



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Civil

**GESTIÓN ADMINISTRATIVA DE PROYECTOS IMPLEMENTANDO EL
SISTEMA DE LOSAS PREFABRICADAS *IN SITU***

Gerardo Ernesto Leche Ortíz

Asesorado por el Ing. Jorge Alberto Martínez Cruz

Guatemala, noviembre de 2022

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**GESTIÓN ADMINISTRATIVA DE PROYECTOS IMPLEMENTANDO EL
SISTEMA DE LOSAS PREFABRICADAS *IN SITU***

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

GERARDO ERNESTO LECHE ORTÍZ

ASESORADO POR EL ING. JORGE ALBERTO MARTÍNEZ CRUZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2022

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Kevin Vladimir Armando Cruz Lorente
VOCAL V	Br. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
EXAMINADOR	Ing. Omar Enrique Medrano Méndez
EXAMINADOR	Ing. Nicolás de Jesús Guzmán Sáenz
EXAMINADOR	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

GESTIÓN ADMINISTRATIVA DE PROYECTOS IMPLEMENTANDO EL SISTEMA DE LOSAS PREFABRICADAS *IN SITU*

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 15 de mayo de 2020.

Gerardo Ernesto Leche Ortíz



ESCUELA DE
INGENIERÍA CIVIL
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

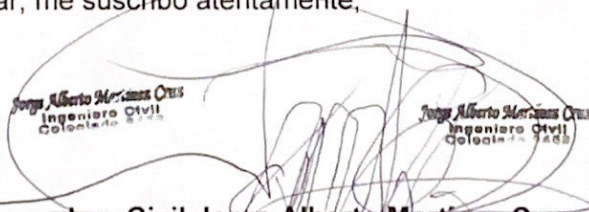
Guatemala, 21 de abril de 2022

Ingeniero
Juan Carlos Linares Cruz
Jefe del Departamento de Planeamiento
Escuela de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

Respetable Ingeniero:

Por medio de la presente le comunico que he revisado el informe final del Trabajo de Graduación con el tema **“GESTIÓN ADMINISTRATIVA DE PROYECTOS IMPLEMENTANDO EL SISTEMA DE LOSAS PREFABRICADAS IN SITU”**; elaborado por el estudiante de Ingeniería Civil **Gerardo Ernesto Leche Ortiz**, quien se identifica con Registro Académico número **201612104** y Documento Personal de Identificación **2992 34363 0101**, considerando que dicho trabajo cumple los requisitos establecidos por la Escuela de Ingeniería Civil. Por lo anterior, doy mi aprobación y recomiendo para su publicación.

Sin otro particular, me suscribo atentamente,


Ing. Civil Jorge Alberto Martínez Cruz
Asesor de trabajo de graduación

Más de 140 años de Trabajo y Mejora Continua
<http://civil.ingenieria.usac.edu.gt>





Guatemala, 30 de julio de 2022
EIC-JP-007-2S-2022/jcl

Ingeniero
Armando Fuentes Roca
Director Escuela Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

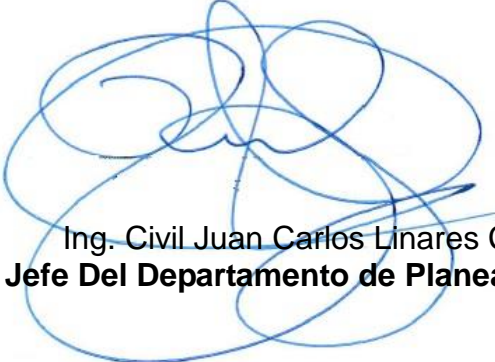
Ingeniero Fuentes:

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **GESTIÓN ADMINISTRATIVA DE PROYECTOS IMPLEMENTANDO EL SISTEMA DE LOSAS PREFABRICADAS IN SITU**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Gerardo Ernesto Leche Ortiz, quien contó con la asesoría del Ingeniero Jorge Alberto Martínez Cruz.

Considero este trabajo bien desarrollado y representa un aporte para la Ingeniería nacional y habiendo cumplido con los objetivos del referido trabajo doy mi aprobación al mismo solicitando darle el trámite respectivo.

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS



Ing. Civil Juan Carlos Linares Cruz
Jefe Del Departamento de Planeamiento

FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO
DE
PLANEAMIENTO
USAC

Cc: Estudiante Gerardo Ernesto Leche Ortiz
Archivo





LNG.DIRECTOR.194.EIC.2022

El Director de la Escuela de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el visto bueno del Coordinador de Área y la aprobación del área de lingüística del trabajo de graduación titulado: **GESTIÓN ADMINISTRATIVA DE PROYECTOS IMPLEMENTANDO EL SISTEMA DE LOSAS PREFABRICADAS *IN SITU***, presentado por: **Gerardo Ernesto Leche Ortiz**, procedo con el Aval del mismo, ya que cumple con los requisitos normados por la Facultad de Ingeniería.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

Ing. Armando Fuentes Roca
Director
Escuela de Ingeniería Civil



Guatemala, octubre de 2022



LNG.DECANATO.OI.662.2022

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al Trabajo de Graduación titulado: **GESTIÓN ADMINISTRATIVA DE PROYECTOS IMPLEMENTANDO EL SISTEMA DE LOSAS PREFABRICADAS IN SITU**, presentado por: **Gerardo Ernesto Leche Ortiz**, después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
Decana



Guatemala, noviembre de 2022

AACE/gaoc

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por todas las bendiciones a lo largo de mi vida y por guiarme y acompañarme durante toda la carrera universitaria.
Mis padres	Gerardo Leche y Sandra Ortíz. Por apoyarme desde el primer momento, creer en mí y ser el pilar más grande en mi vida.
Mis abuelos	René Ortíz y Clementina Martínez. Por su apoyo y amor incondicional.
Mis tíos	Por alentarme a siempre seguir adelante y acompañarme en todo momento.
Mis primos	Por ser mis hermanos y permanecer a mi lado en todo momento.
Carlota Marroquín	(q. e. p. d.), por sus enseñanzas y por jugar el papel de abuela en mi vida.
Amigos de la Facultad	Por cada momento vivido desde el primer día de clases, hasta la culminación de este sueño.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por ser mi casa de estudios durante mi formación académica.
Facultad de Ingeniería	Por los desafíos planteados y el conocimiento adquirido.
Mis catedráticos	Por compartir sus conocimientos y formarme profesionalmente.
Ing. Jorge Martínez	Por asesorar el presente trabajo y darme su apoyo en todo momento.
FAPCO S.A.	Por permitir el desarrollo del presente trabajo, en sus instalaciones.
Ingenieros	Otto Gonzáles, Jorge Mario Búrbano, Carlos Gonzáles y Antonio Tampán. Por su apoyo y asesoría para el desarrollo del presente proyecto.
Mi familia	Por siempre apoyarme y alentarme a seguir adelante.
Mis amigos	Por estar en todo momento y mostrarme su apoyo y cariño.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	XI
GLOSARIO	XIII
RESUMEN	XVII
OBJETIVOS.....	XIX
INTRODUCCIÓN	XXI
1. GENERALIDADES.....	1
1.1. Historia de las losas	1
1.2. Características geográficas que inciden en los tipos de losas	2
1.2.1. Clima	3
1.2.1.1. Temperatura	5
1.2.1.2. Precipitación y humedad	5
1.2.1.3. Vientos.....	7
1.2.1.4. Incidencia solar.....	8
1.3. Tipos de losa	9
1.3.1. Según su constitución.....	10
1.3.2. Según su tipo de apoyo	13
1.3.3. Según el tipo de material empleado	18
1.3.3.1. Losa tradicional.....	18
1.3.3.1.1. Materiales	18
1.3.3.1.2. Características.....	19
1.3.3.1.3. Ventajas y desventajas	20

1.3.3.2.	Losa prefabricada (vigüeta y bovedilla).....	21
1.3.3.2.1.	Materiales.....	21
1.3.3.2.2.	Características	22
1.3.3.2.3.	Ventajas y desventajas.....	24
1.3.3.3.	Losa-cero	25
1.3.3.3.1.	Materiales.....	25
1.3.3.3.2.	Características	26
1.3.3.3.3.	Ventajas y desventajas.....	27
1.4.	Prefabricado.....	28
1.4.1.	Historia	29
1.4.2.	Innovación en procesos constructivos.....	30
1.4.2.1.	Construcción <i>in situ</i> tradicional.....	31
1.4.2.2.	Construcción <i>in situ</i> optimizada.....	31
1.4.2.3.	Construcción <i>in situ</i> tecnificada.....	31
1.4.2.4.	Construcción prefabricada parcialmente <i>in situ</i>	32
1.4.2.5.	Técnicas de prefabricación efectuadas parcialmente en fábrica.....	32
1.4.2.6.	Técnicas de prefabricación efectuadas ampliamente en fábrica.....	32
2.	SISTEMA DE LOSAS PREFABRICAS <i>IN SITU</i>	34
2.1.	Fabricación de losas prefabricadas <i>in situ</i>	34
2.1.1.	Materiales.....	36
2.1.1.1.	Concreto.....	36
2.1.1.2.	Malla electro-soldada	37

2.1.2.	Dimensiones.....	38
2.1.3.	Molde.....	39
2.1.4.	Procedimiento para la elaboración de las losas prefabricadas <i>in situ</i>	44
2.1.5.	Aspectos técnicos.....	48
2.1.5.1.	Tiempo de fraguado.....	48
2.1.5.2.	Curado.....	48
2.1.5.3.	Resistencia.....	49
2.2.	Manipulación de las losas prefabricadas <i>in situ</i>	49
2.2.1.	Equipo requerido.....	49
2.2.1.1.	Proyectos de edificios.....	50
2.2.1.2.	Proyectos de vivienda.....	50
2.2.2.	Cuidados en el transporte.....	51
2.2.3.	Almacenamiento.....	53
2.3.	Colocación de las losas prefabricadas <i>in situ</i>	56
2.3.1.	Procedimiento para la colocación de las losas prefabricadas <i>in situ</i>	57
2.3.1.1.	Molde metálico o formaleta de madera.....	58
2.3.1.2.	Parales.....	58
2.3.1.3.	Unión entre losas prefabricadas <i>in situ</i>	59
2.3.2.	Equipo necesario.....	61
2.4.	Fundición final.....	62
2.4.1.	Concreto.....	63
2.4.1.1.	Características.....	63
2.4.1.2.	Propiedades.....	64
2.4.1.3.	Proceso de mezclado y colocación.....	66

	2.4.1.3.1.	Mezclado de concreto manual	66
	2.4.1.3.2.	Mezclado de concreto en máquina	66
2.4.2.		malla electrosoldada	67
	2.4.2.1.	Características	67
	2.4.2.2.	Propiedades	70
	2.4.2.3.	Colocación.....	71
2.5.		Seguridad industrial.....	71
	2.5.1.	Señalización	73
	2.5.2.	Vehículos y movimiento de materiales	75
	2.5.3.	Equipo de protección personal	76
	2.5.4.	Riesgos y medidas preventivas.....	77
	2.5.4.1.	Etapas de fabricación.....	78
	2.5.4.2.	Etapas de manipulación	80
	2.5.4.3.	Etapas de colocación	82
	2.5.4.4.	Etapas de fundición final	84
3.		GESTIÓN ADMINISTRATIVA.....	88
	3.1.	Administración de la construcción de una losa utilizando losas prefabricadas <i>in situ</i>	88
	3.1.1.	Dirección	89
	3.1.2.	Control.....	89
	3.1.3.	Planeación.....	90
	3.1.4.	El tiempo y la planeación.....	91
	3.1.5.	Procedimientos.....	91
	3.1.5.1.	Preparación del sitio de fabricación de losas prefabricadas <i>in situ</i>	92

3.1.5.2.	Preparación de herramientas, materiales y maquinaria.....	92
3.1.5.3.	Preparación de losas prefabricadas <i>in situ</i>	92
3.1.5.4.	Desencofrado de losas prefabricadas <i>in situ</i>	92
3.1.5.5.	Movilización de losas prefabricadas <i>in situ</i>	93
3.1.5.6.	Almacenamiento de losas prefabricadas <i>in situ</i>	93
3.1.5.7.	Curado de losas prefabricadas <i>in situ</i> ..	93
3.1.5.8.	Preparación del sitio de obra	93
3.1.5.9.	Apuntalamiento y encofrado de vigas..	94
3.1.5.10.	Movilización y colocación de losas prefabricadas <i>in situ</i>	94
3.1.5.11.	Colocación de malla electrosoldada de refuerzo.....	94
3.1.5.12.	Colocación de bastones de refuerzo ...	95
3.1.5.13.	Vaciado del concreto (<i>topping</i>)	95
3.1.5.14.	Curado del concreto	95
3.1.5.15.	Des-apuntalamiento y desencofrado de vigas	96
3.1.5.16.	Acabados.....	96
3.1.5.17.	Instalaciones sanitarias	96
3.1.5.18.	Instalaciones eléctricas.....	97
3.1.5.19.	Entrega de la losa.....	97
3.2.	Integración de costos	97
3.2.1.	Sistema de losas prefabricadas <i>in situ</i>	98
3.2.2.	Sistema de losa tradicional.....	98

3.3.	Identificación de ruta crítica.....	99
3.3.1.	Sistema de losas prefabricadas <i>in situ</i>	99
3.3.2.	Sistema de losa tradicional.....	102
3.3.3.	Resumen y comparativa.....	104
4.	ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	111
4.1.	Comparación de ventajas y desventajas.....	111
4.1.1.	Factor tiempo	111
4.1.2.	Factor económico.....	112
4.1.3.	Factor de diseño.....	115
4.1.4.	Factor humano	115
4.1.5.	Ventajas	116
4.1.6.	Desventajas.....	118
4.2.	Tipos de proyectos para los cuales se recomienda utilizar el sistema de losas prefabricadas <i>in situ</i>	119
	CONCLUSIONES.....	123
	RECOMENDACIONES	127
	BIBLIOGRAFÍA.....	129
	APÉNDICES.....	133
	ANEXOS.....	207

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Mapa de precipitación pluvial anual en milímetros de Guatemala	7
2.	Losa maciza	10
3.	Losa aligerada.....	11
4.	Losa compuesta	12
5.	Losa unidireccional.....	13
6.	Losa bidireccional	14
7.	Losa apoyada sobre vigas	15
8.	Losa apoyada sobre muros.....	16
9.	Losa apoyada sobre columnas directamente	16
10.	Losa reticular apoyada sobre columnas.....	17
11.	Losa apoyada sobre el terreno.....	18
12.	Losa tradicional de concreto armado	20
13.	Losa prefabricada (vigüeta y bovedilla).....	24
14.	Losa-cero	27
15.	Dimensiones de la losa prefabricada <i>in situ</i> estándar	39
16.	Elementos del molde para losas prefabricadas <i>in situ</i>	40
17.	Placas metálicas perpendiculares al lado largo de las losetas.....	41
18.	Placas metálicas paralelas al lado largo de las losetas	41
19.	Sistema de molde – fotografía 1	42
20.	Sistema de molde – fotografía 2	42
21.	Sistema de molde – fotografía 3	43
22.	Sistema de molde – fotografía 4	43
23.	Colocación de malla electrosoldada.....	46

24.	Colocación de lámina metálica	46
25.	Uso de eslingas dobles para mover elementos	51
26.	Transporte de losas prefabricadas <i>in situ</i>	52
27.	Transporte de losas prefabricadas <i>in situ</i> con camión grúa.....	53
28.	Almacenamiento de losas prefabricadas <i>in situ</i>	54
29.	Almacenamiento horizontal de las losas prefabricadas <i>in situ</i>	55
30.	Área de almacenamiento	56
31.	Colocación de losas prefabricadas <i>in situ</i>	60
32.	Malla electrosoldada	69
33.	Señalización óptica	74
34.	Ruta crítica de losa prefabricada <i>in situ</i>	101
35.	Ruta crítica de losa tradicional.....	103
36.	Comparación de costos entre ambos sistemas	109
37.	Comparativa de tiempo de ejecución.....	112
38.	Comparativa de costos totales utilizando ambos sistemas constructivos.....	113
39.	Comparativa de costos por metro cuadrado de construcción	114

TABLAS

I.	Rangos de precipitación pluvial anual (PP) en Guatemala en milímetros por porcentaje de área.....	6
II.	Ventajas y desventajas de una losa tradicional	21
III.	Ventajas y desventajas de una losa prefabricada (vigüeta y bovedilla).....	25
IV.	Ventajas y desventajas de una losa-cero.....	27
V.	Cargas vivas para edificaciones	35
VI.	Principales características físicas del concreto	64
VII.	Especificaciones técnicas de malla electrosoldada en Guatemala	70

VIII.	Equipo de protección personal	77
IX.	Riesgos y medidas preventivas en la etapa de fabricación	78
X.	Riesgos y medidas preventivas en la etapa de manipulación	81
XI.	Riesgos y medidas preventivas en la etapa de colocación	82
XII.	Riesgos y medidas preventivas en la etapa de fundición final	85
XIII.	Actividades para la construcción de una losa utilizando losas prefabricadas <i>in situ</i>	101
XIV.	Actividades para la construcción de una losa utilizando el sistema tradicional	103
XV.	Actividades de fabricación de losas prefabricadas <i>in situ</i>	106
XVI.	Descripción de las actividades correspondientes al proceso constructivo utilizando losas prefabricadas <i>in situ</i>	106
XVII.	Criterios del análisis comparativo entre ambos sistemas	107
XVIII.	Costos del sistema de losas prefabricadas <i>in situ</i>	108
XIX.	Costos del sistema de losa tradicional	108
XX.	Comparación de costos entre el sistema de losas prefabricadas <i>in situ</i> y el de losa tradicional	109
XXI.	Porcentaje de diferencia económica entre ambos sistemas constructivos de losa	109
XXII.	Comparación de ventajas entre ambos sistemas constructivos de losa	117
XXIII.	Comparación de desventajas entre ambos sistemas constructivos de losa	118

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
Wv	Carga viva
cm	Centímetro
cm²/m	Centímetro elevado al cuadrado por metro
db	Decibelio
fy	Esfuerzo a la fluencia del acero
°C	Grados Celsius
kg	Kilogramo
kg/cm²	Kilogramo por centímetro elevado al cuadrado
kg/m²	Kilogramo por metro elevado al cuadrado
kg/m³	Kilogramo por metro elevado al cubo
km/h	Kilómetro por hora
lb	Libra
lb/pulg²	Libra por pulgada elevada al cuadrado
m	Metro
m²	Metro elevado al cuadrado
m³	Metro elevado al cubo
mm	Milímetro
pt	Pie-tabla
pulg	Pulgada
Q	Quetzal
q	Quintal
f'c	Resistencia a la compresión del concreto
w/mk	Vatio por metro-kelvin

GLOSARIO

Adherencia	Unión entre el concreto y el acero por procesos físicos y químicos.
Aditivos	Material utilizado como componente del concreto, con el fin de modificar sus propiedades, siendo añadido antes o durante su mezclado.
Aglomerante	Material capaz de unir fragmentos de una o varias sustancias y dar cohesión al conjunto por métodos físicos.
Aligerante	Material de construcción, utilizado para sustituir el concreto como volumen total de una losa.
Amasado	Técnica utilizada para dosificar la mezcla de los materiales para concreto.
Confort	Todo aquel estado que produce bienestar y comodidad.
Corrugada	Protuberancia, que tienen las barras de acero, que sirven para aumentar la adherencia de estas con el concreto.

Curado	Acción que consiste en el mantenimiento, de un adecuado contenido de humedad y temperatura en el concreto, para que este desarrolle todas sus propiedades potenciales inherentes.
Diafragma	Pieza estructural rígida, que puede soportar el esfuerzo cortante al estar cargado en una dirección paralela a un plano.
Diagrama PERT	Técnica estadística de administración y gestión de proyectos. Diseñada para analizar y representar las tareas involucradas en un proyecto.
Ductilidad	Propiedad que presentan algunos materiales, que, bajo la acción de una fuerza, pueden deformarse sosteniblemente sin romperse.
Encofrado	Estructura de madera, acero o plástico, utilizada para dar forma al concreto y que es capaz de resistir las cargas presentes en el proceso de fundición.
Fraguado	Proceso de endurecimiento y pérdida de plasticidad del concreto.
<i>In situ</i>	Expresión utilizada para designar una actividad realizada en un mismo lugar.

Losa	Elemento estructural de poco espesor, encargado de recibir de forma directa las cargas de funcionamiento de una edificación, trabajando a flexión.
Loseta	Elemento estructural prefabricado, en forma de plancha, utilizado como diafragma en la construcción de losas.
mallá electrosoldada	Emparrillados electro-soldados. De varillas lisas o corrugadas, utilizados en la construcción.
Parral	Elementos de apoyo vertical, diseñados para soportar el peso del encofrado del concreto y de las cargas de construcción sobre ellos.
Tendal	Elementos de apoyo horizontal, diseñados para soportar el peso del encofrado del concreto y de las cargas de construcción sobre ellos.
Tiempo muerto	Tiempo en una obra en que no se está realizando un trabajo.
<i>Topping</i>	Fundición de concreto de bajo peralte, aplicada a la capa superior de las losetas ya instaladas, para la construcción de losas.

RESUMEN

Años atrás al hablar acerca de la construcción de edificios, viviendas u otras obras civiles, se solían asociar estas a un único método constructivo. A través de los años y conforme los avances tecnológicos, fueron incursionando en el sector de la construcción, se fueron desarrollando distintas formas de construir un mismo elemento. Tal es el caso de las losas, para las que actualmente existen numerosos métodos constructivos.

Existen distintos tipos de losas, pudiéndose estas clasificar según su método constructivo. Así, se pueden mencionar, por ejemplo: las losas macizas o tradicionales, las losas con materiales prefabricados de vigueta y bovedilla, las losas nervadas, entre otras.

Actualmente un método constructivo, se encuentra incursionando en el mercado, y permite elaborar losas prefabricadas *in situ* en el área del proyecto y utilizarlos para la construcción de losas. A esta metodología de construcción se le conoce como sistema de losas prefabricadas *in situ*.

El conocer este sistema, le permite al ingeniero civil, encargado de ejecutar una obra, el obtener, una opción más al momento de decidir qué tipo de losa es la ideal para la misma. Es por ello que, en el presente trabajo, se muestra una guía de todas las fases constructivas de una losa, utilizando el sistema de losa prefabricada *in situ*.

Se presenta un análisis de la gestión administrativa, requerida para implementar este sistema (costos y tiempo), y una comparación con el sistema

de losa tradicional, para identificar las ventajas y desventajas de cada sistema y que con ello le sea posible al ingeniero civil interesado, determinar si le es o no conveniente la implementación de este sistema.

OBJETIVOS

General:

Presentar una alternativa de losas prefabricadas *in situ*, analizando su gestión administrativa con base a una evaluación técnica, de costos y tiempo.

Específicos:

1. Definir los conceptos necesarios y la ruta crítica para la utilización del sistema de losas prefabricadas *in situ*.
2. Analizar la dirección de costos y tiempo de ejecución del sistema de losas prefabricadas *in situ*.
3. Identificar las ventajas que el sistema de losas prefabricadas *in situ* presenta.
4. Determinar en qué tipo de proyecto la utilización del sistema de losas prefabricadas *in situ* es recomendada.

INTRODUCCIÓN

La búsqueda de alternativas de innovación en distintos métodos y sistemas constructivos, se hace cada vez más importante conforme se van obteniendo avances tecnológicos. La constante actualización, permite colocar los proyectos en una mejor posición dentro del mercado. Un claro ejemplo, es como cada día se observa más la utilización de material prefabricado para distintas construcciones.

Existen principalmente dos formas de trabajar con material prefabricado: utilizando el que es elaborado en una fábrica o elaborándolo uno mismo dentro de las instalaciones de la obra (In situ). Si bien las losas tradicionales y las losas elaboradas con material prefabricado, de vigueta y bovedilla, son algo común de ver en Guatemala, la otra forma de construcción de prefabricado es menos conocida y presenta una serie de ventajas sobre las anteriormente mencionadas. Es así como se presenta el sistema de losas prefabricadas *in situ*.

Este sistema consiste en elaborar, almacenar, manipular y colocar planchas de concreto armado, también llamadas losetas, todo dentro del área del proyecto. La losa se conforma por estas planchas y una fundición final, *topping*. En el presente trabajo se muestra detalladamente la gestión administrativa del sistema de losas prefabricadas *in situ*, las ventajas, desventajas de su uso, y las características del proyecto para el cual es recomendable su uso.

En el primer capítulo, se presenta información general acerca de las losas: su historia, las características geográficas que inciden sobre estas, como la

temperatura y el viento, los tipos de losa y la manera de clasificarlas e información acerca de procesos constructivos utilizando material prefabricado.

El segundo capítulo, cuenta con una guía acerca de la manera en que las losas prefabricadas *in situ*, son elaboradas, manipuladas y colocadas, haciendo énfasis en el procedimiento, equipo necesario, materiales y cuidados que se deben tener. De igual forma se incluye información acerca de las características que debe tener la fundición final y se presenta una sección de la seguridad industrial con la que se debe contar en cada etapa del proceso.

En el tercer capítulo, se presenta la gestión administrativa de una losa modelo, analizando los costos y la ruta crítica por medio de un diagrama de PERT, utilizando tanto el sistema de losas prefabricadas *in situ*, como el de una losa tradicional. Se presenta una comparativa entre ambos sistemas, con relación a costos, mano de obra y tiempo de ejecución, permitiendo así, observar las ventajas y desventajas que presenta cada uno.

En el capítulo cuatro, se analizan estas características de cada tipo de losa y se incluye una sección de tipos de proyectos, para los que se recomienda emplear el sistema de losas prefabricadas *in situ*.

Con la presente información se desea que, quién esté interesado en emplear este sistema, conozca la forma en que este se realiza, los requerimientos que implica, las ventajas y desventajas que presenta y que pueda realizar el respectivo análisis, para determinar si es el tipo de losa ideal para su proyecto.

1. GENERALIDADES

1.1. Historia de las losas

Las primeras estructuras de concreto en masa, se observaron en Roma en forma de arcos, bóvedas y cúpulas. Este tipo de construcciones, eran las más comunes, debido a que estas trabajan únicamente bajo un esfuerzo a compresión, pues el concreto en masa no soporta esfuerzos de tracción.

Por más de 300 años, el método constructivo empleado en la mayoría de las viviendas, iglesias u otras estructuras, era el sistema de terrados con vigas de madera, losetas de barro y ladrillos recocidos. Este sistema consistía en colocar sobre los muros de la estructura, una serie de vigas de madera, las que servirían de apoyo para posteriormente colocar losetas de barro y una capa de tierra compactada de aproximadamente 50 cm de espesor. En la cubierta exterior se colocaba una capa de ladrillos rojos, hechos a mano para finalmente impermeabilizar la estructura utilizando una solución de alumbre.

Con la revolución industrial y los avances tecnológicos que esta permitió, se dieron avances en los métodos constructivos conocidos por el hombre. Con ella se inició la construcción de losas por medio de viguetas metálicas con bóvedas cerámicas *in situ*.

A principios del siglo XX, se sustituyó este método constructivo y se implementó la construcción con materiales prefabricados, dando así paso a la construcción de losas prefabricadas de concreto armado. Placas para losas

nervadas, pre-losas y viguetas armadas fueron algunos modelos implementados en la época.

Las primeras vigas postensadas, se construyeron en 1957 con el sistema *Freyssinet*. Estas vigas tenían una luz de 20,00 metros y se combinaban con losas prefabricadas y bovedilla cerámica. La construcción del puente El Incienso, con elementos presforzados en Guatemala, es un ejemplo de estas.

En la década de los años 60, se marcó un punto de desarrollo para las obras públicas e industriales, pues se presentaron diversas innovaciones como vigas postensadas, prefabricación de pilares estructurales y losas pretensadas de sección TT.

A principios de los años 1970, se inició la construcción de muros y losas macizas de concreto armado, por medio de grandes encofrados y distintas técnicas de curado del concreto.

Durante los últimos años, se ha mostrado un alto desarrollo e implementación de materiales prefabricados de concreto, para la construcción de losas, especialmente en zonas de alta sismicidad. Países como Nueva Zelanda, Japón y Estados Unidos han sido fuertes exponentes y partícipes de este crecimiento.

1.2. Características geográficas que inciden en los tipos de losas

Guatemala, cuenta con una extensión territorial de 108 889 kilómetros cuadrados y está ubicada en América Central, entre 13° 44' y 18°30' de latitud norte y 87° 24' y 92° 14' de longitud oeste del meridiano de Greenwich. Limita al

oeste y norte con México, al este con Belice y el Golfo de Honduras, al suroeste con Honduras, El Salvador y al sur con el Océano Pacífico.

El país cuenta con un relieve diverso provocado por procesos geológicos y debido a la alta actividad sísmica que presenta. Se tienen cinco provincias geológicas: la planicie costera del Pacífico, tierras volcánicas, Cordillera Central, tierras bajas de Petén y las tierras metamórficas. El país cuenta con variedad climática producto de sus diferentes altitudes, siendo así la altitud más alta registrada en Guatemala 4 220 metros sobre el nivel del mar. Esta altitud se encuentra en el departamento de San Marcos, en la cima del volcán Tajumulco.

1.2.1. Clima

Guatemala, se encuentra dentro del trópico de cáncer, esto provoca que las temperaturas máximas y mínimas, no sufren de cambios tan drásticos, como ocurre en otros países, en donde las estaciones se encuentran bien definidas, en el verano las temperaturas aumentan drásticamente y para el invierno se tienen temperaturas sumamente frías.

Dependiendo de la altitud, el clima variará desde cálido hasta frío. De esa forma, en el país se tienen regiones en dónde se cuenta con un clima cálido o templado y otras en dónde se tiene un clima frío o semi-templado. La época de verano se da de noviembre a abril, mientras que la época de lluvia se presenta de mayo a octubre.

El clima tiene incidencia directamente sobre la construcción de cualquier tipo de obra, por afectar principalmente ciertas propiedades de materiales a utilizar, como es el caso del concreto y su curado.

