



PROYECTO DE TRABAJO DE GRADO

**VENTAJAS DEL SISTEMA VIGUETA Y BOVEDILLA EN LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA
DE INTERÉS SOCIAL**

LUIS EDUARDO SIERRA RODRÍGUEZ

JHON JAIRO CRISPIN NIETO

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE OBRAS

BOGOTÁ D.C. NOVIEMBRE 2018



Atribución-NoComercial 2.5 Colombia (CC BY-NC 2.5)

La presente obra está bajo una licencia:
Atribución-NoComercial 2.5 Colombia (CC BY-NC 2.5)

Para leer el texto completo de la licencia, visita:
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.5/co/>

Usted es libre de:



Compartir - copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra

hacer obras derivadas

Bajo las condiciones siguientes:



Atribución — Debe reconocer los créditos de la obra de la manera especificada por el autor o el licenciante (pero no de una manera que sugiera que tiene su apoyo o que apoyan el uso que hace de su obra).



No Comercial — No puede utilizar esta obra para fines comerciales.

TABLA DE CONTENIDO

	Págs.
INTRODUCCIÓN.....	1
1. GENERALIDADES.....	2
1.1 LÍNEA DE INVESTIGACIÓN.....	2
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.2.1 Antecedentes del problema.....	3
1.2.2 Pregunta de Investigación.....	3
1.2.3 Variables del problema.....	4
1.3 JUSTIFICACIÓN.....	5
1.4 HIPOTESIS.....	5
1.5 OBJETIVOS.....	6
1.5.1 Objetivo General.....	6
1.5.2 Objetivos Específicos.....	6
1.6 CRONOGRAMA.....	6
1.7 PRESUPUESTO.....	7
2. MARCOS DE REFERENCIA.....	10
2.1 MARCO CONCEPTUAL.....	10
2.1.1 Sistema en mampostería estructural y confinada.....	10
2.1.1.1 Proceso constructivo.....	11
2.1.2 Sistema industrializado.....	13
2.1.3 Construcción de placas de entepiso.....	14
2.1.3.1 Formaletas.....	14
2.1.3.2 Parales.....	15
2.1.3.3 Armado de cerchas y camillas.....	16
2.1.3.4 Armado de vigas y viguetas.....	17

2.1.3.5 Instalaciones eléctricas e hidráulicas.....	18
2.1.3.6 Aligeramientos.....	19
2.1.3.7 Vaciado del concreto.....	20
2.1.3.8 Curado del concreto.....	22
2.2 MARCO TEÓRICO.....	23
2.2.1 Vigueta y Bovedilla.....	23
2.2.1.1 Antecedentes.....	23
2.2.1.2 Elementos del sistema Vigueta-Bovedilla.....	23
2.2.1.2.1 Vigueta Pretensada.....	24
2.2.1.2.2 Bovedilla.....	25
2.2.1.2.3 Losa de Compresión.....	25
2.2.1.2.4 Acero de Refuerzo de la Capa de Compresión.....	26
2.2.1.2.5 Cimbra Provisional.....	26
2.2.1.3 Procedimiento Constructivo de Losa de Vigueta y Bovedilla.....	26
2.2.1.3.1 Montaje de Viguetas.....	26
2.2.1.3.2 Apuntalamiento Provisional.....	27
2.2.1.3.3 Colocación de Bovedillas.....	27
2.2.1.3.4 Instalaciones Eléctricas e hidráulicas.....	28
2.2.1.3.5 Colocación de acero de Refuerzo.....	29
2.2.1.3.6 Capa de Compresión.....	29
2.2.2 Conceptos generales sobre costos.....	31
2.2.2.1 Introducción y generalidades de los costos.....	31
2.2.2.2 Características de los costos.....	31
2.2.2.3 Definición de costos indirectos.....	33
2.2.2.4 Definición de costos directos.....	34
2.2.2.4.1 Elaboración del costo directo.....	34
2.2.2.5 Precios unitarios.....	36
2.2.2.5.1 Definición de precios unitarios.....	36
2.2.2.5.2 Integración de precios unitarios.....	36

2.2.2.6 Presupuestos.....	37
2.2.2.6.1 Generalidades.....	37
2.2.2.6.2 Catálogo de obra.....	38
2.2.2.6.3 Números generadores.....	38
2.2.2.6.4 Cuantificación.....	39
2.2.2.6.5 Integración del presupuesto.....	39
2.2.2.6.6 Escalatorias.....	40
2.3 ESTADO DEL ARTE.....	40
3. METODOLOGÍA.....	43
3.1 FASES DEL TRABAJO DE GRADO.....	43
3.2 INSTRUMENTOS O HERRAMIENTAS UTILIZADAS.....	43
3.3 ALCANCES Y LIMITACIONES.....	43
4. PRODUCTOS A ENTREGAR.....	44
5. ENTREGA DE RESULTADOS ESPERADOS E IMPACTOS.....	44
5.1 APORTE DE LOS RESULTADOS A LA GERENCIA DE OBRAS.....	44
5.2 CÓMO SE RESPONDE A LA PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN CON LOS RESULTADOS...45	
5.3 CONCLUSIONES.....	68
5.4 ESTRATEGIAS DE COMUNICACIÓN Y DIVULGACIÓN.....	68
6. BIBLIOGRAFÍA.....	69

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Población por estratos socioeconómicos. Fuente: Revista Dinero.....	2
Figura 2 Figura 2 Mampostería estructural y confinada. Fuente: Flickr – Robert Carr.....	10
Figura 3 Proceso constructivo. Fuente: Construdata.....	12
Figura 4 Formaletas Sistema Industrializado Fuente: http://blog.360gradosenconcreto.com ...	13
Figura 5 Formaletas Fuente: Flickr – Omar Bárcena.....	15
Figura 6 Parales Fuente: Flickr – Omar Bárcena.....	16
Figura 7 Cerchas y camillas Fuente: Flickr – Concrete Forms.....	16
Figura 8 Vigas y Viguetas Fuente: Pixabay – cocoparisienne.....	18
Figura 9 Instalaciones eléctricas e hidráulicas Fuente: Flickr – Concrete Forms.....	19
Figura 10 Curado del concreto Fuente: Revista Flickr – Concrete Forms.....	22
Figura 11 Elementos Vigueta y Bovedilla Fuente: www.academia.edu/25309303/Viguetaybovedilla	24
Figura 12 Vigueta pretensada Fuente: www.academia.edu/25309303/Viguetaybovedilla	24

Figura 13 Bovedilla Fuente:	
www.academia.edu/25309303/Viguetaybovedilla	25
Figura 14 Montaje Viguetas Fuente:	
www.academia.edu/25309303/Viguetaybovedilla	27
Figura 15 Colocación de bovedillas Fuente:	
www.academia.edu/25309303/Viguetaybovedilla	28
Figura 16 Instalaciones eléctricas e hidráulicas Fuente:	
www.academia.edu/25309303/Viguetaybovedilla	28
Figura 17 Acero de refuerzo. Fuente:	
www.academia.edu/25309303/Viguetaybovedilla	29
Figura 18 Capa de compresión. Fuente: www.academia.edu/25309303/Viguetaybovedilla	30

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Presupuesto global de la propuesta por fuentes de financiación (en miles de \$).....	7
Tabla 2 Descripción de los gastos de personal (en miles de \$).....	7
Tabla 3 Descripción de los equipos que se planea adquirir (en miles de \$).....	8
Tabla 4 Descripción y cuantificación de los equipos de uso propio (en miles de \$).....	8
Tabla 5 Descripción del software que se planea adquirir (en miles de \$).....	8
Tabla 6 Descripción y justificación de los viajes (en miles de \$).....	8
Tabla 7 Valoración de las salidas de campo (en miles de \$).....	8
Tabla 8 Materiales y suministros (en miles de \$).....	9
Tabla 9 Bibliografía (en miles de \$).....	9
Tabla 10 Servicios Técnicos (en miles de \$).....	9

INTRODUCCIÓN

Actualmente existen variados sistemas constructivos dentro de los cuales se destacan los prefabricados ya que al ser un producto industrializado, es más económico y versátil. En Colombia la construcción de vivienda de interés social está enfocada en ser una solución de vivienda accesible para las personas más necesitadas, este tipo de viviendas está cada vez más utilizando sistemas prefabricados para su construcción, sin embargo en Colombia aún falta la utilización de más soluciones prefabricadas tal como sucede en otros países como México, Chile Argentina, etc., donde se utiliza un sistema de entrepiso llamado vigueta y bovedilla el cual consiste en viguetas pretensadas apoyadas en parales o puntales y un elemento aligerante llamado bovedilla, que se coloca entre viguetas con una capa de compresión para su terminación.

En Colombia existe una empresa llamada Manufacturas de Cemento S.A. "TITÁN" la cual es pionera en la manufactura de prefabricados; actualmente brinda al mercado un sistema de entrepiso similar llamado placa alveolar, la cual es fabricada con una máquina especial que también puede fabricar viguetas pretensadas.

La compañía se encuentra interesada en introducir al mercado el sistema de vigueta y bovedilla, aprovechando la funcionalidad que tiene dicha máquina, para fabricar diferentes tipos de prefabricados. De acuerdo a esto, se pretende realizar un estudio de mercado y una investigación de la viabilidad de la utilización de este sistema de entrepiso, en la construcción de vivienda de interés social en la ciudad de Bogotá.

1 GENERALIDADES

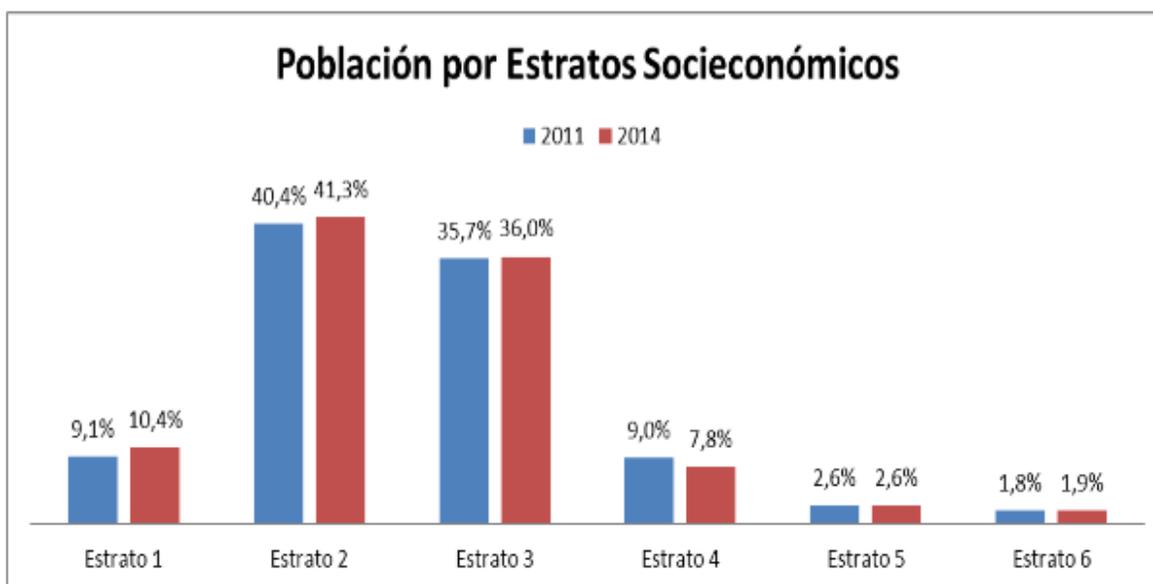
1.1 LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Gestión y tecnología para la sustentabilidad de las comunidades

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Gracias al crecimiento poblacional que se evidencia en la ciudad de Bogotá donde al día de hoy según estudios arrojados por el DANE en el año 2014 la población total de la ciudad era de 7.8 millones de personas y aumentando progresivamente con el paso del tiempo, se presenta una creciente demanda en vivienda de interés social ya que en estudios arrojados por la misma fuente el 51.7% de la población pertenece a los estratos socioeconómicos más bajos como lo muestra la Imagen 01.

Figura 1 Población por estratos socioeconómicos. Fuente: Revista Dinero



Este crecimiento poblacional implica la oferta y demanda de vivienda estratos 1, 2 y 3 donde ofrecemos una alternativa diferente de sistema constructivo que puede ofrecer beneficios económicos que favorecen a las empresas constructoras como a los clientes

compradores ya que reducen gastos, por lo tanto puede disminuir el costo de la vivienda, sin perder la estabilidad y beneficios que ofrecen los demás sistemas constructivos.

1.2.1 Antecedentes del problema

Actualmente en la ciudad de Bogotá se trabajan los siguientes sistemas:

- Sistema constructivo tradicional mampostería
- Sistema constructivo prefabricado
- Sistema constructivo industrializado

De acuerdo con la demanda de vivienda que arroja la Cámara Colombiana de la Construcción (CAMACOL) existe un alza del 7.4% en el segmento residencial, este fenómeno se presenta gracias al crecimiento poblacional con el que cuenta la ciudad de Bogotá, en vista de estas cifras se ha hecho énfasis en encontrar otro sistema constructivo que aporte beneficios tanto a las constructoras o contratistas por sus reducciones en costos como a la empresa Titán para poder generar oferta y demanda en la elaboración de estos prefabricados.

1.2.2 Pregunta de investigación

¿Qué ventajas ofrece el sistema vigueta y bovedilla a la construcción de vivienda de interés social?

1.2.3 Variables del problema

Las variables que se pretenden estudiar en el proyecto son las siguientes:

- Rendimiento: se deben estudiar los rendimientos y qué variables pueden afectar los mismos, por ejemplo en el alistamiento de parales, en la instalación y armado o en el tiempo de curado, partes importantes para la terminación eficaz de un proyecto de este tipo.
- Calidad: la calidad está presente en todo tipo de producto y esta no es la excepción, se debe tener muy en cuenta esta variable ya que al ser un producto prefabricado tiene un punto a favor y es que al ser un producto industrializado tiene más controles de calidad que un producto construido en situ como se hace normalmente en obra.
- Costos: esta variable afecta a todos los interesados, tanto al fabricante como al constructor y al consumidor final, ya que desde que se fabrica hasta que se entrega, pueden haber variables de costos que afecten tanto a unos como a los otros, por lo tanto se debe tener muy en cuenta.
- Mano de obra: la mano de obra puede afectar a las otras variables por ejemplo a los rendimientos a la calidad o a los costos, por tal motivo se debe estudiar esta variable en simultáneo con las demás.
- Maquinaria y equipos: se puede investigar qué tipo de equipos y maquinaria son necesarios o de cuales podemos prescindir tanto para la fabricación como para la instalación y además poder calcular rendimientos y costos.
- Seguridad: se debe evaluar la seguridad de este sistema constructivo y tener en cuenta las normas vigentes para tal fin.

1.3 JUSTIFICACIÓN

Actualmente en Colombia se están desarrollando muchos proyectos de vivienda de interés social ya que son de vital importancia para la sociedad. en el desarrollo de estos proyectos se están utilizando con mayor frecuencia productos prefabricados ya que dichos elementos aportan versatilidad economía y rendimiento, sin embargo no se está aprovechando al máximo este tipo de elementos en las construcciones tradicionales en Colombia, con este trabajo se pretende realizar un estudio al sistema denominado vigueta y bovedilla el cual es ampliamente utilizado en otros países como sistema constructivo y que en Colombia no se tiene amplio conocimiento de la existencia del mismo, se pretende conocer las ventajas y beneficios que le traerían al fabricante, al constructor y finalmente al consumidor final.

Igualmente de los resultados que arroje esta investigación se podrán tener en cuenta para el desarrollo y la implementación de este sistema constructivo a base de prefabricados en la empresa Manufacturas de Cemento S.A. "TITÁN" ya que cuenta con la tecnología necesaria para su fabricación y de esta manera poder ampliar su catálogo de productos al mercado.

1.4 HIPÓTESIS

La vigueta y bovedilla es un sistema constructivo a base de prefabricados, y debido a esto se puede asumir que existen algunas ventajas frente al sistema tradicional, a continuación podemos nombrar algunas de estas ventajas:

- Ahorro en formaleta total de la placa.
- Ahorro de mano de obra en el armado de la formaleta y del acero.
- Ahorro de tiempo en la ejecución de la obra.
- Menor costo por metro cuadrado de placa.
- Reducción de desperdicios.
- Mejora la calidad de la construcción.
- Se proporciona aislamiento acústico.

- Procedimiento constructivo sencillo (no requiere mano de obra especializada).

1.5 OBJETIVOS

1.5.1 Objetivo general

Evaluar y comparar las ventajas del sistema “vigueta y bovedilla” contra los sistemas convencionales que están actualmente en la ciudad de Bogotá para la construcción de vivienda de interés social.

1.5.2 Objetivos específicos

- Evaluar el mercado, los costos de ejecución, el tiempo de realización y el componente técnico
- Comparar y evaluar los sistemas constructivos que existen en la actualidad, verificando rendimiento, costos y que cumpla con las normas exigidas.
- Apoyar mediante el análisis propuesto, el desarrollo de nuevos productos, a la empresa Manufacturas de Cemento S.A. “TITÁN”

1.6 CRONOGRAMA

CRONOGRAMA																				
ACTIVIDAD	JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE				OCTUBRE				NOVIEMBRE			
	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4
Investigacion	■	■	■	■																
Entrega 1					■															
Trabajo en campo						■	■	■	■	■										
Entrega 2											■									
Recopilacion de la informacion												■	■	■	■	■	■	■		
Desarrollo														■	■	■	■	■		
Entrega 3																		■		
Correcciones																			■	■
Entrega final																				■

1.7 PRESUPUESTO

Tabla 1 Presupuesto global de la propuesta por fuentes de financiación (en miles de \$).

RUBROS	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
PERSONAL	\$ 4,000,000	\$ 20,000,000
EQUIPOS	\$ 6,800,000	\$ 6,800,000
SOFTWARE	\$ 400,000	\$ 400,000
MATERIALES	\$ 12,000	\$ 12,000
SALIDAS DE CAMPO	\$ 24,000	\$ 48,000
MATERIAL BIBLIOGRÁFICO	\$ 920,000	\$ 920,000
PUBLICACIONES Y PATENTES	\$ 0	\$ 0
SERVICIOS TÉCNICOS	\$ 0	\$ 0
VIAJES	\$ 0	\$ 0
CONSTRUCCIONES	\$ 0	\$ 0
MANTENIMIENTO	\$ 0	\$ 0
ADMINISTRACIÓN	\$ 5,000,000	\$ 5,000,000
TOTAL		\$ 33,180,000

Tabla 2 Descripción de los gastos de personal (en miles de \$).

INVESTIGADOR / EXPERTO/ AUXILIAR	FORMACIÓN ACADÉMICA	FUNCIÓN DENTRO DEL PROYECTO	DEDICACIÓN Horas/semana	VALOR
Jhon Jairo Crispin	Profesional	Analista e investigador	10	\$2,000,000
Luis Eduardo Sierra	Profesional	Analista e investigador	10	\$2,000,000
TOTAL				\$4,000,000

Tabla 3 Descripción de los equipos que se planea adquirir (en miles de \$).

EQUIPO	JUSTIFICACIÓN	VALOR TOTAL
Impresora multifuncional	Impresión y copias de los documentos que se necesitan o a entregar	\$800,000
TOTAL		\$800,000

Tabla 4 Descripción y cuantificación de los equipos de uso propio (en miles de \$)

EQUIPO	VALOR TOTAL
Computadores portátiles	\$6,000,000
TOTAL	\$6,000,000

Tabla 5 Descripción del software que se planea adquirir (en miles de \$).

SOFTWARE	JUSTIFICACIÓN	VALOR TOTAL
Microsoft Project	creación y edición del presupuesto y programación	\$400,000
TOTAL		\$400,000

Tabla 6 Descripción y justificación de los viajes (en miles de \$).

LUGAR / NO. DE VIAJES	JUSTIFICACIÓN ¹	PASAJES (\$)	ESTADÍA (\$)	TOTAL DÍAS	TOTAL
TOTAL					\$ 0

Tabla 7 Valoración de las salidas de campo (en miles de \$).

