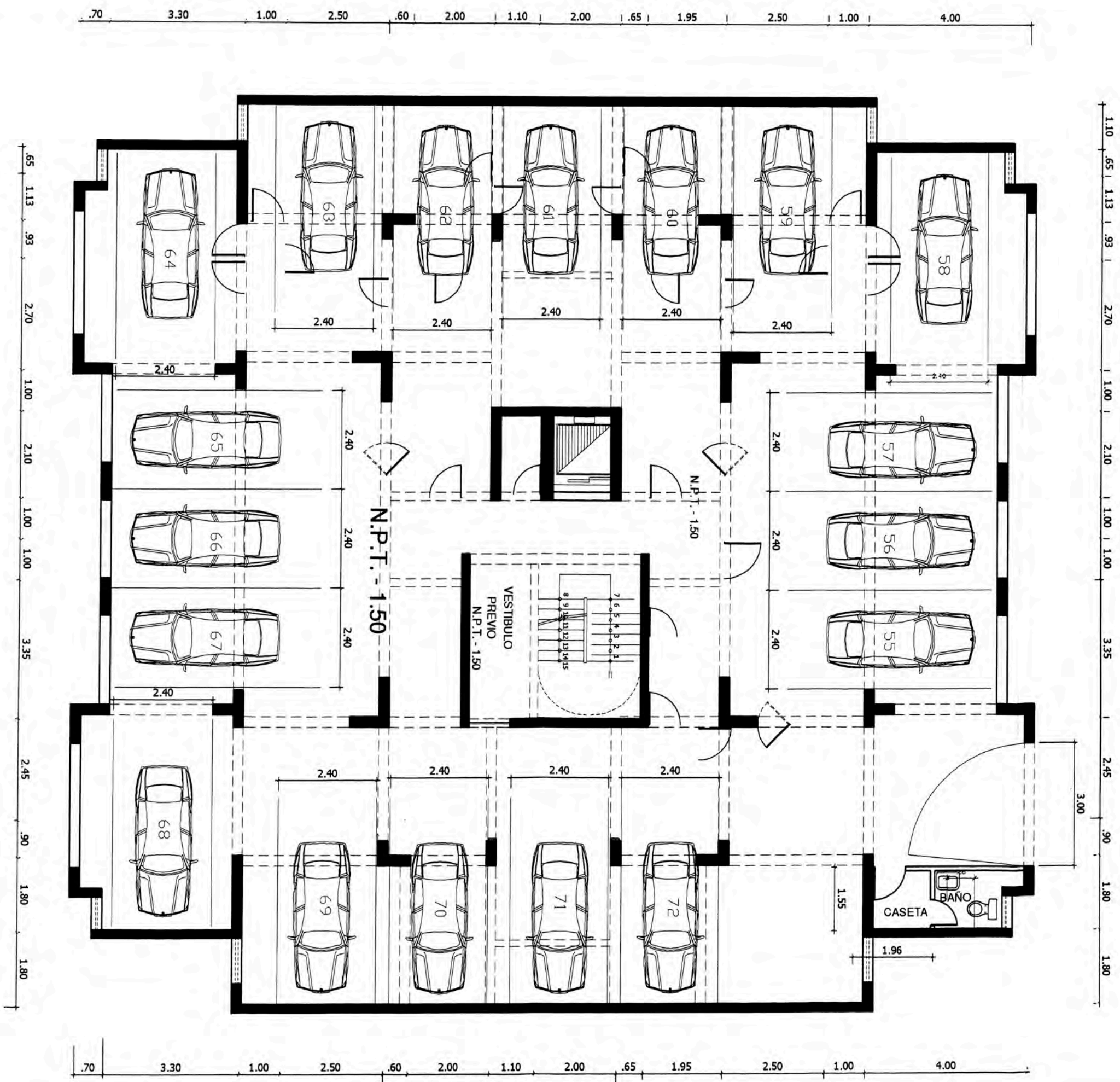
**FOTO. N° A.8**

*Instalaciones sanitarias sobre bandejas de concreto.*



Fuente: CIA Moromizato S.A.