El curado, se define como el proceso de controlar y mantener un contenido de humedad, con una temperatura favorable para el concreto, por medio del cual, el material cementante madura y desarrolla sus propiedades mecánicas típicas del material en estado endurecido.

Así, al tiempo de curado, se le considera tanto como el tiempo en que se desarrollan las reacciones químicas del cemento, con el agua de forma natural, como al tiempo en que se ejecutan acciones para mantener el concreto en condiciones favorables.

La técnica del curado, se ha convertido en parte esencial de los procedimientos constructivos, permite que el concreto alcance el rendimiento deseado sin presentar problemas en el proceso. El curado puede realizarse ya sea aplicando agua al concreto de la construcción, cubrirlo del medio ambiente o calentarlo según sean las características del clima en cada lugar. El ACI (American Concrete Institute); establece dos tipos de climas extremos: el clima frío y el clima cálido. En caso de trabajar en un clima considerado como frío, el problema se presenta al momento en que los compuestos del cemento no reaccionen con el agua por las bajas temperaturas. En caso de trabajar en un clima cálido, el problema radica en que el agua del concreto se evapore rápidamente, provocando que el cemento no se hidrate y por ende que no alcance la resistencia deseada.

Así, se puede observar lo importante que es el clima y el realizar acciones que eviten que este afecte los materiales a utilizar para la construcción de una losa. El no considerar factores del clima, puede provocar que la losa en construcción no cumpla con los parámetros de diseño. A continuación, se enlistan los aspectos climatológicos que afectan directamente a las losas en sus distintos tipos y obras.

1.2.1.1. Temperatura

La temperatura, es el nivel térmico provocado por la fricción de las moléculas de aire en la atmósfera. Esta es una propiedad característica de cada lugar y su valor es causado tanto por una serie de parámetros naturales, como la ubicación geográfica del lugar, como también por factores antropogénicos, como el tipo de edificaciones presentes en el área, la cantidad de área verde disponible y el cuidado ambiental que se tiene.

La temperatura tiene incidencia directa, principalmente sobre la calidad de los materiales, así, serán los trabajos requeridos para garantizar que estos cumplan con lo diseñado. De igual forma, la temperatura incide sobre el confort térmico, de forma que según sea la temperatura de cada lugar, el tipo de estructura deberá ser la adecuada para garantizar el confort de sus habitantes.

Guatemala, presenta temperaturas variadas alrededor de todo el país, ocasionado principalmente por la diversidad de altitudes que se manifiesta. Estudios realizados han determinado que el gradiente térmico medio para Guatemala es de 176,00 metros por cada grado centígrado.

1.2.1.2. Precipitación y humedad

La precipitación, es cualquier forma de condensación del vapor de agua presente en la atmósfera y que cae a la corteza terrestre. Mientras mayor sea la precipitación, mayor será la cantidad de agua presente y por ende la humedad relativa será mayor. La humedad relativa, es todo aquel vapor de agua contenido en la atmósfera, producido tanto por la evaporación, como por la transpiración de plantas y seres vivos.

Guatemala, es un país con altos índices de precipitación a nivel mundial. Los rangos de precipitación anual se detallan en la tabla I. El área en dónde menor precipitación se registra dentro del país, es en el denominado Corredor Seco, dando como resultado un área con poca humedad relativa y con altas temperaturas. Caso contrario es el área de Boca Costa, en dónde se registra el mayor índice de precipitación en el país, siendo así un área con elevada humedad relativa.

La capacidad del aire de retener agua, es mayor conforme a la temperatura. De acuerdo con balances de agua medios anuales, se registra que Guatemala, cuenta con una cantidad de agua mayor a la que sus necesidades demandan. Según datos registrados de precipitación, el promedio de precipitación anual de los años 2001 al 2014; ha aumentado con respecto a los años 1971 al 2000; de un 6 % a un 48 %. Es ello que, al momento de realizar la construcción de una obra dentro del país, se debe considerar el factor de precipitación y humedad.

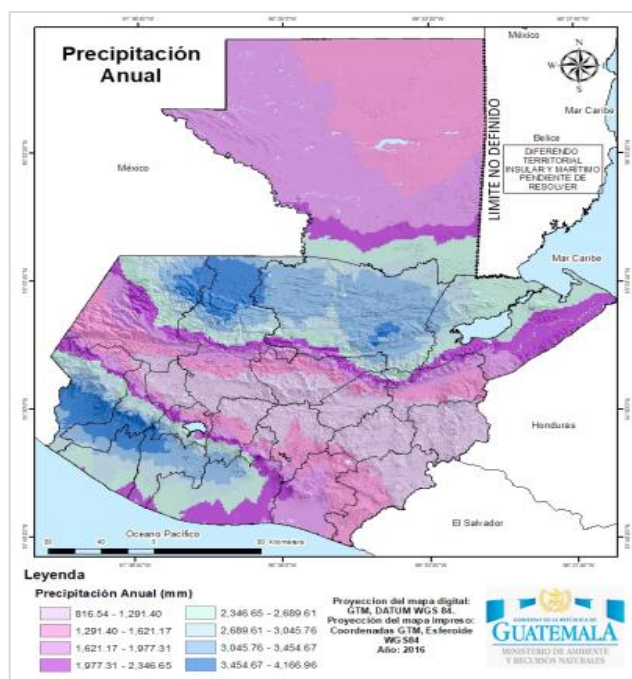
La precipitación y humedad inciden sobre la construcción de losas, debido a que, al igual que la temperatura, la cantidad de agua presente en la atmósfera, altera las propiedades de los materiales, por lo tanto, se debe considerar, para que la resistencia de estos no se vea afectada. De igual forma, el tipo de material y tipo de losa a utilizar dependerá de la cantidad de precipitación a la que se enfrentarán en su tiempo de servicio.

Tabla I. **Rangos de precipitación pluvial anual (PP) en Guatemala en milímetros por porcentaje de área**

No.	Rango PP.	% Área
1	816,54 – 1 291,40	12,9
2	1 291,40 – 1 621,17	22,1
3	1 621,17 – 1 977,31	22
4	1 977,31 – 2 346,65	9
5	2 346,65 – 2 689,61	10,1
6	2 689,61 – 3 045,76	8,1
7	3 045,76 – 3 454,67	10,9
8	3 454,67 – 4 166,96	4,9

Fuente: Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. *Informe Ambiental del Estado de Guatemala GEO Guatemala 2016*. p. 105.

Figura 1. **Mapa de precipitación pluvial anual en milímetros de Guatemala**



Fuente: Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. *Informe Ambiental del Estado de Guatemala GEO Guatemala 2016*. p. 108.

1.2.1.3. Vientos

El viento, es un desplazamiento de masas de aire de una zona a otra, principalmente generado por la diferencia de presiones y temperatura de estas. Cuando entre dos zonas se tienen presiones diferentes, el viento tiende a moverse de la zona de alta presión a la zona de baja presión. Una alta presión se asocia a un buen tiempo, mientras que una baja presión, a un mal tiempo. Así, cuando se tienen fenómenos de baja presión, hay fuertes vientos y probabilidad de algún tipo de tormenta.

En Guatemala, durante diciembre, enero y febrero, debido al ingreso de masas de aire frío, se crea un sistema de alta presión. Este desciende en los meses de marzo, julio y septiembre. En mayo, junio y agosto se tiene una presión atmosférica estable, mientras que durante abril y noviembre esta se vuelve variable.

Cuando la velocidad del viento es mayor a 54 km/h, este representa un peligro para los peatones y las estructuras. Según datos del Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH), la intensidad máxima de los vientos en Guatemala puede superar los 75 km/h, esto lleva a considerar el viento como un factor al diseñar estructuras.

La ubicación, orientación y forma de las estructuras, pueden crear fenómenos de aceleración del viento, que pueden ocasionar peligro para los usuarios y las estructuras. La forma de la losa y los materiales a utilizar para su construcción, deben de permitir el correcto flujo del viento garantizando la seguridad y comodidad de sus usuarios.

1.2.1.4. Incidencia solar

La incidencia solar, es el efecto que la radiación solar, tiene sobre una estructura y la manera en que afecta sus propiedades, como a sus usuarios. El efecto que tiene la radiación solar sobre las estructuras depende de la ubicación geográfica, como de factores referentes a su geometría.

Según sea la ubicación geográfica de la edificación, así será la incidencia solar que se presente. Se recomienda orientar la estructura con base a un estudio solar previo, que permita determinar la dirección e intensidad de los rayos solares. La correcta orientación de la estructura permitirá que sus usuarios no presenten problemas de muy altas o bajas temperaturas y evitará que los rayos sean perjudiciales para los elementos estructurales.

La geometría de la losa a utilizar es un factor a considerar para la incidencia solar. Según sea la forma, orientación o inclinación de esta, así será la cantidad de rayos solares que absorberá. Se sabe que las losas planas son las que mayor cantidad de energía solar absorben, debido a que los rayos solares son perpendiculares a toda su superficie. Mientras que, por ejemplo, en el caso de tener una losa curva, esta solamente absorberá una parte de los rayos que inciden sobre ella. Cada 10 grados de inclinación que presente una losa, representará del 10 al 15 % de menor absorción de radiación solar.

1.3. Tipos de losa

Una losa, es un elemento estructural, utilizado en la construcción, cuyo fin es formar superficies planas y útiles. Sus dimensiones de largo y ancho, son mucho mayores comparadas a su peralte, entonces es por esta razón que se consideran bidimensionales. Sus superficies, superior e inferior, son paralelas entre sí y estas, son generalmente las encargadas de recibir de forma directa las cargas de funcionamiento de una edificación.

Las losas, son elementos muy importantes y que deben ser construidas de manera correcta, debido a que las cargas que actúan sobre ellas, por ser perpendiculares a su plano, estas deben ser capaces de soportar la flexión que generan, comportándose así, como un diafragma rígido. A pesar de soportar cargas verticales, deben soportar cargas de viento o sismo.

Existen distintos tipos de losa, estas son el resultado del avance tecnológico y la innovación en los métodos de construcción. Entre las clasificaciones que se les puede dar a los tipos de losa, las más utilizadas son las siguientes:

1.3.1. Según su constitución

Con base a su constitución, las losas pueden clasificarse en:

- Losas macizas: este tipo de losa, está fabricada con concreto y ocupa todo su espesor. También se le conoce como losa densa y esta no utiliza ningún tipo de aligerante. Su peralte máximo es de 15 cm y generalmente utiliza doble armado, con el fin de cubrir la necesidad de acero, que genera tener dicho volumen de concreto, para cubrir los momentos positivos y negativos.

Figura 2. **Losa maciza**



Fuente: SALAZAR, Anel. *Tipos de losas de concreto.*

<https://blog.laminasyaceros.com/blog/tipos-de-losas-de-concreto>. Consulta: 20 de febrero de 2022.

- Losas aligeradas: estas losas son características, porque el concreto no ocupa todo el espesor de la losa, quedando un vacío creado y esto aligera la carga muerta de la losa. El vacío es causado por los denominados elementos aligerantes, como la bovedilla de material pómez o elementos de poliuretano, y también por elementos utilizados como formaleta temporal.

Figura 3. **Losa aligerada**



Fuente: SALAZAR, Anel. *Tipos de losas de concreto.*

<https://blog.laminasyaceros.com/blog/tipos-de-losas-de-concreto>. Consulta: 20 de febrero de 2022.

- Losas compuestas o combinadas: estas son la combinación de un material, como el acero o la madera con el concreto. El sistema más conocido de losas compuestas es, la denominada losa-acero. Al utilizar losas compuestas, el refuerzo proporcionado por el acero o madera, actúa como refuerzo positivo a flexión, ofreciendo una serie de ventajas al sistema estructural.

Figura 4. **Losa compuesta**



Fuente: Habitissimo. *Colocación de la losa acero.*

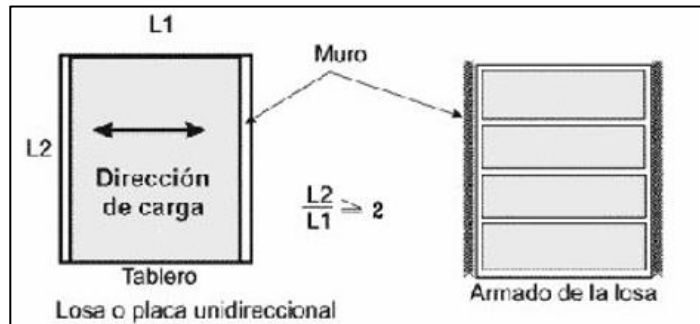
https://fotos.habitissimo.com.mx/foto/colocacion-de-losa-acero_742844. Consulta: 20 de febrero de 2022.

1.3.2. Según su tipo de apoyo

Según sea el tipo de apoyo sobre el cuál la losa se encuentre, así serán las condiciones y especificaciones para garantizar la seguridad estructural de la losa. Las losas deben clasificarse según su distribución de esfuerzos, las dos principales formas que son las siguientes:

- Losas en un sentido: son el sistema de losa más utilizado en Guatemala. Este tipo de losa, también es conocida como unidireccional, debido a que estas transmiten las cargas en una sola dirección, hacia los muros o vigas. Generalmente, son losas rectangulares, en las que un lado mide, dos veces más que el otro. Este tipo de losas, se comportan básicamente, como vigas anchas y se diseñan, tomando como referencia, una franja de ancho unitario de un metro de ancho.

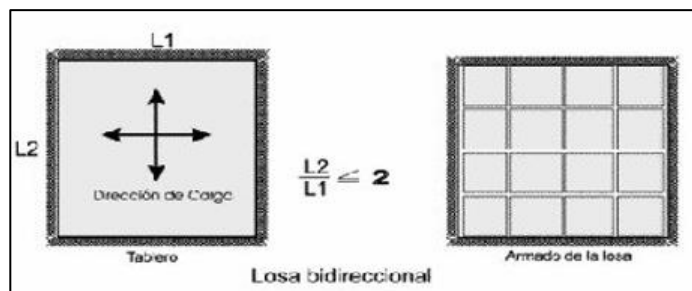
Figura 5. **Losa unidireccional**



Fuente: American Concrete Institute. *Requisitos de reglamento para concreto estructural (ACI 318-19)*, p. 94.

- Losas en dos sentidos: este sistema de losas también es conocido como losas bidireccionales. Estas losas son utilizadas principalmente, cuando la relación entre la dimensión mayor y la menor del lado de la losa es de dos o menos. De igual forma, cuando se dispone de muros portantes o vigas en los cuatro costados de la placa. Estas losas, se denominan así, debido a que desarrollan esfuerzos y deformaciones en ambas direcciones.

Figura 6. **Losas bidireccionales**



Fuente: American Concrete Institute. *Requisitos de reglamento para concreto estructural (ACI 318-19)*, p. 94.

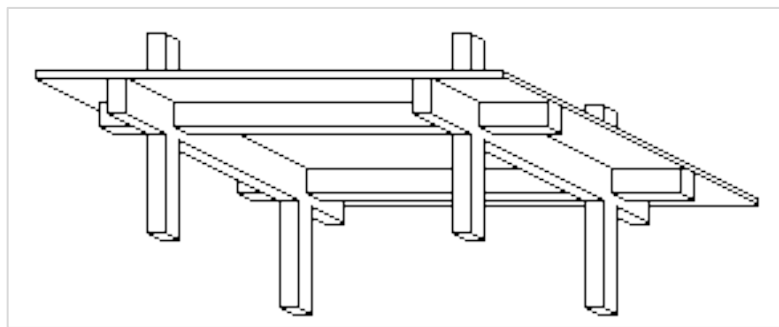
Conociendo los tipos de losa, se pueden subdividir, según sea su tipo de apoyo:

- Losa apoyada sobre vigas, en 2 de sus lados opuestos
- Losa apoyada sobre muros, en 2 de sus lados opuestos
- Losa apoyada sobre 4 vigas, en sus bordes
- Losa apoyada sobre 4 muros, en sus bordes
- Losa apoyada sobre columnas directamente
- Losa reticular, apoyada sobre columnas directamente
- Losa apoyada sobre el terreno

Estas se describen a continuación:

- Losa apoyada sobre vigas: la losa puede estar soportada por vigas, tanto perimetralmente como interiormente. Esta losa puede estar apoyada sobre dos vigas en sus lados opuestos o en cuatro en sus bordes.

Figura 7. **Losa apoyada sobre vigas**

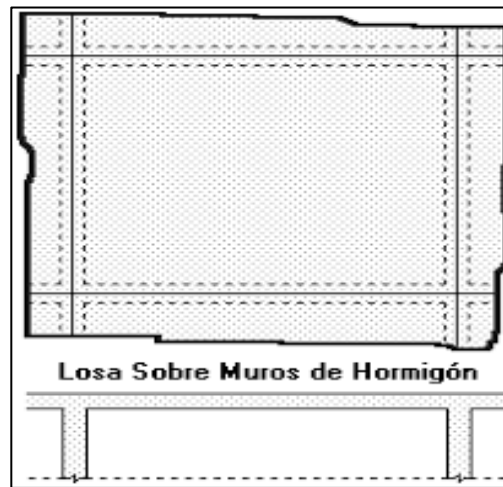


Fuente: ConstruArq. *Losas macizas*. http://construcarqui.blogspot.com/2015/12/losas-macizas_5.html. Consulta: 21 de junio de 2020.

- Losa apoyada sobre muros: la losa puede estar soportada por muros de distintos materiales, como concreto armado, mampostería o de algún otro

material. Esta losa puede estar soportada sobre muros en 2 de sus lados opuestos o sobre 4 muros en sus bordes.

Figura 8. **Losa apoyada sobre muros**

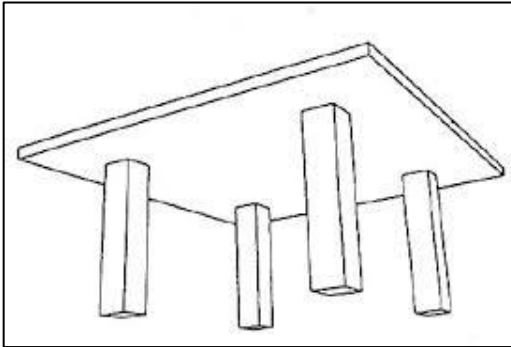


Fuente: NANOPDF.COM. *Diseño de losas de hormigón armado.*

https://nanopdf.com/download/diseo-de-losas-de-hormigon-armado_pdf. Consulta: 21 de junio de 2020.

- Losa apoyada sobre columnas directamente: a la losa que se apoyan directamente sobre columnas, se le denomina, losa plana. Esta losa, no es recomendable en áreas de alta incidencia sísmica, ya que presenta baja ductilidad, porque no tiene la capacidad para incursionar en el rango inelástico.

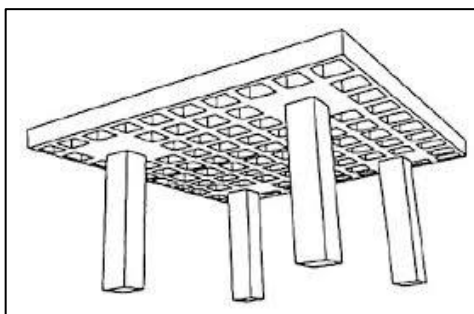
Figura 9. **Losa apoyada sobre columnas directamente**



Fuente: ARELLANO MÉNDEZ, Eduardo. *Diseño sísmico de la conexión columna-losa postensada aligerada*. p. 1.3.

- Losa reticular apoyada sobre columnas: este tipo de losa es similar a la losa plana, solo que en esta se incorpora vigas de banda para aumentar la ductilidad de la losa y de esa manera hacer que soporte de mejor manera una carga sísmica. Esta es recomendable para edificios con poca altura, con luces cortas y cargas bajas. Se les conoce como losa plana reticulada.

Figura 10. **Losa reticular apoyada sobre columnas**

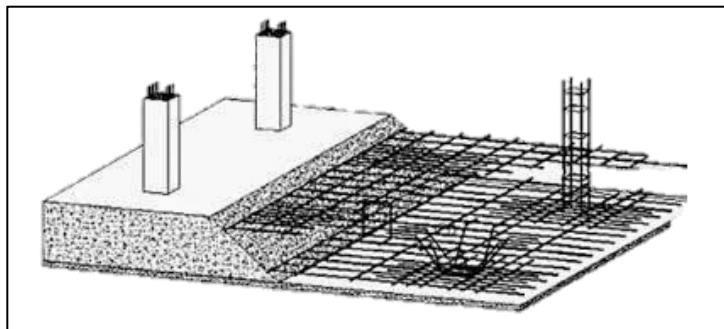


Fuente: ARELLANO MÉNDEZ, Eduardo. *Diseño sísmico de la conexión columna-losa postensada aligerada*. p. 1.3.

- Losa apoyada sobre el terreno: este tipo de losa se utiliza en calles, carreteras, aceras o cualquier otro tipo de estructura que sea apoyada

directamente sobre el terreno. Para su construcción se requiere de un correcto estudio de suelos y de la colocación de una base que servirá para darle un apoyo uniforme a la losa.

Figura 11. **Losa apoyada sobre el terreno**



Fuente: IMP Management & Consultancy. *Losa de fundición.*

<http://casascomunalesgecosasa.blogspot.com/2014/06/vigas-principales.html>. Consulta: 21 de junio de 2020.

1.3.3. Según el tipo de material empleado

Según sean los materiales empleados en la construcción de una losa, será el nombre que reciba. Tres principales tipos de losa existen, según el material empleado, que son las siguientes:

1.3.3.1. Losa tradicional

La losa tradicional es aquella que está conformada por concreto y acero apoyada ya sea, en uno, dos, tres o cuatro lados.

1.3.3.1.1. Materiales

Se le conoce como losa tradicional, al tipo de losa elaborada de concreto y reforzada, losa con varillas de acero corrugadas o con malla electrosoldada. Esta losa también es conocida, como losa de concreto armado. La calidad del concreto a utilizar para la construcción de la losa dependerá de parámetros como: resistencia a la compresión, trabajabilidad, humedad, durabilidad, contracción, entre otros. Las varillas utilizadas para esta losa se amarran entre sí, por medio de alambre de amarre y se colocan en ambos sentidos. Las varillas pueden ir desde el número 3 (3/8"); hasta denominaciones mayores, según lo requiera la losa con base al análisis y diseño estructural. La losa tradicional está compuesta en su armadura por: rieles, tensiones y bastones.

1.3.3.1.2. Características

Como el concreto ocupa la mayor cantidad de volumen en este tipo de losa, es necesario añadir una sección de área de acero, que le permita resistir tanto esfuerzos de compresión como de tensión. Si se deja únicamente el concreto sin acero, la losa fallaría fácilmente ante esfuerzos de tensión y flexión.

Esta losa, es fundida *in situ* y a veces se realiza su fundición monolíticamente con vigas o soleras; son fundidas simultáneamente. Esta losa, pueden ser sostenida por muros de mampostería o simplemente por columnas. Se requiere de un análisis adecuado para su diseño y de un correcto uso de formaleta.

Los componentes del concreto son: cemento (material aglomerante), agregados finos, agregados gruesos y agua. Los agregados normalmente constituyen el 60 - 70 por ciento del volumen total del concreto. De igual forma, se pueden incluir aditivos a la mezcla de concreto, con el fin de mejorar ciertos

procesos, como, por ejemplo, aditivos retardantes, acelerantes, plastificantes o reductores de agua.

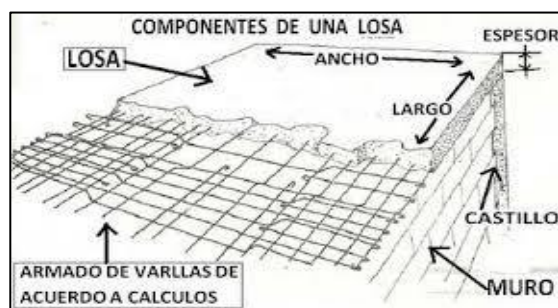
El riel, o acero por temperatura, es el elemento del armado de la losa que absorbe la temperatura, evitando así posibles fisuras. Este se ubica en la parte inferior de la losa y se coloca en toda su longitud y en ambos sentidos.

El tensor, es el elemento de refuerzo, cuyo objetivo es evitar deformaciones en la parte central de la losa y en donde tenga apoyos. Se trabaja con un doblez de 45°.

Los bastones, son colocados en la parte superior de la losa (zona de compresión); con el fin de aumentar la resistencia del elemento reforzado. Ayudan a que la losa no presente deflexiones.

El acero de refuerzo en losa fundida *in situ*, debe de tener un recubrimiento mínimo de 2,5 cm.

Figura 12. **Losa tradicional de concreto armado**



Fuente: Técnica en la Construcción. *Sistemas constructivos tradicionales*.

<https://acortar.link/1jjj56>. Consulta: 25 de junio de 2020.

1.3.3.1.3. **Ventajas y desventajas**

A continuación, en la tabla II se describen las ventajas y desventajas de construir con losas tradicionales.

Tabla II. **Ventajas y desventajas de una losa tradicional**

Ventajas	Desventajas
Flexibilidad de dimensiones y formas.	Requiere de un alto número de apuntalamientos, en especial cuando las alturas de entrepiso son mayores.
Sencillez de ejecución.	Debido al periodo de secado, se debe mantener el apuntalamiento hasta que este se haya completado.
No requiere de mano de obra calificada para su fundición.	El peralte aumenta según la luz de la losa.
En forma conjunta con las vigas y columnas, forman un sistema rígido, capaz de trasladar la carga horizontal.	El rango óptimo de utilización del mismo, es hasta 3 metros, en losa apoyadas en una dirección y 6 metros para losa en dos direcciones.
Se puede continuar la fundición, siguiendo con el monolitismo.	Utiliza mayor cantidad de acero.

Fuente: CARRILLO GUTIÉRREZ, Luis Francisco. *Guía práctica del Laboratorio de Concreto Armado 2*. p. 77-78.

1.3.3.2. Losa prefabricada (vigüeta y bovedilla)

Las losas prefabricadas son aquellas que están compuestas por elementos previamente fabricados.

1.3.3.2.1. Materiales

Se dice que este es un sistema de losa prefabricada, debido a que sus componentes son elaborados en lugares diferentes al lugar de la edificación, para luego ser transportados a este lugar. Para la elaboración de este tipo de losa, se requieren de los siguientes elementos: viguetas, bovedillas rigidizantes, mallas electrosoldadas, bastones y concreto.

Las viguetas son el principal elemento de la estructura de la losa prefabricada, su fin es soportar el peso de la losa, cuando esté terminada. Estos elementos están formados con *joist*, al cual se le funde un patín de concreto que cubre una parte de este. El *joist*, está formado por dos cordones inferiores paralelos y unidos con refuerzo en diagonal, con el cordón superior. Estos elementos se producen en diferentes tamaños, secciones y armados, según sea la necesidad de la obra.

Las bovedillas, son bloques huecos de concreto, cerámica u otro material que se sitúan entre las viguetas para completar la losa. Estos son elementos aligerantes y pueden tener diferentes secciones de longitud, ancho y peralte. Estos no son considerados como materiales estructurales. Su principal característica es que permiten el ahorro debido a la disminución del volumen de concreto y la reducción del número de barras de acero.

Los rigidizantes, son elementos que se utilizan para darle rigidez a la estructura de la losa prefabricada. Estos elementos se colocan perpendiculares a la dirección de las viguetas. Su armado es similar al de una mocheta, siendo este realizado con dos barras de acero y eslabón.

1.3.3.2.2. Características

Con este sistema, es posible apoyar los tendales y parales directamente sobre las viguetas. Debido a esto, estos elementos incluyen agujeros que se encuentran distribuidos perpendicularmente a su longitud y permiten la colocación de pines. Este sistema no requiere una formaleta porque el conjunto de vigueta y bovedilla actúan como tal.

La función de la malla electrosoldada dentro del sistema de losa prefabricada es brindar refuerzo por cambios de temperatura y dar refuerzo a los bastones a causa de los momentos negativos.

El acero utilizado en la fabricación del *joist*, es de alta resistencia y depende del diseño estructural. Dentro de las ventajas que presentan estos elementos, se pueden mencionar que son de bajo peso, pueden cubrir grandes luces y son de fácil manejo e instalación.

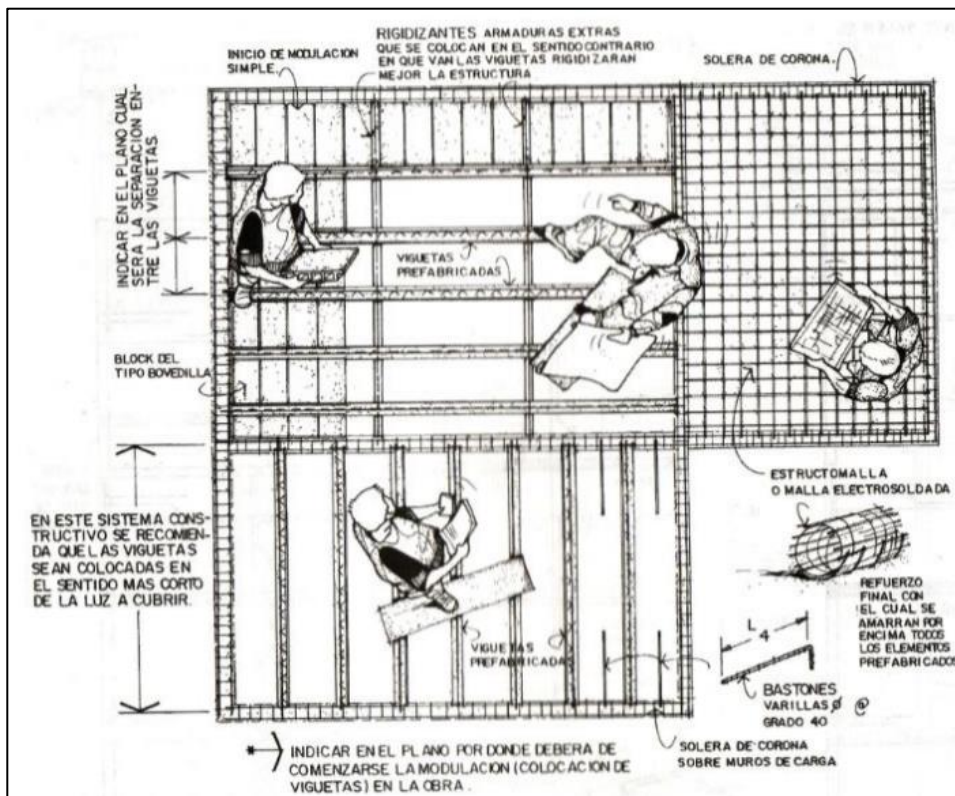
Este sistema de losa permite que la obra falsa utilizada sea la menor posible. Debido a que es un sistema prefabricado, solamente es necesario apuntalar las viguetas, generando un beneficio de ahorro.