ITEM	COSTO UNITARIO	#	TOTAL
Visita a Manufacturas de Cemento S.A. "TITÁN"	\$ 24,000	2	\$ 48,000
TOTAL			\$ 48,000

Tabla 8 Materiales y suministros (en miles de \$)

MATERIALES	JUSTIFICACIÓN	VALOR TOTAL
Resma de papel	Para copias e impresión del documento	\$ 12,000
TOTAL		\$ 12,000

Tabla 9 Bibliografía (en miles de \$).

ÍTEM	JUSTIFICACIÓN	VALOR TOTAL
NSR -10	soporte diseño estructural	\$ 800,000
Construdata	verificar rendimientos y costos	\$ 120,000
TOTAL		\$ 920,000

Tabla 10 Servicios Técnicos (en miles de \$).

TIPO DE SERVICIOS	JUSTIFICACIÓN	VALOR TOTAL
TOTAL		\$ 0

Nota: Formato utilizado por Colciencias.

2 MARCOS DE REFERENCIA

2.1 MARCO CONCEPTUAL

Los sistemas constructivos que se realizan en la actualidad, para la vivienda de interés social en la ciudad de Bogotá, se describen a continuación:

2.1.1 Sistema en mampostería estructural y confinada.

La mampostería estructural es un sistema compuesto por bloques de concreto u otros materiales que conforman sistemas monolíticos que pueden resistir cargas de gravedad, sismo y viento. Este sistema está básicamente fundamentado en la construcción de muros colocados a mano, de perforación vertical, reforzadas internamente con acero estructural y alambres de amarre, los cuales cumplen todas las especificaciones propuestas en el Título D de la NSR – 10. Las celdas de las unidades de mampostería se pueden rellenar parcial o completamente con mortero de relleno.



Figura 2 Mampostería estructural y confinada. Fuente: Flickr – Robert Carr

2.1.1.1 Proceso constructivo

En general para la construcción de estructuras de mampostería estructural se deben seguir una serie de pasos que son esenciales en todos los procesos, sin importar el tipo de diseño que se tenga, cumpliendo con todas las especificaciones consignadas en la versión vigente de la Norma Sismo Resistente. Se debe tener en cuenta que los bloques se pegan con un mortero en capas de 1 cm de espesor, el cual puede variar en +/- 4 mm. Estos se colocan en traba para que de este modo se pueda tener un comportamiento apropiado al terminar las piezas entrelazadas.

- Realizar limpieza del área de trabajo y las respectivas excavaciones para la ubicación de instalaciones y mallas
- Vaciar concreto pobre o de limpieza para las vigas de cimentación.
- Construir la cimentación y en ella dejar los hierros de arranque que van por las celdas verticales de los bloques estructurales.
- Se puede proceder a instalar la primera hilada, verificando las dimensiones de los vanos de las puertas. Los ladrillos en donde se encuentran los refuerzos de acero estructural deben tener una caja para conformar la ventana de limpieza de esa cavidad cuando se termine de levantar el muro.
- Para ubicar las hiladas de forma sucesiva se pueden marcar los niveles en boquilleras para asegurar que se construyen de forma nivelada a las pegas. La distribución debe considerar espacios que permitan colocar piezas enteras en altura. Esto es de gran importancia cuando se desea dejar los ladrillos a la vista.
- Se van colocando los ladrillos de forma sucesiva teniendo en cuenta que queden nivelados y aplomados. Para esto se emplean hilos en los niveles descritos anteriormente junto con la boquilla y plomada. Se debe controlar el espesor del mortero de pega disponiendo de forma correcta los refuerzos horizontales correspondientes.

- En las celdas verticales de los ladrillos se van disponiendo las instalaciones de servicios eléctricos, de agua, sanitarias, etc.
- Al momento de alcanzar la altura deseada del muro se debe limpiar la celda. Se puede utilizar la misma varilla que va de refuerzo en esa celda y por la ventana que se dejó en la primera hilada se extrae el material suelto por la limpieza.
- Seguido a esto y la instalación del refuerzo correspondiente, se humedece la celda y ésta se rellena con mortero fluido. Por lo general sobre los muros de mampostería se apoya un una placa de entrepiso o el de una cubierta, Para el primer caso se cuidará que el refuerzo se prolongue en una longitud que considera el espesor de la placa de entrepiso, o viga de ésta, y el traslapo del muro siguiente. Cuando el remate es una placa de cubierta el refuerzo de la celda rematará con un gancho para anclarse en la placa de cubierta o viga de remate del muro.
- Después de rellenar las celdas se arma y funde la placa de entrepiso o de cubierta o las vigas de remate del muro si es el caso. Esta placa le da rigidez a los muros y complementa el sistema estructural.

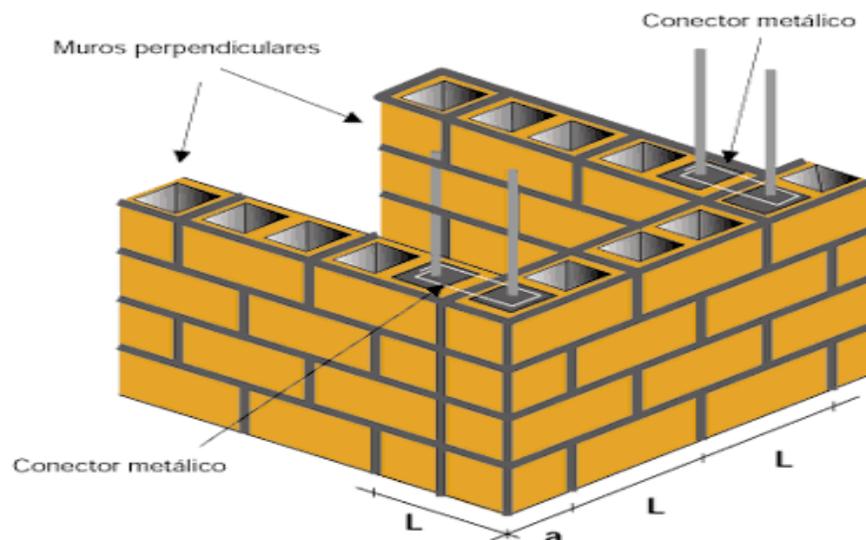


Figura 3 Proceso constructivo. Fuente: Construdata

2.1.2 Sistema industrializado.

Es un sistema constructivo desarrollado en Estados Unidos de amplio uso en el contexto internacional. Emplea formaleta, concreto y acero de refuerzo. Para su construcción se funden muros de concreto 'in situ' empleando formaletas de aluminio que permiten obtener un buen terminado con un notable rendimiento de construcción puesto que las instalaciones y el refuerzo resultan de fácil colocación en la obra. El sistema está certificado frente a la NSR-10. El sistema permite una alta eficiencia de ejecución con muy bajos desperdicios de material, permitiendo así mismo una disminución de costos que pueden ser transferidos al comprador final.

Los muros conforman una estructura portante con buen comportamiento frente a la acción de sismos intensos. Las características de aislamiento acústico y térmico con las cuales resultan las construcciones cumplen con los requerimientos en esta materia. Dado que el sistema emplea una formaletería flexible en cuanto a las dimensiones de la construcción, se pueden obtener diferentes modelos arquitectónicos en edificaciones de varios pisos. Vale la pena mencionar que como en otros sistemas en los cuales los muros conforman la estructura, la edificación terminada no puede modificarse interviniendo los mismos.

<http://revistamakinariapesada.com/?p=1760>



Figura 4 Formaletas Sistema Industrializado Fuente: <http://blog.360gradosenconcreto.com>

2.1.3 Construcción de placas de entepiso

El armado y ejecución de una placa aérea o de entepiso posee varias etapas generales, cada una de las cuales debe ser realizada de forma precisa y cuidadosa.

2.1.3.1. Formaletas

Son estructuras usadas de forma temporal para sostener la placa de entepiso mientras ésta adquiere las propiedades mecánicas óptimas para la cual fue diseñada. En conjunto con elementos verticales (parales) y horizontales (cerchas metálicas) conforman el sistema de encofrado sobre el cual se apoyan los tableros o camillas que sirven como base de la placa que se va a fundir. Para su armado se inicia con módulos rectangulares de 4 parales, los cuales van arriostrados con crucetas que sirven para dar rigidez a la estructura temporal en caso de que se presenten movimientos horizontales, sin deformarse y/o colapsar.

Las camillas más utilizadas son de madera por su economía y durabilidad, pero también se encuentran en fibra y aluminio. Con el tablero armado se procede a la nivelación más cuidadosa de la formaleta, graduando la altura de los parales con el regulador de rosca, y controlando en varios puntos con ayuda de un listón con la medida exacta del entepiso.

Es de gran importancia que antes de usar las camillas, se haga una inspección de su superficie para asegurar que no tenga ninguna imperfección, agujeros o esté sucia, debido a que si se presentan daños pueden generar derrames de concreto en placas inferiores, obligando a realizar reparaciones y arreglos posteriores de forma innecesaria.

Cuando se presenten imperfecciones en las camillas, estas se pueden reparar usando materiales como tela asfáltica o la guadua con los cuales se sellan las aberturas y roturas para tener una superficie uniforme en el tablero. Seguido a esto se cubre con un removedor de formaleta ayudado de un cepillo o un rodillo para facilitar el posterior proceso de desencofrado.

Es muy importante armar los cuellos de las columnas ya que no siempre el tamaño de las camillas coincide perfectamente con el espacio que hay que dejar para que pase la columna. Estos cuellos se arman en tabla, bordeando la columna y bien fijados al tablero para evitar vacíos y grietas en la formaleta.



Figura 5 Formaletas Fuente: Flickr – Omar Bárcena

2.1.3.2. Parales

Los parales vienen armados en dos secciones, una de mayor diámetro que la otra, para que de este modo se pueda ajustar la altura deseada, asegurándolo con un pasador. Es de gran importancia que al realizar el armado de los parales con sus respectivos arriostramientos se deje un corredor libre para que se pueda movilizar la persona encargada de realizar los ajustes a las formaletas y parales



Figura 6 Parales Fuente: Flickr – Omar Bárcena

2.1.3.3. Armado de cerchas y camillas

Se sigue con la instalación de las cerchas en la parte superior y posteriormente las camillas para conformar los tableros finales. Se aconseja el uso de listones para poder nivelar los tableros, esto ajustando la altura de los parales con el regulador de rosca que posee.



Figura 7 Cerchas y camillas Fuente: Flickr – Concrete Forms

2.1.3.4. Armado de vigas y viguetas

Para este procedimiento se debe realizar un cimbrado en toda la placa, el cual consiste en la demarcación de los ejes del edificio sobre la formaleta con ayuda de un hilo impregnado de mineral rojo. Además se ubican las vigas y viguetas. También pueden demarcarse los elementos de la placa (instalaciones domiciliarias) con minerales de colores diferentes por cada elemento, para facilitar su ubicación.

Con respecto al armado del acero estructural de las vigas y viguetas, se aconseja almacenarlos en obra de acuerdo a su diámetro y longitud para su fácil ubicación en el momento en que vayan a ser instaladas. Es recomendable armar las vigas en un solo sentido y realizar su posterior inspección para continuar con el otro sentido de vigas y volver a realizar una segunda inspección. Este armado debe realizarse estrictamente como se indica en los planos estructurales, respetando siempre sus traslapos, espaciamientos, ganchos, longitudes y diámetros. Es de gran importancia el uso de distanciadores, para garantizar la correcta posición del acero de refuerzo, así como su recubrimiento.

Se debe tener especial cuidado en el alineamiento y posición de las viguetas después de armada la placa y colocado el casetón debido a que se pueden generar desplazamientos. Las viguetas deben tener sección uniforme según los planos estructurales.

En el caso de que se construya una placa maciza, el orden de armado será el mismo: primero las vigas y la malla inferior, y por último la malla superior de la placa. Las mallas deben mantenerse en posición con la ayuda de accesorios que garanticen la posición del refuerzo.



Figura 8 Vigas y Viguetas Fuente: Pixabay – cocoparisienne

2.1.3.5. Instalaciones eléctricas e hidráulicas

Se debe realizar una buena coordinación con los contratistas encargados de este tipo de instalaciones, ya que muchas veces se pueden presentar confusiones en la ubicación de estos elementos, generando cambios arquitectónicos innecesarios. Cuando se tenga que realizar un cruce de tubería por una viga o una vigueta, estos deben hacerse de forma perpendicular, para disminuir el cambio de sección transversal y nunca de forma diagonal ya que esto genera un cambio drástico en el elemento, produciendo cambios en su comportamiento estructural, lo que puede derivarse en que la tubería recibiría cargas hasta generar rotura, ocasionando problemas adicionales posteriormente.

El cruce de tubería se debe realizar en el tercio central de la luz, ya que en esta zona se presenta la menor fuerza cortante del elemento estructural y afecta en menor medida la integridad de la tubería como lo especifica el título E de la NSR – 10. De igual forma los cruces nunca deben ir ni en los nudos ni en los apoyos y se debe procurar que las salidas de las tuberías queden ubicadas en la parte donde quedará ubicado el casetón. Para garantizar las pendientes de las tuberías, éstas deben ir apoyadas en bloques o ladrillos y

amarradas de forma que no se desplacen. Se debe realizar una prueba a la tubería antes del vaciado de la placa, llenándola a presión y con ayuda de un manómetro asegurar que ésta no tenga ningún tipo de escape.

Nunca se deben ubicar tuberías en las columnas, debido a que se pierde totalmente la sección resistente afectando la seguridad de la estructura en general.



Figura 9 Instalaciones eléctricas e hidráulicas Fuente: Revista Flickr – Concrete Forms

2.1.3.6. Aligeramientos

Cuando se termine de armar la formaleta de la placa se procederá a la instalación del aligeramiento. Generalmente se emplea casetón de guadua forrado en lona o plástico. Recientemente se está generalizando el uso de aligeramientos de polipropileno expandido o moldes de aluminio.

2.1.3.7. Vaciado del concreto

Cuando la placa está totalmente armada y lista para vaciar el concreto, debe hacerse la última revisión por parte de la interventoría y dejar constancia en el libro de obra que todas las condiciones y requisitos se han cumplido satisfactoriamente y que la placa está lista para el vaciado del concreto. Las formaletas deben mojarse con agua, en especial si son nuevas, para prevenir que absorban el agua de la mezcla de concreto afectando su manejabilidad y resistencia.

Lo primero que se funde es la torta inferior de la placa. Usualmente esta torta mide entre 3 y 4 cm, y por lo tanto no se debe vaciar demasiado concreto pues se está generando un espesor mayor de torta, y por consiguiente un desperdicio de concreto y una gran sobrecarga en la placa estructural. A medida que se avanza en la fundida de la torta inferior, y que los casetones vuelven a ser colocados en su lugar, se procede a colocar la malla de refuerzo superior. La torta superior es de gran importancia estructural, y en ella reside en gran parte de la capacidad de la placa para resistir el sismo.

El refuerzo que se coloca en esta torta le brinda la rigidez necesaria a la placa para que cuando reciba la acción de la fuerza sísmica horizontal, no se deforme en su plano y por tanto actúe como un diafragma rígido que se mueva como un todo ante esta fuerza, evitando su falla y permitiendo la adecuada repartición de cargas entre elementos de la estructura.

La malla que se coloque debe ser del tipo especificado en planos. Además, deberá traslapar en vigas al menos un recuadro de la misma malla electrosoldada y debe quedar bien amarrada para que al fundir la torta no quede sobresaliendo del afinado.

En la fundida de los elementos debe empezar por llenarse las vigas y viguetas, teniendo cuidado de no descargar mucho concreto en un mismo sitio pues se corre el riesgo de fallar una de las cerchas que sostienen las camillas. Así se evita golpear las paredes de los casetones y la presión que el concreto ejerce sobre ellas que puede deformar e incluso romper algunos casetones, afectando las dimensiones de las vigas y desperdiciando

material.

Durante este proceso en el piso de abajo siempre hay personal encargado de vigilar la nivelación de la placa, controlando la altura de entrepiso en varios puntos y el estado de cerchas y formaleta. En caso de falla o vencimiento de algún elemento del encofrado, se dejan unos puntales y cerchas extra que puedan ser utilizados en el evento de una emergencia para reforzar la formaleta y mantener el nivel de la placa que se está fundiendo.

En el caso de las vigas y elementos de borde es mejor vaciar el concreto sobre el casetón y que de allí se deslice llenando el espacio. No se debe exponer el chorro directamente contra el testero pues se puede correr o abombar, desperdiciando concreto y cambiando el borde de placa. Cuando se trate de edificaciones hasta de dos niveles, la NSR -10 en el título E, recomienda que durante la fundida de la torta superior deben dejarse unos taches verticales en varilla de 3/8" al menos a una distancia de 0,50 m de la cara de las columnas, para que con la ayuda de ellos al momento de encofrar las columnas, éstas puedan apuntalarse y plomarse debidamente. Cuando se ha fundido la torta superior, se procede a la nivelación de la superficie de la placa. Una vez determinado el nivel, se comienza el afinado de la placa con una boquillera, para dar el acabado final.

Cuando se funden placas de gran extensión y el concreto se acaba, es necesario hacer juntas de construcción o de reanudación. Estas juntas se harán preferiblemente hacia la mitad de la luz de las vigas, puesto que el cortante allí es nulo. Se colocará una malla con vena en la sección donde se realizará la junta con una inclinación de más o menos 45°. Posteriormente se vacía el concreto, se vibra y cuando se vaya a continuar la obra bastará limpiar adecuadamente la junta de cualquier material granular que se encuentre suelto.

2.1.3.8. Curado del concreto

Generalmente el curado de la placa se realiza mediante el de riego periódico de agua con manguera. Se debe hacer curado intenso durante al menos 7 días, manteniendo húmeda la placa para que el concreto gane resistencia adecuadamente.

Es importante recalcar en la importancia de este proceso, y en el cuidado que se debe tener para no introducir esfuerzos ni sobrecargas adicionales en la placa que puedan inducir grietas y fisuras en la torta superior por deficiencias en el curado.



Figura 10 Curado del concreto Fuente: Revista Flickr – Concrete Forms

2.2 MARCO TEÓRICO

2.2.1 Vigüeta y Bovedilla

2.2.1.1 Antecedentes

Este sistema tiene origen en Italia, llegando a México en la década de 1980. En la industria de la Construcción ha tenido una creciente aceptación, en la actualidad es líder en cuanto a edificación de losas.

El sistema de Vigüeta y Bovedilla se registró bajo la NORMA: NMX-C-406-1997- ONNCCE, siendo aprobado por todos los organismos reguladores de la vivienda en México, tales como el INFONAVIT, FOVI, entre otros.

2.2.1.2 Elementos del sistema Vigüeta-Bovedilla

El sistema de vigüeta y bovedilla está constituido por los elementos portantes que son las vigüetas de concreto presforzado y las bovedillas como elementos aligerantes. Las vigüetas se producen en diferentes tamaños (sección geométrica) y diferentes armados, así mismo las bovedillas tienen diferentes secciones tanto en longitud, ancho y peralte, de tal forma que se tiene una gran variedad de combinaciones que pueden satisfacer cualquier necesidad.

Este sistema se compone de los siguientes elementos:

- Bovedilla de Poliestireno (Clásica o peraltada)
- Vigüeta (de alma abierta o pretensada)
- Malla electrosoldada
- Capa de Compresión
- Cimbra Provisional

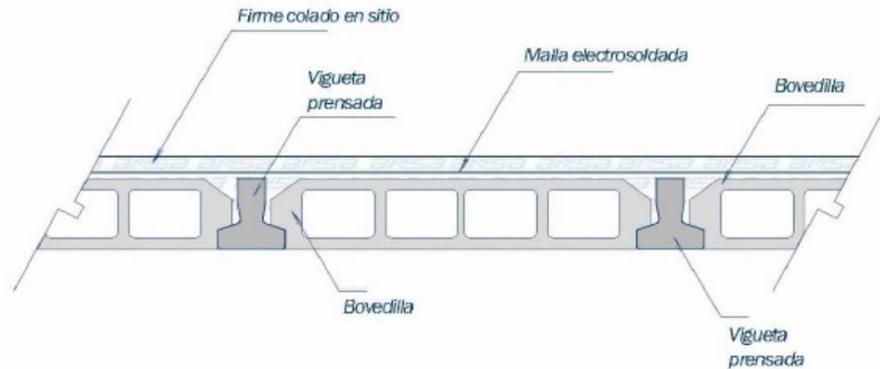


Figura 11 Elementos Vigueta y Bovedilla

2.2.1.2.1 Vigueta Pretensada

Es el componente portante del sistema, formado por alambres de pre esfuerzo y de concreto de alta resistencia, las cuales son de alma llena mediante la fabricación de moldes fijos o extrusión.