# **PLANOS**



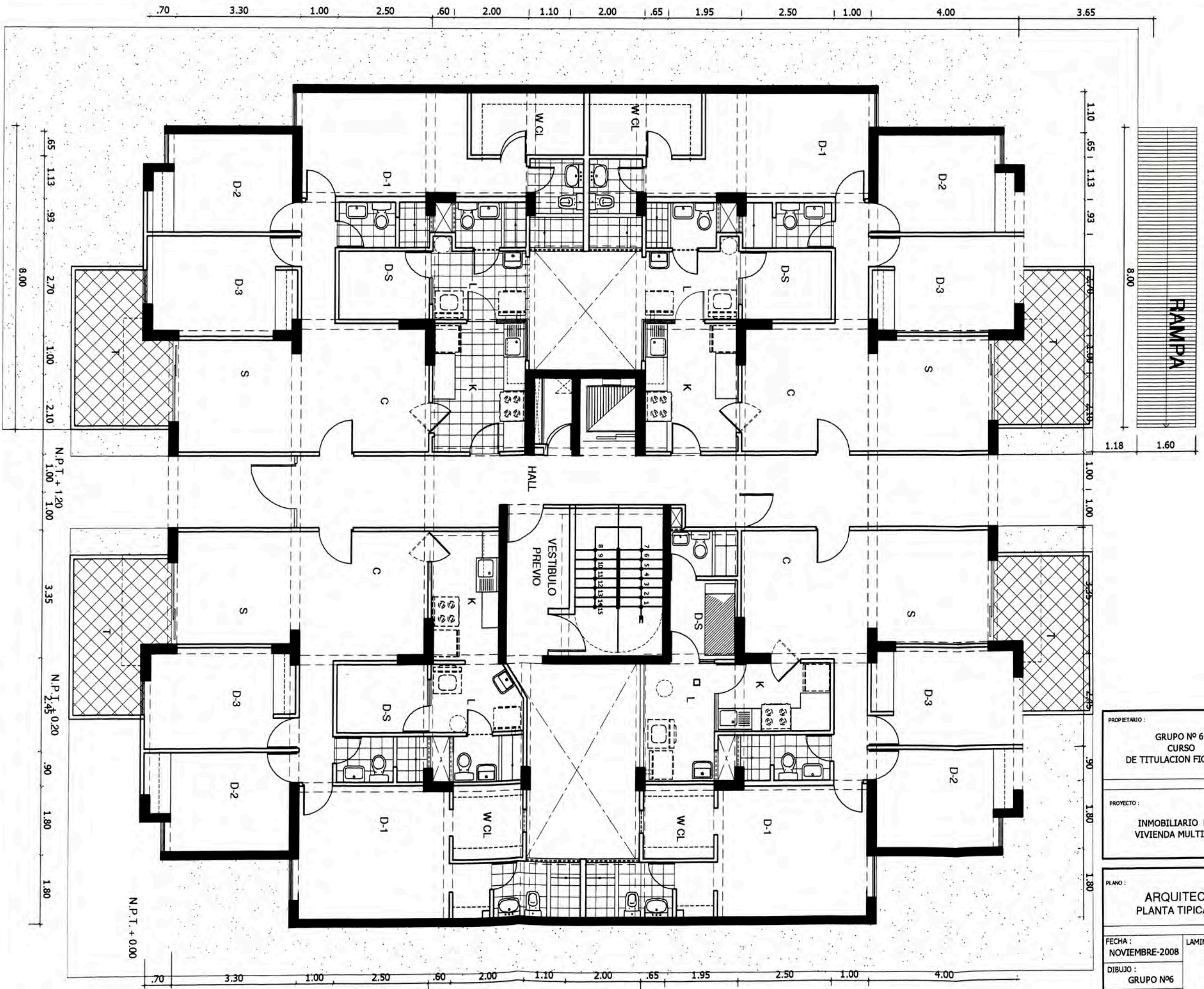
PROPIETARIO:  
GRUPO Nº 6  
CURSO  
DE TITULACION FIC. - UNI