Las viguetas y bovedillas son elementos ligeros, haciéndolas muy sencillas de transportar, manejar, acomodar y colocar. Este sistema no requiere de mano de obra especializada y se considera que representa un ahorro ante un sistema de losa tradicional.

Este sistema de losa también permite utilizar casi cualquier tipo de paral y tendal disponible en el mercado, siempre que estos cumplan con poder soportar una carga de 72 kilogramos por centímetro cuadrado con los apoyos a cada 60 centímetro.

Este sistema prefabricado, puede cubrir luces de hasta 10,00 metros y cargas vivas de 1 000 kilogramos por centímetro cuadrado.

Figura 13. **Losa prefabricada (vigüeta y bovedilla)**



Fuente: GARCÍA, William. *Método práctico de dibujo e interpretación de planos*. p. 80.

1.3.3.2.3. **Ventajas y desventajas**

En la tabla III se puede observar la descripción las ventajas y desventajas de construir con losas prefabricadas.

Tabla III. **Ventajas y desventajas de una losa prefabricada (vigüeta y bovedilla)**

Ventajas	Desventajas
Ahorro en formaletas y en mano de obra.	Las bovedillas son muy frágiles y el movimiento sobre la losa es mucho más difícil.
Menor tiempo de colocación y menor peso muerto.	Si las vigüetas van apoyadas en muros de carga, estos deberán llevar una cadena perimetral
Mayor control de calidad y mejores acabados de obra.	Requiere mayor detalle de planos y mayor planificación de tiempos y movimientos.
Aprovechamiento de tiempo muerto, por producir los elementos.	Es óptimo para luces entre 3m y 5m que a su vez para cargas normales. De esta forma, no se sugiere utilizar para luces o cargas mayores.
Se puede realizar el curado con vapor.	Si los elementos son muy grandes, se requiere de maquinaria pesada.

Fuente: CARRILLO GUTIÉRREZ, Luis Francisco. *Guía práctica del Laboratorio de Concreto Armado 2*. p. 77-78.

1.3.3.3. Losa-cero

La losa-cero es un sistema constructivo constituido por una base de acero troquelado y sobre este se vierte el concreto y se ancla con pernos.

1.3.3.3.1. Materiales

El sistema de losa-cero, está conformado por una lámina corrugada de acero galvanizado estructural y una losa de concreto reforzada vaciada sobre dicha lámina a manera que trabajan como un solo elemento. Estas láminas son fabricadas de acero laminado en frío y galvanizado por un proceso de inmersión en caliente. Poseen un perfil con nervios de alta resistencia, para garantizar la adherencia entre la lámina y el concreto.

Para la fundición de una losa-cero, también se requiere de malla electro-soldada, que es utilizada para darle refuerzo por temperatura a la losa y opcionalmente se pueden agregar conectores de corte para proporcionar mayor capacidad a la losa, logrando un efecto similar al de una viga compuesta.

1.3.3.3.2. Características

Este sistema de losa no requiere de formaletas o encofrado, la lámina actúa como formaleta o encofrado. Al momento de la instalación de las láminas, estas se fijan a la estructura de soporte, por medio de puntos de soldadura, clavos de disparo o tornillos. Esto permite que se requiera poco espacio en obra y permite una reducción en los tiempos de construcción.

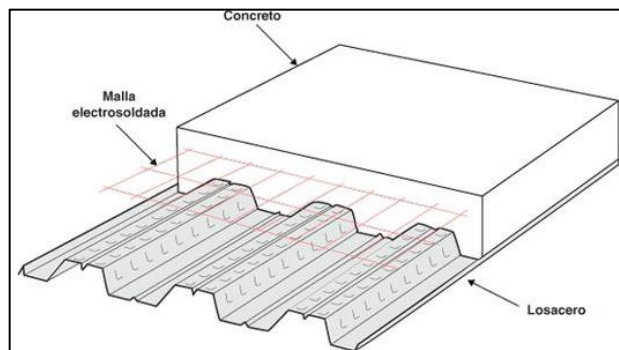
Al momento en que el concreto termina de fraguar, estos elementos se comportan como un solo elemento estructural. Mientras que la lámina actúa como el acero de refuerzo positivo y resiste los esfuerzos de tensión, el concreto se convierte en un patín de compresión. La malla electrosoldada se coloca para soportar esfuerzos ocasionados por cambios de temperatura.

Debido a que la lámina de acero es ligera y a que el volumen de concreto utilizado es bajo comparado a una losa tradicional, se reduce la cantidad de peso muerto en la estructura y da como resultado una menor inercia en el sistema.

Esto permite reducir las cargas horizontales de la estructura al momento de considerar fuerzas sísmicas.

Este sistema presenta un óptimo aislamiento térmico y acústico. De igual forma es un sistema de rápida construcción, permitiendo ahorros en tiempo y mano de obra. Pero, debido a las ondulaciones inferiores de la lámina de acero, se realicen trabajos de acabados, como consecuencia se debe invertir en estos materiales de obra.

Figura 14. **Losa-cero**



Fuente: Arcoperfiles. *Losa-cero*. <https://acortar.link/1jjj56>. Consulta: 27 de junio de 2020.

1.3.3.3. **Ventajas y desventajas**

La ventajas y desventajas del uso del sistema de losa-cero se presenta en la tabla IV.

Tabla IV. **Ventajas y desventajas de una losa-cero**

Ventajas	Desventajas
-----------------	--------------------

Reducción de tiempos por ser un proceso de rápida construcción.	Se debe de realizar un trabajo de acabados, debido a las ondulaciones que presenta la lámina en su parte inferior.
Menor carga muerta, debido a la ligereza de la lámina y al poco volumen de concreto.	El costo de las láminas es mayor al de las formaletas y parales de madera.
Ahorro en formaletas y en desperdicio de madera.	Es un sistema relativamente nuevo y aún no es muy utilizado en el medio.

Fuente: CHINCHILLA LEIVA, Jorge Humberto. *Análisis beneficio/costo entre sistemas de losas de madera, acero, prefabricadas y losas tradicionales*. p. 45.

1.4. Prefabricado

Se denomina prefabricado, al material que es manufacturado previamente en una fábrica u otro lugar diferente a donde se instalará. El prefabricado presenta características propias, las que permiten darles una ventaja sobre los métodos de construcción en el lugar de la obra (*in situ*). Por consiguiente, para que su utilización sea favorable, se deben analizar muchos factores propiamente del proyecto en desarrollo, como el grado de industrialización del país y propiamente del prefabricado, el costo de la mano de obra, las condiciones climáticas, la ubicación del proyecto, entre otros.

El prefabricado, es cada vez más utilizados debido a que presentan una serie de ventajas sobre la construcción tradicional *in situ*. Para distinguir estas ventajas, es conveniente analizar la obra en su etapa de planificación y en su etapa de ejecución.

Durante la etapa de planificación, se estudian factores de tiempo y costos. Al emplear prefabricado, se presentan ciertas ventajas, como el poder manejar un presupuesto más preciso y tener un excelente control sobre el prefabricado, reduciendo así la cantidad de desperdicio y optimizando la obra. De igual forma,

la colocación del prefabricado, por lo regular, no requiere de mano de obra especializada y al utilizarlo, hace que la velocidad de producción aumente, se reducen así los tiempos muertos en la obra.

Al analizar la etapa de ejecución, la ventaja de utilizar prefabricado es que, debido a la mecanización del trabajo, permite una producción continua, es posible aumentar la productividad de la obra, haciendo que se aprovechen de mejor forma el prefabricado y reduciendo los pasos de construcción. Esto permite una mayor velocidad de construcción y por consiguiente una reducción en el tiempo de ejecución de la obra. Permite una mejor eficiencia en controles de obra, precisión dimensional y termino la obra a la perfección.

No obstante, para que la utilización del prefabricado sea lo más óptimo y conveniente, es necesario tomar en cuenta ciertos factores. El utilizar prefabricado requiere de una planificación minuciosa. El encargado de realizar esta planificación, debe tomar en cuenta detalles, como las dimensiones, el peso y la ubicación de cada prefabricado dentro de la obra. De igual forma, se debe tomar en cuenta el transporte y la movilización del prefabricado, debido al volumen de los mismos, pueden requerir maquinaria pesada. Finalmente, la coordinación entre fabricante y constructor es de igual importancia para garantizar que el uso del prefabricado sea conveniente para la obra.

1.4.1. Historia

La fabricación de prefabricados, ha sido un proceso básico para la construcción de grandes edificaciones, desde que el hombre se volvió sedentario,

hasta la actualidad. El ladrillo es un prefabricado creado por el hombre en la construcción. 4000 años antes de Cristo, ya era utilizado para la construcción de muros de vivienda al redor del mundo. De igual forma, culturas como la egipcia, utilizaban bloques de piedra para la construcción de sus pirámides, como años después, culturas en América lo hicieron.

Conforme se iba innovando en los métodos constructivos, se iban solucionando los principales problemas que el prefabricado presentaba. El problema del prefabricado era la falta de material adecuado, para construir grandes prefabricados resistentes al transporte, manipuleo y colocación. Pese a la aparición del concreto armado, este se solucionó.

Otro problema que presentaba el prefabricado, era la falta de maquinaria, que permitiera manipularlo, especialmente el prefabricado de gran tamaño y peso. A mitad del siglo XIX, tras la revolución industrial, fue creada maquinaria especializada, como las grúas, resolviendo así el problema.

De esta forma y desde esa época, gracias a los avances tecnológicos y a las nuevas innovaciones que permiten, cada vez es posible observar nuevas formas de fabricar y utilizar prefabricado en obras civiles. Resulta sorprendente el comparar estructuras elaboradas con prefabricado por civilizaciones antiguas y los actuales métodos de construcción con prefabricado. Independientemente de la fecha y método de construcción, el emplear prefabricado ha presentado a lo largo de su historia muchas ventajas y soluciones adoptadas a las necesidades de cada época.

1.4.2. Innovación en procesos constructivos

Como se mencionó con anterioridad, la innovación en los procesos constructivos va de la mano con los avances tecnológicos. Por consiguiente, la

decisión acerca de qué tanto se debe innovar o utilizar métodos innovadores, dependerá principalmente de la capacidad de inversión de cada proyecto y del mercado existente. Por lo general, mientras mayor sea la importancia de la innovación, mayor será el costo de inversión inicial, pero también los beneficios que se puedan obtener serán mayores. Razón por la cual, es posible clasificar seis etapas en donde se aplican distintos niveles de innovación tecnológica en la construcción.

1.4.2.1. Construcción *in situ* tradicional

Esta es la etapa con menor innovación tecnológica, siendo está considerada como nula. Debido a esto, su inversión inicial es cero, pero su costo de construcción es el más alto. En Guatemala, este tipo de construcción aún es muy utilizado. Esta etapa requiere de una gran cantidad de mano de obra y de destreza para realizar las labores.

1.4.2.2. Construcción *in situ* optimizada

Esta consiste en la mejora de los procesos de la construcción *in situ* tradicional. Estos procesos buscan reducir los tiempos muertos por medio de una mejora en la planificación, en el mejoramiento de los sistemas de control de tiempos y costos de la obra. Su principal objetivo es incrementar la productividad, por ejemplo, un diseño óptimo de los procesos constructivos o la optimización del número de cuadrillas.

1.4.2.3. Construcción *in situ* tecnificada

Este tipo de construcción, es donde los procesos constructivos incorporan cierto grado de tecnificación a los procesos tradicionales, como a la construcción

in situ tradicional. Esta tecnificación, permite mejorar la productividad, reduciendo los tiempos y costos de construcción. Se considera que es la etapa intermedia en donde se tiene una inversión inicial, un nivel tecnológico y un costo de construcción intermedio. Un ejemplo de estas mejoras puede ser la utilización de maquinaria y equipo liviano.

1.4.2.4. Construcción prefabricada parcialmente *in situ*

Es en la etapa, que se incluyen prefabricados en el proceso constructivo. Dando paso a todos aquellos que son fabricados propiamente al pie de la obra (*in situ*). Al trabajar los prefabricados de esta manera, requieren de una menor inversión relativamente a las instalaciones y equipos correspondientes al de una fábrica.

1.4.2.5. Técnicas de prefabricación efectuadas parcialmente en fábrica

Esta técnica se refiere a los prefabricados a utilizar en una obra, que son elaborados en una fábrica o en un lugar independiente a la fábrica. Se dice que son técnicas de prefabricación efectuadas parcialmente en fábrica, debido a que, aunque se utilicen prefabricados en la obra, está aún requiere de mano de obra especializada para realizar trabajos tradicionales dentro de la obra. Las técnicas de prefabricación buscan la producción de ser homogéneas y estos son generalmente de bajo peso para minimizar costos de transporte y para facilitar su manipulación y colocación dentro de la obra.

1.4.2.6. Técnicas de prefabricación efectuadas ampliamente en fábrica

Estas técnicas son similares a las mencionadas con anterioridad, aun así, en este caso, los prefabricados son elaborados en serie en una fábrica y de mayor envergadura. Su principal objetivo es minimizar los trabajos tradicionales *in situ*. Se considera que este es el nivel que más inversión inicial requiere, no obstante, es el que mayor nivel tecnológico presenta y el que menor costo de construcción maneja. Esta técnica se puede subdividir en técnicas ejecutadas ampliamente en fábricas y técnicas ejecutadas totalmente en fábricas. Se dice que son ejecutadas ampliamente en fábrica, cuando se ejecuta una gran cantidad de losas prefabricadas *in situ*, pero estos no representan el total de la producción, mientras que, las técnicas ejecutadas totalmente en fábrica, son aquellas en las que toda la construcción se realiza de manera modular.

2. SISTEMA DE LOSAS PREFABRICAS *IN SITU*

2.1. Fabricación de losas prefabricadas *in situ*

El proceso del sistema de losas prefabricadas *in situ*, inicia con la elaboración de las planchas prefabricadas. Son planchas de concreto rectangulares, también llamadas losetas. La forma de elaborar las losetas, dependerá de cada proyecto en dónde se utilicen, y de una serie de factores que determinarán características de cada losa prefabricada *in situ*, como su resistencia, la carga a la que serán sometidos, el tipo de material a utilizar o sus dimensiones.

Para determinar estas características, se debe de saber en qué tipo de edificación serán utilizadas las losas prefabricadas *in situ* y así, hacer un análisis de cargas gravitacionales (carga viva y carga muerta). Las cargas vivas se definen como: "...aquellas producidas por el uso y la ocupación de la edificación"¹. Son todas las cargas que gravitan sobre la estructura con una intensidad variable en el tiempo. Las losetas por diseñar, deben de soportar el rango de cargas vivas al que serán sometidas. La Norma de Seguridad Estructural para Guatemala (NSE-2); en su edición 2018, presenta los siguientes valores de carga viva:

¹ AGIES. NSE 2. Demandas estructurales y condiciones de sitio. p. 3-1.

Tabla V. **Cargas vivas para edificaciones**

Tipo de ocupación o uso	W _v (kg/m ²)
Vivienda	
Balcones	300
Habitaciones y pasillos	200
Escaleras	300
Oficina	
Pasillos y escaleras	300
Oficinas	250
Áreas de cafetería	500
Hospitales	
Pasillos y rampas	500
Clínicas y encamamiento	250
Servicios médicos y laboratorio	350
Farmacia	500
Escaleras	500
Cafetería y cocina	500
Hoteles, carga de escalera y de elevadores	
Habitaciones	200
Servicios y áreas públicas	500
Educativos	
Aulas	200
Pasillos y escaleras	500
Salones de lectura de biblioteca	200
Área de estanterías de biblioteca	700
Áreas de reunión	
Escaleras privadas	300
Escaleras públicas	500
Balcones	500
Vestíbulos públicos	500
Plazas a nivel de la calle	500
Salones con asiento fijo	300
Salones sin asiento fijo	500
Escenarios y circulaciones	500
Estacionamientos	
Garajes para automóviles de pasajeros	250
Garajes para automóviles de carga (2000 Kg.)	500
Rampas vehiculares de uso colectivo	500
Áreas de circulación vehicular	250
Áreas de servicio y reparación	500
Instalaciones deportivas públicas	
Zonas de circulación	500
Zonas de asientos fijos	400
Zonas sin asientos	800
Canchas deportivas	Según tipo de cancha
Almacenes	
Minoristas	500
Mayoristas	600
Bodegas	
Cargas livianas	600
Cargas pesadas	1200
Fábricas	
Industrias livianas	500
Industrias pesadas	1000
Cubiertas pesadas	
Azoteas de concreto con acceso	200
Azoteas sin acceso horizontal o inclinadas	100
Azoteas con inclinación mayor de 20°	75
Azoteas usadas para jardín o para reuniones	500
Cubiertas livianas	
Techos de láminas, tejas, cubiertas plásticas, lonas, etc. (aplica a la estructura que soporta la cubierta final)	50

Fuente: AGIES. *NSE 2. Demandas estructurales y condiciones de sitio*. pp. 27, 28, 29.

De igual forma es importante considerar las cargas muertas. Este tipo de cargas son aquellas que ocupan una posición fija y permanente en la estructura. Estas cargas toman en cuenta todas las cargas producidas por las losetas y materiales presentes permanentemente en la estructura, como también las fuerzas netas de prees-fuerzo.

2.1.1. Materiales

Las losetas prefabricadas, son elaboradas a base de concreto y reforzadas con malla electrosoldada. El concreto a utilizar debe de cumplir con toda la normativa vigente, para garantizar la resistencia de las losetas. Se emplea malla electrosoldada, debido a la geometría y forma de fundir las losetas, resulta más conveniente que utilizar varillas de acero. La combinación de ambos materiales, permite que las losetas sean resistentes, tanto a la compresión como a la tensión, dando así altos valores de resistencia a flexión.

2.1.1.1. Concreto

El concreto, es el material que le dará a las losas prefabricadas *in situ* su principal resistencia a la compresión, para soportar las cargas a las que serán sometidas. Para su correcta aplicación, es importante conocer sus principales características y propiedades, como su resistencia, trabajabilidad, durabilidad y tiempo de fraguado. Este está compuesto por agregado fino, agregado grueso, cemento y agua.

Para determinar la resistencia necesaria del concreto de las losas prefabricadas *in situ*, se debe realizar un diseño de mezcla y un análisis estructural, según las características del proyecto en donde se emplearán. De

igual forma, la resistencia que tengan las losetas, deberá ser igual a la que tenga la fundición final o *topping* de la losa al momento de fundirla. El concreto, puede realizarse de manera manual en obra o ser pedido premezclado a empresas externas.

Se sugiere no trabajar con agregado grueso de diámetro muy grande, debido a que, por el espesor de las losetas y la formaleta en donde estas se fabrican, un agregado muy grueso, puede obstruir el paso del concreto y crear vacíos al momento de verterlo. En el inciso 2,4.1. se amplían detalles acerca de las características, propiedades y proceso de mezclado del concreto.

2.1.1.2. Malla electro-soldada

La malla electrosoldada, funge el trabajo de las varillas de acero de refuerzo, satisfaciendo la necesidad de incrementar la resistencia a tensión y corte de la losa prefabricada *in situ*. Al momento en que es añadida a las losas prefabricadas *in situ*, estas pueden trabajar correctamente a flexión, satisfaciendo así los requerimientos para ser colocadas como fundición de una losa.

La malla electrosoldada, es colocada al centro de las losas prefabricadas *in situ*, actuando como un refuerzo por temperatura dentro de su capa de compresión. La loseta, se asemeja en comportamiento a una losa en un sentido. Para determinar la cantidad y calibre de la malla electrosoldada a utilizar, se debe de calcular el área de acero necesaria y utilizar tablas de conversión, para convertir dicha área de acero en malla electrosoldada.

La malla electrosoldada, debe estar libre de óxido y debe ser correctamente almacenada y colocada. En la sección 2.4.2. se amplían las características, propiedades y colocación de malla electrosoldada para este sistema.

2.1.2. Dimensiones

Las dimensiones de las losas prefabricadas *in situ*, dependerán de cada proyecto en donde se desee implementar. De tal manera, estas podrán ser de dimensiones variadas. Para su diseño, se debe considerar el uso que se le dará a la estructura, la calidad de los materiales y las dimensiones de las losas. Para determinar sus dimensiones, las losas prefabricadas *in situ* y la fundición final se deben de diseñar independientemente.

El diseño estructural, inicia con el diseño de la fundición final o *topping* de la losa. Esta se deberá diseñar como una losa en uno o dos sentidos, según su relación largo y ancho. Posteriormente, se diseñarán las losas prefabricadas *in situ*, de la misma manera, con la única diferencia que estas trabajarán en un sentido y se deberá considerar la carga del *topping*, dentro de la carga muerta que soporte cada loseta.

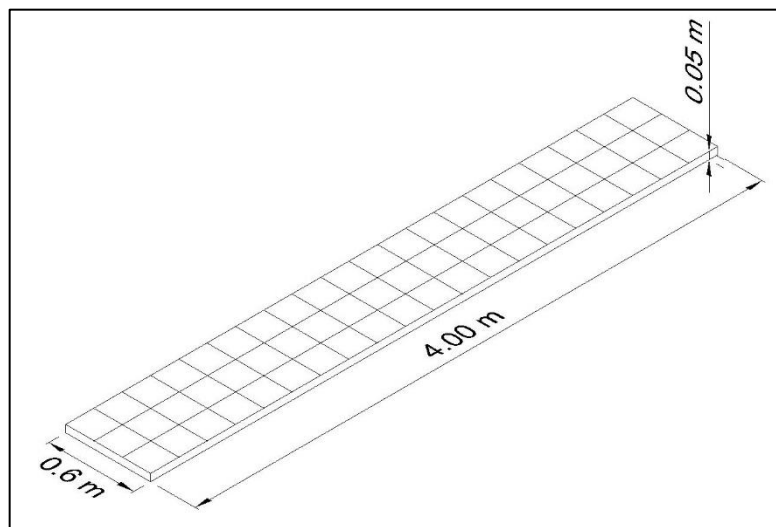
El área de acero obtenida para el *topping* y las losas prefabricados, deberá ser transformada a malla electrosoldada. Para ello se emplearán tablas, como la tabla VII, para obtener el refuerzo que se sustituirá. Es importante que el diseño de las losas prefabricadas *in situ*, se realice en función de la losa más crítica del proyecto, esto asegurará que soporte los momentos más críticos.

Se sugiere que el espesor de las losas prefabricadas *in situ*, no sea menor a 5 centímetros, razón por la cual puede provocar un pandeo en las losetas, al momento de transportarlas y manipularlas. Si el espesor es menor a 5 centímetros, las losetas también se encuentran más susceptibles a sufrir agrietamientos y fallas debido a su poco espesor. De manera que también se

debe tener en consideración que mientras más peralte tenga las losetas, su transporte y manipulación será más difícil.

El largo de las losas prefabricadas *in situ*, dependerá de las dimensiones de las losas, no obstante, un largo de 4,00 o 5,00 metros, se considera ideal para cubrir luces estándar. Para el ancho de las losetas, se sugiere trabajar entre un rango de 0,5 y 0,8 metros. Así, una losa prefabricada *in situ* estándar, tendría las dimensiones de (0,60 x 4,00 x 0,05) m.

Figura 15. **Dimensiones de la losa prefabricada *in situ* estándar**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2020.

2.1.3. Molde

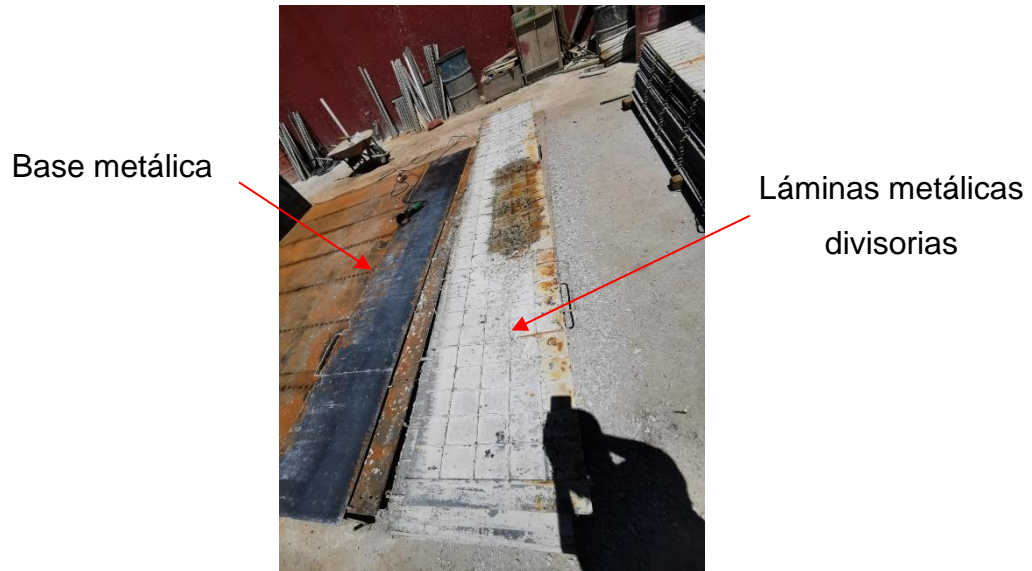
Los moldes para elaborar las losas prefabricadas *in situ*, deben ser diseñados en función de las dimensiones, con las que se desea elaborar las losetas. Estos moldes serán ensamblados, utilizando placas metálicas de dimensiones características. Las losas prefabricadas *in situ*, pueden ser

elaboradas de manera horizontal o vertical, sin embargo, debido a que su fabricación de manera horizontal requiere de más área, se sugiere realizarlo de manera vertical.

El sistema, consta de una base metálica rectangular, sobre la cual se pueden anclar pequeñas láminas, que se utilizan para darle las dimensiones correctas a las losas prefabricadas *in situ*. Sobre esta base, en su perímetro, se cuenta con placas metálicas, las cuales sirven para darle soporte y delimitar el molde. Las placas, que se encuentran en los ejes perpendiculares al lado largo de las losas prefabricadas *in situ*, deben contar con una abertura, para que se tenga un tramo de malla electrosoldada libre. La base cuenta con pequeños agujeros en donde se pueden colocar y retirar las láminas intermedias. Estas láminas cuentan con pequeñas varillas de acero, en una de sus caras para darle rugosidad al elemento y mejorar su adherencia con el *topping*, además con un par de ganchos en la parte superior, para poder retirarlas fácilmente. La cantidad de losetas que se deseen fabricar por cada molde, dependerá de los requerimientos de la obra.

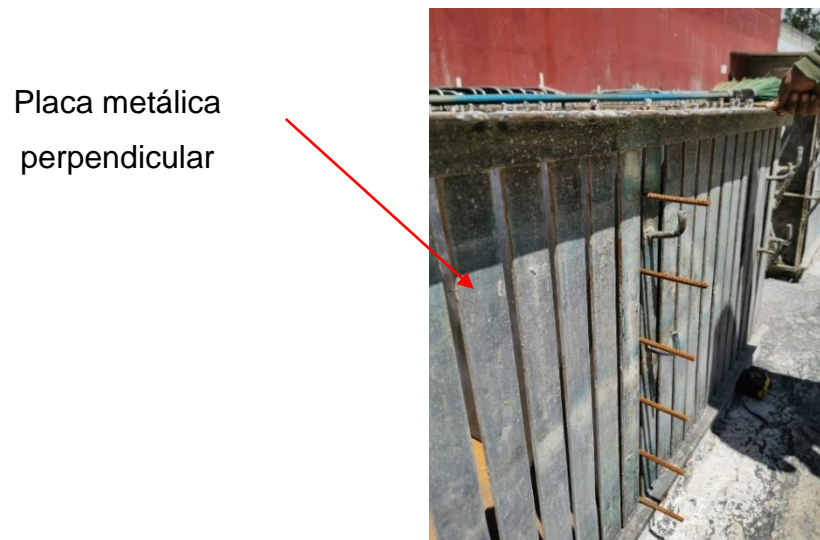
Las dimensiones de cada parte del sistema del molde, se elaborarán con base a las dimensiones de las losas prefabricadas *in situ*. La longitud del molde será la longitud máxima de las losetas, de igual forma con su ancho y alto. En caso se deseen fabricar losetas más pequeñas, se puede emplear una lámina metálica colocada transversalmente, que reduzca la longitud de las losetas según lo requerido. A manera de ejemplo: dentro de un molde, cuya base tenga dimensiones de 4,00 x 3,50 metros, se pueden fabricar 70 losetas de las dimensiones presentadas en la figura 15.

Figura 16. **Elementos del molde para losas prefabricadas *in situ***



Fuente: elaboración propia.

Figura 17. **Placas metálicas perpendiculares al lado largo de las losetas**



Fuente: elaboración propia.

Figura 18. **Placas metálicas paralelas al lado largo de las losetas**



Placa
metálica
paralela

Fuente: elaboración propia.