La vigueta tiene como función, absorber los esfuerzos de flexión que se presentan en los nervios modulares de la placa de losa; la forma y sentido en que es colocada permite transmitir las cargas de uso funcional hacia la estructura del edificio, para luego ser transmitidas a las fundaciones.

Las viguetas se fabrican por diferentes procesos que pueden ser: colado en moldes múltiples de metal y con máquinas extrusoras.

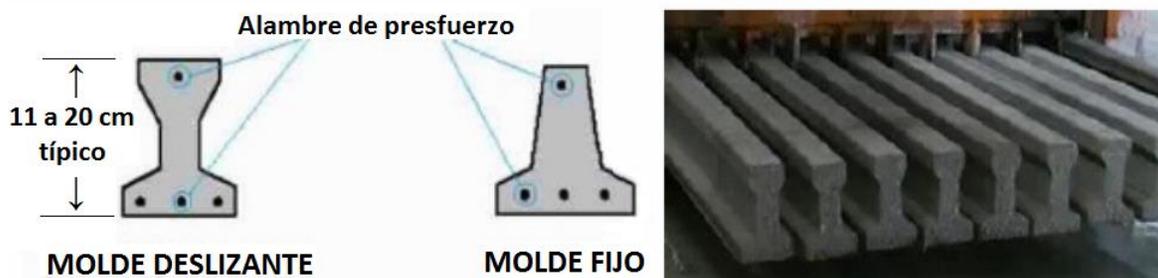


Figura 12 Vigueta pretensada

Este tipo de vigueta es más económica, ya que no requiere el uso de la madera en encofrado, solo requiere apuntalamiento, además que el tiempo de ejecución de la obra es más rápido que el tradicional.

2.2.1.2.2 Bovedilla

Es un componente aligerante de relleno apoyado directamente en las viguetas, fabricados con materiales con densidad inferior a la del concreto, tales como cemento-arena, poliestireno, barro o cualquier otro material que disminuya el peso y aligere la losa.



Figura 13 Bovedilla

No se considera contribución alguna por parte de las bovedillas a la resistencia de la losa. Las bovedillas se producen usando máquinas vibro-compresoras en donde se intercambian los moldes para los diferentes tipos de secciones, usando por lo general materiales ligeros. La separación entre viguetas depende de las dimensiones de la bovedilla que se utilice, normalmente oscilan entre los 60 y 75 cm medida centro a centro de viguetas.

2.2.1.2.3 Losa de Compresión

Es el concreto colocado en obra con el acero de refuerzo requerido, el cual queda encima de las viguetas y bovedillas, siendo su función estructural integrar y dar continuidad al sistema.

Al realizar el colado del concreto en obra, se integra de forma monolítica la vigueta con la capa de compresión.

2.2.1.2.4 Acero de Refuerzo de la Capa de Compresión

Se requiere colocar acero de refuerzo en la capa de compresión para resistir los esfuerzos de flexión que se lleguen a presentar así como para evitar agrietamientos por cambios volumétricos debidos variaciones de temperatura, el acero de refuerzo calculado es el mínimo requerido por contracción y temperatura.

El refuerzo de la losa de compresión deberá ser ortogonal y podrá ser habilitado empleando mallas o varillas. No se podrá sustituir este refuerzo con ninguna clase de fibras.

2.2.1.2.5 Cimbra Provisional

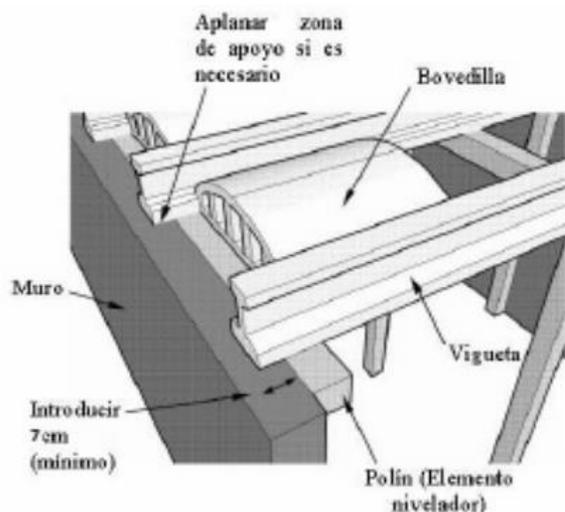
De acuerdo a sus características el sistema vigueta y bovedilla requiere de apuntalamiento provisional hasta que el concreto colado en obra alcance una resistencia suficiente, la cual se logra a los 8 días. Para losas con viguetas de 15 cm de peralte se recomienda una separación entre largueros de 1.22 mts, estos pueden ser polines de madera de 4" x 4" apoyados en postes también de madera de 4"x4" espaciados cada 1.50 mts. Se recomienda que se coloquen los largueros en la unión de las bovedillas.

2.2.1.3 Procedimiento Constructivo de Losa de Vigueta y Bovedilla

2.2.1.3.1 Montaje de Viguetas

Como acción previa al montaje de viguetas, se tienen que nivelar los muros para así evitar imperfecciones en la losa.

Las viguetas se colocan de forma manual dentro de la dala o cerramiento o bien sobre los muros de carga y deberán apoyarse en la dala por lo menos 7cm. Por ejemplo, si se tiene un claro libre de 3.0m, más 7.0 cm de apoyo en cada muro, la vigueta requerida deberá tener 3.14 m de longitud total.



a) Montaje dentro de la Dala: Se deberá montar la vigueta hasta la mitad (a eje) de la dala o cadena como mínimo 7 cm de apoyo.

b) Montaje en Muros: Lo recomendable es que apoye sobre el ancho del muro.

Figura 14 Montaje Viguetas

2.2.1.3.2 Apuntalamiento Provisional

De acuerdo a sus características el sistema de vigueta pretensada es autoportante hasta 3.0m, por lo que en claros mayores será necesario apuntalar, siendo este apuntalamiento el que menos materiales y mano de obra utiliza con respecto a los sistemas tradicionales.

Como recomendación se apuntala al centro todo claro mayor a 2.5 m, ya que al colar la losa de compresión se pueden usar bombas y acumularse el concreto provoca altas concentraciones de cargas.

2.2.1.3.3 Colocación de Bovedillas

Se colocan todas las bovedillas que van en las orillas de la losa para que nos sirvan de escantillón, o sea, dan la correcta separación entre vigueta y vigueta para evitar errores de

colocación. Se procede a colocar el resto de las bovedillas. Las bovedillas se apoyan directamente en las viguetas cubriendo en forma conjunta toda la superficie de la losa.

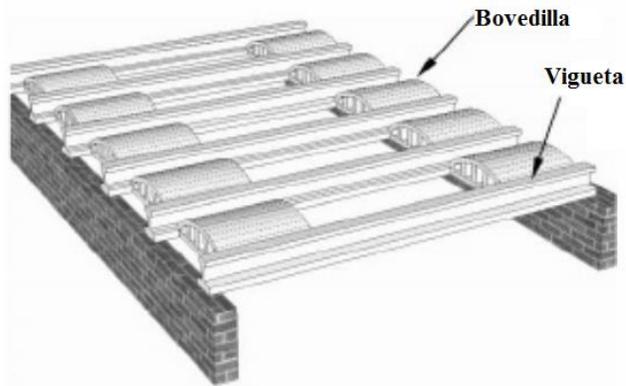


Figura 15 Colocación de bovedillas

2.2.1.3.4 Instalaciones Eléctricas e hidráulicas

Las instalaciones eléctricas se colocan, ya sea entre los huecos de las bovedillas y en caso de bovedilla de poliestireno se ranura, para que no corte la capa de compresión o por la viga. En el caso de tener una caja eléctrica a "cielo raso", se quita la bovedilla donde irá instalada, se coloca una tabla debajo de las viguetas y se amarra con alambre recocido a las diagonales de la armadura.



Figura 16 Instalaciones eléctricas e hidráulicas

Después de que las bovedillas han sido colocadas, se procede a la colocación de las tuberías para la instalación hidráulica. Estas se llevan por los muros o en los huecos de las bovedillas

2.2.1.3.5 Colocación de acero de Refuerzo

La malla electrosoldada se corta en el piso al tamaño necesario, y se sube al techo para colocarla en su sitio. Con alambre recocido se amarra a cada 50 cm. a la varilla superior de la armadura. En caso de que se tenga que traslapar, con un cuadro más 5 cm. es suficiente.

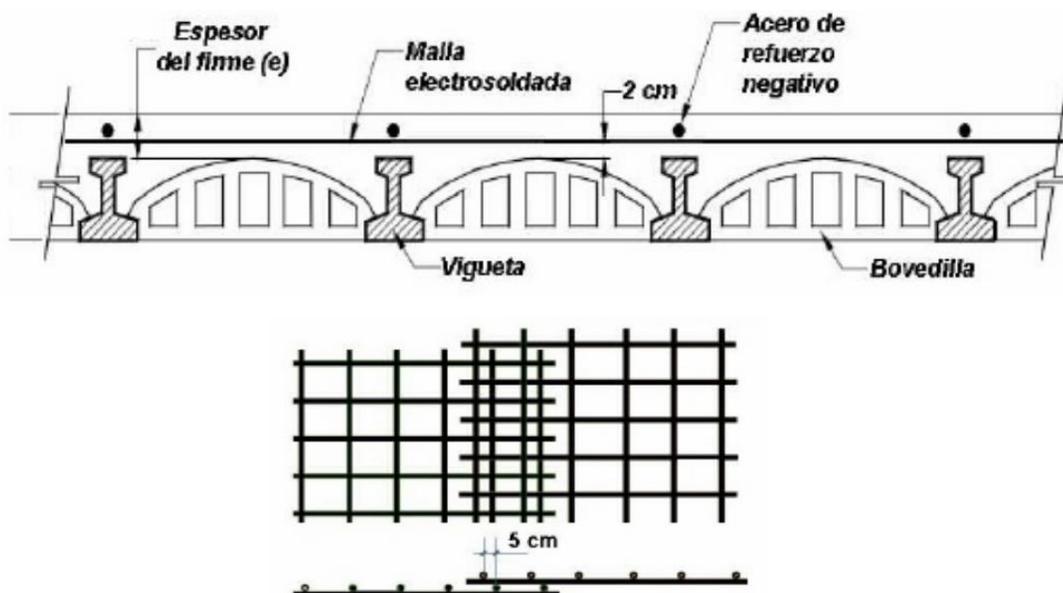


Figura 17 Acero de refuerzo

2.2.1.3.6 Capa de Compresión

Para esto es importante tener bien mojada toda la superficie de la losa y tapar todos los huecos de las bovedillas que estén expuestos para evitar fugas de concreto. La losa de compresión será de un mínimo de 3cm y resistencia mínima de 200 kg/cm².

Es muy importante saturar las bovedillas, previo al colado del concreto y por seguridad para

la persona que labora sobre la losa se recomienda caminar sobre las vigas y no sobre las bovedillas.

La losa deberá mantener húmeda durante los siguientes 7 días, los puntales se pueden retirar después de 8 días del colado.

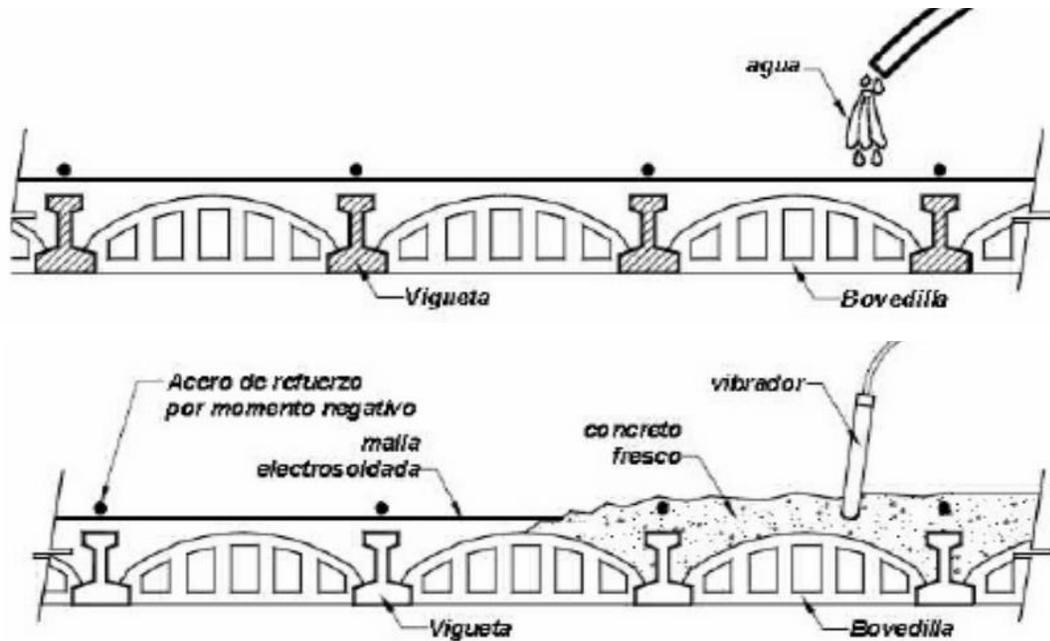


Figura 18 Capa de compresión. Fuente: www.academia.edu/25309303/Vigueta-y-bovedilla

2.2.2 Conceptos generales sobre costos

2.2.2.1 Introducción y generalidades de los costos

Se entiende por presupuesto de una obra o proyecto, la determinación previa de la cantidad en dinero necesaria para realizarla, a cuyo fin se tomó como base la experiencia adquirida en otras construcciones de índole semejante. La forma o el método para realizar esa determinación son diferentes según sea el objeto que se persiga con ella.

Cuando se trata únicamente de determinar si el costo de una obra guarda la debida relación con los beneficios que de ella se espera obtener, o bien si las disponibilidades existentes bastan para su ejecución, es suficiente hacer un presupuesto aproximado, tomando como base unidades mensurables en números redondos y precios unitarios que no estén muy detallados. Por el contrario, éste presupuesto aproximado no basta cuando el estudio se hace como base para financiar la obra, o cuando el constructor la estudia al preparar su proposición, entonces hay que detallar mucho en las unidades de medida y precios unitarios, tomando en cuenta para estos últimos no sólo el precio de los materiales y mano de obra, sino también las circunstancias especiales en que se haya de realizar la obra. Esto obliga a penetrar en todos los detalles y a formar precios unitarios partiendo de sus componentes.

2.2.2.2 Características de los costos

Para lograr un congruente y óptimo aprovechamiento en el análisis de precios unitarios (APU), es necesario desglosar el costo por sus integrantes los cuales se dan en el diagrama general de balance de una obra.

El diagrama general de balance de obra presupone el inicio, lo cual puede ser un proyecto de investigación, un proyecto para construcción o un servicio.

Dado a que el análisis de un costo es, en forma genérica la evaluación de un proceso determinado, sus características serán:

1. El análisis de costo es aproximado. El no existir dos procesos constructivos iguales, el intervenir la habilidad personal del operario, y el basarse en condiciones "promedio" de consumos, insumos y desperdicios, permite asegurar que la evaluación monetaria del costo, no puede ser matemáticamente exacta.
2. El análisis de costo es específico. Por consecuencia, si cada proceso constructivo se integra basándose en sus condiciones periféricas de tiempo, lugar y secuencia de eventos, el costo no puede ser genérico.
3. El análisis de costo es dinámico. El mejoramiento constante de materiales, equipos, procesos constructivos, técnicas de planeación, organización, dirección, control, incrementos de costos de adquisiciones, perfeccionamiento de sistemas impositivos, de prestaciones sociales, etcétera, permite recomendar la necesidad de una actualización constante de los análisis de costos.
4. El análisis de costo puede elaborarse inductiva o deductivamente. Si la integración de un costo, se inicia por sus partes conocidas, si de los hechos se infiere el resultado, se estará analizando el costo de manera inductiva. Si a través de razonamiento se parte del todo conocido, para llegar a las partes desconocidas, se estará analizando el costo de manera deductiva.
5. El costo está precedido de costos anteriores y éste a su vez es integrante de costos posteriores. En la cadena de procesos que definen la productividad de un país, el costo de un concreto hidráulico por ejemplo, lo constituyen los costos de los agregados pétreos, el aglutinante, el agua para su hidratación, el equipo para su mezclado, etcétera, éste

agregado a su vez, se integra de costos de extracción, de costos de explosivos, de costos de equipo, etcétera, y el concreto hidráulico puede a su vez, ser parte del costo de una cimentación, y ésta de una estructura, y ésta de un conjunto de edificios y éste de un plan de vivienda, etcétera.

Es por ello el interés, de los analistas de precios unitarios, en la justa evaluación del proceso productivo, para que en la medida de la intervención de los precios unitarios, se haga comparativo a escala nacional o internacional el producto —ya sea un proyecto, construcción, investigación o servicio—, conscientes de la responsabilidad que implica como eslabones de esa cadena que sin disminuir su calidad, debe producir beneficios justos y por tanto, sanos desarrollos a nivel persona, familia, empresa y país.

2.2.2.3 Definición de costos indirectos

Se denominan costos indirectos a toda erogación necesaria para la ejecución de un proceso constructivo del cual se derive un producto; pero en el cual no se incluya mano de obra, materiales ni maquinaria.

Todo gasto no utilizable en la elaboración del producto es un costo indirecto, generalmente está representado por los gastos para dirección técnica, administración, organización, vigilancia, supervisión, fletes, acarreos y prestaciones sociales correspondientes al personal técnico, directivo y administrativo.

Es necesario hacer notar que el costo indirecto está considerado en dos partes:

1. El costo indirecto por administración central y,
2. El costo indirecto por administración de campo. Observando los conceptos que integran el costo directo, se concluye que se puede determinar el valor del mismo con la

precisión que se desee y, en caso de omisión o error, ello sólo afecta al concepto en particular de que se trate.

Sin embargo, una omisión u error en caso del costo indirecto afectará a todos los costos directos de los conceptos de un contrato.

Durante el cálculo de los costos indirectos, se presenta la necesidad de evaluar, en especial, dos de los costos indirectos ya mencionados que se derivan de la organización propia de cada empresa y de cada proyecto por realizar.

Para poder determinar con mayor precisión los gastos que se generan por concepto de administración central y de campo, es primordial conocer la estructura de organización de las oficinas generales y la de cada obra en particular.

Ello obliga a establecer el organigrama para cada caso y describirlo en forma detallada con el objeto de poder determinar, consecuentemente, los recursos necesarios para su mejor funcionamiento y mayor eficiencia en el desarrollo de funciones y, por ende, para evaluar el importe que se genera en cada caso de acuerdo con los recursos para su operación. A los gastos de operación, también se les llama Costos Indirectos de Operación.

2.2.2.4 Definición de costos directos

El costo directo se define como: "la suma de los costos de materiales, mano de obra y equipo necesario para la realización de un proceso productivo".

2.2.2.4.1 Elaboración del costo directo

La secuencia para la elaboración del costo directo es el siguiente:

Planos y especificaciones. Es el punto de partida para la elaboración del costo directo, para llegar al Precio Unitario y finalmente al presupuesto, se deben estudiar perfectamente todos los planos de cortes, isométricos, equipos, estructurales, instalaciones y de fachadas, así como las especificaciones que en ellos se proponen.

Entre más detallados estén los planos, se tiene una mayor oportunidad de obtener el costo directo más preciso y, por ende, un presupuesto acertado.