PROYECTO:  
INMOBILIARIO BOLIVAR  
VIVIENDA MULTIFAMILIAR

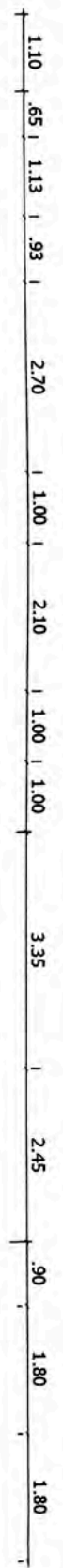
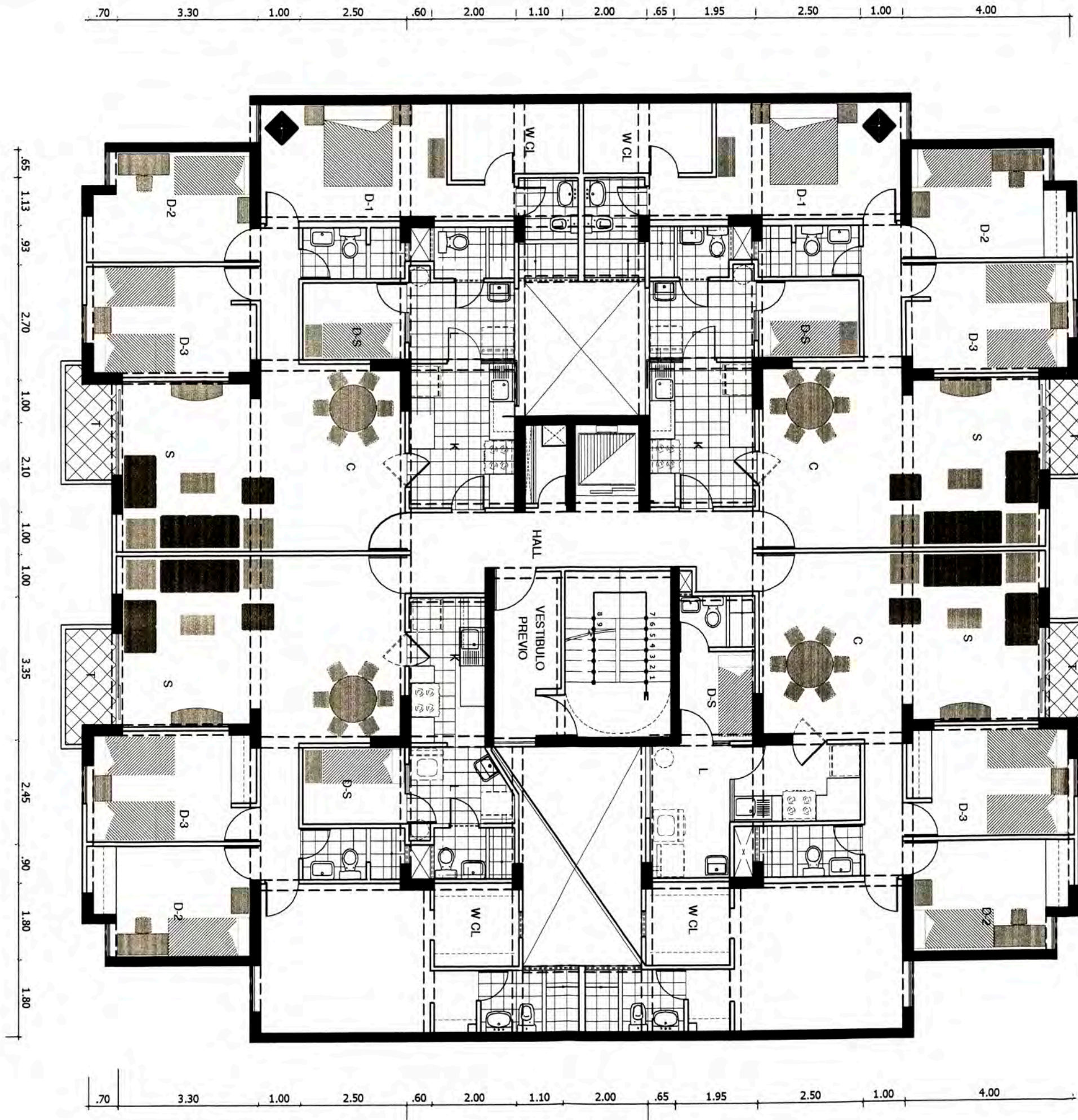
PLANO:  
ARQUITECTURA  
PLANTA TIPICA SEMISOTANO

FECHA:  
NOVIEMBRE-2008  
DIBUJO:  
GRUPO Nº6  
ESCALA:  
1/100

LAMINA:  
**A-01**



PROPIETARIO:	
GRUPO Nº 6 CURSO DE TITULACION FIC. - UNI	
PROYECTO:	
INMOBILIARIO BOLIVAR VIVIENDA MULTIFAMILIAR	
PLANO:	
ARQUITECTURA PLANTA TIPICA PISO 1	
FECHA:	LAMINA:
NOVIEMBRE-2008	A-02
DIBUJO:	ESCALA:
GRUPO Nº6	1/100