Figura 19. **Sistema de molde – fotografía 1**

Láminas
metálicas
divisorias



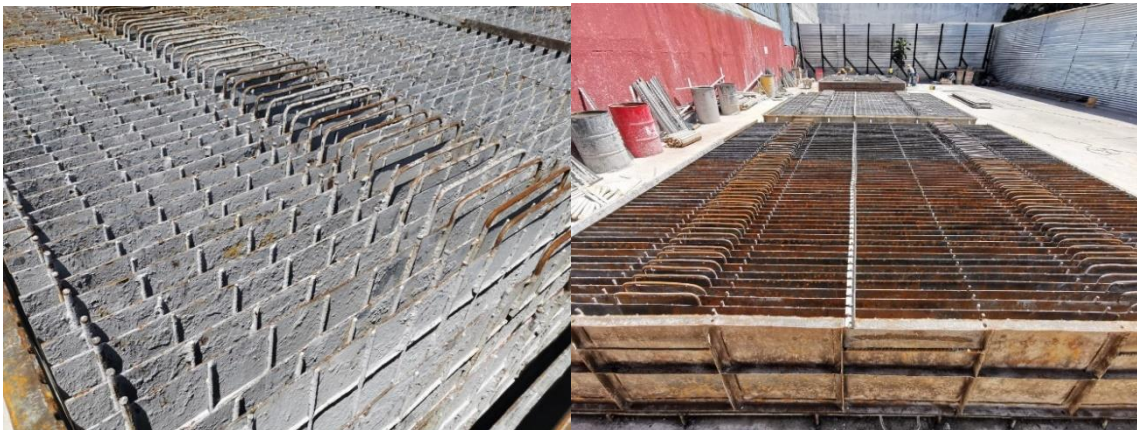
Fuente: elaboración propia.

Figura 20. **Sistema de molde – fotografía 2**



Fuente: elaboración propia.

Figura 21. **Sistema de molde – fotografía 3**



Fuente: elaboración propia.

Figura 22. **Sistema de molde – fotografía 4**



Fuente: elaboración propia.

Posterior a realizar la fundición utilizando estos moldes, es necesario realizar una limpieza general de los mismos. Se requiere retirar las láminas, placas metálicas y los residuos de concreto que quedaron adheridos. Cada molde metálico es independiente el uno del otro.

2.1.4. Procedimiento para la elaboración de las losas prefabricadas *in situ*

Para la elaboración de las losas prefabricadas *in situ*, se deben seguir los siguientes pasos:

- Base para los moldes. La base a utilizar, puede ser ya existente o elaborada específicamente para esta tarea. Debe tener las siguientes características: con área suficiente para elaborar las losas prefabricadas *in situ*, plana, a nivel, a plomo y alineada. Esta debe ser preferiblemente

de concreto. Para su elaboración, primero se debe realizar un trazo y nivelación y corte de la capa vegetal del área. Luego, realizar un proceso de relleno y compactación con material selecto para nivelar y, finalmente, una fundición de concreto de, al menos, 15 cm de peralte.

- Colocación de placa paralela inicial. Se coloca la placa inicial en el extremo de la base del molde, verificando que esta esté correctamente alineada, a plomo y nivelada. Las placas perpendiculares, deben estar colocadas de igual forma. Se sugiere realizar una fundición de concreto, para utilizarla como base en caso no se cuente con un área plana dentro del terreno.
- Aplicación del desencofrante. Se debe de colocar una capa del desencofrante a las láminas y placas metálicas, para evitar que el concreto quede adherido a estas.
- Colocación de malla electrosoldada. La malla electrosoldada, debe quedar justo en el centro del ancho del elemento, para ello se le deben colocar discos separadores, para garantizar que permanezca en esa posición a lo largo de todo el elemento. De igual forma, se deben colocar dos pequeños tubos de poli-cloruro de vinilo (PVC); en el ancho del elemento, porque estos servirán para transportarlo después de fundidos. Estos tubos, deben tener un diámetro de 3 centímetros y deben ser colocados dividiendo la longitud del elemento en 4 espacios. Cuando se tiene una longitud de 4 metros, se colocarán los tubos a los 2 y 3 metros. Se debe dejar un excedente de malla electrosoldada que salga por los orificios de la placa perpendicular de entre 10 a 15 centímetros. Estos agujeros generados por los tubos de poli-cloruro de vinilo (PVC); al momento en que losas prefabricadas *in situ* fueron colocadas ya en su posición final, pueden ser sellados utilizando duroport, hule o corcho y luego recubiertos con un

repello y cernido para mejorar la estética. Otra opción es dejarlos descubiertos y aprovecharlos para bajadas de instalaciones eléctricas o de agua.

Figura 23. **Colocación de malla electrosoldada**



Fuente: elaboración propia.

- Colocación de lámina metálica. Se coloca la lámina metálica, en los orificios de la base, asegurando que esté alineada, a plomo y nivelada. La cara con las varillas de acero, debe quedar viendo hacia donde se coloca la malla electrosoldada.

Figura 24. **Colocación de lámina metálica**



Fuente: elaboración propia.

- Los pasos 4 y 5; se repiten para cada losa prefabricada *in situ*, que cabe en la base, hasta colocar la placa paralela final.
- Colocación del concreto. El concreto, debe ser introducido dentro del molde, tratando de no mover la malla electrosoldada, ni las láminas de su lugar. Se debe asegurar la continuidad en la descarga, la homogeneidad de la mezcla y la eficiencia del personal de obra, para la correcta distribución del concreto en las losetas. Se deberá usar un vibrador, para evitar la formación de vacíos o ratoneras en los elementos.
- Curado. Mientras el concreto se encuentra dentro de los moldes, se debe curar para evitar agrietamientos. Para ello, se puede colocar una lona con humedad o se pueden mantener en constante riego.
- Desencofrado. Las losetas pueden ser desencofradas, al día siguiente de fundidas. se inicia retirando la placa paralela final, luego se retira la losa

prefabricada *in situ*, se prosigue con la siguiente lámina metálica, se vuelve a retirar la siguiente losa prefabricada *in situ* y así sucesivamente se retiran todas las losas prefabricadas *in situ*.

2.1.5. Aspectos técnicos

En la elaboración de las losas prefabricadas *in situ*, hay tres aspectos que hay que tomar en consideración principalmente, que permitirán que las losetas tengan las características deseadas. Estas son:

2.1.5.1. Tiempo de fraguado

Se le llama tiempo de fraguado, al tiempo que dura el proceso de endurecimiento y pérdida de plasticidad del concreto. Este dura por lo general 2 horas, no obstante, esto depende de las condiciones como: la humedad del ambiente, la temperatura y las propiedades del concreto. En el caso de las losas prefabricadas *in situ*, estas se dejan en las placas metálicas durante 24 horas, para que el concreto fragüe, de tal manera que pueden ser retiradas al día siguiente de fundidas para proceder a su almacenamiento.

2.1.5.2. Curado

El curado se realiza para evitar que el agua de la mezcla del concreto, se evapore, la razón es, porque podría causar grietas debido a la pérdida de humedad y alteraciones en la relación agua/cemento, afectando así su resistencia. En el proceso de elaboración de las losas prefabricadas *in situ*, se debe de curar el concreto durante mínimo, 1 semana. Esto se debe realizar desde que las losetas se funden en las placas metálicas (1 día), hasta que son desencofradas y almacenadas (6 días mínimo). Entre los métodos más

conocidos y aplicados para el curado del concreto, se encuentra el verter agua después que este fraguó, rosear agua a la superficie del concreto o cubrir la superficie de concreto con un material impermeable, como el nylon para que la humedad se mantenga el tiempo necesario.

2.1.5.3. Resistencia

Durante las primeras 24 a 48 horas, el concreto adquiere la mitad de su resistencia máxima, tras 7 días, este adquiere 3/4 partes, mientras que su resistencia máxima la obtiene 28 días o 4 semanas después. Debido a esto, las losas prefabricadas *in situ*, ya pueden ser utilizadas y colocadas, tras una semana de fundidas y curadas. La resistencia de las losas prefabricadas *in situ* debe ser la misma que la del *topping* que se colocará.

2.2. Manipulación de las losas prefabricadas *in situ*

Tras haber terminado el proceso de fundición de las losas prefabricadas *in situ*, se inicia la fase de manipulación. Esta comprende desde el momento en que las losetas son desencofradas, hasta cuando son almacenadas.

El proceso de manipulación, inicia 24 horas después de fundidas las losas prefabricadas *in situ*, cuando son desencofradas. Se siguen las directrices descritas en el paso 9 del procedimiento, para la elaboración de las losas prefabricadas *in situ*. Posterior, al haber sido desencofradas, son transportadas al área en donde se almacenarán y curarán. En seguida se describe la metodología de cómo se realizan los procedimientos.

2.2.1. Equipo requerido

El equipo por utilizar para el proceso de manipulación de las losas prefabricadas *in situ*, dependerá del tipo de obra y de las dimensiones de la misma. Se reconocen principalmente dos tipos de construcción, en donde se puede emplear este sistema de losas prefabricadas *in situ*, están los proyectos de mayor tamaño (proyectos de edificios); o aquellos cuya escala es menor, para utilizar las losetas, económicamente viable (proyectos de viviendas).

2.2.1.1. Proyectos de edificios

En proyectos en donde la producción y la necesidad de las losas prefabricadas *in situ* sea mayor, que cuente con área suficiente y disponibilidad de recursos, se recomienda la utilización de grúas torre, sobre orugas convencionales o hidráulicas, para el transporte de las losetas desde que son desencofradas hasta que son almacenadas. Utilizando como referencia las dimensiones de la losa prefabricada *in situ* estándar, cada una tiene un peso aproximado de 650 libras, haciéndose necesaria la utilización de maquinaria de este tipo para su movilización. Ahora bien, en caso no se tenga disponibilidad de ningún tipo de las grúas antes mencionadas, también se puede utilizar maquinaria más liviana, como camiones grúa, mini-cargadores o montacargas.

Se debe tener la suficiente mano de obra, para movilizar las losetas. Se sugiere tener mínimo 4 personas, con su debido equipo de protección personal, que se encarguen de apoyar el traslado y acomodo de las losas prefabricadas *in situ*, además de los operarios de cada maquinaria.

2.2.1.2. Proyectos de vivienda

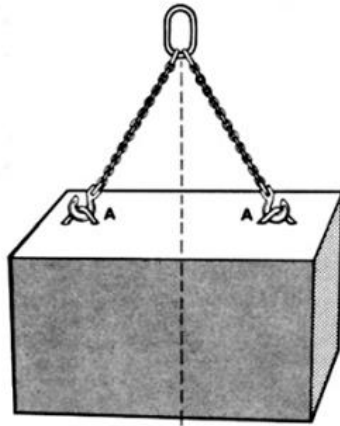
Debido al peso de cada losa prefabricada *in situ*, su movilización se hace imposible sin ningún tipo de maquinaria, tal es el caso de proyectos de menor escala, en donde se tenga un área y recursos limitados, se sugiere la utilización de mini-cargadores o montacargas, para el transporte de las losetas. De igual forma, se debe contar con la misma cantidad de mano de obra para llevar a cabo esta operación.

2.2.2. Cuidados en el transporte

Para transportar las losas prefabricadas *in situ*, independientemente del tipo de proyecto, a la maquinaria que se esté utilizando, se le deben colocar 2 ganchos de hierro No. 5 (5/8”), estos serán introducidos en los agujeros de cada loseta y de esa manera serán levantadas y movilizadas. Este procedimiento debe realizarse para cada loseta de manera individual. No se sugiere que se movilice más de una loseta al mismo tiempo en la misma máquina, esto podría generar daños en la estructura de las losetas.

También se pueden utilizar eslingas de cadena y, dependiendo del tipo de maquinaria que se esté empleando, estas deben ser singulares o dobles. En caso de no contar con eslingas, también se pueden utilizar cables para el movimiento de las losas prefabricadas. La figura 25 ilustra la manera de utilizar las eslingas dobles para mover las losetas.

Figura 25. **Uso de eslingas dobles para mover elementos**



Fuente: PEERLESS. *Manual del usuario de eslinga de cadena*. p. 23.

Figura 26. **Transporte de losas prefabricadas *in situ***



Fuente: elaboración propia.

Se debe planificar que el área de Producción de las losas prefabricadas *in situ* y el área de Almacenamiento, se encuentren lo más cercanas posibles,

teniendo espacio para una ruta, que permita la fácil movilización de maquinaria, en caso no se utilice una grúa. En el área de Producción y el área de Almacenamiento, se encontrarán a una distancia considerable, se puede hacer uso de camiones grúa, para transportar un grupo de losetas al mismo tiempo. Se sugiere no apilar más de 5 losas prefabricadas *in situ*, al transportarlas de esta manera.

Figura 27. **Transporte de losas prefabricadas *in situ* con camión grúa**



Fuente: elaboración propia.

2.2.3. Almacenamiento

El área de Almacenamiento de las losas prefabricadas *in situ*, debe ser diseñada, para que las losetas puedan ser curadas y almacenadas el tiempo necesario según la programación de la obra. Al momento en que la maquinaria transporta cada loseta al área de Almacenamiento, estas pueden ser colocadas y apiladas de manera vertical u horizontal. En el caso que se almacenen y apilen

de manera horizontal, se sugiere no apilar más de 5 losetas, una sobre otra, porque esto podría generar daños en su estructura. Se pueden combinar ambas formas de almacenar las losetas, vertical u horizontal. Para ello, se almacena primero las losetas de manera vertical y sobre estas se pueden colocar otras de manera horizontal como se muestra en la figura 28.

Figura 28. **Almacenamiento de losas prefabricadas *in situ***



Fuente: elaboración propia.

Es importante que, al almacenar las losetas, se coloquen polines de madera, de medida estándar 3"x3"x10', para evitar que estas se encuentren en contacto directo con el suelo. De igual forma, se deben colocar polines, al momento de almacenar las losetas de manera horizontal, sobre otras de manera vertical (figura 28), o cuando se almacenan losetas horizontales, solo 5 se pueden colocar una sobre otra, y apilar máximo 6 (figura 29). Estos polines deben ser lo suficientemente resistentes para soportar la carga de las losetas que se vayan a

almacenar y deben ser de las mismas dimensiones para evitar deflexiones en las losetas.

Las losas prefabricadas *in situ*, deben almacenarse clasificándolas según sus dimensiones, en caso se fabriquen de distintas dimensiones, para que su localización, identificación y retiro sea fácil. Estas también deben protegerse de la lluvia y humedad, para evitar que su acero se oxide y el concreto enmohezca. Deben estar ubicadas en un área lo suficientemente ventilada y cubiertas de algún material plástico, en caso no se cuente *con* un área techada.

Figura 29. **Almacenamiento horizontal de las losas prefabricadas *in situ***



Fuente: elaboración propia.

El proceso de curado de las losetas, durará mínimo 1 semana, por lo que, a las losetas recién fabricadas, se les deberá curar durante 6 días, mientras estas están en el área de Almacenamiento. Posterior a su curado, estas ya pueden ser

transportadas y colocadas en la losa a fundir. El área en donde se almacenarán, deberá ser lo suficientemente grande, para que la maquinaria tenga facilidad de acceso y para almacenar un lote de reserva de losetas.

Figura 30. **Área de almacenamiento**



Fuente: elaboración propia.

2.3. Colocación de las losas prefabricadas *in situ*

La fase de colocación de las losas prefabricadas *in situ*, abarca en el momento en que estas son transportadas, del área de Almacenamiento, al lugar de fundición, donde serán colocadas en su sitio final, listas para realizar la fundición de la losa. Dentro de esta fase, se analiza el procedimiento para su colocación, haciendo énfasis en la manera de preparar el área, el equipo necesario para llevar a cabo esta operación y detalles técnicos de la manera en que serán colocadas.

2.3.1. Procedimiento para la colocación de las losas prefabricadas *in situ*

El procedimiento para colocar las losas prefabricadas *in situ*, en la fundición de la losa final, se divide principalmente en 5 pasos, siendo estos:

- Armado y encofrado de vigas
- Colocación de tendales
- Colocación de parales
- Transporte de las losas prefabricadas *in situ*
- Colocación de las losas prefabricadas *in situ*

Para la colocación de las losas prefabricadas *in situ*, se debe definir la manera en que trabajan. Las losas prefabricadas *in situ*, trabajan de manera independiente, aun así, al momento en que son colocadas para fundir una losa, se necesita que, por medio de sus uniones, anclajes con las vigas y el *topping* o fundición final, trabajen como un solo elemento rígido y como diafragma. Así, la unión entre losetas, *topping* y vigas, es de vital importancia para garantizar que la losa trabaje correctamente en su cálculo estructural, en base a su diseño.

Para la colocación de las losetas, se debe garantizar el correcto armado y encofrado de las vigas. Las vigas se fundirán junto con la losa para generar elementos monolíticos, al realizar el armado y encofrado de las vigas, se colocan las losas prefabricadas *in situ*, junto con el *topping* para que se ancle toda la estructura. Para su encofrado, se pueden utilizar formaletas de madera o metálicas. Las vigas se deben de apuntalar siguiendo la misma recomendación que para las losas prefabricadas *in situ*. Se debe de garantizar que las vigas estén correctamente niveladas porque, de no ser así, esto afectaría directamente a la losa.

Posterior a tener las vigas encofradas, apuntaladas y niveladas, se procederá a colocar los tendales y parales, estos serán utilizados para soportar el peso de las losas prefabricadas *in situ*. Debido al elevado peso de cada loseta, para este sistema, la distancia entre parales debe ser menor a la requerida que en el caso de las losas tradicionales o las losas de vigueta y bovedilla.

El procedimiento concluye con el transporte de las losas prefabricadas *in situ*, desde su área de Almacenamiento, hasta que estas son colocadas en su posición final. Para transportar las losetas se requerirá del mismo equipo mencionado en la sección de manipuleo de las losas prefabricadas *in situ*. En el caso que se trabaje un proyecto de edificio, se requerirá contar con una grúa torre, sobre orugas, convencional o hidráulica debido a la altura a la que se deben transportar las losetas. Debido a su peso se hace imposible transportarlas de manera deferente. En el caso de un proyecto de menores dimensiones, las losetas se pueden transportar utilizando el equipo mencionado en la sección de proyectos de vivienda.

2.3.1.1. Molde metálico o formaleta de madera

Una de las principales ventajas que presenta emplear este sistema de losas prefabricadas *in situ*, es que, debido a su morfometría, estas losetas actúan como molde o formaleta para la fundición de losas, y no es necesaria la colocación de molde metálico o formaleta de madera utilizando losetas. Se asemeja a la manera en que una fundición con losa-cero es realizada.

Por lo tanto, el único molde o formaleta que se requiere para la fundición de la losa, será la formaleta por utilizar con las vigas. Se debe garantizar su correcta colocación, y de los parales que la soportarán.

2.3.1.2. Parales

Los parales, son equipos que se utilizan para distribuir y soportar la carga al momento de fundir una losa, para evitar deflexiones de la misma mientras fragua y alcanza su resistencia máxima. Los tendales cumplen con el mismo objetivo, con la diferencia que son colocados de manera horizontal, teniendo un comportamiento similar al de las vigas.

Debido al peso de cada losa prefabricada *in situ*, la construcción de losas empleando este sistema genera cargas muertas mayores, por lo que se hace necesario que, al momento de realizar la fundición de las losetas, se asegure correctamente la losa utilizando tendales y parales. Mientras que, en el caso de una losa de vigueta y bovedilla, la separación estándar recomendada de tendales y parales es de 1,50 m en ambos sentidos, en el sistema de losas prefabricadas *in situ* se requiere una distancia menor. Se sugiere que, en el caso de los parales, se maneje una separación de no más de 0,80 m, mientras que la separación entre tendales puede ser de 1,00 m, debido a que estos reciben apoyo por parte de las vigas para soportar los elementos.

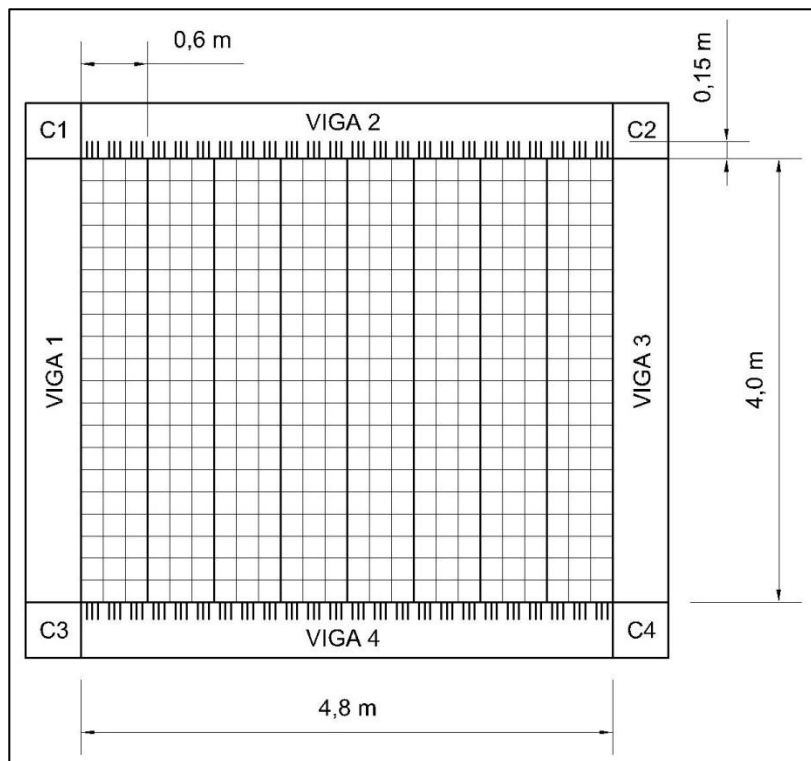
Siempre se debe utilizar madera de buena calidad y que se encuentre en óptimas condiciones o parales metálicos colocados correctamente. En caso se trabaje con parales de madera, estos deben de arriostrarse. Los parales deben ser colocados sobre polines y se debe de asegurar su correcta nivelación. Estos pueden ser retirados a los 14 días tras la fundición como mínimo.

2.3.1.3. Unión entre losas prefabricadas *in situ*

Tras haber transportado las losetas desde el área de Almacenamiento a la losa por fundir, se procede a colocar la loseta en su posición final. La forma en que estas son colocadas, es a manera de que queden una junto a la otra sin

separación, de manera secuencial. La malla electrosoldada sobrante en los extremos de las losas prefabricadas *in situ*, es utilizada para anclar la loseta con las vigas. Esta debe tener una longitud de entre 10 a 15 cm para garantizar que queden correctamente unidas. Así, las losetas se colocan simplemente apoyadas en vigas, tendales y parales, buscando estar a rostro con las vigas como se demuestra en la figura 31.

Figura 31. **Colocación de losas prefabricadas *in situ***



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2020.

En caso, por las dimensiones de la losa, quede un tramo sin cubrir y este sea más pequeño que las losas prefabricadas *in situ*, se puede cubrir recortando una losa prefabricada *in situ*, con una amoladora o colocando una formaleta de

madera en ese tramo a manera de que al momento de realizar la fundición del *topping*, el tramo sea cubierto con el concreto.

2.3.2. Equipo necesario

La fase de colocación de las losas prefabricadas *in situ*, no requiere de mucho equipo, exceptuando el transportar las losetas del área de Almacenamiento al área de Fundición, donde se requiere de maquinaria especial. En esta fase se requiere de mayor cantidad de mano de obra para la correcta movilización y colocación de cada loseta.

En el primer paso del procedimiento de colocación de las losetas (armado y encofrado de vigas); el equipo necesario consiste en formaletas para las vigas y los parales que se les colocarán. Estas pueden ser de madera o metal. Previo a la colocación del concreto, se le debe colocar desencofrante a las formaletas, para evitar que estas se queden adheridas al concreto.

En el caso de la colocación de los tendales y parales, estos pueden ser de igual forma de madera o metálicos. Se debe de seguir un estricto control de la nivelación de estos, asegurándose que todos estén correctamente colocados. Los polines se utilizan para evitar que los parales estén directamente colocados en el suelo y puedan sufrir de movimientos o deslizamientos.

Al transportar las losetas, se debe de contar con maquinaria especial, como diversos tipos de grúas para poder movilizar a grandes alturas las losas prefabricadas *in situ*. Ganchos o eslingas pueden ser utilizados para movilizar las losetas con las grúas. Al momento de la colocación de las losetas, únicamente se requiere de la suficiente mano de obra para movilizarlas y colocarlas. Debido al peso de las mismas, se sugiere que las losetas sean acomodadas entre

mínimo 4 personas. En caso de necesitar realizar algún tipo de corte a las losas prefabricadas *in situ*, se sugiere realizarlo utilizando una amoladora o pulidora. En toda esta fase es de suma importancia que todas las personas involucradas, utilicen el equipo de protección personal adecuado.

2.4. Fundición final

La última fase del sistema de losas prefabricadas *in situ*, consiste en la fundición final o *topping* de la losa. Esta es una capa de concreto que se coloca sobre las losas prefabricadas *in situ*, que se encuentran correctamente colocadas y que sirve para completar el peralte necesario de la losa, unificando todos los elementos para que trabajen como uno solo al momento de soportar y transmitir las cargas. El espesor de esta capa de concreto variará según el diseño estructural, el peralte necesario de la losa y el espesor de las losas prefabricadas *in situ*. A manera de ejemplo, se requiere una losa de 10 cm de espesor y se trabajó con las losas prefabricadas *in situ* de 5 cm, el espesor del *topping* deberá ser de 5 cm.

Previo a colocar el *topping*, es necesario añadir área de acero a la losa, para que este soporte correctamente los esfuerzos de tensión. Para esto se añadirá una nueva cama de malla electrosoldada y bastones en las vigas principales. El área de acero requerida para el *topping*, deberá ser calculada como para una losa en uno o dos sentidos, según las dimensiones de la misma.

Los bastones son barras de acero que se colocan en la parte superior de la malla electrosoldada, sobre las vigas principales en el sentido de las losas prefabricadas *in situ*. Su función es contrarrestar los momentos negativos de la losa, darle rigidez y evitar la deflexión en la losa. El espaciamiento entre los

bastones y su longitud dependen del diseño estructural, que deberá ser correctamente representado en planos.

Tras finalizada la fundición final y para mejorar el aspecto de la losa, en caso no se deseen dejar descubiertas las losas prefabricadas *in situ* en la parte de abajo, se puede realizar un repello y cernido en las losetas. Al emplear este sistema y siguiendo las tendencias actuales, las tuberías se consideran dejarlas expuestas. En caso no se desee de esta manera, estas pueden ser colocadas dentro de la fundición final o añadiendo la opción de un cielo falso.

2.4.1. Concreto

El concreto, al colocarlo como fundición final, deberá de tener las mismas características y propiedades que el utilizado para elaborar las losas prefabricadas *in situ*. Este deberá ser calculado para cubrir el espesor deseado del *topping* de toda la losa, además de las vigas y áreas no cubiertas con las losas prefabricadas *in situ*.

2.4.1.1. Características

El concreto, es un material compuesto por un material aglomerante (cemento), fragmentos de agregados, agua y aditivos según sea la necesidad o uso del concreto. Debido a sus propiedades mecánicas, este material es ideal para soportar esfuerzos de compresión, debido a esto su uso se sugiere en situaciones en donde los esfuerzos de tensión o cortante sean bajos.

Conforme los avances tecnológicos se fueron dando, así se fue innovando en la forma de utilizar el concreto, hasta encontrar el denominado concreto u hormigón armado. Este es la combinación entre concreto y acero, en donde el

acero complementa la carencia de resistencia a esfuerzos de tensión o corte del concreto.

Para elaborar elementos de concreto, se deben de tomar en cuenta factores como: un diseño racional, correcta dosificación, mezcla idónea y homogénea, correcta colocación, acabado y curado. Este material es ampliamente utilizado en el sector de la construcción, debido a su alta resistencia a la compresión, su durabilidad, su casi total impermeabilidad, su adaptación a cualquier forma y su trabajabilidad. Sus principales características físicas son:

Tabla VI. **Principales características físicas del concreto**

Característica	Valor aproximado
Densidad	2 400 kg/m ³
Resistencia a compresión	Entre 150 y 500 kg/cm ²
Resistencia a tensión	(0,1)*(Resistencia a compresión)
Tiempo de fraguado	2 horas
Tiempo de endurecimiento	
• 24 – 48 horas	(0,5) *(Resistencia máxima)
• 7 días	(0,75) *(Resistencia máxima)
• 28 días	(Resistencia máxima)
Coeficiente de dilatación térmico	Similar al del acero

Fuente: CHINCHILLA LEIVA, Jorge Humberto. *Análisis beneficio/costo entre sistemas de losas de madera, acero, prefabricadas y losas tradicionales*. p. 51.

2.4.1.2. Propiedades

El concreto, tiene cuatro propiedades principales, las cuales definen las características que hacen al concreto apto para ser utilizado en obra civil. Estas propiedades son: resistencia, trabajabilidad, cohesividad y durabilidad.

- Resistencia: es comúnmente la propiedad más conocida, pues la calidad de un concreto suele relacionarse con la resistencia que este alcance. Esta propiedad es estudiada a través del tiempo, conforme pasan los días desde que se fundió un elemento. La resistencia máxima se alcanza a los 28 días. Por lo general, esta propiedad se determina mediante un ensayo de compresión a una probeta, en donde la resistencia se define como la capacidad para soportar una carga por unidad de área.
- Trabajabilidad: es la propiedad que indica qué tan fácil o accesible es trabajar con un material. Esta estudia desde qué tan fácil es para los materiales mezclarse entre sí para formar una mezcla homogénea, como también la manera en que la mezcla resultante puede ser manejada, transportada y colocada sin perder su homogeneidad.
- Cohesividad: gracias a esta propiedad. se puede controlar la posibilidad de segregación en la etapa de manejo del concreto, es decir, esta propiedad permite mantener y trabajar con una mezcla homogénea. La mezcla no debe ser ni demasiado plástica ni demasiado viscosa. Esta propiedad se incrementa cuando la relación agua-cemento alcanza valores distintos para luego disminuir, así como también cuando se utilizan partículas más finas en la mezcla.
- Durabilidad: el concreto es un material con una durabilidad alta. Esta propiedad analiza la capacidad del material de soportar la intemperie, el desgaste y la acción de productos químicos a los que se puede someter estando en servicio.