Determinación de los conceptos de obra. Del estudio anterior se deduce el tipo de obra de que se trata para hacer una apreciación de las partidas y conceptos que en ella puedan intervenir. También el estudio anterior sirve para determinar el alcance de cada uno de los conceptos de obra, es decir, de acuerdo al procedimiento constructivo, es posible delimitar el alcance del concepto de obra, esto es, que incluye y que no se incluye. Por otra parte, el establecimiento de estos conceptos permiten realizar las correcciones necesarias, tanto a las especificaciones como a los mismos alcances de éstas para adaptarse correctamente a la obra en cuestión, entre más clara sea la especificación y más definidos sus alcances, se tendrá una mejor herramienta para efectuar los análisis correspondientes.

Lista de materiales. Del estudio de los planos se obtiene la lista de materiales fijos, es decir, aquellos materiales que serán instalados y quedarán permanentes en la obra; del estudio de las especificaciones se obtiene la clase de material requerido; también este estudio permite determinar el volumen de materiales de consumo necesario para realizar la instalación de los materiales permanentes.

Cuantificación de conceptos. Para la realización de esta actividad es necesario seguir un método que permita cuantificar los conceptos en una forma ordenada y precisa, así como verificar en forma directa las cantidades de obra obtenidas.

Maquinaria y equipo. El análisis de los planos y especificaciones también permite determinar el procedimiento constructivo a seguir y, por lo tanto, se puede determinar la maquinaria y equipo necesario para el desarrollo de la obra en cuestión, esto obliga a determinar los costos horarios de la maquinaria y equipo que intervendrán en la obra y que formarán parte del costo directo.

2.2.2.5 Precios unitarios

2.2.2.5.1 Definición de precios unitarios

El artículo 185 del Reglamento de la Ley de Obras Públicas del estado de Sonora México y Servicios Relacionados con las mismas define como Precio Unitario:

“ARTICULO 185. Para los efectos de la Ley y este Reglamento, se considerará como precio unitario: El importe de la remuneración o pago total que debe cubrirse al contratista por unidad de concepto terminado, ejecutado conforme al proyecto, especificaciones de construcción y normas de calidad.

El precio unitario se integra con los costos directos correspondientes al concepto de trabajo, los costos indirectos, el costo por financiamiento, el cargo por la utilidad del contratista y los cargos adicionales.”

2.2.2.5.2 Integración de precios unitarios

Artículo 187. El análisis, cálculo e integración de los precios unitarios para un trabajo determinado deberá guardar congruencia con los procedimientos constructivos o la metodología de ejecución de los trabajos, con el programa de ejecución convenido, así como con los programas de utilización de personal y de maquinaria y equipo de construcción, debiendo tomar en cuenta los costos vigentes de los materiales, recursos humanos y demás insumos necesarios en el momento

y en la zona donde se llevarán a cabo los trabajos, sin considerar el impuesto al valor agregado. Lo anterior, de conformidad con las especificaciones generales y particulares de construcción y normas de calidad que determine la dependencia o entidad.

2.2.2.6 Presupuestos

2.2.2.6.1 Generalidades

El presupuesto de obra lo definen como la valoración o estimación económica a priori de un producto o servicio. Se basa en la previsión del total de los costos involucrados en la construcción de la obra, incrementados con el margen de beneficio que se tenga previsto.

Para conocer el presupuesto de obra de un proyecto se deben seguir los siguientes pasos básicos a nivel general son:

- Registrar y detallar los distintos conceptos de obra que intervengan en el proyecto.
- Hacer las cuantificaciones y anotaciones de cada concepto de obra.
- Conocer el precio unitario de cada concepto de obra.
- Multiplicar el precio unitario de cada concepto por su medición respectiva.
- Formación de Precios: El cuadro de precios unitarios de los materiales, mano de obra y elementos auxiliares como herramientas que componen las partidas o unidades de obra del proyecto.
- Catálogo de obra: Un cuadro de precios unitarios de los conceptos, de acuerdo con la cuantificación.
- El presupuesto de obra como tal, que contendrá la estimación económica global, desglosada y ordenada según el previo estudio de la cuantificación de los conceptos.

El Presupuesto mostrará claramente si los precios dados incluyen o no conceptos como: gastos generales, impuestos, tasas y otras contribuciones; seguros; beneficios, costos de certificación y visado; permisos y/o licencias; y cualquier otro concepto aplicable que pueda influir en el costo final de ejecución del objeto del proyecto de obra.

2.2.2.6.2 Catálogo de obra

El Catálogo de obra constituye uno de los documentos básicos del Proyecto, en él se especifican los conceptos a considerar que se determinan con la mayor precisión posible, así como las cantidades a realizar en cada concepto de obra.

El catálogo se divide en partidas y subpartidas; las subpartidas contienen los conceptos a considerar para el presupuesto y construcción del proyecto.

Las diferentes subpartidas del catálogo de obra llevarán una numeración correlativa dentro de la partida en cual están incluidas, se indicará la partida de la que forman parte y separado con un punto el número de orden.

Los conceptos se obtienen a partir de los planos suministrados, que deben contener especificadas todas las cotas necesarias, además de detalles técnicos que se requieran para calcular las cantidades, globales y específicas.

2.2.2.6.3 Números generadores

Se pueden definir como el documento mediante el cual se lleva a cabo la cuantificación o volumetría de un trabajo o concepto de obra ejecutada, misma que se presentará a cobro debidamente ubicada y referenciada por ejes, tramos, áreas, etc. Utilizando croquis donde se explicarán detalladamente sus dimensiones, con el propósito de soportar las revisiones del

supervisor.

Los generadores de obra son el conjunto de operaciones aritméticas referentes al cálculo de volúmenes de obra de cada uno de los conceptos que se encuentran definidos en el catálogo, el cual forma parte del presupuesto y que están llevándose a cabo en el proceso de construcción de la obra. Se pueden calcular en base a los planos, y ratificando en obra. El generador siempre estará referido a los ejes marcados en el proyecto y se enumerarán según la clave del concepto; así también se harán en unidades de medida que están definidas en el catálogo.

2.2.2.6.4 Cuantificación

La cuantificación de un presupuesto de obra, es el conjunto de operaciones que se realizan sobre cada concepto de obra para obtener su cantidad. Tiene como misión precisar y determinar los volúmenes de cada partida o volumen de obra que configuran la totalidad del objeto del presupuesto. Deben incluir el número de conceptos y definir las características, modelos, tipos y dimensiones de cada partida de obra o elemento del objeto del proyecto. Se realiza sobre planos definitivos, aunque en la práctica, en la obtención de las cuantificaciones se suelen encontrar y solucionar incorrecciones en los planos. Preferentemente las unidades en las que se expresan las cantidades deben ser la utilizadas en el sistema internacional de unidades.

2.2.2.6.5 Integración del presupuesto

La cuantificación debe contener un listado completo de las partidas de obra que configuran la totalidad del proyecto. Se subdividirá en distintas partidas o subpartidas (capítulos), correspondientes a las partes más significativas del objeto del proyecto siguiendo el mismo criterio que en memoria y pliego de condiciones. Servirá de base para la realización del presupuesto de obra.

2.2.2.6.6 Escalatorias

Escalación es la variación de costos que se produce por motivo de inflación (incremento) o deflación (disminución), derivada del cambio de los precios de los insumos y demás componentes que integran la estructura de costos de las contrataciones asociados a bienes, obras o servicios.

La ley contempla que cuando a partir de la presentación de la propuesta ocurran circunstancias de orden económico no previstas en el contrato, que determinen un aumento o reducción en los costos de los insumos que intervengan en los trabajos aún no ejecutados, dichos costos podrán ser revisados conforme al programa de ejecución general de los trabajos pactado. (Razura, 2012)

2.3 ESTADO DEL ARTE

La bovedilla de concreto es considerada como uno de los componentes del sistema de losa para entresijos y azoteas más eficientes, y que ha sido utilizado ampliamente durante los últimos años. Gracias a la efectividad que ha demostrado tener este novedoso material, en la actualidad y desde hace más de 15 años ha venido sustituyendo a los sistemas de losa tradicional, la cual por cierto, es menos resistente y maciza.

Se puede decir que los sistemas de bovedillas de concreto cuentan con la ventaja de ser mucho más ecológicos, rápidos, económicos y sencillos de instalar. Hoy en día, estos materiales se utilizan constantemente en el sector de la construcción, y sin duda, no se espera que pronto sean sustituidos, puesto que la eficiencia que hasta ahora se ha demostrado es muy alta.

El sistema de bovedilla de concreto es uno de los mejores materiales que actualmente ha desarrollado la ingeniería de la construcción. Desafortunadamente, el uso de este material todavía no es muy extendido, muy común y mucho menos algo que se considere normal. Quizá los únicos que utilizan estos materiales son los ingenieros y los arquitectos que recién han egresado de las licenciaturas y que se mantienen actualizados en cuestión de materiales, ya que

los profesionales de la construcción que tienen más tiempo trabajando en el sector aún utilizan materiales que se desarrollaron en el siglo XX, y que desafortunadamente, ya no ofrecen los beneficios tecnológicos que sí ofrecen las bovedillas de concreto o cualquier otro material moderno.

En la actualidad, la bovedilla de concreto es ampliamente utilizada en construcciones de la industria, en construcciones como parte de las losas estructurales para entresijos y azoteas, para viviendas en serie o de interés social, para residencias, locales comerciales, hoteles, restaurantes y muchas otras construcciones que, sin duda, requieren de una solidez y una resistencia inigualables para salvaguardar la integridad física de quienes se encuentran al interior de la construcción. Las bovedillas de concreto fueron concebidas inicialmente como sistemas que se aplicarían en las viviendas; no obstante, al comprobar la efectividad demostrada, ha sido posible implementarlas en otros tantos sectores de la construcción como los que ya hemos mencionado. Este tipo de material permite hacer a las estructuras mucho más resistentes a factores como el viento o los sismos, los cuales han demostrado tener efectos devastadores y muy negativos en las construcciones.

Por otra parte, el sector de la construcción cada día busca hacer mucho más rentable la construcción de edificios, todo ello sin que la disminución en costos de producción represente un riesgo para las personas que harán de la construcción un espacio funcional. Las bovedillas de concreto son ideales para este fin, puesto que al ser muy livianas (sin que por ello sean menos resistentes), es posible que cada una de ellas sean colocadas manualmente, lo que evitará el uso de maquinaria especial o maquinaria pesada, la cual como es bien sabido, tiene un costo de alquiler que puede ser muy elevado y que, sin duda, hace que el proyecto sea mucho menos rentable. Esta misma ventaja permite que las construcciones sean mucho más amigables con el medio ambiente; al prescindir del uso de maquinaria pesada (que utiliza combustibles fósiles), es posible reducir el impacto de la obra, lo cual es muy benéfico, pues para nadie es un hecho aislado la evidente contaminación.

Por dichas razones las virtudes de este moderno sistema y de este moderno material conocido como bovedilla de concreto es inigualable, de tal manera que su implementación es casi una obligación donde se desee disminuir los costos del proyecto, y que además se desee contribuir con el cuidado del medio ambiente, así como de los ecosistemas y de las miles de especies animales y vegetales que mueren a diario como consecuencia de la quema excesiva de combustibles fósiles y de la contaminación que éstos generan.

3 METODOLOGÍA

3.1 FASES DEL TRABAJO DE GRADO

- Presentación de la propuesta
- Presentación del Anteproyecto
- Presentación del proyecto

3.2 INSTRUMENTOS O HERRAMIENTAS UTILIZADAS

Durante el proceso de investigación se utilizará la máquina moldeadora de productos prefabricados de la empresa Manufacturas de Cemento S.A. “TITÁN”, de la cual se extruye las vigas con la moldeadora en superficies de una longitud preestablecida, se fija y pretensa la armadura requerida en ambos lados de la superficie. Las secciones de hormigón son modeladas y comprimidas en varias capas. La altura de las vigas fabricadas – y por tanto su resistencia estática – se pueden fijar con la misma máquina. .

3.3 ALCANCES Y LIMITACIONES

El documento entregado presentara recomendaciones de sistemas constructivos que cumplan a cabalidad con la norma sismo resistente colombiana, además de que se garantice que los cálculos y demás procesos realizados sean hechos por profesionales capacitados, además deberá presentar y/o recomendar la mejor alternativa teniendo en cuenta el componente social de la zona de influencia del proyecto.

4 PRODUCTOS A ENTREGAR

Documento comparativo de los sistemas constructivos tradicionales vs el sistema de Vigüeta y Bovedilla con los correspondientes resultados encontrados. Deberá contar con los siguientes ítems:

1. Objetivos.
2. Marco Conceptual.
3. Tecnología de producción.
4. Factibilidad
5. Análisis de resultados.

5 ENTREGA DE RESULTADOS ESPERADOS E IMPACTOS

5.1 APORTE DE LOS RESULTADOS A LA GERENCIA DE OBRAS

Hoy es muy frecuente que la gestión en las empresas se realice por proyectos (Obras) y no por procesos. La gerencia de proyectos es una de las más eficaces herramientas de gestión creadas hasta hoy.

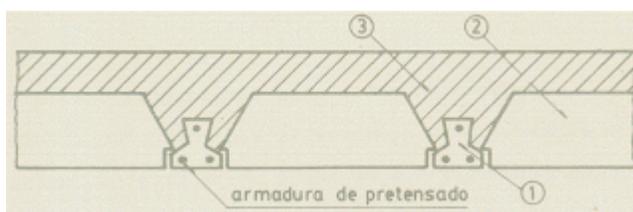
El 26% de las empresas desarrolla más de 100 proyectos anuales y 15% entre 50 y 100 proyectos. Ese es el sorprendente resultado de la encuesta mundial sobre el grado de madurez de las organizaciones en gerencia de proyectos, realizada por PriceWaterhouseCoopers entre 198 funcionarios de primer nivel en empresas del mundo (Revista dinero.com).

Es por esta dinámica que se presentan en los cambios empresariales que se encaminan a estándares más exigentes de competitividad y calidad, que la introducción de un proceso o producto nuevo en un mercado como el colombiano y totalmente innovador, como lo es el sistema de Vigüeta y Bovedilla aportaría nuevos mercados a la empresa Manufacturas de Cemento S.A. "TITÁN", que le permitirá ampliar su portafolio de servicios, su línea de acción en

el mercado y poder planear sus procesos en el manejo de tiempos de inicio y culminación de los mismos, siempre optimizando el valor de los mismos enfocados en el beneficio económico tanto para el cliente como para la misma compañía. Es de esta manera como el Sistema Vigüeta y Bovedilla aportaría los mejores resultados a la empresa Manufacturas de Cemento S.A. "TITÁN" desde el punto de vista que nos permite la Gerencia de Obras.

5.2 CÓMO SE RESPONDE A LA PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN CON LOS RESULTADOS

Cálculo de una Losa de Vigüetas Pretensadas



Se usan para entrepisos y cubiertas ante la gran necesidad de reducción de costos de encofrados, apuntalamientos y mano de obra especializada. Además, por la gran proporción de elementos huecos del material de relleno se logra una mayor aislación térmica que en las losas macizas tradicionales. Se logra también una reducción del peso propio para luces importantes.

Las vigüetas son fabricadas con materiales de alta calidad, incluso los aceros que componen la armadura son aceros de alta resistencia, muy superiores a los aceros que usamos en hormigón armado habitualmente. Son fabricadas en serie y tienen un proceso de curado.

La losa se compone de tres elementos principales:

1. Vigüeta pretensada, fabricadas por firmas comerciales reconocidas y garantidas.
2. Material de relleno o bovedilla, que consiste en ladrillones que tienen medidas adecuadas, según lo establece el fabricante de las vigüetas para lograr finalmente la forma final de la sección que se utilizó en el cálculo. Mientras se respeten las medidas el material puede ser cualquiera, pues este material no cumple ninguna función estructural, significa que luego de estar construida la losa y endurecida se los podría quitar a todos ellos, pero no se los quita porque sirven como aislantes térmicos, acústicos y permiten una menor superficie de revoques en cielorrasos. Antes se usaban ladrillones huecos de cerámica, hoy lo hacen de poliestireno expandido, que es mucho más liviano.
3. Capa de compresión de hormigón de muy buena calidad (dosaje 1: 2: 3 y relación agua/cemento = 0,5), que se lo agrega en obra junto con el agregado de una

mínima armadura de 6 mm transversales a las viguetas. Esta capa de compresión tiene de 3 a 5 cm de espesor.

El objetivo es mostrar el cálculo, pero para que el cálculo sea correcto es necesario cumplir con las recomendaciones del fabricante de las viguetas que ya de antemano ha realizado este cálculo y nosotros solo lo verificaremos según nuestra propia realidad y estados de cargas.

Para luces pequeñas conviene más las losas macizas, por lograr espesores totales de 8 a 10 cm de hormigón, frente a la losa de viguetas que lleva 5 cm de capa de compresión de un hormigón de mayor calidad (más caro), más el costo de cada vigueta, más el costo de los ladrillos, mayor espesor total de losa.

La construcción de estas losas se justifica cuando tenemos luces aproximadamente superiores a los 3,50 metros.

Ejemplo de Cálculo

Determinar las características de una losa de entrepiso de 4,30 m de luz libre simplemente apoyada, cuyo destino es un dormitorio.

1º) Determinar la luz de cálculo

$L = 4,30 \text{ m} + 0,10 \text{ m} = 4,40 \text{ m}$
Elegimos Viguetas de 4,60 m de longitud.

Nos falta obtener el espesor de la capa de compresión y la altura de los ladrillos, así que continuamos con el cálculo.

2º) Análisis de cargas (kg/m²)

Piso de mosaicos graníticos + Mortero de asiento, nos da un total de 4,5 cm de espesor aproximadamente y el peso específico podemos tomarlo 2200 kg/m³, estos pesos se le suman a la losa, entonces se los llama carga adicional.

$\text{Carga adicional} = 0,045 \text{ m} \times 2200 \text{ kg/m}^3 = 100 \text{ kg/m}^2$
Si tuviésemos otros elementos como por ejemplo hormigón de pendiente, cielorraso aplicado, etc. debemos agregarlos a la carga adicional.

También debemos sumar la sobrecarga, que significa todo el peso que se suma según el destino de uso, el cual podría ser dormitorio, oficina, archivo, gimnasio, etc. Cada una de ellas presenta un peso diferente. Los valores están reglamentados en las normas de construcciones, en Argentina trabajamos con el CIRSOC referido a este tema. Este nos da una tabla de valores mínimos de las sobrecargas, nosotros podemos aumentarlas si queremos, pero no disminuirlas. Más aún, es conveniente tomarlas tal cual sin modificación alguna.

De esta tabla de sobrecargas obtenemos:
 Sobrecarga (dormitorios) = 200 kg/m²

A estos dos valores lo sumamos y lo llamamos carga útil
 (Carga útil) $p = 100 \text{ kg/m}^2 + 200 \text{ kg/m}^2 = 300 \text{ kg/m}^2$

Finalmente calculamos el peso propio de la losa, compuesta por las viguetas, ladrillos y capa de compresión en kg/m², pero como las formas de las secciones de cada una de ellas no son figuras regulares, esto complica el cálculo si lo quisiéramos hacer del mismo modo que para la carga adicional, entonces el fabricante de las viguetas deja, en cada comercio de venta o corralón, los folletos que contienen las tablas necesarias para los pesos, resistencias e instrucciones constructivas. Son gratuitas, solo hay que pedir las en el corralón, y sirven para las viguetas de esa marca. Cada marca de viguetas tiene su propio manual.

Entre distintas marcas, los cálculos son iguales, y los valores son semejantes.

Ejemplo:

Entrando en Tabla (Luces Admisibles), con el valor de la longitud de la vigueta (4,60 m), en el renglón de la carga útil (300 kg/m²), nos desplazamos hasta encontrar la luz de cálculo (4,40 m) y obtenemos los resultados que corresponden a las dimensiones de la losa: espesor capa de compresión de hormigón = 5 cm; altura del ladrillón = 13 cm; tipo de vigueta (**), altura total de la losa = 18 cm y el peso propio del conjunto (255 kg/m²). (Peso propio) $g = 255 \text{ kg/m}^2$

Tenemos resuelto el problema, pues ya sabemos qué tipo de vigueta debemos comprar, la altura de los ladrillos y el espesor de la capa de compresión que debemos poner en obra.