PROPIETARIO :  
GRUPO Nº 6  
CURSO  
DE TITULACION FIC. - UNI

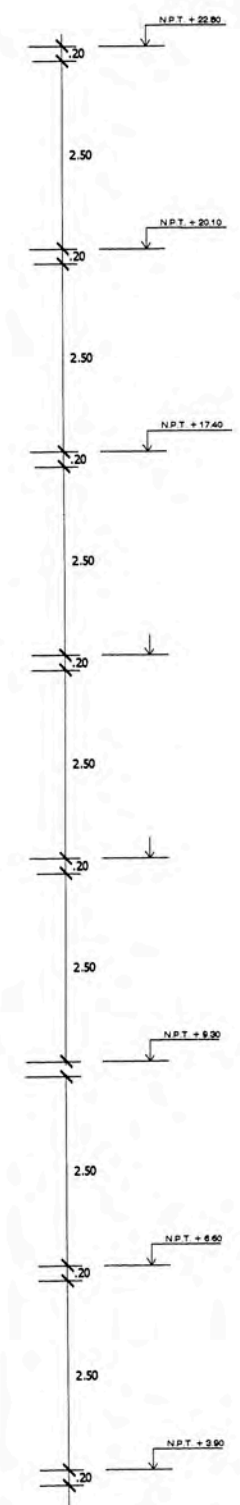
PROYECTO :  
INMOBILIARIO BOLIVAR  
VIVIENDA MULTIFAMILIAR

PLANO :  
ARQUITECTURA  
PLANTA TIPICA PISO 2 - 8

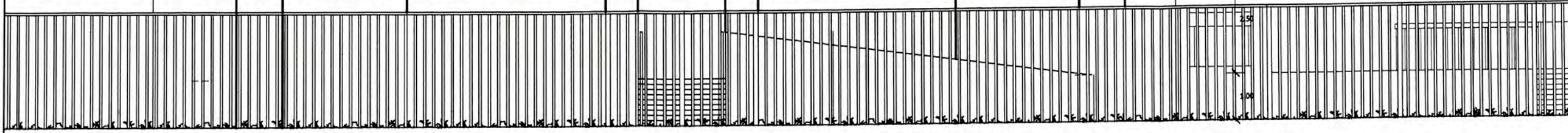
FECHA :  
NOVIEMBRE-2008  
DIBUJO :  
GRUPO Nº6  
ESCALA :  
1/100