2.4.1.3. Proceso de mezclado y colocación

El concreto puede ser mezclado de dos formas: de forma manual o utilizando algún equipo de mezclado.

2.4.1.3.1. Mezclado de concreto manual

- Limpiar el área en donde se realizará la mezcla para evitar que se agreguen otros elementos a la mezcla. Tener conocimiento de la dosificación que se utilizará según planos.
- Medir el agregado fino (arena) y regarlo.
- Medir el cemento y regarlo sobre el agregado fino.
- Revolver estos elementos hasta que se tenga una mezcla color gris uniforme.
- Regar la mezcla.
- Medir el agregado grueso (pedrín), y regarlo sobre la mezcla.
- Abrir huecos en la mezcla y agregar agua lentamente.
- Revolver hasta obtener una mezcla sin mucha agua, pastosa y que sea fácil de manejar.

2.4.1.3.2. Mezclado de concreto en máquina

Este proceso requiere de maquinaria especializada en mezclar concreto, como lo son los diferentes tipos de mezcladoras.

- Tener conocimiento de la dosificación que se utilizará según planos, luego, se procede a echar el material en la mezcladora de la siguiente manera:

- Una pequeña parte de grava triturada y agua para luego hacer girar la cuba y esta se limpie.
 - El cemento, agregado fino y el resto de agua.
 - El resto de agregado grueso.
- Al preparar la primera mezcla, agregar un 20 % más de cemento para evitar que la primera carga quede con una cantidad de cemento menor a la requerida.
 - El tiempo de amasado no debe ser ni muy corto ni muy prolongado. Se debe buscar obtener una mezcla homogénea, sin mucha agua y fácil de manejar.

Previo a realizar el vaciado del concreto, se debe de revisar que todos los elementos se encuentren en su sitio. Durante el vaciado se debe de expandir el concreto por toda la losa y vigas, utilizando rastrillos y vibradores, para que este se asiente uniformemente y así no se formen espacios vacíos en algún elemento.

2.4.2. malla electrosoldada

La malla electrosoldada a utilizar en el *topping*, no necesariamente debe ser del mismo calibre que la utilizada para la elaboración de las losas prefabricadas *in situ*. El calibre y cantidad por utilizar, se deberá calcular por medio del diseño estructural y utilizando tablas de conversión de área de acero a malla electrosoldada. Esta actúa como refuerzo por temperatura dentro de la capa de compresión de la losa.

2.4.2.1. Características

La malla electrosoldada está formada por varillas corrugadas laminadas en frío de grado variable, soldadas por resistencia eléctrica, formando cuadros de distintas dimensiones. Su alta resistencia a los esfuerzos de tensión, hace que puedan sustituir a las barras de acero, haciendo que las losetas no requieran más que malla electrosoldada.

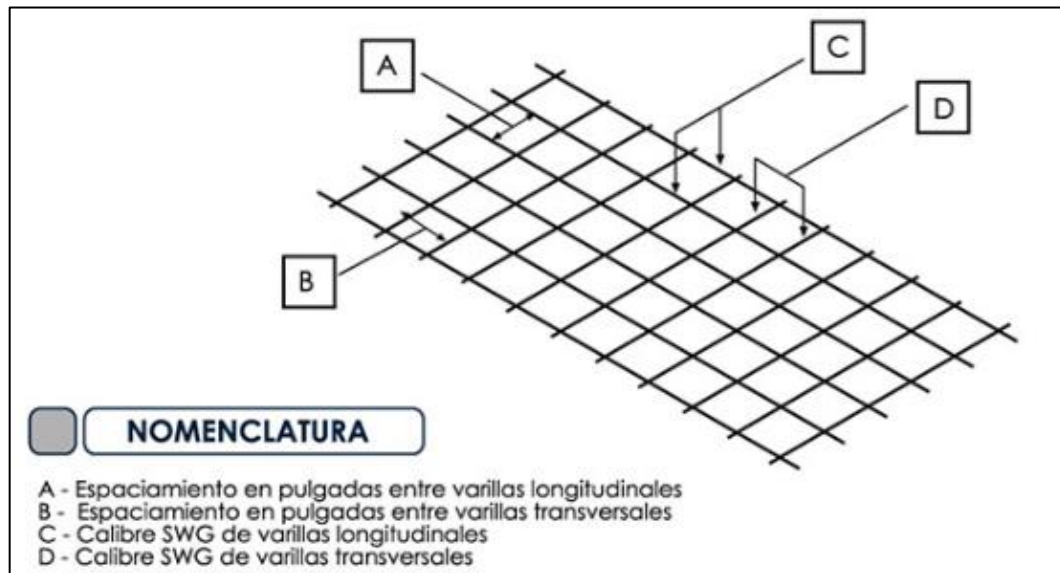
La malla electrosoldada es utilizada para aumentar el refuerzo en las losetas, como también para absorber los efectos de retracción del fraguado y los cambios térmicos que existan en el sistema. Utilizar malla electrosoldada, hace que fundir las losetas de concreto armado sea más económico y con un refuerzo similar. La malla electrosoldada puede ser de varillas lisas o corrugadas, pero, se recomienda utilizar del tipo corrugada por la adherencia que esto permite con el concreto.

La malla electrosoldada, se puede clasificar según el elemento longitudinal utilizado. Así, esta puede ser simple cuando únicamente hay barras individuales en el sentido longitudinal, doble cuando el refuerzo longitudinal esté formado por parejas que son tangentes y de pares cuando se tenga refuerzo longitudinal paralelo, pero no tangente.

El espaciamiento puede ser el mismo en ambos sentidos, de esto depende del diseño estructural, en este caso, es de las losetas. Este espaciamiento se encuentra en un rango de 5 a 40 cm. La fluencia de los alambres que conforman la malla electrosoldada, se encuentra dentro del orden de 5000 kg/m^2 y los diámetros de la malla electrosoldada son de 2 a 12 mm aproximadamente.

La malla electrosoldada, se encuentra normada en las normas, ASTM A185 y A497 y en la UNE 36-092-81 parte 1 y 2.

Figura 32. **Malla electrosoldada**



Fuente: Monolit. *Malla electrosoldada*. <http://grupomonolit.com/productos/acero-monolit/malla-electrosoldada/>. Consulta: 14 de julio de 2020.

Una de las principales ventajas que representa utilizar malla electrosoldada, es que permiten un ahorro en material y mano de obra del 50 % en pisos y 25 % en losas. De igual forma, representan un ahorro en el tiempo de colocación de un máximo del 70 %. Reducen desperdicios, son flexibles, pueden ser cortadas con facilidad y permiten un anclaje efectivo en el concreto.

Dentro del tipo de malla electrosoldada, que se comercializa en Guatemala, se puede utilizar como referencia los siguientes datos y especificaciones técnicas:

Tabla VII. **Especificaciones técnicas de malla electrosoldada en Guatemala**

Datos técnicos				Tabla de conversión			
Nomenclatura		Diámetro de varilla	Área de refuerzo	Grado 60		Grado 40	
Cuadro	Calibre	mm	cm ² /m	Refuerzo que sustituye	cm ² /m	Refuerzo que sustituye	cm ² /m
6"x6"	10/10	3,43	0,616	No. 2 @ 43	0,733	No. 2 @ 29	1,100
6"x6"	9/9	3,80	0,756	No. 2 @ 35	0,900	No. 2 @ 23	1,350
6"x6"	8/8	4,11	0,884	No. 2 @ 30	1,052	No. 2 @ 20 No. 3 @ 0,45	1,579
6"x6"	7/7	4,50	1,060	No. 2 @ 25	1,262	No. 2 @ 17 No. 3 @ 0,38	1,893
6"x6"	6/6	4,88	1,247	No. 2 @ 21 No. 3 @ 0,48	1,485	No. 2 @ 14 No. 3 @ 0,32	2,227
6"x6"	4,5/4,5	5,50	1,584	No. 2 @ 17 No. 3 @ 0,38	1,886	No. 3 @ 25 No. 4 @ 0,45	2,829
6"x6"	4/4	5,72	1,713	No. 2 @ 16 No. 3 @ 0,35	2,039	No. 3 @ 23 No. 4 @ 0,41	3,059
6"x6"	3/3	6,20	2,013	No. 2 @ 13 No. 3 @ 0,30	2,396	No. 3 @ 20 No. 4 @ 0,35	3,595
6"x6"	2/2	6,65	2,315	No. 2 @ 12 No. 3 @ 0,26	2,756	No. 3 @ 17 No. 4 @ 0,31	4,134

Fuente: Monolit. *malla Electrosoldada*. <http://grupomonolit.com/productos/acero-monolit/malla-electrosoldada/>. Consulta: 14 de julio de 2020.

2.4.2.2. Propiedades

Las principales propiedades del acero son: conformabilidad, durabilidad, resistencia a la tensión y a la fluencia y conductividad térmica.

La conformabilidad, hace referencia a la capacidad que tiene el acero de adoptar una nueva forma sin perder su integridad estructural y conservar su nueva forma sin volver a su perfil original.

La durabilidad, es el tiempo de vida útil del acero. Estudios han demostrado que al estar correctamente protegido en un sistema estructural su durabilidad puede superar los 60 años.

La resistencia a la tensión, es la capacidad que tiene el acero de soportar cargas de tensión, sin que este falle.

La resistencia a la fluencia, es la carga máxima ante la cual se da la deformación irre recuperable del elemento.

Conductividad térmica, es la propiedad que mide la capacidad del acero para conducir calor. Debido a que el acero de la malla electrosoldada es un metal, este valor es elevado, de aproximadamente 50,2 W/mK.

2.4.2.3. Colocación

Para la colocación de la malla electrosoldada, se debe primero cortar en el piso, el tamaño deseado para posteriormente subirla y colocarla en la losa en construcción. Se coloca sobre todas las losas prefabricadas *in situ*, a manera que toda la losa quede cubierta por la malla electrosoldada. Se amarra con alambre a las vigas de la losa. Se debe de tener un traslape mínimo de un cuadro o de 15 cm entre las losetas. Posterior a que se colocó la malla electrosoldada en toda la losa, se procede a colocar los bastones en las vigas principales, que son amarrados con alambre de igual forma que se realizó con la malla electrosoldada.

Es importante que previo a colocar la malla electrosoldada se realice una limpieza del área, para evitar la basura quede dentro del *topping*.

2.5. Seguridad industrial

La seguridad industrial, se define como aquel método que vela por la seguridad de los trabajadores dentro de una industria, ya sea que se encuentren en la industria permanente o esporádicamente. La seguridad e higiene industrial,

son todas aquellas técnicas utilizadas para establecer la seguridad y garantizar la salud del trabajador en todo momento, mientras se encuentra laborando. Dentro de sus objetivos, se encuentran prevenir accidentes que puedan causar lesiones o muertes, velar por la salud de los trabajadores, eliminar condiciones inseguras en el área laboral, tomar medidas preventivas y dar a conocer la importancia, reducir los costos causados por accidentes, entre otros.

Un accidente, es todo aquel acontecimiento inesperado que interfiere directamente en la actividad que se esté realizando, no necesariamente significando una lesión personal. Estos pueden ser causados por condiciones y actos inseguros.

Un área insegura, es toda aquella que no cuenta con las condiciones mínimas de seguridad, para que un trabajo pueda llevarse a cabo. Para que un accidente se lleve a cabo, debe existir una relación entre aspectos técnicos y humanos, pero aparte de estos, deben tomarse en cuenta elementos como, el trabajo que se realice, el entorno y el medio ambiente.

Existen agentes físicos y químicos que interfieren directamente en la higiene del trabajo. Entre los principales agentes físicos, se pueden mencionar el ruido, ventilación, iluminación y vibraciones. Los agentes químicos que afectan principalmente el área de la construcción son: vapores, gases, humos y nieblas.

La correcta implementación de un sistema de seguridad industrial dentro de cualquier trabajo, depende directamente de la colaboración entre patronos y trabajadores. Es obligación del patrono garantizar la seguridad del trabajador, para ello, el trabajador también debe de colaborar para acatar las normas de seguridad dentro de la industria.

La seguridad industrial, comprende todas las fases de un proyecto, desde su planificación hasta su operación y puesta en marcha. También dependerá directamente del tamaño de la obra, el sistema de empleo y la manera en que se organiza.

Las empresas que se dedican a la construcción, sin importar su tamaño, deben tener una o varias personas encargadas de la promoción de la salud y seguridad industrial. Deberán de contar con supervisores, quienes se encargarán de velar por el cumplimiento de los parámetros de seguridad establecidos.

Se debe considerar una comisión de seguridad, cuyo tamaño y número de integrantes dependerá del tamaño de la obra, representantes de seguridad, deben de ser trabajadores experimentados, el apoyo y alianza con organismos externos como, la intervención del Gobierno o la aplicación de acuerdos internacionales.

Para que exista un correcto plan de seguridad industrial dentro de una construcción, se debe de garantizar la correcta disposición y orden de la misma. Durante la fase de planificación, se deben analizar factores como la secuencia u orden de cómo se llevarán a cabo los procesos, las rutas a utilizar, vías de movilización de vehículos y personal, áreas de descarga y almacenamiento, entre otros. Se debe de garantizar que, al momento de la ejecución de la obra, se maneje un correcto orden y limpieza, manteniendo limpias y ordenadas las áreas de trabajo y el equipo utilizado.

2.5.1. Señalización

La señalización, se define como la acción de llamar la atención de los trabajadores, en circunstancias donde no se pueden eliminar los riesgos del área.

Esta busca, identificar las áreas en donde no se puede eliminar el riesgo e informar al trabajador del riesgo existente en dicha área. Una correcta señalización debe atraer la atención del usuario, dar a conocer el riesgo, indicar el peligro e indicar qué hacer ante dicho peligro. La señalización puede ser de tipo acústica u óptica, siendo la óptica la más utilizada en el sector de la construcción.

La Organización Internacional del Trabajo OIT; establece el código de colores para cada situación de peligro que se puede presentar durante las actividades diarias en un puesto de trabajo. Esta organización establece:

- Color rojo: señal de prohibición
- Color amarillo: señal de advertencia
- Color azul: señal de obligación
- Color verde: señal de salvamento

Figura 33. **Señalización óptica**



Fuente: Arquetipo. *Diseño industrial en Concepción Chile.*

<https://www.pinterest.com/rosiuriol99/>. Consulta: 15 de diciembre de 2020.

Dentro de la señalización que se debe incluir al emplear el sistema de losas prefabricadas *in situ*, se puede mencionar señales luminosas (al momento de trabajar en áreas oscuras o de noche), señales acústicas (emitidas por vehículos dentro de la obra), señales gestuales (para tener una correcta comunicación, por ejemplo, entre el operario de la grúa y el ayudante), además de las señales ópticas de prohibiciones, advertencia, obligaciones y salvamento.

2.5.2. Vehículos y movimiento de materiales

Dentro de los vehículos a utilizar, empleando este sistema de losas prefabricadas *in situ*, se encuentran principalmente, vehículos tipo camión, minicargadores, grúas y montacargas. Para reducir el riesgo de sufrir un accidente con los vehículos, se debe contar con un plan vial seguro dentro de la obra. Se debe evitar sobrecargar los vehículos, tener malas técnicas de conducción, ignorar los riesgos del área de Trabajo, el mal mantenimiento y cuidado de los vehículos. Todo conductor debe estar debidamente capacitado y contar con una licencia tipo “A”. Se debe de marcar y planificar todo recorrido, buscando evitar que estos atravesen un terreno inadecuado como, por ejemplo, pendientes muy elevadas o cercanas al tendido eléctrico. Se debe de contar también con un límite de velocidad establecido dentro de la obra y con una correcta vigilancia de cada vehículo utilizado.

En el caso del movimiento de las losas prefabricada *in situ*, específicamente utilizar las grúas torre, sobre orugas, convencionales o hidráulicas, su montaje y desmontaje debe ser realizado y supervisado por especialistas. Todo operador de la grúa, debe ser mayor de 18 años, estar capacitado y contar con la suficiente experiencia para poder operarla, y debe de contar con un ayudante para dirigir, en áreas en que el operario no tenga visibilidad. Las grúas deben tener indicada la carga máxima que soportan; este valor no debe de superarse para movilizar las losetas. Toda grúa debe ser correctamente revisada, probada antes de ser utilizada en la obra, sometida a inspecciones y revisiones constantemente. Para evitar problemas de volteo, estas deben ser ancladas al suelo o contar con un lastre adecuado de contrapeso. Se debe de ubicar a modo que pueda girar libremente con el viento 360 grados en redondo.

2.5.3. Equipo de protección personal

El equipo de protección personal (EPP), se utiliza para evitar el contacto directo del trabajador con algún riesgo en el desarrollo de alguna actividad. El equipo de protección personal idóneo, dependerá directamente del tipo de actividad que se realice, según los riesgos existentes, se requerirá de equipo de protección personal especial. Dentro de este equipo se debe considerar equipo para la protección de la cabeza, oídos, nariz, ojos, manos, pies, entre otros. El equipo de protección personal sugerido para todo el proceso del sistema de losas prefabricadas *in situ* se muestra en la tabla VIII.

Tabla VIII. **Equipo de protección personal**

Tipo de equipo de protección personal	Elementos
Protección de cabeza	Casco de seguridad
Protección de pies	Calzado punta de acero
Protección de manos	Guantes de cuero
	Guantes de plástico
Protección de piel	Pantalón de lona
	Camisa manga larga
	Pañuelo
Protección de vista	Gafas de plástico
Protección respiratoria	Mascarilla
Protección auditiva (en caso de trabajar con ruidos superiores a 85 db)	Tapones de seguridad
	Orejeras
Otros	Arnés de seguridad para trabajos en altura
	Línea de vida para trabajos en altura
	Chaleco reflectante
	Cinturón para cargar elementos pesados

Fuente: elaboración propia.

2.5.4. Riesgos y medidas preventivas

Los riesgos en la construcción son de altas probabilidades es por esto que es necesario indicar las medidas preventivas que se deben tomar en cuenta en las empresas.

2.5.4.1. Etapa de fabricación

En la tabla IX se describen los riesgos y las medidas preventivas que se deben tomar en la etapa de fabricación.

Tabla IX. Riesgos y medidas preventivas en la etapa de fabricación

¿A quién aplica?	Etapa de fabricación			
	Actividad	Principales riesgos	Tipo de riesgo	Medidas preventivas
Proyectos de edificios y viviendas	Armado de placas metálicas (Colocación de placas paralelas y láminas metálicas)	Heridas por herramientas cortantes	Mecánico	Identificación de centros de salud cercanos, dotación y uso de EPP
		Sobrecarga física-esfuerzo	Ergonómico	Dotación de agua potable Permitir pausas de descanso
		Exposición al trabajo en la intemperie	Ambiental	Disponer de instalaciones que sirvan de refugio Suspender trabajos en caso de lluvia o descargas eléctricas
		Polvos	Químico	Humedecer las superficies Uso de protección respiratoria
		Aplastamiento o golpes por formaleta metálica	Mecánico	Usar elementos o piezas cuyo diseño permita realizar con facilidad el encofrado y desencofrado
Proyectos de edificios y viviendas	Aplicación de desencofrante	Heridas por herramientas cortantes	Mecánico	Identificación de centros de salud cercanos, dotación y uso de EPP
		Exposición al trabajo en la intemperie	Ambiental	Disponer de instalaciones que sirvan de refugio Suspender trabajos en caso de lluvia o descargas eléctricas

Continuación de la tabla IX.

Proyectos de edificios y viviendas	Colocación de malla electrosoldada	Heridas por herramientas cortantes	Mecánico	Identificación de centros de salud cercanos, dotación y uso de EPP
			Ambiental	Disponer de instalaciones que sirvan de refugio

		Exposición al trabajo en la intemperie		Suspender trabajos en caso de lluvia o descargas eléctricas
		Sobrecarga física-esfuerzo	Ergonómico	Dotación de agua potable Permitir pausas de descanso
		Polvos	Químico	Humedecer las superficies Uso de protección respiratoria
Proyectos de edificios y viviendas	Colocación de concreto	Heridas por herramientas cortantes	Mecánico	Identificación de centros de salud cercanos, dotación y uso de EPP
		Exposición al trabajo en la intemperie	Ambiental	Disponer de instalaciones que sirvan de refugio Suspender trabajos en caso de lluvia o descargas eléctricas
		Sobrecarga física-esfuerzo	Ergonómico	Dotación de agua potable Permitir pausas de descanso
		Proyección de partículas de concreto	Químico	Dotación y uso de EPP
		Enfermedades en la piel por contacto con concreto	Químico	Tener acceso a duchas y tinas para lavarse en casos de derrames accidentales Uso de EPP (guantes y botas)
		Golpes por maquinaria en movimiento (atropello y atrapamientos)	Mecánico	Delimitación y acondicionamiento de los caminos, puntos de entrada y salida Dispositivos de señalización en la maquinaria y área de Trabajo
		Ruido de la maquinaria	Físico	Uso de EPP cuando la exposición supere los 85 db
		Vibraciones de la maquinaria	Físico	Relevo de operadores del equipo en vibración
Proyectos de edificios y viviendas	Curado de las losa prefabricadas <i>in situ</i>	Exposición al trabajo en la intemperie	Ambiental	Disponer de instalaciones que sirvan de refugio Suspender trabajos en caso de lluvia o descargas eléctricas
		Polvos	Químico	Humedecer las superficies Uso de protección respiratoria

Continuación de la tabla IX.

Proyectos de edificios y viviendas	Desencofrado de las losas prefabricadas <i>in situ</i>	Heridas por herramientas cortantes	Mecánico	Identificación de centros de salud cercanos, dotación y uso de EPP
			Ergonómico	Dotación de agua potable

		Sobrecarga física-esfuerzo		Permitir pausas de descanso
				Evitar la aplicación de fuerzas mal apoyado y sin el equipo adecuado
				Evitar el movimiento de las losas prefabricadas <i>in situ</i> solo o sin ayuda
				Asegurarse que las maniobras de movimiento entre varias personas sean correctas y coordinadas
		Exposición al trabajo en la intemperie	Ambiental	Disponer de instalaciones que sirvan de refugio
				Suspender trabajos en caso de lluvia o descargas eléctricas
		Polvos	Químico	Humedecer las superficies
				Uso de protección respiratoria
		Aplastamiento o golpes por formaleta metálica	Mecánico	Usar elementos o piezas cuyo diseño permita realizar con facilidad el encofrado y desencofrado
Proyectos de edificios y viviendas	Limpieza de molde metálico	Heridas por herramientas cortantes	Mecánico	Identificación de centros de salud cercanos, dotación y uso de EPP
		Postura forzada	Ergonómico	Capacitaciones acerca de la correcta postura para esta tarea
				Permitir pausas de descanso
		Exposición al trabajo en la intemperie	Ambiental	Disponer de instalaciones que sirvan de refugio
				Suspender trabajos en caso de lluvia o descargas eléctricas
		Polvos	Químico	Humedecer las superficies
Uso de protección respiratoria				
Aplastamiento o golpes por formaleta metálica	Mecánico	Usar elementos o piezas cuyo diseño permita realizar con facilidad el encofrado y desencofrado		

Fuente: elaboración propia.

2.5.4.2. Etapa de manipulación

En la etapa de manipulación también existen riesgos, es por esa razón que se deben adoptar medidas preventivas.

Tabla X. Riesgos y medidas preventivas en la etapa de manipulación

¿A quién aplica?	Etapa de manipulación			
	Actividad	Principales riesgos	Tipo de riesgo	Medidas preventivas
Proyectos de edificios y viviendas	Transporte de las losas prefabricadas <i>in situ</i>	Heridas por herramientas cortantes	Mecánico	Identificación de centros de salud cercanos, dotación y uso de EPP
		Sobrecarga física-esfuerzo	Ergonómico	Dotación de agua potable
				Permitir pausas de descanso
				Evitar el movimiento de las losas prefabricadas <i>in situ</i> solo o sin ayuda
		Exposición al trabajo en la intemperie	Ambiental	Evitar la aplicación de fuerzas mal apoyado y sin el equipo adecuado
				Disponer de instalaciones que sirvan de refugio
		Polvos	Químico	Suspender trabajos en caso de lluvia o descargas eléctricas
				Humedecer las superficies
		Golpes por maquinaria en movimiento (atropello y atrapamientos)	Mecánico	Uso de protección respiratoria
				Delimitación y acondicionamiento de los caminos, puntos de entrada y salida
Dispositivos de señalización en la maquinaria y área de Trabajo				
Ruido de la maquinaria	Físico	Transporte de materiales con equipos y maquinaria adecuada		
Vibraciones de la maquinaria	Físico	Uso de EPP cuando la exposición supere los 85 db		
			Relevo de operadores del equipo en vibración	

Continuación de la tabla X.

Proyectos de edificios		Caída de piezas durante la movilización en alturas	Mecánico	Tener prevista la zona de suspensión de cargas y radio de acción de la grúa (Acordonar la zona)
------------------------	--	--	----------	---

				Definir y señalar las zonas de izamiento de cargas
				Correcta comunicación entre el operario y ayudante de la grúa
Proyectos de edificios y viviendas	Almacenamiento y curado de las losas prefabricadas <i>in situ</i>	Polvos	Químico	Humedecer las superficies
				Uso de protección respiratoria
		Sobrecarga física-esfuerzo	Ergonómico	Dotación de agua potable
				Permitir pausas de descanso
				Evitar el movimiento de las losas prefabricadas <i>in situ</i> solo o sin ayuda
				Evitar la aplicación de fuerzas mal apoyado y sin el equipo adecuado
		Caída de piezas debido a un mal acomodo	Mecánico	Acomodar correctamente las losas prefabricadas <i>in situ</i> , sin apilar demasiados de estos juntos
				Utilizar polines del mismo tamaño y resistencia
		Exposición al trabajo en la intemperie	Ambiental	Disponer de instalaciones que sirvan de refugio
				Suspender trabajos en caso de lluvia o descargas eléctricas

Fuente: elaboración propia.

2.5.4.3. Etapa de colocación

En la etapa de colocación también se deben tomar medidas preventivas para evitar accidentes, y en la siguiente tabla se muestran medidas que se deben tomar en cuenta.

Tabla XI. **Riesgos y medidas preventivas en la etapa de colocación**

¿A quién aplica?	Etapa de colocación
------------------	---------------------

	Actividades	Principales riesgos	Tipo de riesgo	Medidas preventivas
Proyectos de edificios y viviendas	Armado y encofrado de vigas, parales y tendales	Caída de formaletas y/u otras piezas durante su movilización	Mecánico	Instalación de protección contra la caída de materiales
				Tener prevista la zona de suspensión de cargas y radio de acción de la grúa (Acordonar la zona)
		Golpes debido a las operaciones de montaje de formaletas, parales y tendales	Mecánico	Utilizar elementos que permitan un sencillo encofrado
				Contar con personal capacitado
				Verificar el correcto funcionamiento del equipo utilizado
		Sobreesfuerzo por una postura forzada	Ergonómico	Llevar un correcto control acerca del manejo adecuado de las cargas
				Permitir pausas de descanso
		Cortes por acero o equipo	Mecánico	Instalación de medios de protección en equipo de corte
				Uso de EPP adecuado
		Golpes por caída de material	Mecánico	Delimitar y restringir las áreas de riesgo de caída de material
				Uso de EPP (Casco de seguridad)
		Trabajos en altura	Mecánico	Uso de andamios en buen estado, correctamente instalados, con plataformas de trabajo continuas, provistas de barandillas y arneses
Uso de EPP adecuado (Arneses y líneas de vida)				
Instalación de redes de protección y otros elementos de protección contra caídas				
Las escaleras deben estar correctamente instaladas				
Verificación periódica de las condiciones de los andamios y escaleras				
Exposición al trabajo en la intemperie	Ambiental	Suspender trabajos en caso de lluvia o descargas eléctricas		
Polvos	Químico	Humedecer las superficies		
		Uso de protección respiratoria		

Continuación de la tabla XI.

Proyectos de edificios y viviendas	Transporte y colocación de las losas	Heridas por herramientas cortantes o por una mala	Mecánico	Identificación de centros de salud cercanos, dotación y uso de EPP (casco, guantes, calzado punta de acero y lentes)
------------------------------------	--------------------------------------	---	----------	--

	prefabricadas <i>in situ</i>	colocación de los elementos		
		Sobrecarga física-esfuerzo por movimiento sin equipo de las losas prefabricadas <i>in situ</i>	Ergonómico	Dotación de agua potable Permitir pausas de descanso Evitar el movimiento de las losas prefabricadas <i>in situ</i> solo o sin ayuda Evitar la aplicación de fuerzas mal apoyado y sin el equipo adecuado
		Polvos	Químico	Humedecer las superficies Uso de protección respiratoria
		Golpes por maquinaria en movimiento (atropello y atrapamientos)	Mecánico	Delimitación y acondicionamiento de los caminos, puntos de entrada y salida
				Dispositivos de señalización en la maquinaria y área de Trabajo
				Transporte de materiales con equipos y maquinaria adecuada
		Ruido de la maquinaria	Físico	Uso de EPP cuando la exposición supere los 85 db.
		Vibraciones de la maquinaria	Físico	Relevo de operadores del equipo en vibración
		Cortaduras por equipo de corte	Mecánico	Instalación de medios de protección en equipo de corte
Proyectos de edificios		Caída de piezas durante la movilización en alturas	Mecánico	Uso de EPP adecuado Definir y señalar las zonas de izamiento de cargas Correcta comunicación entre el operario y ayudante de la grúa
Proyectos de edificios y viviendas	Exposición al trabajo en la intemperie			Ambiental

Fuente: elaboración propia.

2.5.4.4. Etapa de fundición final

Para la etapa de la fundición final se deben tomar en cuenta las siguientes medidas preventivas.