PERO: Debemos verificar si todo esto se encuentra dentro de los valores admisibles de resistencias.

Verificación Final:

$$\text{(Carga total) } q = p + g = 300 \text{ kg/m}^2 + 255 \text{ kg/m}^2 = 555 \text{ kg/m}^2$$

Para una losa simplemente apoyada tenemos el momento flector máximo en el centro del tramo con el siguiente valor:

$$M_f = q \times L^2 / 8 = 555 \text{ kg/m}^2 \times (4,40 \text{ m})^2 / 8 = 1343 \text{ kgm/m}$$

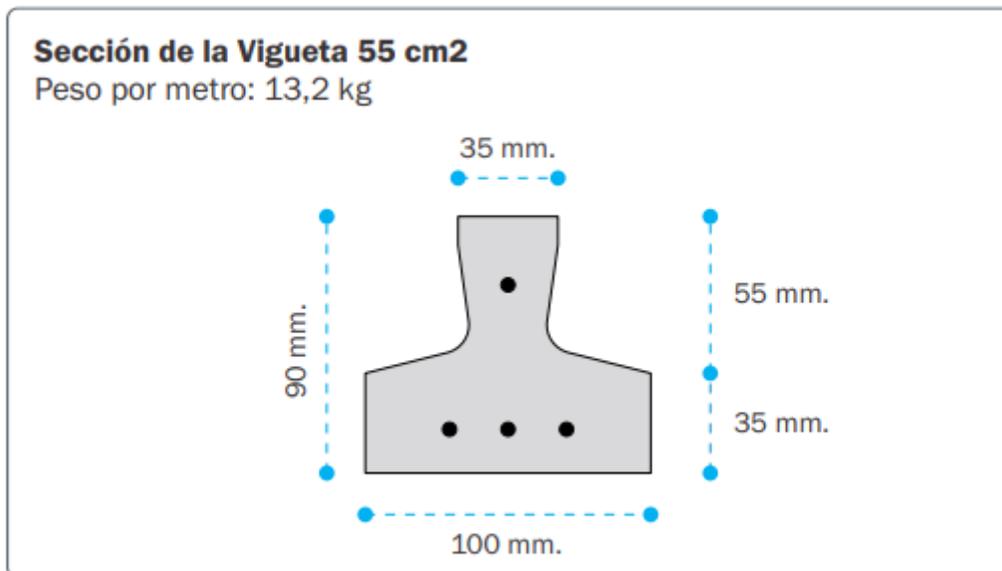
Este valor debe ser menor o igual al Momento Admisible que nos da el fabricante, y lo obtenemos de Tabla (Momentos flectores admisibles).

Ingresando con las dimensiones de la losa adoptada, obtenemos: $M_{adm} = 1344 \text{ kgm/m}$

Comparamos y vemos que M_f (1343 kgm/m) es menor que M_{adm} (1344 kgm/m), significa que estamos en buenas condiciones.

Ing. Juan C. Starchevich

Sección típica de vigueta



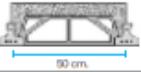
Fuente Tensolite

Tabla de bovedillas en arena cemento

Bovedillas (cm)	Capa de Comp. (cm)	Bovedilla por m2	Viguetas por metro de Ancho	Vol. de H ^a (m3/m2)	Dosificación de H - 1 : 2 : 3 Relación Agua / Cemento: 0,50 - 0,55			
					Agua (lts.)	Cemento (kg.)	Arena (m3)	Ripio (m3)
Altura: 9 	4	8	2	0.045	8	16	0.023	0.034
	5	8	2	0.055	10	19	0.028	0.042
Altura: 13 	4	8	2	0.054	10	19	0.027	0.041
	5	8	2	0.064	11	22	0.032	0.048
Altura: 17 	4	8	2	0.066	12	23	0.033	0.050
	5	8	2	0.076	14	27	0.038	0.057
Altura: 13 	4	6.45	3.22	0.065	12	23	0.033	0.049
	5	6.45	3.22	0.075	13	26	0.038	0.057
Altura: 17 	4	6.45	3.22	0.082	15	29	0.041	0.062
	5	6.45	3.22	0.092	16	32	0.047	0.070

Fuente Tensolite

Tabla para la elección del tipo de vigueta y bovedilla según sobrecargas admisibles

Serie	Largo										
		Bovedilla 9 cm.		Bovedilla 13 cm.		Bovedilla 17 cm.		Bovedilla 13 cm.		Bovedilla 17 cm.	
(m.)	(m.)	Capa (cm.)		Capa (cm.)		Capa (cm.)		Capa (cm.)		Capa (cm.)	
		4	5	4	5	4	5	4	5	4	5
		Peso Propio (kg/m ²)		Peso Propio (kg/m ²)		Peso Propio (kg/m ²)		Peso Propio (kg/m ²)		Peso Propio (kg/m ²)	
		205	227	233	255	269	291	262	284	306	328
ESPESOR TOTAL		13 cm.	14 cm.	17 cm.	18 cm.	21 cm.	22 cm.	17 cm.	18 cm.	21 cm.	22 cm.
Aster	1,00	2331	2709	4119	4609	6379	7005	6186	6948	9502	10464
	1,20	1556	1812	2789	3123	4348	4776	4216	4738	6505	7166
	1,40	1089	1271	1987	2227	3123	3431	3028	3406	4698	5178
	1,60	786	920	1467	1645	2328	2559	2257	2541	3525	3888
	1,80	578	679	1110	1246	1783	1961	1728	1948	2721	3003
	2,00	429	507	855	961	1393	1533	1350	1524	2146	2370
	2,20	319	380	666	750	1105	1216	1070	1210	1720	1902
	2,40	235	283	523	589	885	976	857	972	1397	1546
	2,60	170	207	411	465	714	788	692	786	1145	1268
	2,80	118	147	322	365	579	640	560	638	945	1049
3,00	77	99	251	285	470	520	454	520	784	871	
A1	3,20	90	115	274	311	506	559	442	504	764	850
	3,40	57	76	216	247	418	462	362	414	641	716
A2	3,50	82	105	259	296	483	535	468	534	804	895
	3,60	66	87	232	265	442	490	428	489	743	828
	3,80	38	55	185	212	369	410	357	410	635	709
B1	4,00	78	102	254	289	474	524	459	524	790	879
	4,20	52	71	208	238	404	448	392	448	688	766
B2	4,40	55	75	214	245	414	458	400	458	701	781
	4,50	44	62	194	223	384	425	371	426	656	732
	4,60	33	49	176	202	356	394	344	395	615	687
C	4,80	78	101	252	287	472	522	457	521	787	876
	5,00	55	75	214	245	414	458	401	458	701	781
	5,20	36	52	181	207	362	402	351	402	625	698
	5,40	18	32	151	174	316	352	306	352	557	623
D	5,60	47	66	200	229	392	434	379	434	669	746
	5,80	30	46	171	196	347	385	336	386	603	673
	6,00	14	28	144	167	307	341	297	342	543	607
	6,20	0	12	120	140	270	301	261	302	489	548
E	6,40	22	36	157	181	326	362	316	363	572	639
	6,60	8	21	134	155	291	323	281	324	520	581
	6,80	-	6	112	131	258	288	250	289	472	529
	7,00	-	-	93	109	228	255	221	257	428	480
	7,20	-	-	75	89	201	225	194	227	388	436

Fuente Tensolite

TABLA DE CARGA METALDECK 2 ^o GRADO 40												
	Calibre 22 (0.75mm)			Calibre 20 (0.90)			Calibre 18 (1.20)			Calibre 16 (1.50)		
Altura total de la losa (mm)												
Luz (m)	100	120	140	100	120	140	100	120	140	100	120	140
Carga sobrepuesta (kg/m ²)												
2,0	1006	1209	1331	1035	1213	1386	1109	1337	1564	1108	1331	1555
2,1	958	1151	1268	986	1155	1320	1056	1273	1490	1055	1268	1481
2,2	915	1099	1210	941	1103	1260	1008	1215	1422	1007	1210	1414
2,3	875	1051	1157	900	1055	1205	965	1163	1360	963	1158	1352
2,4	838	1008	1109	863	1011	1155	924	1114	1304	923	1110	1296
2,5	805	967	1065	828	970	1109	887	1070	1252	886	1065	1244
2,6	765	930	1024	796	933	1066	853	1028	1203	852	1024	1196
2,7	696	896	986	767	899	1027	822	990	1159	821	986	1152
2,8	634	862	951	739	866	990	792	955	1117	791	951	1111
2,9	579	788	918	707	837	956	765	922	1079	764	918	1072
3,0	529	722	887	649	809	924	740	891	1043	739	888	1037
3,1	-	661	852	-	783	894	-	863	1009	-	859	1003
3,2	-	606	782	-	750	866	-	836	978	-	832	972
3,3	-	557	719	-	691	840	-	810	948	-	807	942
3,4	-	551	661	-	638	815	-	786	920	-	783	915
3,5	-	469	608	-	589	763	-	763	894	-	761	889
3,6	-	431	552	-	544	706	-	682	869	-	740	864
3,7	-	-	493	-	-	653	-	-	846	-	-	841
3,8	-	-	-	-	-	605	-	-	823	-	-	818
3,9	-	-	-	-	-	556	-	-	797	-	-	797
4,0	-	-	-	-	-	501	-	-	744	-	-	778
Luz máxima sin apuntalamiento temporal (m)												
	2.01	1.84	1.71	2.30	2.10	1.95	2.81	2.56	2.37	3.25	2.96	2.74

Fuente asesco

Tabla espesores mínimos para losas macizas y aligeradas en una dirección.

TABLA CR.9.5 — Alturas o espesores mínimos recomendados para vigas no preesforzadas o losas reforzadas en una dirección que soporten muros divisorios y particiones frágiles susceptibles de dañarse debido a deflexiones grandes, a menos que se calculen las deflexiones

	Espesor mínimo, h			
	Simplemente apoyados	Con un Extremo continuo	Ambos Extremos continuos	En voladizo
Elementos	Elementos que soporten o estén ligados a divisiones u otro tipo de elementos susceptibles de dañarse debido a deflexiones grandes.			
Losas macizas en una dirección	$\frac{\ell}{14}$	$\frac{\ell}{16}$	$\frac{\ell}{19}$	$\frac{\ell}{7}$
Vigas o losas nervadas en una dirección	$\frac{\ell}{11}$	$\frac{\ell}{12}$	$\frac{\ell}{14}$	$\frac{\ell}{5}$

La Notas son las mismas de la Tabla C.9.5(a) del Reglamento.:

Fuente NSR 10

Teniendo en cuenta las tablas anteriores para el diseño de los distintos tipos de losas podemos especificar los apus con la utilización de una herramienta en línea denominada:

Generador de precios de la construcción. Colombia. CYPE Ingenieros, S.A.

Link de la pagina: <http://www.colombia.generadordeprecios.info/>

APU vigueta y bovedilla canto 21cm luz 4m

EHU010 m² Losa armada en una dirección con vigas planas y viguetas prefabricadas.

Estructura de concreto armado, realizada con concreto $f_c=210$ kg/cm² (21 MPa), clase de exposición F0 S0 P0 C0, tamaño máximo del agregado 12,5 mm, manejabilidad blanda, fabricado en planta, y fundido con balde de pluma grúa, con un volumen total de concreto en losa y vigas de 0,113 m³/m², y acero Grado 60 ($f_y=4200$ kg/cm²) en zona de refuerzo de negativos y conectores de viguetas y zunchos y vigas, con una cuantía total de 11 kg/m², constituida por: LOSA ARMADA EN UNA DIRECCIÓN: horizontal, de canto 21 = 17+4 cm; montaje y desmontaje de sistema de encofrado parcial, con acabado para revestir, formado por: superficie encofrante de tableros de madera tratada, reforzados con varillas y perfiles, y tabloncillos de madera, amortizables en 25 usos, estructura soporte horizontal de sopandas metálicas y accesorios de montaje, amortizables en 150 usos y estructura soporte vertical de puntales metálicos, amortizables en 150 usos; vigueta pretensada T-18; bovedilla de concreto, 60x20x17 cm; capa de compresión de 4 cm de espesor, con armadura de reparto formada por malla electrosoldada tipo XX 50, 25x25 cm y Ø 4-4 mm; vigas planas; altura libre de planta de hasta 3 m. El precio incluye el figurado del acero (corte y doblez) en el área de trabajo, en obra y el armado en el lugar definitivo de su colocación en obra, pero no incluye las

Código	Unidad	Descripción	Cantidad	Valor unitario	Valor parcial
1					
Materiales					
mt08eff030a	m ²	Tablero de madera tratada, de 22 mm de espesor, reforzado con varillas y perfiles.	0,022	72952,24	1604,95
mt50spa052b	m	Tablón de madera de pino, de 20x7,2 cm.	0,044	8540,28	375,77
mt08eva030	m ²	Estructura soporte para encofrado recuperable, compuesta de: sopandas metálicas y accesorios de montaje.	0,004	165358,41	661,43
mt50spa081a	Ud	Puntal metálico telescópico, de hasta 3 m de altura.	0,027	26009,90	702,27
mt08cim030b	m ²	Madera de pino.	0,002	463314,81	926,63
mt08var060	kg	Puntas de acero de 20x100 mm.	0,020	13617,75	272,36
mt08dba010b	l	Agente desmoldeante, a base de aceites especiales, emulsionable en agua para encofrados metálicos, fenólicos o de madera.	0,015	3849,55	57,74
mt07bho010a	Ud	Bovedilla de concreto, 60x20x17 cm. Incluso piezas especiales.	5,250	949,35	4984,09
mt07vau010a	m	Vigueta pretensada, T-18, Lmedia = <4 m.	0,750	9572,63	7179,47
mt07aco020c	Ud	Separador homologado para vigas.	0,800	152,30	121,84
mt07aco060a	kg	Acero en barras corrugadas, Grado 60 ($f_y=4200$ kg/cm ²), de varios	11,550	1867,13	21565,35
mt08var050	kg	Alambre galvanizado para atar, de 1,30 mm de diámetro.	0,132	2139,94	282,47
mt07ame050aee	m ²	Malla electrosoldada tipo XX 50, 25x25 cm y Ø 4-4 mm, según NTC	1,100	1751,25	1926,38
mt10haf050qbc	m ²	Concreto $f_c=210$ kg/cm ² (21 MPa), clase de exposición F0 S0 P0 C0, tamaño máximo del agregado 12,5 mm, manejabilidad blanda,	0,119	298045,59	35467,43
mt08aaa010a	m ²	Agua.	0,005	2918,09	14,59
				Subtotal materiales:	76142,77
2					
Mano de obra					
mo044	h	Oficial 1º encofrador.	0,618	20839,29	12878,68
mo091	h	Ayudante encofrador.	0,607	15358,80	9322,79
mo043	h	Oficial 1º armador de concreto.	0,149	20839,29	3105,05
mo090	h	Ayudante armador de concreto.	0,161	15358,80	2472,77
mo045	h	Oficial 1º cementador de concreto armado.	0,041	20839,29	854,41
mo092	h	Ayudante cementador de concreto armado.	0,159	15358,80	2442,05
				Subtotal mano de obra:	31075,75
3					
Herramienta menor					
%	Herramienta menor		2,000	107218,52	2144,37
Coste de mantenimiento decenal: \$ 8.414,30 en los primeros 10 años.			Costos directos (1+2+3):		109362,89

APU vigueta y bovedilla canto 21cm luz 5m

EHU010 m² Losa armada en una dirección con vigas planas y viguetas prefabricadas.

Estructura de concreto armado, realizada con concreto f'c=210 kg/cm² (21 MPa), clase de exposición F0 S0 P0 C0, tamaño máximo del agregado 12,5 mm, manejabilidad blanda, fabricado en planta, y fundido con balde de pluma grúa, con un volumen total de concreto en losa y vigas de 0,113 m³/m², y acero Grado 60 (fy=4200 kg/cm²) en zona de refuerzo de negativos y conectores de viguetas y zunchos y vigas, con una cuantía total de 11 kg/m², constituida por: LOSA ARMADA EN UNA DIRECCIÓN: horizontal, de canto 21 = 17+4 cm; montaje y desmontaje de sistema de encofrado parcial, con acabado para revestir, formado por: superficie encofrante de tableros de madera tratada, reforzados con varillas y perfiles, y tablonces de madera, amortizables en 25 usos, estructura soporte horizontal de sopandas metálicas y accesorios de montaje, amortizables en 150 usos y estructura soporte vertical de puntales metálicos, amortizables en 150 usos; vigueta pretensada T-18; bovedilla de concreto, 60x20x17 cm; capa de compresión de 4 cm de espesor, con armadura de reparo formada por malla electrosoldada tipo XX 50, 25x25 cm y Ø 4-4 mm; vigas planas; altura libre de planta de hasta 3 m. El precio incluye el figurado del acero (corte y doblez) en el área de trabajo, en obra y el armado en el lugar definitivo de su colocación en obra, pero no incluye las

Código	Unidad	Descripción	Cantidad	Valor unitario	Valor parcial
1		Materiales			
mt08eff030a	m ²	Tablero de madera tratada, de 22 mm de espesor, reforzado con varillas y perfiles.	0,022	72952,24	1604,95
mt50spa052b	m	Tablón de madera de pino, de 20x7,2 cm.	0,044	8540,28	375,77
mt08eva030	m ²	Estructura soporte para encofrado recuperable, compuesta de: sopandas metálicas y accesorios de montaje.	0,004	165358,41	661,43
mt50spa081a	Ud	Puntal metálico telescópico, de hasta 3 m de altura.	0,027	26009,90	702,27
mt08cim030b	m ²	Madera de pino.	0,002	463314,81	926,63
mt08var060	kg	Puntas de acero de 20x100 mm.	0,020	13617,75	272,36
mt08dba010b	l	Agente desmoldeante, a base de aceites especiales, emulsionable en agua para encofrados metálicos, fenólicos o de madera.	0,015	3849,55	57,74
mt07bho010a	Ud	Bovedilla de concreto, 60x20x17 cm. Incluso piezas especiales.	5,250	949,35	4984,09
mt07vau010b	m	Vigueta pretensada, T-18, Lmedia = 5 m.	0,600	10225,31	6135,19
mt07aco020c	Ud	Separador homologado para vigas.	0,800	152,30	121,84
mt07aco060a	kg	Acero en barras corrugadas, Grado 60 (fy=4200 kg/cm ²), de varios	11,550	1867,13	21565,35
mt08var050	kg	Alambre galvanizado para atar, de 1,30 mm de diámetro.	0,132	2139,94	282,47
mt07ame050aee	m ²	Malla electrosoldada tipo XX 50, 25x25 cm y Ø 4-4 mm, según NTC	1,100	1751,25	1926,38
mt10haf050qbc	m ²	Concreto f'c=210 kg/cm ² (21 MPa), clase de exposición F0 S0 P0 C0, tamaño máximo del agregado 12,5 mm, manejabilidad blanda,	0,119	298045,59	35467,43
mt08aaa010a	m ²	Agua.	0,005	2918,09	14,59
				Subtotal materiales:	75098,49
2		Mano de obra			
mo044	h	Oficial 1º encofrador.	0,618	20839,29	12878,68
mo091	h	Ayudante encofrador.	0,607	15358,80	9322,79
mo043	h	Oficial 1º armador de concreto.	0,149	20839,29	3105,05
mo090	h	Ayudante armador de concreto.	0,161	15358,80	2472,77
mo045	h	Oficial 1º cementador de concreto armado.	0,041	20839,29	854,41
mo092	h	Ayudante cementador de concreto armado.	0,159	15358,80	2442,05
				Subtotal mano de obra:	31075,75
3		Herramienta menor			
%		Herramienta menor	2,000	106174,24	2123,48
Coste de mantenimiento decenal: \$ 8.414,30 en los primeros 10 años.			Costos directos (1+2+3):		108297,72

APU vigueta y bovedilla canto 21cm luz 6m

EHU010 m² Losa armada en una dirección con vigas planas y viguetas prefabricadas.