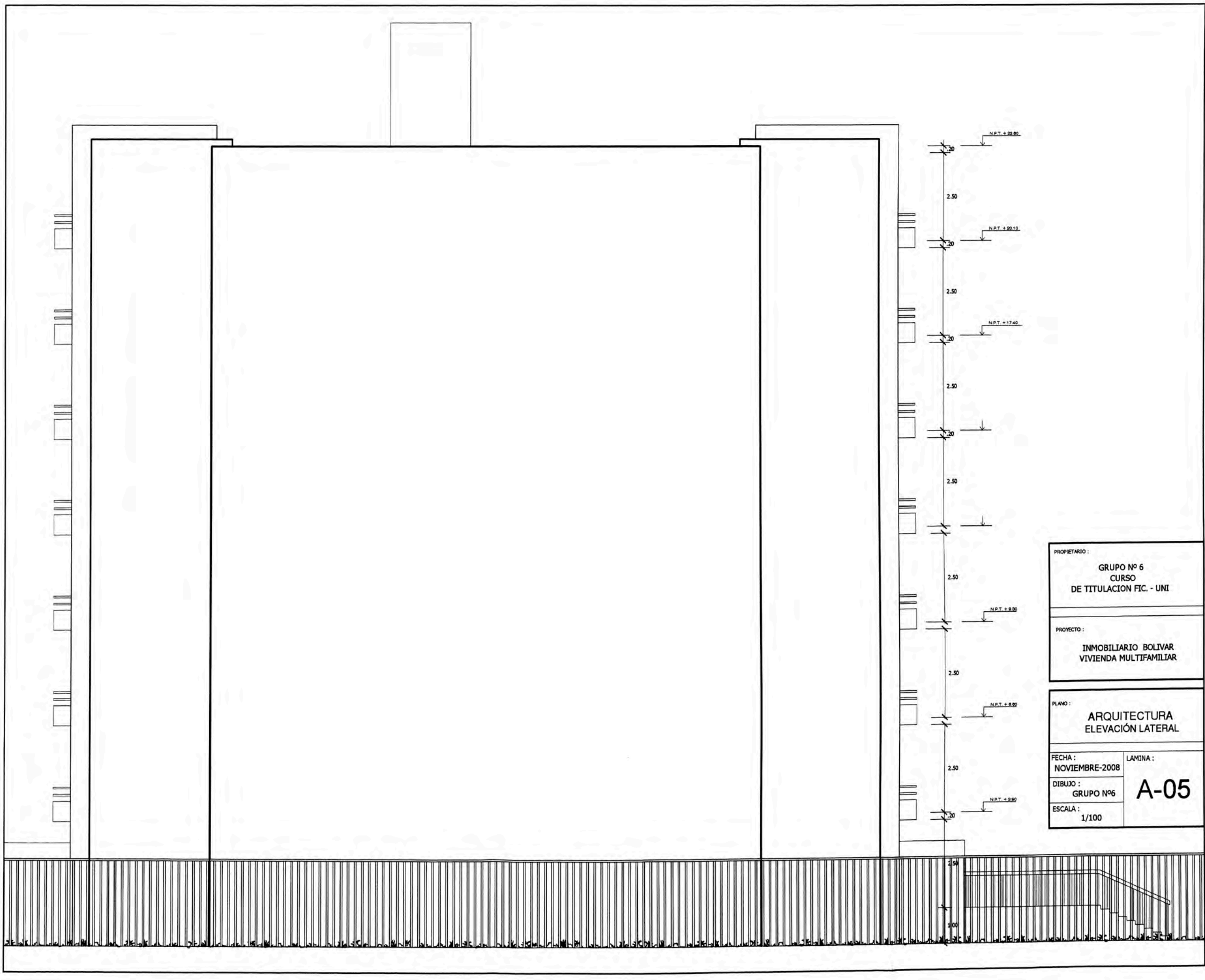
LAMINA :  
**A-03**



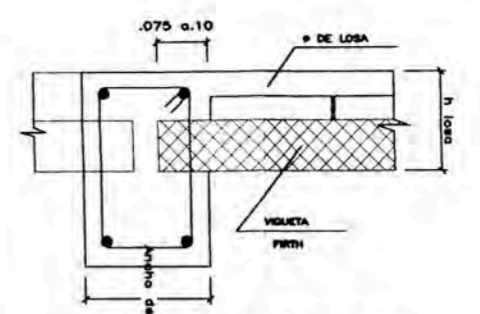
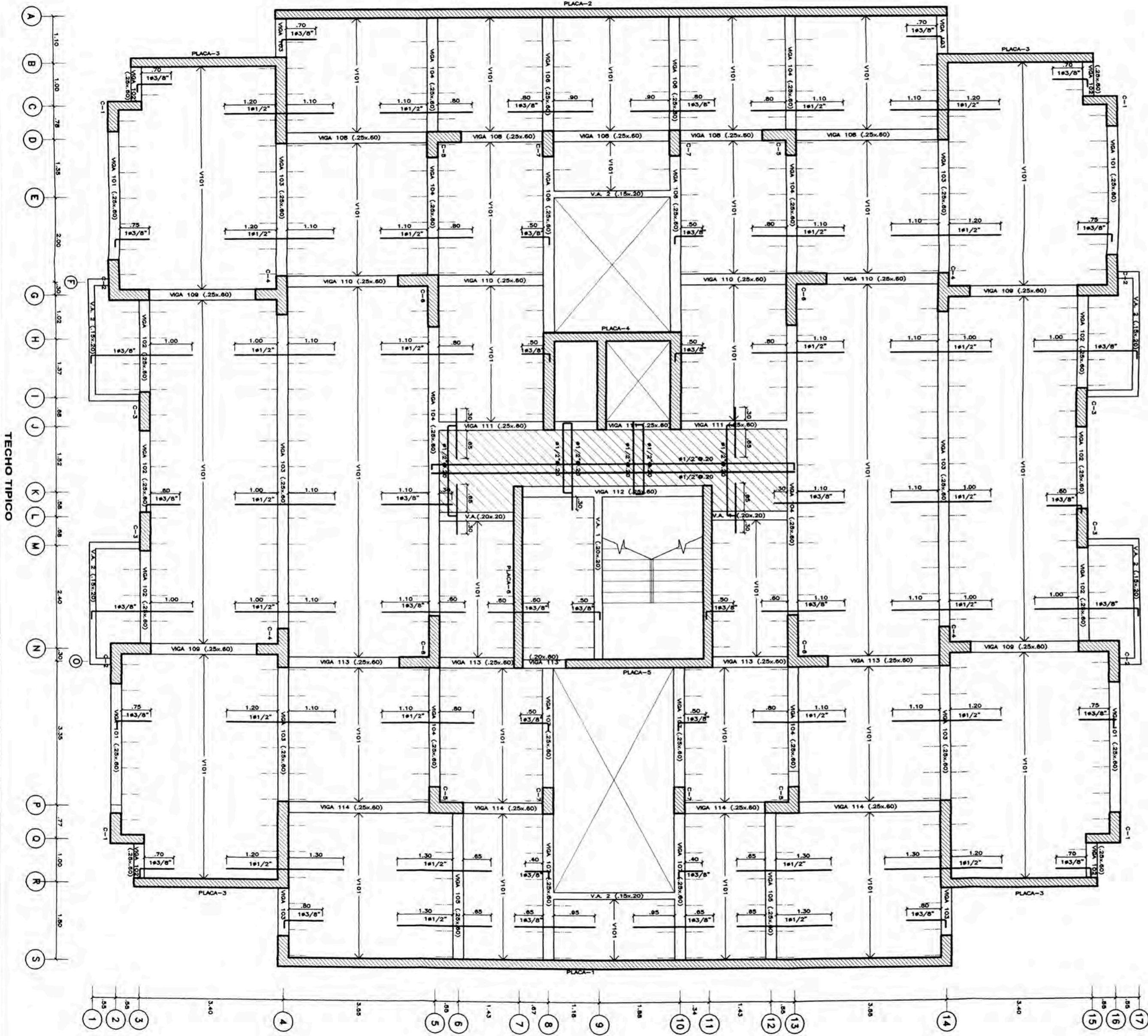