Tabla XII. **Riesgos y medidas preventivas en la etapa de fundición final**

¿A quién aplica?	Etapa de fundición final			
	Actividades	Principales riesgos	Tipo de riesgo	Medidas preventivas
Proyectos de edificios y viviendas	Limpieza general del área	Heridas por herramientas cortantes y desechos	Mecánico	Identificación de centros de salud cercanos, dotación y uso de EPP
		Proyección de partículas en los ojos y polvo	Químico	Humedecer las superficies, uso de EPP (lentes y mascarilla)
		Sobrecarga física-esfuerzo	Ergonómico	Dotación de agua potable Permitir pausas de descanso
Proyectos de edificios y viviendas	Colocación de malla electrosoldada y bastones	Caída de piezas de malla electrosoldada o varillas de acero	Mecánico	Instalación de protección contra la caída de materiales
		Golpes debido a las operaciones de montaje de malla electrosoldada	Mecánico	Utilizar elementos que permitan una sencilla instalación
				Contar con personal capacitado Verificar el correcto funcionamiento del equipo utilizado
		Sobreesfuerzo por una postura forzada	Ergonómico	Llevar un correcto control acerca del manejo adecuado de las cargas Permitir pausas de descanso
		Cortes por acero o equipo de corte	Mecánico	Instalación de medios de protección en equipo de corte Uso de EPP adecuado
				Golpes por caída de material

Continuación de la tabla XII.

				Uso de EPP (Casco de seguridad)

		Exposición al trabajo en la intemperie	Ambiental	Suspender trabajos en caso de lluvia o descargas eléctricas
		Polvos	Químico	Humedecer las superficies
				Uso de protección respiratoria
Proyectos de edificios y viviendas	Vaciado de concreto	Golpes con objetivos fijos o en movimiento	Mecánico	Uso de EPP y delimitación y señalización del área de Trabajo
		Tropiezos, torceduras o pinchazos en los pies	Mecánico	Uso de EPP (calzado punta de acero)
				Correcta iluminación
		Sobreesfuerzo por una postura forzada	Ergonómico	Llevar un correcto control del manejo de las cargas de la manguera
				Manipular entre al menos dos personas la manguera durante el vaciado
		Enfermedades en la piel por contacto con concreto	Químico	Tener acceso a duchas y tinas para lavarse en casos de derrames accidentales
				Uso de EPP (guantes y botas)
		Proyección de partículas de concreto	Químico	Uso de gafas de seguridad y de mascarilla
		Vibraciones de la maquinaria	Físico	Relevo de operadores del equipo en vibración
		Ruido de la maquinaria	Físico	Uso de EPP cuando la exposición supere los 85 db
Exposición al trabajo en la intemperie	Ambiental	Suspender trabajos en caso de lluvia o descargas eléctricas		
Golpes por maquinaria en movimiento (atropello y atrapamientos)	Mecánico	Delimitación y acondicionamiento de los caminos, puntos de entrada y salida		
		Dispositivos de señalización en la maquinaria y área de Trabajo		
Trabajos en altura	Mecánico	Uso de andamios en buen estado, correctamente instalados, con plataformas de trabajo continuas y provistas de barandillas y arneses		
		Uso de EPP adecuado		

Continuación de la tabla XII.

				(Arneses y líneas de vida)
--	--	--	--	----------------------------

				Instalación de redes de protección y otros elementos de protección contra caídas Las escaleras deben estar correctamente instaladas Verificación periódica de las condiciones de los andamios y escaleras
Proyectos de edificios y viviendas	Curado de la losa	Exposición al trabajo en la intemperie	Ambiental	Suspender trabajos en caso de lluvia o descargas eléctricas
		Polvos	Químico	Uso de protección respiratoria
Proyectos de edificios y viviendas	Retiro de parales, tendales y formaletas	Caída de formaletas y/u otras piezas durante su movilización	Mecánico	Instalación de protección contra la caída de materiales Tener prevista la zona de suspensión de cargas y radio de acción de la grúa (Acordonar la zona)
		Golpes debido a las operaciones de desmontaje de formaletas, parales y tendales	Mecánico	Contar con personal capacitado Verificar el correcto funcionamiento del equipo utilizado
		Sobreesfuerzo por una postura forzada	Ergonómico	Llevar un correcto control acerca del manejo adecuado de las cargas Permitir pausas de descanso
		Cortes por equipo	Mecánico	Uso de EPP adecuado
		Golpes por caída de material	Mecánico	Delimitar y restringir las áreas de riesgo de caída de material Uso de EPP (Casco de seguridad)

Fuente: elaboración propia.

3. GESTIÓN ADMINISTRATIVA

Se define como gestión administrativa, aquel análisis que se realiza para cumplir los objetivos trazados de un proyecto, empleando de la manera más eficaz y eficiente los recursos disponibles. Están coordinadas todas las actividades que vayan a ser desarrolladas en un proyecto mediante el análisis del recurso humano, material y financiero.

Al hablar de la gestión administrativa del sistema de losas prefabricadas *in situ*, se buscan alcanzar los objetivos, utilizando el mínimo esfuerzo, gasto y tiempo. Se realiza una integración de costos e identificación de ruta crítica, para conocer el costo que implica construir losetas, utilizando este sistema, así como de la manera en que el proceso es óptimo y eficaz.

Con el fin de complementar la información del sistema de losas prefabricadas *in situ*, se añade el análisis de costos y ruta crítica de la construcción de una losa tradicional. Al finalizar se realiza un resumen y comparación, entre ambos sistemas, para identificar de mejor manera las ventajas y desventajas que el sistema de losa prefabricada *in situ* representa.

3.1. Administración de la construcción de una losa utilizando losas prefabricadas *in situ*

En sí la administración es muy antigua, y está relacionada con el hombre desde que éste usó el razonamiento; ya que se buscó la manera de delimitar tareas, tener un líder, tomar decisiones, planear y llevar a cabo acciones encaminadas a lograr algún objetivo tanto social como individual. Más el

reconocimiento como ciencia de la Administración se viene a dar mucho tiempo después, aunque siempre a lo largo de la evolución historia del hombre; desde las culturas primitivas hasta nuestros días observamos que día a día existe la necesidad de planificar, organizar, dirigir y controlar que siempre han estado, pero que han sido enfocadas de maneras distintas a lo largo del tiempo, ya que cada pueblo o sociedad fue aplicándolas según las necesidades y contextos que se presentaban en esos momentos razón por la que han ido evolucionando las formas de administrar y hoy herramientas de desarrollo, innovación, gestión, creatividad, competencias, procesos, estrategias han sido implementadas para mejorar la administración y optimizar los tiempos y recursos para obtener el mejor beneficio de ellos y alcanzar los objetivos.

3.1.1. Dirección

Al repartirse consecutivamente diversas acciones y operaciones en la elaboración de un bien o producto o al ofrecer un servicio, se busca que eso que se repita sea satisfactorio y se cumpla con los tiempos de desarrollo y que cada tarea en la organización es independiente, pero forma parte de la estructura y proceso que conforma a la organización como un todo.

3.1.2. Control

El control es un elemento del proceso administrativo que incluye todas las actividades que se emprenden para garantizar que las operaciones reales coincidan con las operaciones planificadas. Todos los gerentes de una organización tienen la obligación de controlar; Por ejemplo, tienen que realizar evaluaciones de los resultados y tomar las medidas necesarias para minimizar las ineficiencias. De tal manera, el control es un elemento clave en la administración.

3.1.3. Planeación

La planeación establece las bases para determinar el elemento riesgo y minimizarlo. La eficiencia en la ejecución depende en gran parte de una adecuada planeación, y los buenos resultados no se logran por sí mismos: es necesario planearlos con anterioridad.

Para tener una adecuada planeación, se deben establecer los principios y secuencia que fijan el curso de acción que debe seguirse. También se debe considerar la determinación de tiempos y números necesarios para su realización.

Razones por las cuales es importante la planeación:

- Propicia el desarrollo de la empresa al establecer métodos de utilización racional de los recursos.
- Reduce los niveles de incertidumbre que se pueden presentar en el futuro, más no los elimina.
- Prepara a la empresa para hacer frente a las contingencias que se presenten, con las mayores garantías de éxito.
- Mantiene una mentalidad futurista teniendo más visión del porvenir y un afán de lograr y mejorar las cosas.
- Condiciona a la empresa al ambiente que lo rodea.
- Establece un sistema racional para la toma de decisiones, evitando las corazonadas o empirismo.
- Reduce al mínimo los riesgos y aprovecha al máximo las oportunidades.
- Las decisiones se basan en hechos y no en emociones.
- Promueve la eficiencia al eliminar la improvisación.
- Proporciona los elementos para llevar a cabo el control.

- Al establecer un esquema o modelo de trabajo (plan), suministra las bases a través de las cuales operará la empresa.
- Disminuye al mínimo los problemas potenciales y proporciona al administrador magníficos rendimientos de su tiempo y esfuerzo.
- Permite al ejecutivo evaluar alternativas antes de tomar una decisión.

3.1.4. El tiempo y la planeación

La planeación incluye el uso de políticas y procedimientos, puesto que éstos ayudan a efectuar el trabajo que se pretende. Aunque en la planeación interviene en muchas ocasiones la vida afectiva del individuo, es importante mantener en equilibrio los diversos planes de una empresa.

El tiempo es un integrante esencial de un plan. Determinar lo que debe hacerse implica decidir cuándo y dentro de qué límites de tiempo deben efectuarse las actividades. El curso completo de acción puede determinarse por la necesidad de llevar a cabo un trabajo en un plazo definido. Al hablar de tiempo en la planeación, tampoco debemos olvidar que ésta se divide en a corto, mediano y largo plazo.

3.1.5. Procedimientos

Los procedimientos son planes que establecen un método obligatorio para manejar actividades futuras. Son guías para la acción, más que para el pensamiento, y describen la manera exacta en que deben realizarse ciertas actividades. Son secuencias cronológicas de acciones requeridas.

Se describe el procedimiento de la fabricación de losas prefabricadas *in situ*, con la finalidad de optimizar los tiempos de fabricación, en el sub numeral 3.2.1

“Sistema de losas prefabricadas in situ”, tabla No. XIII. “Actividades para la construcción de una losa utilizando losas prefabricadas in situ”, se detallan los tiempos y la ruta crítica:

3.1.5.1. Preparación del sitio de fabricación de losas prefabricadas *in situ*

La preparación consiste en identificar el área, realizar un trazo y nivelación en la misma, luego un corte de capa vegetal y realizar la base que se utilizará para fabricar las losas prefabricadas.

3.1.5.2. Preparación de herramientas, materiales y maquinaria

Antes de iniciar con la fabricación, se deben preparar todas las herramientas, materiales y maquinaria por utilizar. Estas actividades están a cargo del profesional supervisor del proyecto y serán ejecutadas por el personal designado (albañil o ayudante).

3.1.5.3. Preparación de losas prefabricadas *in situ*

Al tener el área lista, se inicia con la fabricación de las losas prefabricadas *in situ*. Esta abarca todo el proceso de encofrado, armado y fundición de cada losa prefabricada. Para esto, se debe tener en cuenta la cantidad de losas prefabricadas que se deben elaborar, además de tener presente las dimensiones de las mismas, las cuales deben ser proporcionadas por el profesional supervisor, además del profesional calculista y la persona encargada de realizar los planos. La tarea será ejecutada por albañiles y ayudantes.

3.1.5.4. Desencofrado de losas prefabricadas *in situ*

Al finalizar el proceso de fabricación, encofrado armado y fundición, se procede a desencontrar las losas prefabricadas *in situ* y a movilizarlas a su área de almacenaje.

3.1.5.5. Movilización de losas prefabricadas *in situ*

Para la movilización se requerirá de la maquinaria adecuada que permita ejecutar esta actividad de una manera correcta. La persona que maneje esta maquinaria debe de tener la suficiente experiencia para realizar esta tarea.

3.1.5.6. Almacenamiento de losas prefabricadas *in situ*

Las losas prefabricadas *in situ* se movilizan del punto del área de fabricación al área de almacenamiento.

3.1.5.7. Curado de losas prefabricadas *in situ*

En el momento de almacenamiento de las losas, los albañiles y ayudantes a cargo las reciben, colocan, curan y protegen de la manera indicada por el profesional supervisor del proyecto.

3.1.5.8. Preparación del sitio de obra

Al tener suficiente cantidad de losas prefabricadas *in situ* en el área de almacenamiento, se procede a preparar el sitio de construcción de losa en la obra, en donde se colocarán las losas prefabricadas *in situ*. La preparación dependerá de las características del área, buscando que esta se encuentre lo

suficientemente libre, limpia, ordenada y apta para empezar a realizar el apuntalamiento y encofrado de las vigas.

3.1.5.9. Apuntalamiento y encofrado de vigas

La preparación del sitio de obra puede ser ejecutada por ayudantes, sin embargo, el apuntalamiento y encofrado de vigas debe ser ejecutado también por albañiles con experiencia en apuntalamiento, bajo la supervisión del profesional residente en la obra. Además, se debe prestar importante atención a los planos que serán proporcionados por el dibujante de proyecto, los cuales fueron diseñados y calculados previamente por los profesionales calculistas.

3.1.5.10. Movilización y colocación de losas prefabricadas *in situ*

Al tener el área lista, correctamente apuntalada y con todas las vigas encofradas, se procede a realizar la movilización de las losas prefabricadas *in situ*, del área de almacenamiento, al área de fundición. Para ello, se utiliza el mismo equipo y se requiere del mismo personal que en la etapa de movilización del área de fabricación al área de almacenamiento.

3.1.5.11. Colocación de malla electrosoldada de refuerzo

Tras haber movilizado todas las losas prefabricadas *in situ* necesarias al área de fundición, estas se deben colocar en su posición final previo a colocar la malla electrosoldada y al vaciado del concreto del *topping*. Para la colocación de cada losa prefabricada *in situ*, es muy importante realizarlo tomando las precauciones necesarias. Lo ideal es que el profesional encargado de seguridad

industrial en el proyecto se encuentre presente para supervisar este proceso, además del profesional residente.

3.1.5.12. Colocación de bastones de refuerzo

Teniendo todas las losas prefabricadas *in situ* correctamente colocadas, se procede a instalar sobre estas, las mallas electrosoldadas y bastones de refuerzo. Estos elementos se deben instalar de tal manera que, al momento de realizar el vaciado de concreto del *topping*, no se muevan de su lugar. Esta actividad es ejecutada por albañiles y ayudantes de la cuadrilla y supervisada por el profesional residente a cargo. Al igual que en las actividades anteriores, se debe prestar importante atención a los planos elaborados por el profesional calculista, ya que estos indican la ubicación de cada malla electrosoldada y bastón.

3.1.5.13. Vaciado del concreto (*topping*)

El vaciado del concreto únicamente se puede ejecutar tras revisar que todas las actividades anteriores fueron realizadas de manera correcta. Tras la revisión, se procede a vaciar el concreto sobre las losas prefabricadas *in situ*, dejando un peralte de 5 cm. Esta actividad debe ser supervisada por el profesional residente encargado y también por la persona encargada del concreto. El vaciado y nivelación del concreto es ejecutado por albañiles y ayudantes.

3.1.5.14. Curado del concreto

Tras finalizada la fundición de la losa, esta se debe curar para evitar agrietamientos o daños en la misma. Para ello, se debe de regar con agua durante 7 días para que el concreto alcance la resistencia requerida. Esto debe ser supervisado por el ingeniero residente a cargo y puede ser ejecutado por ayudantes u otra persona apta para la tarea.

3.1.5.15. Des-apuntalamiento y desencofrado de vigas

Transcurridos los 7 días, se realiza el des-apuntalamiento y desencofrado de vigas. Esta actividad consiste en retirar todos los puntales y tendales que se utilizaron para la construcción de la losa, además de las formaletas utilizadas para el encofrado de las vigas. Se debe tener precaución de retirar los elementos en un orden adecuado, mantenimiento el orden y limpieza en el proyecto. Esta actividad puede ser ejecutada por albañiles y ayudantes.

3.1.5.16. Acabados

Al tener el área despejada, se inician los trabajos de acabados en la losa. En esta etapa se retiran y corrigen imperfecciones que pudieron quedar como resultado, tras la construcción de la losa. El tipo de acabado dependerá del diseño que el arquitecto diseñador haya solicitado para el proyecto, información que se detalla en los planos de acabos. Esta actividad debe ser ejecutada por personal con experiencia en acabados.

3.1.5.17. Instalaciones sanitarias

El último paso previo a la entrega de la losa es realizar las instalaciones sanitarias y eléctricas. Los detalles de estas instalaciones se mostrarán en los planos de instalaciones sanitarias e instalaciones eléctricas.

En el caso de las instalaciones sanitarias, esta actividad debe ser ejecutada por personal con conocimientos en hidráulica, tuberías e instalaciones hidráulicas, supervisados por un profesional con experiencia en este tipo de instalaciones.

3.1.5.18. Instalaciones eléctricas

Para las instalaciones eléctricas, las personas encargadas de ejecutar esta tarea deben tener conocimientos básicos en electricidad e instalaciones eléctricas, supervisados por un profesional de la materia.

3.1.5.19. Entrega de la losa

Finalizando y revisando la calidad y correcta ejecución de cada actividad de este proceso, es posible realizar la entrega de la losa, para que empiece a desempeñar la tarea por la cual fue diseñada y construida.

3.2. Integración de costos

Para la integración de costos, se analizó la construcción de diferentes cantidades de metros cuadrados de losa, iniciando desde 5 000 m² hasta 100 000 m². Esta abarca el costo de los materiales, mano de obra y maquinaria necesaria para la realización de cada losa según su sistema constructivo.

Los presupuestos fueron realizados a manera que ambas losas tuvieran las mismas características y especificaciones de materiales. Se realizó una

cotización del valor de los materiales, el cual ya incluía el Impuesto al Valor Agregado -IVA-, sin embargo, al momento de incluirlo en el renglón se le restó y se agregó al final del presupuesto.

3.2.1. Sistema de losas prefabricadas *in situ*

Para realizar la integración de costos de una losa utilizando el sistema de losas prefabricadas *in situ*, es necesario incluir el proceso de la fabricación de la base y área de Almacenaje, los moldes para las losetas y la elaboración, manipulación, transporte, almacenamiento y colocación de las losas prefabricadas *in situ*. Se debe de realizar una cuantificación de materiales y volúmenes de trabajo, para realizar una integración de costos unitarios y de esa manera obtener el costo total de la losa. Los costos unitarios y la integración de costos de cada actividad correspondiente a la construcción de losas empleando el sistema de losas prefabricadas *in situ* se adjuntan en la sección de apéndices, (apéndice 1 al 6).

3.2.2. Sistema de losa tradicional

Para la integración de costos de una losa tradicional, se utilizó el mismo procedimiento que el empleado en la losa con losas prefabricadas *in situ*, se utilizaron materiales con las mismas propiedades y características.

Al igual que en el caso anterior, se debe realizar una cuantificación de materiales y volúmenes de trabajo para obtener los costos unitarios y finalmente el costo total. En caso del sistema de losa tradicional, el costo unitario obtenido será constante, independientemente del número de metros cuadrados de construcción. Esta integración estándar se presenta en la sección de apéndices,

(apéndice 7), la cual posteriormente fue utilizada para la elaboración de las gráficas presentadas en el capítulo 4.

3.3. Identificación de ruta crítica

La ruta crítica se identificó por medio de un diagrama PERT, en donde se analizaron las actividades para la construcción de una losa modelo de 4,0 m x 4,8 m. Para la construcción de la ruta crítica se deben de identificar las actividades y el tiempo de duración de cada una, e identificar qué actividades son dependientes entre sí. Los resultados se muestran en un diagrama en dónde se indica la ruta crítica.

3.3.1. Sistema de losas prefabricadas *in situ*

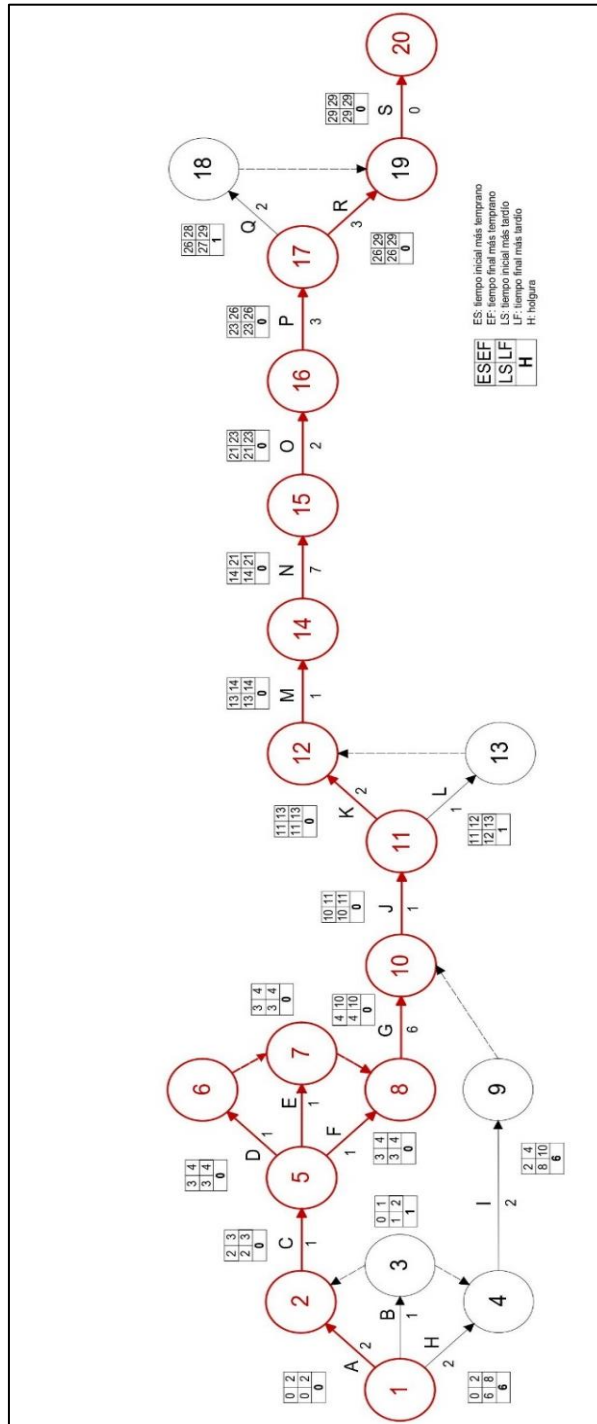
Para la identificación de la ruta crítica de la construcción de una losa utilizando losas prefabricadas *in situ*, se debe de considerar todo el proceso constructivo que implican estas losas. Esta toma en cuenta todo el procedimiento de elaboración de losas prefabricadas *in situ*, su colocación, la construcción de la losa, el tiempo de curado, instalaciones, acabados, hasta finalizar con la entrega de la losa terminada.

Tabla XIII. **Actividades para la construcción de una losa utilizando losas prefabricadas *in situ***

Código	Actividad	Precedencias	Duración (Días)
A	Preparación del sitio de fabricación de losas prefabricadas <i>in situ</i>	-	2
B	Preparación de herramientas, materiales y maquinaria	-	1
C	Fabricación de losas prefabricadas <i>in situ</i>	A,B	1
D	Desencofrado de losas prefabricadas <i>in situ</i>	C	1
E	Movilización de losas prefabricadas <i>in situ</i>	C	1
F	Almacenamiento de losas prefabricadas <i>in situ</i>	C	1
G	Curado de losas prefabricadas <i>in situ</i>	D,E,F	6
H	Preparación del sitio de obra	-	2
I	Apuntalamiento y encofrado de vigas	B,H	2
J	Movilización y colocación de losas prefabricadas <i>in situ</i>	G,I	1
K	Colocación de malla electrosoldada de refuerzo	J	2
L	Colocación de bastones de refuerzo	J	1
M	Vaciado del concreto (<i>topping</i>)	K,L	1
N	Curado del concreto	M	7
O	Des-apuntalamiento y desencofrado de vigas	N	2
P	Acabados	O	3
Q	Instalaciones sanitarias	P	2
R	Instalaciones eléctricas	P	3
S	Entrega de la losa	Q,R	0

Fuente: elaboración propia

Figura 34. Ruta crítica de losa prefabricada *in situ*



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD 2020.

3.3.2. Sistema de losa tradicional

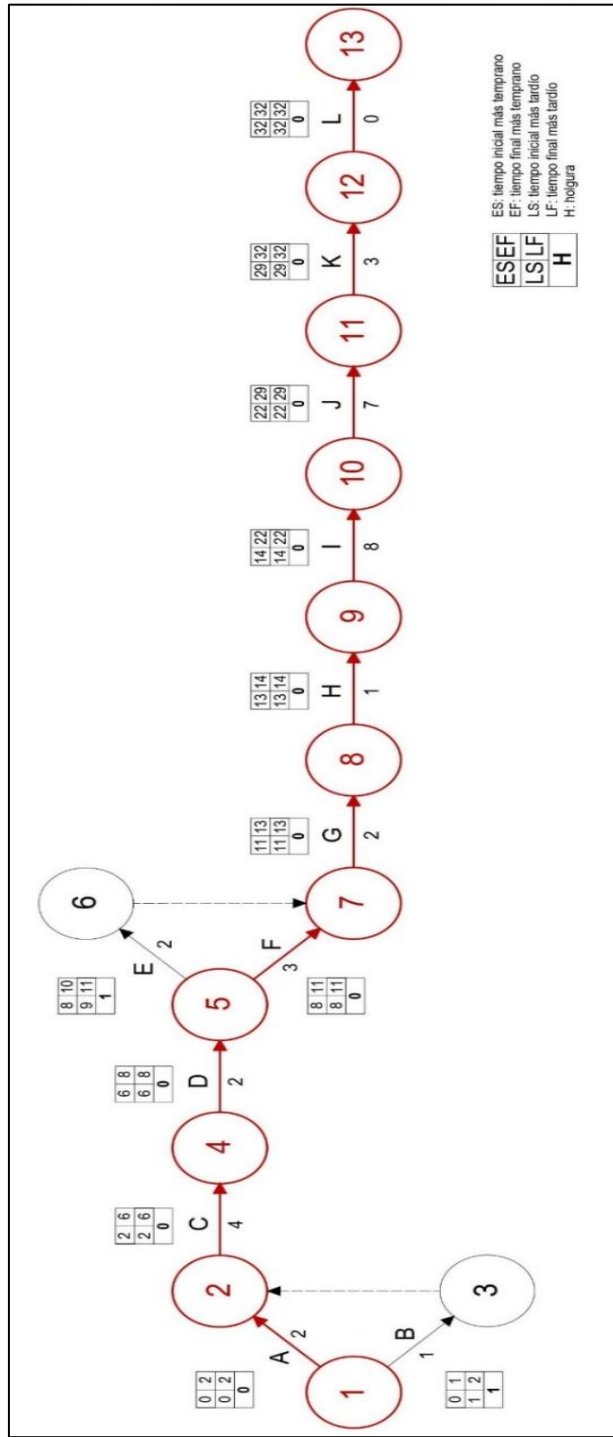
Para la identificación de la ruta crítica de la construcción de una losa tradicional, se considera el procedimiento de preparación del área, armado del acero, fundición del concreto, tiempo de fraguado, curado, instalaciones, acabados y la entrega de la losa terminada.

Tabla XIV. **Actividades para la construcción de una losa utilizando el sistema tradicional**

Código	Actividad	Precedencias	Duración (Días)
A	Preparación del sitio de obra	-	2
B	Preparación de herramientas, materiales y maquinaria	-	1
C	Apuntalamiento y encofrado	A,B	4
D	Colocación del acero de refuerzo inferior	C	2
E	Instalaciones sanitarias	D	2
F	Instalaciones eléctricas	D	3
G	Colocación del acero de refuerzo superior	E,F	2
H	Vaciado del concreto	G	1
I	Curado del concreto	H	8
J	Des-apuntalamiento y desencofrado	I	7
K	Acabados	J	3
L	Entrega de la losa	K	0

Fuente: elaboración propia

Figura 35. Ruta crítica de losa tradicional



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2020.

3.3.3. Resumen y comparativa

Para la realización del análisis comparativo, se utilizaron los criterios que se mencionan a continuación. Estos permiten determinar el costo total requerido para la construcción de losas de iguales características, pero utilizando distintos sistemas constructivos (losa tradicional y losa con losas prefabricadas *in situ*), a manera de realizar un análisis en donde se relacionen la cantidad de metros cuadrados de construcción, el sistema constructivo empleado y el costo total del proyecto.

- Criterios para el diseño de losa con losas prefabricadas *in situ*
 - Concreto premezclado de $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ y agregado grueso 3/8"
 - Varillas de acero No. 4 (1/2") grado 60 (bastones)
 - malla electrosoldada 6"x6" - 6/6 (Losetas y *topping*)
 - Espesor total de losa: 10 cm
 - Dimensiones losetas: 4,00 x 0,6 x 0,05 m
 - Espesor de *topping*: 5 cm
 - Dimensiones molde metálico losetas: 4,20 x 0,8 x 1,75 m
 - Cantidad de losetas producidas en el molde: 70
 - Número de moldes utilizados: dependiendo de la cantidad de m^2
 - Tendales de madera a cada metro de distancia
 - Parales de acero a cada 0,80 m de distancia
 - La madera para tendales tiene una vida útil de 6 usos
 - Costo del molde metálico losetas: Q 200 000,00
 - Vida útil del molde metálico: 500 usos
 - Mantenimiento requerido al molde metálico cada 70 usos

Tabla XV. **Actividades de fabricación de losas prefabricadas *in situ***

Día	Actividad
Lunes	Formaleta, armado y fundición
Martes	Desencofrado
Miércoles	Transporte y almacenaje
Jueves	Formaleta, armado y fundición
Viernes	Desencofrado
Sábado	Transporte y almacenaje

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVI. **Descripción de las actividades correspondientes al proceso constructivo utilizando losas prefabricadas *in situ***

Actividad	Descripción
Fabricación de base y área de Almacenaje	Consiste en la preparación y construcción de un área apta para elaborar las losas prefabricadas <i>in situ</i> . Para ello se debe iniciar con un trazo y nivelación y corte de capa vegetal. La base consistirá en una fundición de 15cm de concreto y en el área de Almacenamiento un relleno de pedrín de 1/2".
Fabricación de losas prefabricadas <i>in situ</i>	Consiste en la elaboración de las losas prefabricadas <i>in situ</i> . En esta actividad se incluye la preparación del molde metálico, la colocación de la malla electrosoldada y la fundición de los elementos.
Transporte y almacenaje de losas prefabricadas <i>in situ</i>	Consiste en el transporte de las losetas ya fundidas al área de Almacenaje para su curado.
Colocación de losas prefabricadas <i>in situ</i> y fundición final	Consiste en la colocación de las losetas en su respectivo lugar para la fundición, la colocación de la malla electrosoldada, bastones y la fundición del <i>topping</i> .
Transporte de planta a obra de losas prefabricadas <i>in situ</i>	Consiste en el transporte del área de Almacenaje al punto de colocación de las losas prefabricadas <i>in situ</i> .