Estructura de concreto armado, realizada con concreto f'c=210 kg/cm² (21 MPa), clase de exposición F0 S0 P0 C0, tamaño máximo del agregado 12,5 mm, manejabilidad blanda, fabricado en planta, y fundido con balde de pluma grúa, con un volumen total de concreto en losa y vigas de 0,113 m³/m², y acero Grado 60 (fy=4200 kg/cm²) en zona de refuerzo de negativos y conectores de viguetas y zunchos y vigas, con una cuantía total de 11 kg/m², constituida por: LOSA ARMADA EN UNA DIRECCIÓN: horizontal, de canto 21 = 17+4 cm; montaje y desmontaje de sistema de encofrado parcial, con acabado para revestir, formado por: superficie encofrante de tableros de madera tratada, reforzados con varillas y perfiles, y tableros de madera, amortizables en 25 usos, estructura soporte horizontal de sopandas metálicas y accesorios de montaje, amortizables en 150 usos y estructura soporte vertical de puntales metálicos, amortizables en 150 usos; vigueta pretensada T-18; bovedilla de concreto, 60x20x17 cm; capa de compresión de 4 cm de espesor, con armadura de reparto formada por malla electrosoldada tipo XX 50, 25x25 cm y Ø 4-4 mm; vigas planas; altura libre de planta de hasta 3 m. El precio incluye el figurado del acero (corte y doblez) en el área de trabajo, en obra y el armado en el lugar definitivo de su colocación en obra, pero no incluye las

Código	Unidad	Descripción	Cantidad	Valor unitario	Valor parcial
1		Materiales			
mt08eft030a	m ²	Tablero de madera tratada, de 22 mm de espesor, reforzado con varillas y perfiles.	0,022	72952,24	1604,95
mt50spa052b	m	Tablón de madera de pino, de 20x7,2 cm.	0,044	8540,28	375,77
mt08eva030	m ²	Estructura soporte para encofrado recuperable, compuesta de: sopandas metálicas y accesorios de montaje.	0,004	165358,41	661,43
mt50spa081a	Ud	Puntal metálico telescópico, de hasta 3 m de altura.	0,027	26009,90	702,27
mt08cim030b	m ²	Madera de pino.	0,002	463314,81	926,63
mt08var060	kg	Puntas de acero de 20x100 mm.	0,020	13617,75	272,36
mt08dba010b	l	Agente desmoldante, a base de aceites especiales, emulsionable en agua para encofrados metálicos, fenólicos o de madera.	0,015	3849,55	57,74
mt07bho010a	Ud	Bovedilla de concreto, 60x20x17 cm. Incluso piezas especiales.	5,250	949,35	4984,09
mt07vau010c	m	Vigueta pretensada, T-18, Lmedia = 6 m.	0,500	11639,45	5819,73
mt07aco020c	Ud	Separador homologado para vigas.	0,800	152,30	121,84
mt07aco060a	kg	Acero en barras corrugadas, Grado 60 (fy=4200 kg/cm ²), de varios	11,550	1867,13	21565,35
mt08var050	kg	Alambre galvanizado para atar, de 1,30 mm de diámetro.	0,132	2139,94	282,47
mt07ame050aee	m ²	Malla electrosoldada tipo XX 50, 25x25 cm y Ø 4-4 mm, según NTC	1,100	1751,25	1926,38
mt10haf050qbc	m ²	Concreto f'c=210 kg/cm ² (21 MPa), clase de exposición F0 S0 P0 C0, tamaño máximo del agregado 12,5 mm, manejabilidad blanda,	0,119	298045,59	35467,43
mt08aaa010a	m ²	Agua.	0,005	2918,09	14,59
				Subtotal materiales:	74783,03
2		Mano de obra			
mo044	h	Oficial 1° encofrador.	0,618	20839,29	12878,68
mo091	h	Ayudante encofrador.	0,607	15358,80	9322,79
mo043	h	Oficial 1° armador de concreto.	0,149	20839,29	3105,05
mo090	h	Ayudante armador de concreto.	0,161	15358,80	2472,77
mo045	h	Oficial 1° cementador de concreto armado.	0,041	20839,29	854,41
mo092	h	Ayudante cementador de concreto armado.	0,159	15358,80	2442,05
				Subtotal mano de obra:	31075,75
3		Herramienta menor			
%		Herramienta menor	2,000	105858,78	2117,18
Coste de mantenimiento decenal: \$ 8.414,30 en los primeros 10 años.			Costos directos (1+2+3):		107975,96

APU vigueta y bovedilla canto 21cm luz 10m

EHU010 m² Losa armada en una dirección con vigas planas y viguetas prefabricadas.

Estructura de concreto armado, realizada con concreto $f_c=210 \text{ kg/cm}^2$ (21 MPa), clase de exposición F0 S0 P0 C0, tamaño máximo del agregado 12,5 mm, manejabilidad blanda, fabricado en planta, y fundido con balde de pluma grúa, con un volumen total de concreto en losa y vigas de $0,113 \text{ m}^3/\text{m}^2$, y acero Grado 60 ($f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$) en zona de refuerzo de negativos y conectores de viguetas y zunchos y vigas, con una cuantía total de 11 kg/m^2 , constituida por: LOSA ARMADA EN UNA DIRECCIÓN: horizontal, de canto $21 = 17+4 \text{ cm}$; montaje y desmontaje de sistema de encofrado parcial, con acabado para revestir, formado por: superficie encofrante de tableros de madera tratada, reforzados con varillas y perfiles, y tablonces de madera, amortizables en 25 usos, estructura soporte horizontal de sopandas metálicas y accesorios de montaje, amortizables en 150 usos y estructura soporte vertical de puntales metálicos, amortizables en 150 usos; vigueta pretensada T-18; bovedilla de concreto, $60 \times 20 \times 17 \text{ cm}$; capa de compresión de 4 cm de espesor, con armadura de reparto formada por malla electrosoldada tipo XX 50, $25 \times 25 \text{ cm}$ y $\varnothing 4-4 \text{ mm}$; vigas planas; altura libre de planta de hasta 3 m. El precio incluye el figurado del acero (corte y dobléz) en el área de trabajo, en obra y el armado en el lugar definitivo de su colocación en obra, pero no incluye las

Código	Unidad	Descripción	Cantidad	Valor unitario	Valor parcial
1		Materiales			
mt08eft030a	m ²	Tablero de madera tratada, de 22 mm de espesor, reforzado con varillas y perfiles.	0,022	72952,24	1604,95
mt50spa052b	m	Tablón de madera de pino, de $20 \times 7,2 \text{ cm}$.	0,044	8540,28	375,77
mt08eva030	m ²	Estructura soporte para encofrado recuperable, compuesta de: sopandas metálicas y accesorios de montaje.	0,004	165358,41	661,43
mt50spa081a	Ud	Puntal metálico telescópico, de hasta 3 m de altura.	0,027	26009,90	702,27
mt08cim030b	m ³	Madera de pino.	0,002	463314,81	926,63
mt08var060	kg	Puntas de acero de $20 \times 100 \text{ mm}$.	0,020	13617,75	272,36
mt08dba010b	l	Agente desmoldeante, a base de aceites especiales, emulsionable en agua para encofrados metálicos, fenólicos o de madera.	0,015	3849,55	57,74
mt07bho010a	Ud	Bovedilla de concreto, $60 \times 20 \times 17 \text{ cm}$. Incluso piezas especiales.	5,250	949,35	4984,09
mt07vau010d	m	Vigueta pretensada, T-18, Lmedia = $>6 \text{ m}$.	0,500	14250,17	7125,09
mt07aco020c	Ud	Separador homologado para vigas.	0,800	152,30	121,84
mt07aco060a	kg	Acero en barras corrugadas, Grado 60 ($f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$), de varios	11,550	1867,13	21565,35
mt08var050	kg	Alambre galvanizado para atar, de 1,30 mm de diámetro.	0,132	2139,94	282,47
mt07ame050aee	m ²	Malla electrosoldada tipo XX 50, $25 \times 25 \text{ cm}$ y $\varnothing 4-4 \text{ mm}$, según NTC	1,100	1751,25	1926,38
mt10haf050qbc	m ³	Concreto $f_c=210 \text{ kg/cm}^2$ (21 MPa), clase de exposición F0 S0 P0 C0, tamaño máximo del agregado 12,5 mm, manejabilidad blanda,	0,119	298045,59	35467,43
mt08aaa010a	m ³	Agua.	0,005	2918,09	14,59
					76088,39
		Subtotal materiales:			
2		Mano de obra			
mo044	h	Oficial 1° encofrador.	0,618	20839,29	12878,68
mo091	h	Ayudante encofrador.	0,607	15358,80	9322,79
mo043	h	Oficial 1° armador de concreto.	0,149	20839,29	3105,05
mo090	h	Ayudante armador de concreto.	0,161	15358,80	2472,77
mo045	h	Oficial 1° cementador de concreto armado.	0,041	20839,29	854,41
mo092	h	Ayudante cementador de concreto armado.	0,159	15358,80	2442,05
		Subtotal mano de obra:			31075,75
3		Herramienta menor			
%		Herramienta menor	2,000	107164,14	2143,28
		Coste de mantenimiento decenal: \$ 8.414,30 en los primeros 10 años.			
		Costos directos (1+2+3):			109307,42

APU Lamina Colaborante canto 10 cm luz 3m

EHX010 m² Losa con lámina metálica como encofrado perdido.

Losa de 10 cm de canto, con encofrado perdido de lámina de acero galvanizado con forma corrugada, de 0,75 mm de espesor, 58,80 mm de altura de perfil y 305 mm de intereje y concreto armado realizado con concreto $f'c=210$ kg/cm² (21 MPa), clase de exposición F0 S0 P0 C0, tamaño máximo del agregado 12,5 mm, manejabilidad blanda, fabricado en planta, y fundido con balde de pluma grúa, volumen total de concreto 0,062 m³/m²; acero Grado 60 ($f_y=4200$ kg/cm²), con una cuantía total de 6 kg/m²; y malla electrosoldada tipo XX 50; apoyado todo ello sobre estructura metálica. Incluso **apuntalamiento y desapuntalamiento de la losa**, piezas angulares para remates perimetrales y de voladizos, tornillos para fijación de las láminas, **alambre de atar y separadores**. El precio incluye el figurado del acero (corte y doblez) en el área de trabajo, en obra y el armado en el lugar definitivo de su colocación en obra, pero no incluye la estructura metálica.

Código	Unidad	Descripción	Cantidad	Valor unitario	Valor parcial
1		Materiales			
mt07pcl010fprqa	m²	Perfil de lámina de acero galvanizado con forma corrugada, de 0,75 mm de espesor, 58,8 mm de altura de perfil y 305 mm de intereje, 7 a 8 kg/m ² y un momento de inercia de 40 a 50 cm ⁴ .	1,050	36144,20	37951,41
mt07pcl020	m	Pieza angular de lámina de acero galvanizado, para remates perimetrales y de voladizos.	0,040	53796,60	2151,86
mt07pcl030	Ud	Tornillo autotaladrante rosca-metal, para fijación de láminas.	6,000	227,45	1364,70
mt50spa052b	m	Tablón de madera de pino, de 20x7,2 cm.	0,040	8540,28	341,61
mt50spa101	kg	Clavos de acero.	0,045	2529,01	113,81
mt50spa081a	Ud	Puntal metálico telescópico, de hasta 3 m de altura.	0,013	26009,90	338,13
mt07aco020k	Ud	Separador homologado para losas.	3,000	152,30	456,90
mt07aco060a	kg	Acero en barras corrugadas, Grado 60 ($f_y=4200$ kg/cm ²), de varios diámetros, según NTC 2289 y ASTM A 706.	6,300	1867,13	11762,92
mt08var050	kg	Alambre galvanizado para atar, de 1,30 mm de diámetro.	0,099	2139,94	211,85
mt07ame050aae	m²	Malla electrosoldada tipo XX 50, 25x25 cm y Ø 4-4 mm, según NTC 5806 y ASTM A1064 / A1064M.	1,150	1751,25	2013,94
mt10haf050qbc	m³	Concreto $f'c=210$ kg/cm ² (21 MPa), clase de exposición F0 S0 P0 C0, tamaño máximo del agregado 12,5 mm, manejabilidad blanda, fabricado en planta, según NSR-10 y ACI 318.	0,065	298045,59	19372,96
mt08aaa010a	m³	Agua.	0,005	2918,09	14,59
				Subtotal materiales:	76094,68
2		Mano de obra			
mo047	h	Oficial 1º montador de estructura metálica.	0,248	20839,29	5168,14
mo094	h	Ayudante montador de estructura metálica.	0,384	15358,80	5897,78
mo043	h	Oficial 1º armador de concreto.	0,117	20839,29	2438,20
mo090	h	Ayudante armador de concreto.	0,111	15358,80	1704,83
mo045	h	Oficial 1º cementador de concreto armado.	0,015	20839,29	312,59
mo092	h	Ayudante cementador de concreto armado.	0,063	15358,80	967,60
				Subtotal mano de obra:	16489,14
3		Herramienta menor			
	%	Herramienta menor	2,000	92583,82	1851,68
Coste de mantenimiento decenal: \$ 5.666,13 en los primeros 10 años.					
				Costos directos (1+2+3):	94435,50

APU Lamina Colaborante canto 14 cm luz 4m

EHX010 m² Losa con lámina metálica como encofrado perdido.

Losa de 14 cm de canto, con encofrado perdido de lámina de acero galvanizado con forma corrugada, de 0,90 mm de espesor, 76,20 mm de altura de perfil y 305 mm de intereje y concreto armado realizado con concreto f'c=210 kg/cm² (21 MPa), clase de exposición F0 S0 P0 C0, tamaño máximo del agregado 12,5 mm, manejabilidad blanda, fabricado en planta, y fundido con balde de pluma grúa, volumen total de concreto 0,102 m³/m²; acero Grado 60 (fy=4200 kg/cm²), con una cuantía total de 6 kg/m²; y malla electrosoldada tipo XX 50; apoyado todo ello sobre estructura metálica. Incluso apuntalamiento y desapuntalamiento de la losa, piezas angulares para remates perimetrales y de voladizos, tornillos para fijación de las láminas, alambre de atar y separadores. El precio incluye el figurado del acero (corte y doblez) en el área de trabajo, en obra y el armado en el lugar definitivo de su colocación en obra, pero no incluye la estructura metálica.

Código	Unidad	Descripción	Cantidad	Valor unitario	Valor parcial
1		Materiales			
mt07pcl010fqrra	m ²	Perfil de lámina de acero galvanizado con forma corrugada, de 0,9 mm de espesor, 76,2 mm de altura de perfil y 305 mm de intereje, 9 a 10 kg/m ² y un momento de inercia de 100 a 110 cm ⁴ .	1,050	43901,58	46096,66
mt07pcl020	m	Pieza angular de lámina de acero galvanizado, para remates perimetrales y de voladizos.	0,040	53796,60	2151,86
mt07pcl030	Ud	Tornillo autotaladrante rosca-metal, para fijación de láminas.	6,000	227,45	1364,70
mt50spa052b	m	Tablón de madera de pino, de 20x7,2 cm.	0,040	8540,28	341,61
mt50spa101	kg	Clavos de acero.	0,045	2529,01	113,81
mt50spa081a	Ud	Puntal metálico telescópico, de hasta 3 m de altura.	0,013	26009,90	338,13
mt07aco020k	Ud	Separador homologado para losas.	3,000	152,30	456,90
mt07aco060a	kg	Acero en barras corrugadas, Grado 60 (fy=4200 kg/cm ²), de varios diámetros, según NTC 2289 y ASTM A 706.	6,300	1867,13	11762,92
mt08var050	kg	Alambre galvanizado para atar, de 1,30 mm de diámetro.	0,099	2139,94	211,85
mt07ame050aae	m ²	Malla electrosoldada tipo XX 50, 25x25 cm y Ø 4-4 mm, según NTC 5806 y ASTM A1064 / A1064M.	1,150	1751,25	2013,94
mt10haf050qbc	m ²	Concreto f'c=210 kg/cm ² (21 MPa), clase de exposición F0 S0 P0 C0, tamaño máximo del agregado 12,5 mm, manejabilidad blanda, fabricado en planta, según NSR-10 y ACI 318.	0,107	298045,59	31890,88
mt08aaa010a	m ²	Agua.	0,005	2918,09	14,59
				Subtotal materiales:	96757,85
2		Mano de obra			
mo047	h	Oficial 1º montador de estructura metálica.	0,248	20839,29	5168,14
mo094	h	Ayudante montador de estructura metálica.	0,384	15358,80	5897,78
mo043	h	Oficial 1º armador de concreto.	0,117	20839,29	2438,20
mo090	h	Ayudante armador de concreto.	0,111	15358,80	1704,83
mo045	h	Oficial 1º cementador de concreto armado.	0,025	20839,29	520,98
mo092	h	Ayudante cementador de concreto armado.	0,104	15358,80	1597,32
				Subtotal mano de obra:	17327,25
3		Herramienta menor			
	%	Herramienta menor	2,000	114085,10	2281,70
Coste de mantenimiento decenal: \$ 6.982,01 en los primeros 10 años.					
				Costos directos (1+2+3):	116366,80

APU Losa maciza canto 19 cm luz 3m

EHL010 m² Losa maciza.

Losa maciza de concreto armado, horizontal, con altura libre de planta de hasta 3 m, canto 19 cm, realizada con concreto f'c=210 kg/cm² (21 MPa), clase de exposición F0 S0 P0 C0, tamaño máximo del agregado 12,5 mm, manejabilidad blanda, fabricado en planta, y fundido con balde de pluma grúa, y acero Grado 60 (fy=4200 kg/cm²), con una cuantía aproximada de 21 kg/m²; montaje y desmontaje de sistema de encofrado continuo, con acabado para revestir, formado por: superficie encofrante de tableros de madera tratada, reforzados con varillas y perfiles, amortizables en 25 usos; estructura soporte horizontal de sopandas metálicas y accesorios de montaje, amortizables en 150 usos y estructura soporte vertical de puntales metálicos, amortizables en 150 usos. Incluso nervios y zunchos perimetrales de planta y huecos, alambre de atar, separadores, aplicación de líquido desencofrante. El precio incluye el figurado del acero (corte y doblez) en el área de trabajo, en obra y el armado en el lugar definitivo de su colocación en obra, pero no incluye las columnas.

Código	Unidad	Descripción	Cantidad	Valor unitario	Valor parcial
1		Materiales			
mt08ef030a	m ²	Tablero de madera tratada, de 22 mm de espesor, reforzado con varillas y perfiles.	0,044	72952,24	3209,90
mt08eva030	m ²	Estructura soporte para encofrado recuperable, compuesta de: sopandas metálicas y accesorios de montaje.	0,007	165358,41	1157,51
mt50spa081a	Ud	Puntal metálico telescópico, de hasta 3 m de altura.	0,027	26009,90	702,27
mt08cim030b	m ³	Madera de pino.	0,003	463314,81	1389,94
mt08var060	kg	Puntas de acero de 20x100 mm.	0,040	13617,75	544,71
mt08dba010b	l	Agente desmoldeante, a base de aceites especiales, emulsionable en agua para encofrados metálicos, fenólicos o de madera.	0,030	3849,55	115,49
mt07aco020i	Ud	Separador homologado para losas macizas.	3,000	152,30	456,90
mt07aco060a	kg	Acero en barras corrugadas, Grado 60 (fy=4200 kg/cm ²), de varios diámetros, según NTC 2289 y ASTM A 706.	22,050	1867,13	41170,22
mt08var050	kg	Alambre galvanizado para atar, de 1,30 mm de diámetro.	0,294	2139,94	629,14
mt10haf050qbc	m ³	Concreto f'c=210 kg/cm ² (21 MPa), clase de exposición F0 S0 P0 C0, tamaño máximo del agregado 12,5 mm, manejabilidad blanda, fabricado en planta, según NSR-10 y ACI 318.	0,200	298045,59	59609,12
mt08aaa010a	m ³	Agua.	0,005	2918,09	14,59
			Subtotal materiales:		108999,79
2		Mano de obra			
mo044	h	Oficial 1º encofrador.	0,565	20839,29	11774,20
mo091	h	Ayudante encofrador.	0,565	15358,80	8677,72
mo043	h	Oficial 1º armador de concreto.	0,332	20839,29	6918,64
mo090	h	Ayudante armador de concreto.	0,308	15358,80	4730,51
mo045	h	Oficial 1º cementador de concreto armado.	0,047	20839,29	979,45
mo092	h	Ayudante cementador de concreto armado.	0,193	15358,80	2964,25
			Subtotal mano de obra:		36044,77
3		Herramienta menor			
	%	Herramienta menor	2,000	145044,56	2900,89
Coste de mantenimiento decenal: \$ 7.397,27 en los primeros 10 años.			Costos directos (1+2+3):		147945,45

APU Losa maciza canto 25 cm luz 4m

EHL010 m² Losa maciza.