PROPIETARIO :	
GRUPO Nº 6 CURSO DE TITULACION FIC. - UNI	
PROYECTO :	
INMOBILIARIO BOLIVAR VIVIENDA MULTIFAMILIAR	
PLANO :	
ARQUITECTURA ELEVACIÓN PRINCIPAL	
FECHA :	LAMINA :
NOVIEMBRE-2008	<b>A-04</b>
DIBUJO :	
GRUPO Nº6	
ESCALA :	
1/100	





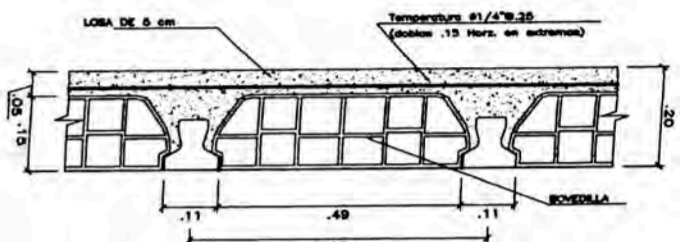
PROPIETARIO :	
GRUPO Nº 6 CURSO DE TITULACION FIC. - UNI	
PROYECTO :	
INMOBILIARIO BOLIVAR VIVIENDA MULTIFAMILIAR	
PLANO :	
ARQUITECTURA ELEVACIÓN LATERAL	
FECHA :	LAMINA :
NOVIEMBRE-2008	A-05
DIBUJO :	
GRUPO Nº6	
ESCALA :	
1/100	



**DETALLE DE APOYO DE VIGUETA EN VIGA PERALTADA**  
ESC. 1/10



**DETALLE DE APOYO DE VIGUETA EN SOLERA O VIGA CHATA**  
ESC. 1/10



**DETALLE DE ALIGERADO H=20 @0.60**  
ESC. 1/10

SOBRE CARGA PARA LOSA ALIGERADA DE TECHO: 200 KG/M2  
SOBRE CARGA PARA LOSA MACIZA DE TECHO: 300 KG/M2

PROPIETARIO :	
GRUPO Nº 6 CURSO DE TITULACION FIC. - UNI	
PROYECTO :	
INMOBILIARIO BOLIVAR VIVIENDA MULTIFAMILIAR	
PLANO :	
ESTRUCTURAS ALIGERADO PLANTA TÍPICA	
FECHA :	LAMINA :
NOVIEMBRE-2008	<b>E-01</b>
DIBUJO :	
GRUPO Nº6	
ESCALA :	
1/75	