Fuente: elaboración propia.

- Criterios para el diseño de una losa tradicional
 - Concreto premezclado de $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ y agregado grueso 3/8"
 - Varillas de acero No. 3 (3/8") grado 60
 - Espesor de losa: 10 cm
 - Parales de acero a cada metro de distancia
 - Tendales de madera a cada metro de distancia
 - La madera para tendales tiene una vida útil de 6 usos

Tabla XVII. **Criterios del análisis comparativo entre ambos sistemas**

Criterios	Tipo de losa	
	Losas prefabricadas <i>in situ</i>	Losa Tradicional
Materiales	Se estiman materiales para la base y área de Almacenaje, fabricación, almacenamiento, colocación y fundición final.	Se estiman materiales para la preparación y fundición.
Mano de obra	Se estima mano de obra para la base y área de Almacenaje, fabricación, transporte y almacenamiento, colocación, fundición final y transporte de planta a obra.	Se estima mano de obra para la preparación, fundición y curado.
Maquinaria y equipo	Se estima maquinaria y equipo para la fabricación de la base y área de Almacenaje, fabricación, transporte y colocación de los elementos.	Se estima como maquinaria y equipo únicamente puntales de acero para la fundición de la losa.
Madera	Se estima madera para la etapa de fabricación de base y área de Almacenaje y de colocación y fundición.	Se estima madera para formaleta de losa.
Molde	Se estima molde metálico con capacidad de 70 planchas. La cantidad de moldes dependerá directamente de la cantidad de metros cuadrados de losa por fundir.	No se estima molde metálico.
Mantenimiento	Se estima que la vida útil del molde metálico es de 500 usos. Su servicio debe realizarse cada 70 usos.	No se estima mantenimiento para molde metálico.
Tiempo	29 días	32 días

Fuente: elaboración propia.

Al momento de analizar los costos de construcción, por metro cuadrado de losa y comparando ambos sistemas constructivos, se puede observar un comportamiento en donde al inicio y con una pequeña cantidad de metros cuadrados, debido a los altos costos iniciales de los moldes metálicos, maquinaria, mano de obra y materiales, el sistema de losas prefabricadas *in situ* resulta ser más costoso que el sistema de losa tradicional. Pero, mientras la cantidad de metros cuadrados de losa por construir se incrementa, los costos utilizando el sistema de losas prefabricadas *in situ* disminuyen hasta llegar a un punto en donde este sistema se vuelve más económico en comparación con el de losa tradicional.

Tabla XVIII. **Costos del sistema de losas prefabricadas *in situ***

M²	Costo por m²	Costo total
5 000	Q 640,36	Q 3 201,800,00
10 000	Q 617,96	Q 6 179,600,00
30 000	Q 541,40	Q 16 242,000,00
50 000	Q 514,98	Q 25 749,000,00
80 000	Q 499,67	Q 39 973,600,00
100 000	Q 493,03	Q 49 303,000,00

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIX. **Costos del sistema de losa tradicional**

M²	Costo por m²	Costo total
5 000	Q 517,28	Q 2 586,400,00
10 000	Q 517,28	Q 5 172,800,00
30 000	Q 517,28	Q 15 518,400,00
50 000	Q 517,28	Q 25 864,000,00
80 000	Q 517,28	Q 41 382,400,00
100 000	Q 517,28	Q 51 728,000,00

Fuente: elaboración propia.

Tabla XX. **Comparación de costos entre el sistema de losas prefabricadas *in situ* y el de losa tradicional**

M ²	Costo por M ²	
	Losas prefabricadas <i>in situ</i>	Losa tradicional
5 000	Q 640,36	Q 517,28
10 000	Q 617,96	Q 517,28
30 000	Q 541,40	Q 517,28
50 000	Q 514,98	Q 517,28
80 000	Q 499,67	Q 517,28
100 000	Q 493,03	Q 517,28

Fuente: elaboración propia.

Se observa que, a partir de los 50 000 metros cuadrados de losa por construir, el costo resulta menor utilizando el sistema de losas prefabricadas *in situ*; este es el punto de inflexión y a partir del cual se considera viable utilizar el sistema de losetas. Deben ser empleadas las losetas únicamente en proyectos con esa cantidad o mayor de metros cuadrados para que sea económicamente rentable. En las tablas XVIII y XIX se demuestra el ahorro que permite utilizar este sistema al momento en que la cantidad de metros cuadrados del proyecto sea la suficiente.

Tabla XXI. **Porcentaje de diferencia económica entre ambos sistemas constructivos de losa**

M2	Porcentaje en diferencia
5 000	19,22 %
10 000	16,29 %
30 000	4,46 %
50 000	0,45 %
80 000	3,52 %
100 000	4,92 %

Fuente: elaboración propia.

Se observa que, mientras mayor sea la cantidad de metros cuadrados de losa, mayor será la diferencia económica entre ambos sistemas. Estos resultados son variables con base a las condiciones y circunstancias de cada proyecto, debido a esto los costos y los márgenes de utilidad pueden variar, pero siempre siguiendo la misma tendencia.

Figura 36. **Comparación de costos entre ambos sistemas**



Fuente: elaboración propia.

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

El análisis de resultados, se basa en determinar principalmente las ventajas y desventajas que presenta el sistema de losas prefabricadas *in situ*, en relación con todos los factores presentes en el diseño, construcción de una losa y con base a ellos, determinar en qué tipos de proyectos es aplicable y rentable aplicar las losetas.

4.1. Comparación de ventajas y desventajas

El conocer y comparar las ventajas y desventajas de un sistema constructivo permite analizar de manera crítica, en qué manera y debido a qué razones se debería elegir dicho sistema para un proyecto. Los criterios para la definición de las ventajas y desventajas de cada sistema se basan en el análisis realizado que abarca los factores económicos, constructivos, de factor humano, de factor tiempo, de trabajabilidad, entre otros.

4.1.1. Factor tiempo

El análisis del factor tiempo, se basa en minimizar y optimizar recursos al momento de reducir el número de días de construcción de una losa. Este, depende principalmente del tipo de losa a construir y de la disponibilidad de recursos y personal para el correcto desarrollo de la losa. Previo a iniciar cualquier proyecto, es necesario realizar una planificación en donde se plantee el número total de días que tomará el diseño, construcción y entrega de la losa. La falta de esta planificación o el incumplimiento de la losa provocará un aumento en el tiempo de ejecución, y el proceso será lento y más costoso.

Figura 37. Comparativa de tiempo de ejecución



Fuente: elaboración propia.

En la figura 37, se observa una comparación de los tiempos de ejecución de una losa tradicional y una construida con losas prefabricadas *in situ*. Esta fue realizada utilizando como referencia la ruta crítica de ambas losas. Esta gráfica demuestra que, es la losa con losas prefabricadas *in situ* la que presenta un menor tiempo de ejecución.

4.1.2. Factor económico

El conocer el costo total de un proyecto, es uno de los factores más importantes al momento de toma de decisiones, porque está directamente relacionado con la viabilidad del proyecto. Al conocer el costo total de distintas opciones de métodos constructivos para una misma obra, es posible determinar la opción más económicamente rentable y de esa manera realizar un proyecto óptimo, económico y seguro.

El costo de una obra debe de estar identificado en la planificación de la obra y deberá, mes a mes, irse verificado el cumplimiento del costo, al pagar los gastos necesarios durante el proceso constructivo. Si no se lleva este control, es posible que el proyecto se vea perjudicado, pueden existir gastos inesperados originados por una mala administración del dinero, aumentando así el costo del proyecto.

Figura 38. **Comparativa de costos totales utilizando ambos sistemas constructivos**



Fuente: elaboración propia.

La figura 38 demuestra la comparación de los costos totales entre ambos sistemas de losa. Se observa que, a medida en que la cantidad de metros cuadrados de losa por construir aumenta, el costo utilizando el sistema con losas prefabricadas *in situ* disminuye en comparación al de la losa tradicional.

Figura 39. **Comparativa de costos por metro cuadrado de construcción**



Fuente: elaboración propia.

En la figura 39 se observa que el costo por metro cuadrado de construcción es más económico empleando el sistema de losa tradicional únicamente antes de los 50 000 metros cuadrados de losa, después de este límite a partir del cual se debe utilizar el sistema con losas prefabricadas *in situ* dando como resultado una economía rentable.

Al analizar los costos de materiales en ambos sistemas constructivos se determina que, al emplear el sistema de losas prefabricadas *in situ*, se requiere de mayor cantidad de costos, porque este sistema implica mayor cantidad de actividades y procesos. Con todo, la cantidad de materiales netamente correspondientes a la losa (concreto y acero), resulta ser casi la misma, por ser el volumen del concreto el mismo y el armado resulta muy similar.

4.1.3. Factor de diseño

El factor de diseño hace referencia a, determinar las ventajas y desventajas que un sistema constructivo presenta al analizar su funcionalidad y diseño estructural. Para determinar qué tipo de sistema constructivo es preferible utilizar con base al factor estructural, es necesario tener conocimiento de la manera en que estos se diseñan.

En el caso de la losa tradicional se debe realizar un diseño para determinar las dimensiones, acero de refuerzo y momentos que soporta la losa.

En el caso de elaborar una losa utilizando losas prefabricadas *in situ*, es necesario primero diseñar las losetas y posterior, diseñar el *topping* que se colocará, para finalmente analizar la manera en que trabajan como un solo elemento.

Un correcto diseño estructural, permitirá optimizar el proyecto y asegurar su funcionalidad. Por lo tanto, el conocer la manera en que las distintas losas son diseñadas y construidas, permitirá tomar decisiones que permitan obtener los resultados esperados.

4.1.4. Factor humano

El factor humano, hace referencia a la cantidad de personal necesario y la cantidad de trabajo que implica la construcción de una losa. El determinar la cantidad de personal necesario es un trabajo de quien administre el proyecto y se determinará de acuerdo con criterios técnicos que satisfagan los requerimientos del proceso constructivo. Se deben de conocer todas las

actividades implicadas en la construcción de una losa, permitirá tener concepto del costo, tiempo y necesidades de la obra.

Al igual que sucede con los materiales, debido a que el sistema que utiliza losas prefabricadas *in situ*, representa mayor cantidad de actividades y procesos, la cantidad de mano de obra es mayor que al construir losas de manera tradicional. Por ende, el costo que representa la mayor cantidad de mano de obra, se disminuye al aumentar la producción de losas prefabricadas *in situ* y la cantidad de metros cuadrados de losas por construir.

Para la fabricación, transporte y almacenaje de las losas prefabricadas *in situ*, se debe considerar como mínimo una cuadrilla de 1 albañil y 4 ayudantes. Para las otras tareas del proceso constructivo, la cantidad de personal necesario es equivalente al necesario para la construcción de una losa tradicional.

Se puede concluir, que una correcta planificación, en dónde se seleccione el sistema constructivo idóneo y una adecuada programación, dirección, ejecución y control de las actividades, permitirá minimizar los recursos financieros, humanos, de materiales y tiempo de una obra.

4.1.5. Ventajas

Para describir las ventajas del uso de la losa *in situ* se realizó una tabla, que muestra las ventajas de las losas.

Tabla XXII. **Comparación de ventajas entre ambos sistemas constructivos de losa**

Losa prefabricada <i>in situ</i>	Losa tradicional
<p>No es necesaria una formaleta al momento de fundir la losa. Utiliza únicamente parales y tendales.</p> <p>Su costo de construcción es menor que el de una losa tradicional cuando la cantidad de metros cuadrados de construcción de losa es grande, mayor a 50 000.</p> <p>Presenta un tiempo de ejecución más corto.</p> <p>Permite un mayor control de calidad en los distintos procesos.</p> <p>Se pueden aprovechar tiempos muertos en la obra, para producir las losas prefabricadas <i>in situ</i>.</p> <p>No se depende de una empresa externa a la obra para la entrega de las losas prefabricadas <i>in situ</i>.</p> <p>Las losas prefabricadas <i>in situ</i> pueden ser diseñadas y modificadas con base a las necesidades y requerimientos del proyecto.</p> <p>Su tiempo para desapuntalar es menor.</p> <p>Genera una menor cantidad de residuos en obra.</p> <p>Las losas prefabricadas <i>in situ</i> pueden ser diseñadas para cumplir rangos de carga viva desde 75 hasta 1000 kg/m² con base a la Norma de Seguridad Estructural para Guatemala (NSE), 2 en su edición 2018.</p>	<p>Su costo de construcción es menor que el de las losas prefabricadas <i>in situ</i>, cuando la cantidad de metros cuadrados de construcción de losa es pequeña, menor a 50 000.</p> <p>Mayor sencillez de construcción debido a que su proceso constructivo es lineal y con menos actividades.</p> <p>Requiere de menos mano de obra.</p> <p>Permite flexibilidad de dimensiones y formas.</p> <p>No requiere de maquinaria especial para su construcción.</p> <p>Representa un menor riesgo ante accidentes en la seguridad industrial.</p> <p>No presenta pérdidas por elementos defectuosos.</p> <p>No es necesario ocupar un área especial para su construcción.</p> <p>Requiere de menor detalle en planos.</p> <p>La planificación requerida es menor.</p>

Fuente: elaboración propia.

4.1.6. Desventajas

En la tabla XXIII, se describen las desventajas entre los sistemas de construcción de losa prefabricada *in situ* y losa tradicional.

Tabla XXIII. **Comparación de desventajas entre ambos sistemas constructivos de losa**

Losa prefabricada <i>in situ</i>	Losa tradicional
<p>Su costo de construcción es mayor que el de una losa tradicional cuando la cantidad de metros cuadrados de construcción de losa es pequeña, menor a 50 000.</p> <p>Representa un proceso constructivo no lineal y con una mayor cantidad de actividades por lo que su construcción es más compleja.</p> <p>Requiere de más mano de obra.</p> <p>Requiere de maquinaria especial para su construcción.</p> <p>La planificación requerida es mayor.</p> <p>Representa un mayor riesgo ante accidentes en la seguridad industrial.</p> <p>Requiere de un área especial en donde elaborar las losas prefabricadas <i>in situ</i> y espacio para maniobras en la obra.</p> <p>Existe un factor de pérdida por elementos defectuosos o dañados, ya que estos son elementos frágiles.</p> <p>No permite flexibilidad de formas.</p> <p>Requiere de mayor detalle de planos.</p>	<p>Requiere de mayor cantidad de madera para ser utilizada como formaleta, parales y tendales.</p> <p>Su costo de construcción es mayor que el de las losas prefabricadas <i>in situ</i>, cuando la cantidad de metros cuadrados de construcción de losa es grande, mayor a 50 000.</p> <p>Presenta un tiempo de ejecución más largo.</p> <p>Requiere de un mayor tiempo para desapuntalar y desencofrar.</p> <p>Genera una mayor cantidad de residuos en obra.</p>

Fuente: elaboración propia.

4.2. Tipos de proyectos para los cuales se recomienda utilizar el sistema de losas prefabricadas *in situ*

Tras identificar las ventajas y desventajas que presenta el sistema de losas prefabricadas *in situ*, es posible determinar en qué tipo de proyectos es recomendable aplicarlo. Los criterios para aplicar este sistema, dependerán directamente de los objetivos que se deseen alcanzar en el proyecto y de los criterios técnicos profesionales de los ingenieros o arquitectos de la obra. En seguida, se presentan escenarios en donde se considera, es recomendable utilizar este sistema.

- Proyectos de edificaciones grandes, en donde se requiera una alta producción de losas prefabricadas *in situ*, debido a la alta cantidad de losas por construir. Idealmente, estos deben superar los 50 000 metros cuadrados de losa por construir; este dato es variable según las condiciones de cada proyecto.
- Proyectos de edificaciones que cuenten con suficiente área para elaborar, almacenar y transportar las losas prefabricadas *in situ*.
- Proyectos de edificaciones que, preferiblemente cuenten con maquinaria especial (grúas, camiones, mini-cargadores, montacargas, entre otros) para reducir el costo de alquilar esta maquinaria únicamente para las losas prefabricadas *in situ*.
- Proyectos de edificaciones con suficiente personal para satisfacer todas las etapas de elaboración, curado, almacenaje, transporte, colocación y mantenimiento de las losas prefabricadas *in situ*, sin que esto atrase las otras tareas de la obra. Se deben poder aprovechar los tiempos muertos.

- Proyectos de edificaciones, en donde se tenga disponibilidad de asumir altos costos iniciales, debido al costo del molde metálico para las losas prefabricadas *in situ*.
- Proyectos de edificaciones que cuenten con un programa de seguridad industrial y, personal capacitado para realizar las distintas tareas con las losas prefabricadas *in situ*.
- Proyectos de edificaciones en donde no se tenga acceso o disponibilidad a una gran cantidad de madera para formaleta. Este sistema permite reducir considerablemente la cantidad de madera a utilizar en el proyecto.
- Proyectos de edificaciones, en donde sea necesario manejar un tiempo de des-apuntalamiento más corto y se desee entregar la obra en un periodo de tiempo más corto.
- Proyectos de edificaciones en donde se desee no depender de empresas externas para la entrega de losas prefabricadas *in situ*, como el caso de una losa de vigueta y bovedilla y que se desee monitorear el control de calidad de una manera más rigurosa.
- Proyectos de edificaciones, donde se cuente con personal capacitado para realizar una correcta planificación, programación, dirección, ejecución y control de actividades para minimizar los recursos financieros, humanos, de materiales y de tiempo.

- Proyectos de vivienda en serie, asumiendo una vivienda estándar de dos niveles con 75 m² de losa por nivel, que supere la cantidad de 335 viviendas, para que sea económicamente viable.

Este sistema puede sustituir a una losa tradicional o de vigueta y bovedilla en cualquier tipo de edificación. Puede ser utilizado para la construcción de edificios de oficinas, apartamentos, centros comerciales, viviendas en serie, hospitales, entre otros, pero se recomienda tomar en cuenta las recomendaciones presentadas para que sea económicamente viable. No se recomienda aplicar en construcciones pequeñas, como viviendas individuales, no es rentable.

CONCLUSIONES

1. El sistema de losas prefabricadas *in situ*, se presenta como una alternativa de sistemas constructivos de losas, que permite ser más económico que el sistema de losas tradicionales, al utilizarse en proyectos con una alta demanda de metros cuadrados de losa por construir, que da tiempos de ejecución menores y presenta la misma calidad estructural que otros sistemas constructivos.
2. Para la correcta implementación del sistema de losas prefabricadas *in situ*, es necesario conocer los materiales, equipos, procedimientos y cuidados en las etapas de elaboración, manipulación y colocación de las losas prefabricadas *in situ* y en la fundición final de la losa. Este sistema presenta un procedimiento de construcción no lineal, demostrado en el diagrama de PERT y ruta crítica, por lo que distintas tareas del proceso constructivo pueden ser desarrolladas en simultáneo.
3. Luego de realizar el análisis de costos del sistema de losas prefabricadas *in situ*, se observa que, en tema de materiales, este sistema representa un costo casi equivalente al de los materiales de una losa tradicional. Se observa también que, en tema de mano de obra, el sistema de losas prefabricadas *in situ*, representa un costo mayor que el de una losa tradicional, porque cuenta con mayor cantidad de actividades en el proceso constructivo. Los costos iniciales del sistema de losas prefabricadas *in situ*, se elevan en comparación con el de una losa tradicional, debido, principalmente, al costo de la maquinaria a utilizar para movilizar las losas prefabricadas *in situ*, el costo del molde metálico y su

mantenimiento, pero, se determinó que, a partir de aproximadamente 50 000 metros cuadrados de construcción de losa, el sistema de losas prefabricadas *in situ*, es más económico de utilizar que el de losas tradicionales. Al analizar las rutas críticas de ambos sistemas, se demuestra que el sistema de losas prefabricadas *in situ*, permite tener un tiempo de ejecución menor que una losa tradicional, permitiendo así la culminación más rápida de un proyecto.

4. Dentro de las principales ventajas identificadas, del sistema de losas prefabricadas *in situ*, se encuentran que este permite un ahorro en formaleta de madera a la hora de una fundición, permite tener tiempos de ejecución menores en la obra, se pueden aprovechar los tiempos muertos para elaborar las losas prefabricadas *in situ*, y se tiene completa independencia a empresas externas proveedoras de productos prefabricados, y las losas prefabricadas *in situ*, pueden ser diseñadas y adaptadas a las necesidades de cada proyecto. Sin embargo, la principal ventaja observada en este sistema, es que permite reducir los costos de un proyecto, cuando la cantidad de metros cuadrados de losa por construir supera los 50 000 m².

5. El sistema de losas prefabricadas *in situ*, puede ser utilizado para sustituir una losa tradicional o de vigueta y bovedilla en cualquier tipo de edificación, sin embargo, su elección sobre otro sistema constructivo dependerá de los objetivos de cada proyecto. Se recomienda aplicar este sistema en proyectos donde se requiera una alta producción de losas prefabricadas *in situ*, debido a la alta demanda de losas por construir, además de proyectos en donde se tenga el área suficiente para trabajar las losas prefabricadas *in situ*, que ya se cuente con maquinaria especial

para la movilización de las losetas, con suficiente personal y, en proyectos cuyo tiempo de ejecución se desee reducir lo máximo posible.

RECOMENDACIONES

1. Dar mantenimiento periódico a los moldes metálicas para reparar o cambiar las piezas dañadas. Se sugiere darles mantenimiento a cada 70 usos como mínimo. No utilizar un agregado grueso de diámetro muy grande para elaborar las losas prefabricadas *in situ*, ya que, debido a las dimensiones de las losetas, un agregado grueso muy grande, puede obstruir el paso del concreto y crear huecos dentro del elemento. Se sugiere trabajar con un agregado grueso de 3/8" como máximo. Si las dimensiones de las losas prefabricadas *in situ*, son muy grandes, no elaborar estas con un peralte menor a 5 cm, puesto que, si el peralte es menor, estas pueden sufrir deformaciones. De igual manera, no trabajar losas prefabricadas *in situ*, de peralte muy grande, esto complicaría su movilización, almacenamiento y manejabilidad.
2. Diseñar las losas prefabricadas *in situ*, realizando todos los cálculos estructurales necesarios, en función de los requerimientos y características del proyecto. Las dimensiones de las losetas pueden ser variables. Previo a iniciar cualquier proyecto, utilizando la construcción de losas, se fabrica un lote de losas prefabricadas *in situ*, para siempre tener disponibles losetas al momento en que estas sean necesarias. En caso de no tener el área suficiente para elaborar y almacenar las losetas, buscar un terreno aledaño al proyecto para ello.
3. Utilizar polines para almacenar las losas prefabricadas *in situ*. Apilar máximo 5 losetas, horizontal o vertical, para evitar deformaciones o rupturas en las mismas. Todo el personal que trabaje utilizando este

sistema de construcción de losas debe de utilizar el equipo de protección personal adecuado para cada etapa del proceso constructivo.

4. Considerar todos los criterios, características, ventajas y desventajas, de cada tipo de losa, previo a identificar cual es la ideal para el proyecto. Realizar este análisis con las características y requerimientos del proyecto a ejecutar. Al momento de planificar una obra, se deben identificar los tiempos muertos dentro de la obra y aprovecharlos para elaborar las losas prefabricadas *in situ*.
5. Evitar utilizar aquellas losas prefabricadas *in situ*, que fueron dañadas en el proceso constructivo o, que se encuentran en mal estado, para garantizar la seguridad estructural del proyecto. Seleccionar este sistema constructivo, únicamente en proyectos en dónde se producirá el equivalente de losas prefabricadas *in situ*, que la vida útil del molde metálico permite.

BIBLIOGRAFÍA

1. AGIES. *NSE 2. Demandas estructurales y condiciones de sitio*. Guatemala: Asociación Guatemalteca de Ingenieros Estructurales. 2018. 117 p.
2. American Concrete Institute. *Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural (ACI 318-19)*. 587 p.
3. Arcoperfiles. *Losa-cero*. [en línea]. <<https://acortar.link/1jjj56>>. [Consulta: 27 de junio de 2020].
4. ARELLANO MÉNDEZ, Eduardo. *Diseño sísmico de la conexión columna-losa postensada aligerada*. Trabajo de graduación de Doctorado en Ingeniería Estructural. División de Ciencias Básicas e Ingeniería. Posgrado en Ingeniería Estructural. Universidad Autónoma Metropolitana. Unidad Azcapotzalco. 2013. 511 p.
5. Arquetipo. *Diseño industrial en Concepción Chile*. [en línea]. <<https://www.pinterest.com/rosiuriol99/>>. [Consulta: 15 de diciembre de 2020].
6. CARRILLO GUTIÉRREZ, Luis Francisco. *Guía práctica del Laboratorio de Concreto Armado 2*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería. Universidad de San Carlos de Guatemala. 2009. 147 p.

7. CHINCHILLA LEIVA, Jorge Humberto. *Análisis beneficio/costo entre sistemas de losas de madera, acero, prefabricadas y losas tradicionales*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería. Universidad de San Carlos de Guatemala. 2013. 105 p.
8. ConstruArq. *Losas macizas*. [en línea]. <http://construcarqui.blogspot.com/2015/12/losas-macizas_5.html>. [Consulta: 21 de junio de 2020].
9. GARCÍA, William. *Método práctico de dibujo e interpretación de planos*. Guatemala: Expresión gráfica, 2018. 134 p.
10. GRACÍA TREJO, Fabiola; OLVERA LÓPEZ, Karina; MARTÍNEZ MARTÍN, Raúl Manelic. *Sistema Internacional y Sistema Inglés de Medidas*. [en línea]. <<http://simysi.blogspot.com/p/sistema-internacional-y-sistema-ingles.html>>. [Consulta: 07 de enero de 2022].
11. Habitissimo. *Colocación de la losa acero*. [en línea]. <https://fotos.habitissimo.com.mx/foto/colocacion-de-losa-acero_742844>. [Consulta: 20 de febrero de 2022].
12. IMP Management & Consultancy. *Losa de fundación*. [en línea]. <<http://casascomunalesgecosasa.blogspot.com/2014/06/vigas-principales.html>>. [Consulta: 21 de junio de 2020].
13. Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. *Informe Ambiental del Estado de Guatemala GEO Guatemala 2016*. Guatemala: MARN. 2017. 272 p.

14. MONOLIT. *Malla Electrosoldada*. [en línea]. <<http://grupomonolit.com/productos/acero-monolit/malla-electrosoldada/>>. [Consulta: 14 de julio de 2020].
15. NANOPDF.COM. *Diseño de losas de hormigón armado*. [en línea]. <https://nanopdf.com/download/diseo-de-losas-de-hormigon-armado_pdf>. [Consulta: 21 de junio de 2020].
16. PERDOMO CORDÓN, Danilo Antonio. *Guía teórica y práctica del curso concreto armado 1*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería. Universidad de San Carlos de Guatemala. 1987. 208 p.
17. SALAZAR, Anel. *Tipos de losas de concreto*. [en línea]. <<https://blog.laminasyaceros.com/blog/tipos-de-losas-de-concreto>>. [Consulta: 20 de febrero de 2022].
18. Steel Mart. *Electromalla*. [en línea]. <<https://steelmartusa.com/web2017/?page=productstable&category=1190&fam=1192>>. [Consulta: 07 de enero de 2022].
19. Técnica en la construcción. *Sistemas Constructivos Tradicionales*. [en línea]. <<https://acortar.link/1jjj56>>. [Consulta: 25 de junio de 2020].

APÉNDICES

Apéndice 1. Integración de costos de 5 000 m² de construcción utilizando el sistema de losas prefabricadas *in situ*

Datos generales 5 000 m²

Total de m ²	5 000,00
Total de m ² por plancha	2,40
Cantidad de planchas necesarias	2 083

Procedimiento 5 000 m²

Lunes	Formaleta, armado y fundición
Martes	Desencofrado
Miércoles	Transporte y almacenaje
Jueves	Formaleta, armado y fundición
Viernes	Desencofrado
Sábado	Transporte y almacenaje

Con un molde se funden	70	planchas
Cantidad de moldes	1	molde
Planchas por fundición	70	planchas
2 fundiciones por semana	140	planchas

Número de fundiciones a la semana	2
Número de semanas necesarias	15
Número de meses necesarios	3,8

Continuación del apéndice 1.

Costo de fabricación de base y área de almacenaje 5 000 m²

Renglón	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
1,1 TRAZO Y NIVELACIÓN	m ²	167	Q23,20	Q3 874,40
MATERIALES				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
Cal hidratada	Bolsa	0,009	Q31,26	Q0,28
Clavo	q	0,009	Q345,15	Q3,11
Madera	Pie	0,035	Q5,80	Q0,20
Hilo	Rollo	0,0041	Q26,42	Q0,11
Total de materiales sin IVA				Q3,70
MANO DE OBRA				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
Trazo y estaqueado	m	1,0	Q6,50	Q6,50
Sub-total				Q6,50
Ayudante			43 %	Q2,80
Prestaciones			40 %	Q2,60
Herramienta			5 %	Q0,33
Total de mano de obra				Q12,23
MAQUINARIA Y EQUIPO				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
Total de maquinaria y equipo				Q0,00
RESUMEN				
Total Costo Directo (materiales + mano de obra + maquinaria y equipo)				Q15,93
Total Costo Indirecto (administrativos + utilidad)			30 %	Q4,78
Sub-total (suma de costos directos e indirectos)				Q20,71
IVA			12 %	Q2,49
Precio Unitario				Q23,20

Continuación del apéndice 1.