Losa maciza de concreto armado, horizontal, con altura libre de planta de hasta 3 m, canto 25 cm, realizada con concreto f'c=210 kg/cm² (21 MPa), clase de exposición F0 S0 P0 C0, tamaño máximo del agregado 12,5 mm, manejabilidad blanda, fabricado en planta, y fundido con balde de pluma grúa, y acero Grado 60 (fy=4200 kg/cm²), con una cuantía aproximada de 21 kg/m²; montaje y desmontaje de sistema de encofrado continuo, con acabado para revestir, formado por: superficie encofrante de tableros de madera tratada, reforzados con varillas y perfiles, amortizables en 25 usos; estructura soporte horizontal de sopandas metálicas y accesorios de montaje, amortizables en 150 usos y estructura soporte vertical de puntales metálicos, amortizables en 150 usos. Incluso nervios y zunchos perimetrales de planta y huecos, alambre de atar, separadores, aplicación de líquido desencofrante. El precio incluye el figurado del acero (corte y doblez) en el área de trabajo, en obra y el armado en el lugar definitivo de su colocación en obra, pero no incluye las columnas.

Código	Unidad	Descripción	Cantidad	Valor unitario	Valor parcial
1					
Materiales					
mt08eft030a	m ²	Tablero de madera tratada, de 22 mm de espesor, reforzado con varillas y perfiles.	0,044	72952,24	3209,90
mt08eva030	m ²	Estructura soporte para encofrado recuperable, compuesta de: sopandas metálicas y accesorios de montaje.	0,007	165358,41	1157,51
mt50spa081a	Ud	Puntal metálico telescópico, de hasta 3 m de altura.	0,027	26009,90	702,27
mt08cim030b	m ³	Madera de pino.	0,003	463314,81	1389,94
mt08var060	kg	Puntas de acero de 20x100 mm.	0,040	13617,75	544,71
mt08dba010b	l	Agente desmoldeante, a base de aceites especiales, emulsionable en agua para encofrados metálicos, fenólicos o de madera.	0,030	3849,55	115,49
mt07aco020i	Ud	Separador homologado para losas macizas.	3,000	152,30	456,90
mt07aco060a	kg	Acero en barras corrugadas, Grado 60 (fy=4200 kg/cm ²), de varios diámetros, según NTC 2289 y ASTM A 706.	22,050	1867,13	41170,22
mt08var050	kg	Alambre galvanizado para atar, de 1,30 mm de diámetro.	0,294	2139,94	629,14
mt10haf050qbc	m ³	Concreto f'c=210 kg/cm ² (21 MPa), clase de exposición F0 S0 P0 C0, tamaño máximo del agregado 12,5 mm, manejabilidad blanda, fabricado en planta, según NSR-10 y ACI 318.	0,263	298045,59	78385,99
mt08aaa010a	m ³	Agua.	0,005	2918,09	14,59
				Subtotal materiales:	127776,66
2					
Mano de obra					
mo044	h	Oficial 1º encofrador.	0,565	20839,29	11774,20
mo091	h	Ayudante encofrador.	0,565	15358,80	8677,72
mo043	h	Oficial 1º armador de concreto.	0,332	20839,29	6918,64
mo090	h	Ayudante armador de concreto.	0,308	15358,80	4730,51
mo045	h	Oficial 1º cementador de concreto armado.	0,062	20839,29	1292,04
mo092	h	Ayudante cementador de concreto armado.	0,254	15358,80	3901,14
				Subtotal mano de obra:	37294,25
3					
Herramienta menor					
	%	Herramienta menor	2,000	165070,91	3301,42
Coste de mantenimiento decenal: \$ 8.418,62 en los primeros 10 años.			Costos directos (1+2+3):		168372,33

APU Losa maciza canto 32 cm luz 5m

EHL010 m² Losa maciza.

Losa maciza de concreto armado, horizontal, con altura libre de planta de hasta 3 m, canto 32 cm, realizada con concreto f'c=210 kg/cm² (21 MPa), clase de exposición F0 S0 P0 C0, tamaño máximo del agregado 12,5 mm, manejabilidad blanda, fabricado en planta, y fundido con balde de pluma grúa, y acero Grado 60 (fy=4200 kg/cm²), con una cuantía aproximada de 21 kg/m²; montaje y desmontaje de sistema de encofrado continuo, con acabado para revestir, formado por: superficie encofrante de tableros de madera tratada, reforzados con varillas y perfiles, amortizables en 25 usos; estructura soporte horizontal de sopandas metálicas y accesorios de montaje, amortizables en 150 usos y estructura soporte vertical de puntales metálicos, amortizables en 150 usos. Incluso nervios y zunchos perimetrales de planta y huecos, alambre de atar, separadores, aplicación de líquido desencofrante. El precio incluye el figurado del acero (corte y doblez) en el área de trabajo, en obra y el armado en el lugar definitivo de su colocación en obra, pero no incluye las columnas.

Código	Unidad	Descripción	Cantidad	Valor unitario	Valor parcial
1		Materiales			
mt08eft030a	m ²	Tablero de madera tratada, de 22 mm de espesor, reforzado con varillas y perfiles.	0,044	72952,24	3209,90
mt08eva030	m ²	Estructura soporte para encofrado recuperable, compuesta de: sopandas metálicas y accesorios de montaje.	0,007	165358,41	1157,51
mt50spa081a	Ud	Puntal metálico telescópico, de hasta 3 m de altura.	0,027	26009,90	702,27
mt08cim030b	m ³	Madera de pino.	0,003	463314,81	1389,94
mt08var060	kg	Puntas de acero de 20x100 mm.	0,040	13617,75	544,71
mt08dba010b	l	Agente desmoldeante, a base de aceites especiales, emulsionable en agua para encofrados metálicos, fenólicos o de madera.	0,030	3849,55	115,49
mt07aco020i	Ud	Separador homologado para losas macizas.	3,000	152,30	456,90
mt07aco060a	kg	Acero en barras corrugadas, Grado 60 (fy=4200 kg/cm ²), de varios diámetros, según NTC 2289 y ASTM A 706.	22,050	1867,13	41170,22
mt08var050	kg	Alambre galvanizado para atar, de 1,30 mm de diámetro.	0,294	2139,94	629,14
mt10haf050qbc	m ³	Concreto f'c=210 kg/cm ² (21 MPa), clase de exposición F0 S0 P0 C0, tamaño máximo del agregado 12,5 mm, manejabilidad blanda, fabricado en planta, según NSR-10 y ACI 318.	0,336	298045,59	100143,32
mt08aaa010a	m ³	Agua.	0,005	2918,09	14,59
				Subtotal materiales:	149533,99
2		Mano de obra			
mo044	h	Oficial 1º encofrador.	0,565	20839,29	11774,20
mo091	h	Ayudante encofrador.	0,565	15358,80	8677,72
mo043	h	Oficial 1º armador de concreto.	0,332	20839,29	6918,64
mo090	h	Ayudante armador de concreto.	0,308	15358,80	4730,51
mo045	h	Oficial 1º cementador de concreto armado.	0,079	20839,29	1646,30
mo092	h	Ayudante cementador de concreto armado.	0,325	15358,80	4991,61
				Subtotal mano de obra:	38738,98
3		Herramienta menor			
	%	Herramienta menor	2,000	188272,97	3765,46
Coste de mantenimiento decenal: \$ 9.601,92 en los primeros 10 años.					
				Costos directos (1+2+3):	192038,43

APU Losa maciza canto 38 cm luz 6m

EHL010 m² Losa maciza.

Losa maciza de concreto armado, horizontal, con altura libre de planta de hasta 3 m, canto 38 cm, realizada con concreto $f'c=210$ kg/cm² (21 MPa), clase de exposición F0 S0 P0 C0, tamaño máximo del agregado 12,5 mm, manejabilidad blanda, fabricado en planta, y fundido con balde de pluma grúa, y acero Grado 60 ($f_y=4200$ kg/cm²), con una cuantía aproximada de 21 kg/m²; montaje y desmontaje de sistema de encofrado continuo, con acabado para revestir, formado por: superficie encofrante de tableros de madera tratada, reforzados con varillas y perfiles, amortizables en 25 usos; estructura soporte horizontal de sopandas metálicas y accesorios de montaje, amortizables en 150 usos y estructura soporte vertical de puntales metálicos, amortizables en 150 usos. Incluso nervios y zunchos perimetrales de planta y huecos, alambre de atar, separadores, aplicación de líquido desencofrante. El precio incluye el figurado del acero (corte y doblez) en el área de trabajo, en obra y el armado en el lugar definitivo de su colocación en obra, pero no incluye las columnas.

Código	Unidad	Descripción	Cantidad	Valor unitario	Valor parcial
1		Material			
mt08eff030a	m ²	Tablero de madera tratada, de 22 mm de espesor, reforzado con varillas y perfiles.	0,044	72952,24	3209,90
mt08eva030	m ²	Estructura soporte para encofrado recuperable, compuesta de: sopandas metálicas y accesorios de montaje.	0,007	165358,41	1157,51
mt50spa081a	Ud	Puntal metálico telescópico, de hasta 3 m de altura.	0,027	26009,90	702,27
mt08cim030b	m ³	Madera de pino.	0,003	463314,81	1389,94
mt08var060	kg	Puntas de acero de 20x100 mm.	0,040	13617,75	544,71
mt08dba010b	l	Agente desmoldeante, a base de aceites especiales, emulsionable en agua para encofrados metálicos, fenólicos o de madera.	0,030	3849,55	115,49
mt07aco020i	Ud	Separador homologado para losas macizas.	3,000	152,30	456,90
mt07aco060a	kg	Acero en barras corrugadas, Grado 60 ($f_y=4200$ kg/cm ²), de varios diámetros, según NTC 2289 y ASTM A 706.	22,050	1867,13	41170,22
mt08var050	kg	Alambre galvanizado para atar, de 1,30 mm de diámetro.	0,294	2139,94	629,14
mt10haf050qbc	m ³	Concreto $f'c=210$ kg/cm ² (21 MPa), clase de exposición F0 S0 P0 C0, tamaño máximo del agregado 12,5 mm, manejabilidad blanda, fabricado en planta, según NSR-10 y ACI 318.	0,399	298045,59	118920,19
mt08aaa010a	m ³	Agua.	0,005	2918,09	14,59
			Subtotal materiales:		168310,86
2		Mano de obra			
mo044	h	Oficial 1º encofrador.	0,565	20839,29	11774,20
mo091	h	Ayudante encofrador.	0,565	15358,80	8677,72
mo043	h	Oficial 1º armador de concreto.	0,332	20839,29	6918,64
mo090	h	Ayudante armador de concreto.	0,308	15358,80	4730,51
mo045	h	Oficial 1º cementador de concreto armado.	0,094	20839,29	1958,89
mo092	h	Ayudante cementador de concreto armado.	0,386	15358,80	5928,50
			Subtotal mano de obra:		39988,46
3		Herramienta menor			
	%	Herramienta menor	2,000	208299,32	4165,99
Coste de mantenimiento decenal: \$ 10.623,27 en los primeros 10 años.			Costos directos (1+2+3):		212465,31

APU Losa aligerada con casetón perdido canto 25, luz 3m

EHR010 m² Losa aligerada con casetón perdido.

Losa aligerada de concreto armado con casetón perdido, horizontal, con 15% de zonas macizas, con altura libre de planta de hasta 3 m, canto total 25 = 20+5 cm, realizado con concreto f'c=210 kg/cm² (21 MPa), clase de exposición F0 S0 P0 C0, tamaño máximo del agregado 12,5 mm, manejabilidad blanda, fabricado en planta, y fundido con balde de pluma grúa, volumen 0,152 m³/m², y acero Grado 60 (fy=4200 kg/cm²) en zona de ábacos, nervios y zunchos, cuantía 19 kg/m²; nervios de concreto "in situ" de 12 cm de espesor, intereje 80 cm; casetón de poliestireno expandido, 68x68x20 cm, para losa aligerada; capa de compresión de 5 cm de espesor, con armadura de reparto formada por malla electrosoldada tipo XX 50, 25x25 cm y Ø 4.4 mm; montaje y desmontaje de sistema de encofrado continuo, con acabado para revestir, formado por: superficie encofrante de tableros de madera tratada, reforzados con varillas y perfiles, amortizables en 25 usos; estructura soporte horizontal de sopandas metálicas y accesorios de montaje, amortizables en 150 usos y estructura soporte vertical de puntales metálicos, amortizables en 150 usos. Incluso alambre de atar, separadores, líquido desencofrante para evitar la adherencia del concreto al encofrado. El precio incluye el figurado del acero (corte y doblaje) en el área de trabajo, en obra y el armado en el lugar definitivo de su colocación en obra, pero no incluye las columnas.

Código	Unidad	Descripción	Cantidad	Valor unitario	Valor parcial
1		Materiales			
mt08eft030a	m ²	Tablero de madera tratada, de 22 mm de espesor, reforzado con varillas y perfiles.	0,044	72952,24	3209,90
mt08eva030	m ²	Estructura soporte para encofrado recuperable, compuesta de: sopandas metálicas y accesorios de montaje.	0,007	165358,41	1157,51
mt50spa081a	Ud	Puntal metálico telescópico, de hasta 3 m de altura.	0,027	26009,90	702,27
mt08cim030b	m ³	Madera de pino.	0,003	463314,81	1389,94
mt08var060	kg	Puntas de acero de 20x100 mm.	0,040	13617,75	544,71
mt08dba010b	l	Agente desmoldeante, a base de aceites especiales, emulsionable en agua para encofrados metálicos, fenólicos o de madera.	0,030	3849,55	115,49
mt07cpo010a	Ud	Casetón de poliestireno expandido, 68x68x20 cm, para losa aligerada. Incluso piezas especiales.	1,395	6427,91	8966,93
mt07aco020h	Ud	Separador homologado para losas aligeradas.	1,200	108,78	130,54
mt07aco060a	kg	Acero en barras corrugadas, Grado 60 (fy=4200 kg/cm ²), de varios diámetros, según NTC 2289 y ASTM A 706.	19,950	1867,13	37249,24
mt08var050	kg	Alambre galvanizado para atar, de 1,30 mm de diámetro.	0,190	2139,94	406,59
mt07ame050aee	m ²	Malla electrosoldada tipo XX 50, 25x25 cm y Ø 4-4 mm, según NTC 5806 y ASTM A1064 / A1064M.	1,100	1751,25	1926,38
mt10haf050qbc	m ³	Concreto f'c=210 kg/cm ² (21 MPa), clase de exposición F0 S0 P0 C0, tamaño máximo del agregado 12,5 mm, manejabilidad blanda, fabricado en planta, según NSR-10 y ACI 318.	0,160	298045,59	47687,29
mt08aaa010a	m ³	Agua.	0,005	2918,09	14,59
			Subtotal materiales:		103501,38
2		Mano de obra			
mo044	h	Oficial 1º encofrador.	0,536	20839,29	11169,86
mo091	h	Ayudante encofrador.	0,519	15358,80	7971,22
mo043	h	Oficial 1º armador de concreto.	0,257	20839,29	5355,70
mo090	h	Ayudante armador de concreto.	0,279	15358,80	4285,11
mo045	h	Oficial 1º cementador de concreto armado.	0,039	20839,29	812,73
mo092	h	Ayudante cementador de concreto armado.	0,156	15358,80	2395,97
			Subtotal mano de obra:		31990,59
3		Herramienta menor			
	%	Herramienta menor	2,000	135491,97	2709,84
Coste de mantenimiento decenal: \$ 6.910,09 en los primeros 10 años.			Costos directos (1+2+3):		138201,81

APU Losa aligerada con casetón perdido canto 33, luz 4m

EHR010 m² Losa aligerada con casetón perdido.

Losa aligerada de concreto armado con casetón perdido, horizontal, con 15% de zonas macizas, con altura libre de planta de hasta 3 m, canto total 33 = 28+5 cm, realizado con concreto f'c=210 kg/cm² (21 MPa), clase de exposición F0 S0 P0 C0, tamaño máximo del agregado 12,5 mm, manejabilidad blanda, fabricado en planta, y fundido con balde de pluma grúa, volumen 0,193 m³/m², y acero Grado 60 (fy=4200 kg/cm²) en zona de ábacos, nervios y zunchos, cuantía 19 kg/m²; nervios de concreto "in situ" de 12 cm de espesor, intereje 80 cm; casetón de poliestireno expandido, 68x68x28 cm, para losa aligerada; capa de compresión de 5 cm de espesor, con armadura de reparto formada por malla electrosoldada tipo XX 50, 25x25 cm y Ø 4.4 mm; montaje y desmontaje de sistema de encofrado continuo, con acabado para revestir, formado por: superficie encofrante de tableros de madera tratada, reforzados con varillas y perfiles, amortizables en 25 usos; estructura soporte horizontal de sopandas metálicas y accesorios de montaje, amortizables en 150 usos y estructura soporte vertical de puntales metálicos, amortizables en 150 usos. Incluso alambre de atar, separadores, líquido desencofrante para evitar la adherencia del concreto al encofrado. El precio incluye el figurado del acero (corte y doblez) en el área de trabajo, en obra y el armado en el lugar definitivo de su colocación en obra, pero no incluye las columnas.

Código	Unidad	Descripción	Cantidad	Valor unitario	Valor parcial
1		Materiales			
mt08eft030a	m ²	Tablero de madera tratada, de 22 mm de espesor, reforzado con varillas y perfiles.	0,044	72952,24	3209,90
mt08eva030	m ²	Estructura soporte para encofrado recuperable, compuesta de: sopandas metálicas y accesorios de montaje.	0,007	165358,41	1157,51
mt50spa081a	Ud	Puntal metálico telescópico, de hasta 3 m de altura.	0,027	26009,90	702,27
mt08cim030b	m ³	Madera de pino.	0,003	463314,81	1389,94
mt08var060	kg	Puntas de acero de 20x100 mm.	0,040	13617,75	544,71
mt08dba010b	l	Agente desmoldeante, a base de aceites especiales, emulsionable en agua para encofrados metálicos, fenólicos o de madera.	0,030	3849,55	115,49
mt07cpo010d	Ud	Casetón de poliestireno expandido, 68x68x28 cm, para losa aligerada. Incluso piezas especiales.	1,395	8999,07	12553,70
mt07aco020h	Ud	Separador homologado para losas aligeradas.	1,200	108,78	130,54
mt07aco060a	kg	Acero en barras corrugadas, Grado 60 (fy=4200 kg/cm ²), de varios diámetros, según NTC 2289 y ASTM A 706.	19,950	1867,13	37249,24
mt08var050	kg	Alambre galvanizado para atar, de 1,30 mm de diámetro.	0,190	2139,94	406,59
mt07ame050aae	m ²	Malla electrosoldada tipo XX 50, 25x25 cm y Ø 4-4 mm, según NTC 5806 y ASTM A1064 / A1064M.	1,100	1751,25	1926,38
mt10haf050qbc	m ³	Concreto f'c=210 kg/cm ² (21 MPa), clase de exposición F0 S0 P0 C0, tamaño máximo del agregado 12,5 mm, manejabilidad blanda, fabricado en planta, según NSR-10 y ACI 318.	0,203	298045,59	60503,25
mt08aaa010a	m ³	Agua.	0,005	2918,09	14,59
			Subtotal materiales:		119904,11
2		Mano de obra			
mo044	h	Oficial 1º encofrador.	0,536	20839,29	11169,86
mo091	h	Ayudante encofrador.	0,519	15358,80	7971,22
mo043	h	Oficial 1º armador de concreto.	0,257	20839,29	5355,70
mo090	h	Ayudante armador de concreto.	0,279	15358,80	4285,11
mo045	h	Oficial 1º cementador de concreto armado.	0,049	20839,29	1021,13
mo092	h	Ayudante cementador de concreto armado.	0,198	15358,80	3041,04
			Subtotal mano de obra:		32844,06
3		Herramienta menor			
	%	Herramienta menor	2,000	152748,17	3054,96
Coste de mantenimiento decenal: \$ 7.790,16 en los primeros 10 años.			Costos directos (1+2+3):		155803,13

APU Losa aligerada con casetón perdido canto 42, luz 5m

EHR010 m² Losa aligerada con casetón perdido.

Losa aligerada de concreto armado con casetón perdido, horizontal, con 15% de zonas macizas, con altura libre de planta de hasta 3 m, canto total 42 = 35+7 cm, realizado con concreto f'c=210 kg/cm² (21 MPa), clase de exposición F0 S0 P0 C0, tamaño máximo del agregado 12,5 mm, manejabilidad blanda, fabricado en planta, y fundido con balde de pluma grúa, volumen 0,248 m³/m², y acero Grado 60 (fy=4200 kg/cm²) en zona de ábacos, nervios y zunchos, cuantía 19 kg/m²; nervios de concreto "in situ" de 12 cm de espesor, intereje 80 cm; casetón de poliestireno expandido, 68x68x35 cm, para losa aligerada; capa de compresión de 7 cm de espesor, con armadura de reparto formada por malla electrosoldada tipo XX 50, 25x25 cm y Ø 4.4 mm; montaje y desmontaje de sistema de encofrado continuo, con acabado para revestir, formado por: superficie encofrante de tableros de madera tratada, reforzados con varillas y perfiles, amortizables en 25 usos; estructura soporte horizontal de sopandas metálicas y accesorios de montaje, amortizables en 150 usos y estructura soporte vertical de puntales metálicos, amortizables en 150 usos. Incluso alambre de atar, separadores, líquido desencofrante para evitar la adherencia del concreto al encofrado. El precio incluye el figurado del acero (corte y doblez) en el área de trabajo, en obra y el armado en el lugar definitivo de su colocación en obra, pero no incluye las columnas.

Código	Unidad	Descripción	Cantidad	Valor unitario	Valor parcial
1		Materiales			
mt08eft030a	m ²	Tablero de madera tratada, de 22 mm de espesor, reforzado con varillas y perfiles.	0,044	72952,24	3209,90
mt08eva030	m ²	Estructura soporte para encofrado recuperable, compuesta de: sopandas metálicas y accesorios de montaje.	0,007	165358,41	1157,51
mt50spa081a	Ud	Puntal metálico telescópico, de hasta 3 m de altura.	0,027	26009,90	702,27
mt08cim030b	m ³	Madera de pino.	0,003	463314,81	1389,94
mt08var060	kg	Puntas de acero de 20x100 mm.	0,040	13617,75	544,71
mt08dba010b	l	Agente desmoldeante, a base de aceites especiales, emulsionable en agua para encofrados metálicos, fenólicos o de madera.	0,030	3849,55	115,49
mt07cpo010g	Ud	Casetón de poliestireno expandido, 68x68x35 cm, para losa aligerada. Incluso piezas especiales.	1,395	11273,55	15726,60
mt07aco020h	Ud	Separador homologado para losas aligeradas.	1,200	108,78	130,54
mt07aco060a	kg	Acero en barras corrugadas, Grado 60 (fy=4200 kg/cm ²), de varios diámetros, según NTC 2289 y ASTM A 706.	19,950	1867,13	37249,24
mt08var050	kg	Alambre galvanizado para atar, de 1,30 mm de diámetro.	0,190	2139,94	406,59
mt07ame050aee	m ²	Malla electrosoldada tipo XX 50, 25x25 cm y Ø 4-4 mm, según NTC 5806 y ASTM A1064 / A1064M.	1,100	1751,25	1926,38
mt10haf050qbc	m ³	Concreto f'c=210 kg/cm ² (21 MPa), clase de exposición F0 S0 P0 C0, tamaño máximo del agregado 12,5 mm, manejabilidad blanda, fabricado en planta, según NSR-10 y ACI 318.	0,260	298045,59	77491,85
mt08aaa010a	m ³	Agua.	0,005	2918,09	14,59
				Subtotal materiales:	140065,61
2		Mano de obra			
mo044	h	Oficial 1º encofrador.	0,536	20839,29	11169,86
mo091	h	Ayudante encofrador.	0,519	15358,80	7971,22
mo043	h	Oficial 1º armador de concreto.	0,257	20839,29	5355,70
mo090	h	Ayudante armador de concreto.	0,279	15358,80	4285,11
mo045	h	Oficial 1º cementador de concreto armado.	0,063	20839,29	1312,88
mo092	h	Ayudante cementador de concreto armado.	0,255	15358,80	3916,49
				Subtotal mano de obra:	34011,26
3		Herramienta menor			
	%	Herramienta menor	2,000	174076,87	3481,54
Coste de mantenimiento decenal: \$ 8.877,92 en los primeros 10 años.				Costos directos (1+2+3):	177558,41

APU Losa aligerada con casetón perdido canto 5.6, luz 6m

EHR010 m² Losa aligerada con casetón perdido.

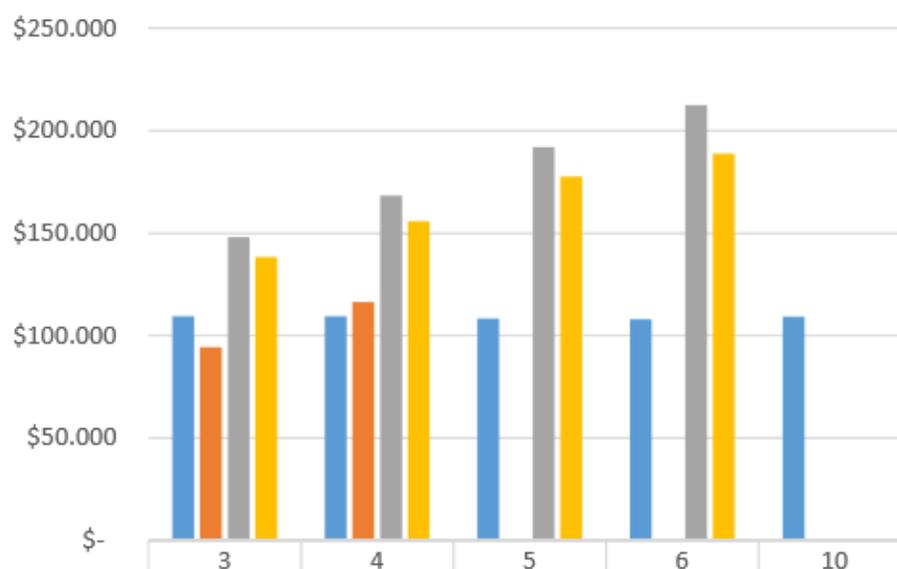
Losa aligerada de concreto armado con casetón perdido, horizontal, con 15% de zonas macizas, con altura libre de planta de hasta 3 m, canto total 47 = 40+7 cm, realizado con concreto f'c=210 kg/cm² (21 MPa), clase de exposición F0 S0 P0 C0, tamaño máximo del agregado 12,5 mm, manejabilidad blanda, fabricado en planta, y fundido con balde de pluma grúa, volumen 0,274 m³/m², y acero Grado 60 (fy=4200 kg/cm²) en zona de ábacos, nervios y zunchos, cuantía 19 kg/m²; nervios de concreto "in situ" de 12 cm de espesor, intereje 80 cm; casetón de poliestireno expandido, 68x68x40 cm, para losa aligerada; capa de compresión de 7 cm de espesor, con armadura de reparto formada por malla electrosoldada tipo XX 50, 25x25 cm y Ø 4.4 mm; montaje y desmontaje de sistema de encofrado continuo, con acabado para revestir, formado por: superficie encofrante de tableros de madera tratada, reforzados con varillas y perfiles, amortizables en 25 usos; estructura soporte horizontal de sopandas metálicas y accesorios de montaje, amortizables en 150 usos y estructura soporte vertical de puntales metálicos, amortizables en 150 usos. Incluso alambre de atar, separadores, líquido desencofrante para evitar la adherencia del concreto al encofrado. El precio incluye el figurado del acero (corte y doblez) en el área de trabajo, en obra y el armado en el lugar definitivo de su colocación en obra, pero no incluye las columnas.

Código	Unidad	Descripción	Cantidad	Valor unitario	Valor parcial
1		Materiales			
mt08eft030a	m ²	Tablero de madera tratada, de 22 mm de espesor, reforzado con varillas y perfiles.	0,044	72952,24	3209,90
mt08eva030	m ²	Estructura soporte para encofrado recuperable, compuesta de: sopandas metálicas y accesorios de montaje.	0,007	165358,41	1157,51
mt50spa081a	Ud	Puntal metálico telescópico, de hasta 3 m de altura.	0,027	26009,90	702,27
mt08cim030b	m ³	Madera de pino.	0,003	463314,81	1389,94
mt08var060	kg	Puntas de acero de 20x100 mm.	0,040	13617,75	544,71
mt08dba010b	l	Agente desmoldeante, a base de aceites especiales, emulsionable en agua para encofrados metálicos, fenólicos o de madera.	0,030	3849,55	115,49
mt07cpo010h	Ud	Casetón de poliestireno expandido, 68x68x40 cm, para losa aligerada. Incluso piezas especiales.	1,395	12855,80	17933,84
mt07aco020h	Ud	Separador homologado para losas aligeradas.	1,200	108,78	130,54
mt07aco060a	kg	Acero en barras corrugadas, Grado 60 (fy=4200 kg/cm ²), de varios diámetros, según NTC 2289 y ASTM A 706.	19,950	1867,13	37249,24
mt08var050	kg	Alambre galvanizado para atar, de 1,30 mm de diámetro.	0,190	2139,94	406,59
mt07ame050aaa	m ²	Malla electrosoldada tipo XX 50, 25x25 cm y Ø 4-4 mm, según NTC 5806 y ASTM A1064 / A1064M.	1,100	1751,25	1926,38
mt10haf050qbc	m ³	Concreto f'c=210 kg/cm ² (21 MPa), clase de exposición F0 S0 P0 C0, tamaño máximo del agregado 12,5 mm, manejabilidad blanda, fabricado en planta, según NSR-10 y ACI 318.	0,288	298045,59	85837,13
mt08aaa010a	m ³	Agua.	0,005	2918,09	14,59
			Subtotal materiales:		150618,13
2		Mano de obra			
mo044	h	Oficial 1º encofrador.	0,536	20839,29	11169,86
mo091	h	Ayudante encofrador.	0,519	15358,80	7971,22
mo043	h	Oficial 1º armador de concreto.	0,257	20839,29	5355,70
mo090	h	Ayudante armador de concreto.	0,279	15358,80	4285,11
mo045	h	Oficial 1º cementador de concreto armado.	0,070	20839,29	1458,75
mo092	h	Ayudante cementador de concreto armado.	0,281	15358,80	4315,82
			Subtotal mano de obra:		34556,46
3		Herramienta menor			
	%	Herramienta menor	2,000	185174,59	3703,49
Coste de mantenimiento decenal: \$ 9.443,90 en los primeros 10 años.			Costos directos (1+2+3):		188878,08

Tabla resultado del comparativo de costos por m² de los distintos tipos de losa

Luz (m)	Vigueta y Bovedilla Arena/Cemento	losa con Lamina Colaborante	Losa Maciza	Losa aligerada con casetón perdido
3	\$ 109.363	\$ 94.436	\$ 147.945	\$ 138.202
4	\$ 109.363	\$ 116.367	\$ 168.372	\$ 155.803
5	\$ 108.298	\$ -	\$ 192.038	\$ 177.558
6	\$ 107.976	\$ -	\$ 212.465	\$ 188.878
10	\$ 109.307	\$ -	\$ -	\$ -

Costo total de losa por m²



	3	4	5	6	10
■ Vigueta y Bovedilla Arena/Cemento	\$109.363	\$109.363	\$108.298	\$107.976	\$109.307
■ losa con Lamina Colaborante	\$94.436	\$116.367	\$-	\$-	\$-
■ Losa Maciza	\$147.945	\$168.372	\$192.038	\$212.465	\$-
■ Losa aligerada con casetón perdido	\$138.202	\$155.803	\$177.558	\$188.878	\$-

Luces en metros

5.3 CONCLUSIONES

Podemos observar que la competencia fuerte entre la losa de vigueta y bovedilla vs la losa de lámina colaborante en luces menores a 3 metros es más económica la de lámina colaborante sin embargo después de 3 metros la más económica es la de vigueta y bovedilla y permaneciendo con una economía constante hasta los 10 metros sin contar la versatilidad constructiva con la que cuenta este tipo de losa, con estos resultados podemos concluir que este sistema es altamente aconsejable en su utilización en la industria de la construcción en Colombia y específicamente en la construcción de vivienda de interés social en la ciudad de Bogotá, ya que es un sistema confiable, seguro, económico y versátil en comparación con sus competidores directos

5.4 ESTRATEGIAS DE COMUNICACIÓN Y DIVULGACIÓN

Tras el desarrollo del proyecto de investigación se espera obtener:

- Descripción detallada de los prefabricados vigueta y bovedilla
- Factibilidad de la comercialización de los prefabricados vigueta y bovedilla
- Evaluación económica
- Estudio de demanda y oferta
- Estudios técnicos
- Impacto en la implementación del sistema en Manufacturas de Cemento S.A. "TITÁN"

6 BIBLIOGRAFÍA

JENNIFER BRIGYTTE CIFUENTES NIETO. VIVIENDA NUEVA Y FLEXIBLE, PORTAFOLIO DE DISEÑO 6X12
<http://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/1768/1/Monograf%C3%ADa.pdf>

ERIKA ANDREA GIRALDO GOMEZ. VIVIENDA DE INTERES PRIORITARIO EL TRIANGULO DE BAVARIA.
<http://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/2193/1/VIVIENDA%20DE%20INTERES%20PRIORITA%20RIO%20EL%20TRIANGULO%20DE%20BAVARIA.pdf>

ANDRES CAMILO MONTAÑEZ RODRIGUEZ. MONOGRAFIA PROYECTO VIVIENDA EXPERIMENTAL.
<http://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/2781/1/Vivienda%20Experimental%20-%20Andres%20Camilo%20Monta%C3%B1ez.pdf>

KELLY JOHANA MORALES VILLAMIL. VIVIENDA EVOLUTIVA Y RECICLABLE.
<http://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/1692/1/TRABAJO%20DE%20GRADO%20Vivienda%20Evolutiva%20y%20Reciclable.pdf>

GONZALO ALFONSO AGREDA SOTELO, GINNA LIZETH MONCADA MORENO. VIABILIDAD EN LA ELABORACIÓN DE PREFABRICADOS EN CONCRETO USANDO AGREGADOS GRUESOS RECICLADOS.
<http://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/4550/4/Viabilidad-elaboraci%C3%B3n-prefabricados-concreto-con-agregados-gruesos-reciclad.pdf>

DANIEL DAVID ACOSTA MONTILLA. HABITAR VIVIENDA DE INTERES SOCIAL.
<http://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/2509/1/TRABAJO%20DE%20GRADO%28HABITAR%20VIVIENDA%20DE%20INTERES%20SOCIAL%29.pdf>

DIANA CAROLINA TORRES PULIDO, ALEJANDRO JAVIER ACOSTA CORTES. PROTOTIPO DE VIVIENDA DE BAJOS COSTOS CON MATERIAL RECICLADO.
<http://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/2436/3/Articulo.pdf>

CARRILLO PINEDA ANDRÉS JAVIER, ROJAS CLAROS ROBINSON ARLEY. MANUAL PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS EN ZONAS DE INUNDACIÓN EN EL MUNICIPIO DE SUCRE EN EL DEPARTAMENTO DE SUCRE.
<http://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/1763/1/Documento%20trabajo%20de%20investigaci%C3%B3n.pdf>

JORGE MARIO SUSUNAGA MONROY. CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE, UNA ALTERNATIVA PARA LA EDIFICACIÓN DE VIVIENDAS DE INTERES SOCIAL Y PRIORITARIO.
<http://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/1727/1/CONSTRUCCI%C3%93N%20SOSTENIBLE%2c%20UNA%20ALTERNATIVA%20PARA%20LA%20EDIFICACI%C3%93N%20DE%20VIVIENDAS%20DE%20INTERES%20SOCIAL%20Y%20PRIORITARIO.pdf>

<http://www.antaac.org.mx/assets/vbv-fin8-12-08-1-.pdf>

<https://www.youtube.com/watch?v=0jM29EZbuFY>

<https://www.youtube.com/watch?v=TS6ZhoUXh68>

https://www.youtube.com/watch?v=D-Sj_GKzvd8

<https://www.andece.org/tiposforjados/vigueta-y-bovedilla.html>

<http://www.anippac.org.mx/demos/VIGUETAS%20Y%20BOVEDILLAS.pdf>

<http://viguetaybovedilla31.blogspot.com.co/>

<https://www.fanosa.com/sistemas.html>

<https://es.slideshare.net/freyamarlen/losa-de-vigueta-y-bovedilla>

<http://grupomonolit.com/productos/sistemas-prefabricados-para-losa/losa-de-vigueta-armada/>

<https://prezi.com/omwqkl5srv6g/cubiertas-y-entrepisos-de-vigueta-y-bovedilla/>

http://www.smie.org.mx/SMIE_Articulos/si/si_03/te_01/ar_22.pdf

<https://www.quiminet.com/articulos/todo-lo-que-queria-saber-acerca-de-sistema-de-vigueta-y-bovedilla-2703743.htm>

http://www.premex.com.mx/uploads/1/6/2/4/16245520/manualtecnicopremex_10octok.pdf

<http://www.napresa.com.mx/servicio/instalacion-de-losas-con-vigueta-y-bovedilla>

<http://econsa.org/viguetas-bovedillas-para-losas-plafones-el-salvador/>

https://issuu.com/soteroloazajimenez/docs/manual_de_dise_o_estructural_de_si

http://www.academia.edu/29688681/COMPORTAMIENTO_S%C3%8DSMICO_DE_EDIFICIOS_CON_LOSA_DE_VIGUETA_Y_BOVEDILLA_PARA_DISTINTAS_UBICACIONES_DE_LAS_VIGUETAS_EN_PLANTA

<http://www.concrepret.com/sistema-vigueta-bovedilla>

http://oa.upm.es/4514/1/TESIS_MASTER_JOEL_NOVAS_CABRERA.pdf?

<https://prezi.com/7t2cj2zpxo3e/sistemas-constructivos-prefabricados/>

<https://www.prihofer.com/sistemas-y-productos-de-construccion>

<http://www.construdata.com/BancoMedios/Documentos%20PDF/10.pdf>

<https://es.wikipedia.org/wiki/Prefabricaci%C3%B3n>

<https://es.wikipedia.org/wiki/Prefabricaci%C3%B3n>

<https://www.casaprefabricadascolombia.com/descripcion-sistema-prefabricado-en-concreto.html>

<http://www.sucasaprefabricada.com/nuestra-tecnica/sistema-constructivo/>

<http://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-282450>

<https://evowall.com/ventajas-sistemas-prefabricados/>

<http://www.eltiempo.com/economia/sectores/estudio-sobre-oferta-y-demanda-de-la-vivienda-en-bogota-45038>