Renglón	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
1,2 CORTE DE CAPA VEGETAL	m ²	167	Q12,33	Q2 059,11
MATERIALES				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
Total de materiales sin IVA				Q0,00
MANO DE OBRA				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
Excavación en terreno suave	m ³	0,15	Q30,00	Q4,50
Sub-total				Q4,50
Ayudante			43 %	Q1,94
Prestaciones			40 %	Q1,80
Herramienta			5 %	Q0,23
Total de mano de obra				Q8,47
MAQUINARIA Y EQUIPO				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
Total de maquinaria y equipo				Q0,00
RESUMEN				
Total Costo Directo (materiales + mano de obra + maquinaria y equipo)				Q8,47
Total Costo Indirecto (administrativos + utilidad)			30 %	Q2,54
Sub-total (suma de costos directos e indirectos)				Q11,01
IVA			12 %	Q1,32
Precio Unitario				Q12,33

Continuación del apéndice 1.

Renglón	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
1,3 BASE PARA MOLDES Y ALMACENAJE (t=0,15 m)	m ²	25	Q63,47	Q1 586,75
MATERIALES				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
Material Selecto	m ³	0,275	Q76,25	Q20,97
Total de materiales sin IVA				Q20,97
MANO DE OBRA				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
Relleno y compactación	m ³	0,15	Q21,76	Q3,26
Sub-total				Q3,26
Ayudante			43 %	Q1,40
Prestaciones			40 %	Q1,30
Herramienta			5 %	Q0,16
Total de mano de obra				Q6,12
MAQUINARIA Y EQUIPO				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
Vibro compactadora	m ²	1,0	Q16,50	Q16,50
Total de maquinaria y equipo				Q16,50
RESUMEN				
Total Costo Directo (materiales + mano de obra + maquinaria y equipo)				Q43,59
Total Costo Indirecto (administrativos + utilidad)			30 %	Q13,08
Sub-total (suma de costos directos e indirectos)				Q56,67
IVA			12 %	Q6,80
Precio Unitario				Q63,47

Continuación del apéndice 1.

Renglón	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
1,4 ÁREA DE ALMACENAMIENTO	m ²	22	Q511,69	Q11 257,18
MATERIALES				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
Piedrín de 1/2"	m ³	1,0	Q111,29	Q111,29
Madera	Pie	36,38	Q5,80	Q211,00
Total de materiales sin IVA				Q322,29
MANO DE OBRA				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
Relleno de pedrín de 1/2"	m ³	1,0	Q15,50	Q15,50
Sub-total				Q15,50
Ayudante			43 %	Q6,67
Prestaciones			40 %	Q6,20
Herramienta			5 %	Q0,78
Total de mano de obra				Q29,15
MAQUINARIA Y EQUIPO				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
Total de maquinaria y equipo				Q0,00
RESUMEN				
Total Costo Directo (materiales + mano de obra + maquinaria y equipo)				Q351,44
Total Costo Indirecto (administrativos + utilidad)			30 %	Q105,43
Sub-total (suma de costos directos e indirectos)				Q456,87
IVA			12 %	Q54,82
Precio Unitario				Q511,69

Continuación del apéndice 1.

Renglón	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
1,5 FUNDICIÓN DE ÁREA DE MOLDES (t=0,15 m)	m ²	25	Q208,89	Q5 222,25
MATERIALES				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
Concreto f'c 3000 psi Agregado 1"	m ³	0,0515	Q985,64	Q50,76
malla electrosoldada 6"x6" 6/6	m ²	1,2	Q19,36	Q23,23
Madera	Pie	0,5	Q5,80	Q2,90
Alambre de amarre	q	0,005	Q352,00	Q1,76
Total de materiales sin IVA				Q78,65
MANO DE OBRA				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
Colocación de formaleta	m	0,5	Q3,50	Q1,75
Desencofrado de formaleta	m	0,5	Q2,50	Q1,25
Colocación de malla electrosoldada 6"x6" 6/6	m ²	1,0	Q2,10	Q2,10
Colocación de concreto	m ³	0,0515	Q72,50	Q3,73
Fundición de tacos de 4" x 4" x 4"	U	3,0	Q1,00	Q3,00
Alisado de concreto	m ²	1,0	Q22,65	Q22,65
Sub-total				Q34,48
Ayudante			43 %	Q14,83
Prestaciones			40 %	Q13,79
Herramienta			5 %	Q1,72
Total de mano de obra				Q64,82
MAQUINARIA Y EQUIPO				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
Total de maquinaria y equipo				Q0,00
RESUMEN				
Total Costo Directo (materiales + mano de obra + maquinaria y equipo)				Q143,47
Total Costo Indirecto (administrativos + utilidad)			30 %	Q43,04
Sub-total (suma de costos directos e indirectos)				Q186,51
IVA			12 %	Q22,38
Precio Unitario				Q208,89

Total de fabricación de base y área de almacenaje	Q23 9999,69
Total por metro cuadrado	Q4,80

Continuación del apéndice 1.

Moldes para losas prefabricadas *in situ* 5 000 m²

Cantidad de losetas total	2 083
Cantidad de moldes	1
Cantidad total de losetas por molde	2 083
Cantidad de losetas por molde	70
Cantidad de usos por molde	30

Vida útil del molde	500 usos
Mantenimiento cada	70 usos

Costo del molde	Q200 000,00
Servicio c/70 usos	Q0,00
Costo total del molde	Q200 000,00

Usos del molde	500,00
Costo del molde por uso	Q6 666,67
Costo del molde por loseta	Q96,02
Costo del molde por m ²	Q40,00

Continuación del apéndice 1.

Fabricación de losas prefabricadas *in situ* 5 000 m²

Renglón	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
2,1 FABRICACIÓN	m ²	5000	Q189,10	Q945 500,00
MATERIALES				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
Concreto f'c 4000 psi Agregado 3/8"	m ³	0,0515	Q1 144,00	Q58,92
mallas electrosoldada 6"x6" 6/6	m ²	1,2	Q19,36	Q23,23
Aditivo desencofrante	gal	0,0125	Q31,26	Q0,39
Aditivo de concreto	gal	0,03321	Q265,85	Q8,83
Tubo de C.P.V.C. 20'; 3/4" de Ø	U	0,008	Q81,20	Q0,65
Alambre de amarre	q	0,005	Q352,00	Q1,76
Discos plásticos separadores	U	3,0	Q0,49	Q1,47
Total de materiales sin IVA				Q95,25
MANO DE OBRA				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
Armado de moldes para planchas	U	4,0	Q0,75	Q3,00
Colocación de desencofrante	m ²	1,25	Q1,30	Q1,63
Colocación de mallas electrosoldadas 6"/6" 6/6	m ²	1,0	Q2,45	Q2,45
Colocación de discos separadores	U	4,0	Q1,00	Q4,00
Colocación de concreto	m ³	0,0515	Q70,25	Q3,62
Desarmado de molde	U	4,0	Q0,75	Q3,00
Sub-total				Q17,70
Ayudante			43 %	Q7,61
Prestaciones			40 %	Q7,08
Herramienta			5 %	Q0,89
Total de mano de obra				Q33,28
MAQUINARIA Y EQUIPO				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
Vibrador de gasolina	m ³	0,0515	Q26,25	Q1,35

Continuación del apéndice 1.

Total de maquinaria y equipo		Q1,35
RESUMEN		
Total Costo Directo (materiales + mano de obra + maquinaria y equipo)		Q129,88
Total Costo Indirecto (administrativos + utilidad)	30 %	Q38,96
Sub-total (suma de costos directos e indirectos)		Q168,84
IVA	12 %	Q20,26
Total del renglón		Q189,10

Transporte y almacenaje 5 000 m²

Maquinaria	No. de meses	Renta cada mes	Total
Grúa camión	4 meses	Q40 000,00	Q160 000,00
Mini-cargador	4 meses	Q13 000,00	Q52 000,00

Personal				
Cuadrilla				
1 Albañil	Q160,00	Día	Q960,00	Semana
4 Ayudantes	Q130,00	Día	Q3 120,00	Semana
		TOTAL	Q4 080,00	Semana

No. de semanas por mes	4,345
Total de semanas	17,38
No. de cuadrillas	2
Total cuadrilla	Q141 820,80

Total por transporte y almacenaje	Q353 820,80
Total por metro cuadrado	Q70,76

Continuación del apéndice 1.

Colocación y fundición 5 000 m²

Renglón	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
3,1. COLOCACIÓN Y FUNDICIÓN	m ²	5000	Q264,94	Q1 324,700,00
MATERIALES				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
Concreto f'c 4000 psi Agregado 3/8"	m ³	0,0515	Q1 144,00	Q58,92
malla electrosoldada 6"x6" 6/6	m ²	1,2	Q19,36	Q23,23
Aditivo desencofrante	gal	0,00092	Q31,26	Q0,03
Curador anti-sol	gal	0,075	Q29,21	Q2,19
Hierro No. 3 (3/8") Grado 60	q	0,025	Q333,32	Q8,33
Hierro No. 4 (1/2") Grado 60	q	0,062	Q318,64	Q19,76
Discos plásticos separadores	U	3,0	Q0,49	Q1,47
Alambre de amarre	q	0,00348	Q352,00	Q1,22
Tacos de concreto de 2"x2"x2"	U	3,0	Q3,00	Q9,00
Madera	Pie	1,21	Q5,80	Q7,02
Clavo	q	0,000274	Q345,15	Q0,09
Total de materiales sin IVA				Q131,26
MANO DE OBRA				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
Armado de andamio	m ²	1,0	Q2,20	Q2,20
Colocación de formaleta	M	0,30	Q3,50	Q1,05
Colocación de losetas	m ²	1,0	Q3,00	Q3,00
Colocación de	m ²	1,0	Q2,45	Q2,45
Colocación de tacos de 2"x2"x2"	U	3,0	Q0,80	Q2,40
Colocación de discos separadores	U	3,0	Q1,00	Q3,00
Armado y colocación de hierro No 3 (3/8")	M	1,65	Q0,35	Q0,58
Armado y colocación de hierro No 4 (1/2")	M	2,36	Q0,45	Q1,06

Continuación del apéndice 1.

Colocación de desencofrante	m ²	1,0	Q1,30	Q1,30
Colocación de concreto	m ³	0,0515	Q70,25	Q3,62
Desencofrado de formaleta	M	0,30	Q2,00	Q0,60
Desarmado de andamio	m ²	1,0	Q2,20	Q2,20
Sub-total				Q23,46
Ayudante			43 %	Q10,09
Prestaciones			40 %	Q9,38
Herramienta			5 %	Q1,17
Total de mano de obra				Q44,10
MAQUINARIA Y EQUIPO				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
Puntales de acero	U	0,75	Q8,80	Q6,60
Total de maquinaria y equipo				Q6,60
RESUMEN				
Total Costo Directo (materiales + mano de obra + maquinaria y equipo)				Q181,96
Total Costo Indirecto (administrativos + utilidad)			30 %	Q54,59
Sub-total (suma de costos directos e indirectos)				Q236,55
IVA			12 %	Q28,39
Total del renglón				Q264,94

Transporte de planta a obra 5 000 m²

Maquinaria	No. de meses	Renta c/mes	Total
Camión de plataforma	4 meses	Q40 000,00	Q160 000,00
Mini-cargador	4 meses	Q13 000,00	Q52 000,00

Personal				
Cuadrilla				
1 Albañil	Q160,00	Día	Q960,00	Semana
4 Ayudantes	Q130,00	Día	Q3 120,00	Semana
		TOTAL	Q4 080,00	Semana

Continuación del apéndice 1.

No. de semanas por mes	4,345
Total de semanas	17,38
No. de cuadrillas	2
Total cuadrilla	Q141 820,80

Total por transporte de planta a obra	Q353 820,80
Total por metro cuadrado	Q70,76

Costo total 5 000 metros cuadrados

ACTIVIDAD	COSTO M²	COSTO TOTAL
Costo de fabricación de base y área de Almacenaje	Q4,80	Q24 000,00
Moldes para losas prefabricadas <i>in situ</i>	Q40,00	Q200 000,00
Fabricación de losas prefabricadas <i>in situ</i>	Q189,10	Q945 500,00
Transporte y almacenaje	Q70,76	Q353 800,00
Colocación y fundición	Q264,94	Q1 324,700,00
Transporte de planta a obra	Q70,76	Q353 800,00
TOTAL	Q640,36	Q3 201,800,00

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2.

**Integración de costos de 10 000 m² de construcción
utilizando el sistema de losas prefabricadas *in situ***

Datos generales 10 000 m²

Total de m ²	10 000,00
Total de m ² por plancha	2,40
Cantidad de planchas necesarias	4 167

Procedimiento 10 000 m²

Lunes	Formaleta, armado y fundición
Martes	Desencofrado
Miércoles	Transporte y almacenaje
Jueves	Formaleta, armado y fundición
Viernes	Desencofrado
Sábado	Transporte y almacenaje

Con un molde se funden	70	planchas
Cantidad de moldes	1	molde
Planchas por fundición	70	planchas
2 fundiciones por semana	140	planchas

Número de fundiciones a la semana	2
Número de semanas necesarias	30
Número de meses necesarios	7,5

Continuación del apéndice 2.

Costo de fabricación de base y área de Almacenaje 10 000 m²

Renglón	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
1,1 TRAZO Y NIVELACIÓN	m ²	167	Q23,20	Q3 874,40
MATERIALES				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
Cal hidratada	Bolsa	0,009	Q31,26	Q0,28
Clavo	q	0,009	Q345,15	Q3,11
Madera	Pie	0,035	Q5,80	Q0,20
Hilo	Rollo	0,0041	Q26,42	Q0,11
Total de materiales sin IVA				Q3,70
MANO DE OBRA				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
Trazo y estaqueado	m	1,0	Q6,50	Q6,50
Sub-total				Q6,50
Ayudante			43 %	Q2,80
Prestaciones			40 %	Q2,60
Herramienta			5 %	Q0,33
Total de mano de obra				Q12,23
MAQUINARIA Y EQUIPO				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
Total de maquinaria y equipo				Q0,00
RESUMEN				
Total Costo Directo (materiales + mano de obra + maquinaria y equipo)				Q15,93
Total Costo Indirecto (administrativos + utilidad)			30 %	Q4,78
Sub-total (suma de costos directos e indirectos)				Q20,71
IVA			12 %	Q2,49
Precio Unitario				Q23,20

Continuación del apéndice 2.

Renglón	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
1,2 CORTE DE CAPA VEGETAL	m ²	167	Q12,33	Q2 059,11
MATERIALES				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
Total de materiales sin IVA				Q0,00
MANO DE OBRA				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
Excavación en terreno suave	m ³	0,15	Q30,00	Q4,50
Sub-total				Q4,50
Ayudante			43 %	Q1,94
Prestaciones			40 %	Q1,80
Herramienta			5 %	Q0,23
Total de mano de obra				Q8,47
MAQUINARIA Y EQUIPO				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
Total de maquinaria y equipo				Q0,00
RESUMEN				
Total Costo Directo (materiales + mano de obra + maquinaria y equipo)				Q8,47
Total Costo Indirecto (administrativos + utilidad)			30 %	Q2,54
Sub-total (suma de costos directos e indirectos)				Q11,01
IVA			12 %	Q1,32
Precio Unitario				Q12,33

Continuación del apéndice 2.

Renglón	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
1,3 BASE PARA MOLDES Y ALMACENAJE (t=0,15 m)	m ²	25	Q63,47	Q1 586,75
MATERIALES				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
Material Selecto	m ³	0,275	Q76,25	Q20,97
Total de materiales sin IVA				Q20,97
MANO DE OBRA				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
Relleno y compactación	m ³	0,15	Q21,76	Q3,26
Sub-total				Q3,26
Ayudante			43 %	Q1,40
Prestaciones			40 %	Q1,30
Herramienta			5 %	Q0,16
Total de mano de obra				Q6,12
MAQUINARIA Y EQUIPO				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
Vibro compactadora	m ²	1,0	Q16,50	Q16,50
Total de maquinaria y equipo				Q16,50
RESUMEN				
Total Costo Directo (materiales + mano de obra + maquinaria y equipo)				Q43,59
Total Costo Indirecto (administrativos + utilidad)			30 %	Q13,08
Sub-total (suma de costos directos e indirectos)				Q56,67
IVA			12 %	Q6,80
Precio Unitario				Q63,47

Continuación del apéndice 2.

Renglón	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
1,4 ÁREA DE ALMACENAMIENTO	m ²	22	Q511,69	Q11 257,18
MATERIALES				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
Piedrín de 1/2"	m ³	1,0	Q111,29	Q111,29
Madera	Pie	36,38	Q5,80	Q211,00
Total de materiales sin IVA				Q322,29
MANO DE OBRA				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
Relleno de pedrín de 1/2"	m ³	1,0	Q15,50	Q15,50
Sub-total				Q15,50
Ayudante			43 %	Q6,67
Prestaciones			40 %	Q6,20
Herramienta			5 %	Q0,78
Total de mano de obra				Q29,15
MAQUINARIA Y EQUIPO				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
Total de maquinaria y equipo				Q0,00
RESUMEN				
Total Costo Directo (materiales + mano de obra + maquinaria y equipo)				Q351,44
Total Costo Indirecto (administrativos + utilidad)			30 %	Q105,43
Sub-total (suma de costos directos e indirectos)				Q456,87
IVA			12 %	Q54,82
Precio Unitario				Q511,69

Continuación del apéndice 2.

Renglón	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
1,5 FUNDICIÓN DE ÁREA DE MOLDES (t=0,15 m)	m ²	25	Q208,89	Q5 222,25
MATERIALES				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
Concreto f'c 3000 psi Agregado 1"	m ³	0,0515	Q985,64	Q50,76
malla electrosoldada 6"x6" 6/6	m ²	1,2	Q19,36	Q23,23
Madera	Pie	0,5	Q5,80	Q2,90
Alambre de amarre	q	0,005	Q352,00	Q1,76
Total de materiales sin IVA				Q78,65
MANO DE OBRA				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
Colocación de formaleta	m	0,5	Q3,50	Q1,75
Desencofrado de formaleta	m	0,5	Q2,50	Q1,25
Colocación de malla electrosoldada 6"x6" 6/6	m ²	1,0	Q2,10	Q2,10
Colocación de concreto	m ³	0,0515	Q72,50	Q3,73
Fundición de tacos de 4" x 4" x 4"	U	3,0	Q1,00	Q3,00
Alisado de concreto	m ²	1,0	Q22,65	Q22,65
Sub-total				Q34,48
Ayudante			43 %	Q14,83
Prestaciones			40 %	Q13,79
Herramienta			5 %	Q1,72
Total de mano de obra				Q64,82
MAQUINARIA Y EQUIPO				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
Total de maquinaria y equipo				Q0,00
RESUMEN				
Total Costo Directo (materiales + mano de obra + maquinaria y equipo)				Q143,47
Total Costo Indirecto (administrativos + utilidad)			30 %	Q43,04
Sub-total (suma de costos directos e indirectos)				Q186,51
IVA			12 %	Q22,38
Precio Unitario				Q208,89

Continuación del apéndice 2.

Total de fabricación de base y área de Almacenaje	Q23 999,69
Total por metro cuadrado	Q2,40

Moldes para losas prefabricadas *in situ* 10 000 m²

Cantidad de losetas total	4 167
Cantidad de moldes	1
Cantidad total de losetas por molde	4 167
Cantidad de losetas por molde	70
Cantidad de usos por molde	60

Vida útil del molde	500 usos
Mantenimiento cada	70 usos

Costo del molde	Q200 000,00
Servicio c/70 usos	Q0,00
Costo total del molde	Q200 000,00

Usos del molde	500,00
Costo del molde por uso	Q3 333,33
Costo del molde por loseta	Q48,00
Costo del molde por m ²	Q20,00

Continuación del apéndice 2.

Fabricación de losas prefabricadas *in situ* 10 000 m²

Renglón	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
2,1 FABRICACIÓN	m ²	10000	Q189,10	Q1 891,000,00
MATERIALES				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
Concreto f'c 4000 psi Agregado 3/8"	m ³	0,0515	Q1 144,00	Q58,92
malla electrosoldada 6"x6" 6/6	m ²	1,2	Q19,36	Q23,23
Aditivo desencofrante	gal	0,0125	Q31,26	Q0,39
Aditivo acelerante de concreto	gal	0,03321	Q265,85	Q8,83
Tubo de C.P.V.C. 20' 3/4" de Ø	U	0,008	Q81,20	Q0,65
Alambre de amarre	q	0,005	Q352,00	Q1,76
Discos plásticos separadores	U	3,0	Q0,49	Q1,47
Total de materiales sin IVA				Q95,25
MANO DE OBRA				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
Armado de moldes para planchas	U	4,0	Q0,75	Q3,00
Colocación de desencofrante	m ²	1,25	Q1,30	Q1,63
Colocación de malla electrosoldada 6"x6" 6/6	m ²	1,0	Q2,45	Q2,45
Colocación de discos separadores	U	4,0	Q1,00	Q4,00
Colocación de concreto	m ³	0,0515	Q70,25	Q3,62
Desarmado de molde	U	4,0	Q0,75	Q3,00
Sub-total				Q17,70
Ayudante			43 %	Q7,61
Prestaciones			40 %	Q7,08
Herramienta			5 %	Q0,89
Total de mano de obra				Q33,28

Continuación del apéndice 2.

MAQUINARIA Y EQUIPO				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
Vibrador de gasolina	m ³	0,0515	Q26,25	Q1,35
Total de maquinaria y equipo				Q1,35
RESUMEN				
Total Costo Directo (materiales + mano de obra + maquinaria y equipo)				Q129,88
Total Costo Indirecto (administrativos + utilidad)			30 %	Q38,96
Sub-total (suma de costos directos e indirectos)				Q168,84
IVA			12 %	Q20,26
Total del renglón				Q189,10

Transporte y almacenaje 10 000 m²

Maquinaria	No. de meses	Renta cada mes	Total
Grúa camión	8 meses	Q40 000,00	Q320 000,00
Mini-cargador	8 meses	Q13 000,00	Q104 000,00

Personal				
Cuadrilla				
1 Albañil	Q160,00	Día	Q960,00	Semana
4 Ayudantes	Q130,00	Día	Q3 120,00	Semana
		TOTAL	Q4 080,00	Semana

No. de semanas por mes	4,345
Total de semanas	34,76
No. de cuadrillas	2
Total cuadrilla	Q283 641,60

Total por transporte y almacenaje	Q707 641,60
Total por metro cuadrado	Q70,76

Continuación del apéndice 2.

Colocación y fundición 10 000 m²

Renglón	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
3,1. COLOCACIÓN Y FUNDICIÓN	m ²	10000	Q264,94	Q2 649,400,00
MATERIALES				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
Concreto f'c 4000 psi Agregado 3/8"	m ³	0,0515	Q1 144,00	Q58,92
malla electrosoldada 6"x6" 6/6	m ²	1,2	Q19,36	Q23,23
Aditivo desencofrante	gal	0,00092	Q31,26	Q0,03
Curador anti-sol	gal	0,075	Q29,21	Q2,19
Hierro No. 3 (3/8") Grado 60	q	0,025	Q333,32	Q8,33
Hierro No. 4 (1/2") Grado 60	q	0,062	Q318,64	Q19,76
Discos plásticos separadores	U	3,0	Q0,49	Q1,47
Alambre de amarre	q	0,00348	Q352,00	Q1,22
Tacos de concreto de 2"x2"x2"	U	3,0	Q3,00	Q9,00
Madera	Pie	1,21	Q5,80	Q7,02
Clavo	q	0,000274	Q345,15	Q0,09
Total de materiales sin IVA				Q131,26
MANO DE OBRA				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
Armado de andamio	m ²	1,0	Q2,20	Q2,20
Colocación de formaleta	M	0,30	Q3,50	Q1,05
Colocación de losetas	m ²	1,0	Q3,00	Q3,00
Colocación de malla electrosoldada 6"x6" 6/6	m ²	1,0	Q2,45	Q2,45
Colocación de tacos de 2"x2"x2"	U	3,0	Q0,80	Q2,40
Colocación de discos separadores	U	3,0	Q1,00	Q3,00
Armado y colocación de hierro No 3 (3/8")	M	1,65	Q0,35	Q0,58
Armado y colocación de hierro No 4 (1/2")	M	2,36	Q0,45	Q1,06

Continuación del apéndice 2.

Colocación de desencofrante	m ²	1,0	Q1,30	Q1,30
Colocación de concreto	m ³	0,0515	Q70,25	Q3,62
Desencofrado de formaleta	M	0,30	Q2,00	Q0,60
Desarmado de andamio	m ²	1,0	Q2,20	Q2,20
Sub-total				Q23,46
Ayudante			43 %	Q10,09
Prestaciones			40 %	Q9,38
Herramienta			5 %	Q1,17
Total de mano de obra				Q44,10
MAQUINARIA Y EQUIPO				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
Puntales de acero	U	0,75	Q8,80	Q6,60
Total de maquinaria y equipo				Q6,60
RESUMEN				
Total Costo Directo (materiales + mano de obra + maquinaria y equipo)				Q181,96
Total Costo Indirecto (administrativos + utilidad)			30 %	Q54,59
Sub-total (suma de costos directos e indirectos)				Q236,55
IVA			12 %	Q28,39
Total del renglón				Q264,94

Transporte de planta a obra 10 000 m²

Maquinaria	No. de meses	Renta c/mes	Total
Camión de plataforma	8 meses	Q40 000,00	Q320 000,00
Mini-cargador	8 meses	Q13 000,00	Q104 000,00

Personal				
Cuadrilla				
1 Albañil	Q160,00	Día	Q960,00	Semana
4 Ayudantes	Q130,00	Día	Q3 120,00	Semana
		TOTAL	Q4 080,00	Semana

Continuación del apéndice 2.

No. de semanas por mes	4,345
Total de semanas	34,76
No. de cuadrillas	2
Total cuadrilla	Q283 641,60

Total por transporte de planta a obra	Q707 641,60
Total por metro cuadrado	Q70,76

Costo total 10 000 metros cuadrados

ACTIVIDAD	COSTO M²	COSTO TOTAL
Costo de fabricación de base y área de Almacenaje	Q2,40	Q24 000,00
Moldes para losas prefabricadas <i>in situ</i>	Q20,00	Q200 000,00
Fabricación de losas prefabricadas <i>in situ</i>	Q189,10	Q1 891,000,00
Transporte y almacenaje	Q70,76	Q707 600,00
Colocación y fundición	Q264,94	Q2 649,400,00
Transporte de planta a obra	Q70,76	Q707 600,00
TOTAL	Q617,96	Q6 179,600,00

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 3.

**Integración de costos de 30 000 m² de construcción
utilizando el sistema de losas prefabricadas *in situ***

Datos generales 30 000 m²

Total de m ²	30 000,00
Total de m ² por plancha	2,40
Cantidad de planchas necesarias	12 500

Procedimiento 30 000 m²

Lunes	Formaleta, armado y fundición
Martes	Desencofrado
Miércoles	Transporte y almacenaje
Jueves	Formaleta, armado y fundición
Viernes	Desencofrado
Sábado	Transporte y almacenaje

Con un molde se funden	70	planchas
Cantidad de moldes	2	moldes
Planchas por fundición	140	planchas
2 fundiciones por semana	280	planchas

Número de fundiciones a la semana	2
Número de semanas necesarias	45
Número de meses necesarios	11,3

Continuación del apéndice 3.

Costo de fabricación de base y área de Almacenaje 30 000 m²

Renglón	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
1,1 TRAZO Y NIVELACIÓN	m ²	335	Q23,20	Q7 772,00
MATERIALES				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
Cal hidratada	Bolsa	0,009	Q31,26	Q0,28
Clavo	q	0,009	Q345,15	Q3,11
Madera	Pie	0,035	Q5,80	Q0,20
Hilo	Rollo	0,0041	Q26,42	Q0,11
Total de materiales sin IVA				Q3,70
MANO DE OBRA				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
Trazo y estaqueado	m	1,0	Q6,50	Q6,50
Sub-total				Q6,50
Ayudante			43 %	Q2,80
Prestaciones			40 %	Q2,60
Herramienta			5 %	Q0,33
Total de mano de obra				Q12,23
MAQUINARIA Y EQUIPO				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
Total de maquinaria y equipo				Q0,00
RESUMEN				
Total Costo Directo (materiales + mano de obra + maquinaria y equipo)				Q15,93
Total Costo Indirecto (administrativos + utilidad)			30 %	Q4,78
Sub-total (suma de costos directos e indirectos)				Q20,71
IVA			12 %	Q2,49
Precio Unitario				Q23,20

Continuación del apéndice 3.

Renglón	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
1,2 CORTE DE CAPA VEGETAL	m ²	335	Q12,33	Q4 130,55
MATERIALES				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
Total de materiales sin IVA				Q0,00
MANO DE OBRA				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
Excavación en terreno suave	m ³	0,15	Q30,00	Q4,50
Sub-total				Q4,50
Ayudante			43 %	Q1,94
Prestaciones			40 %	Q1,80
Herramienta			5 %	Q0,23
Total de mano de obra				Q8,47
MAQUINARIA Y EQUIPO				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
Total de maquinaria y equipo				Q0,00
RESUMEN				
Total Costo Directo (materiales + mano de obra + maquinaria y equipo)				Q8,47
Total Costo Indirecto (administrativos + utilidad)			30 %	Q2,54
Sub-total (suma de costos directos e indirectos)				Q11,01
IVA			12 %	Q1,32
Precio Unitario				Q12,33

Continuación del apéndice 3.

Renglón	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
1,3 BASE PARA MOLDES Y ALMACENAJE (t=0,15 m)	m ²	50	Q63,47	Q3 173,50
MATERIALES				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
Material Selecto	m ³	0,275	Q76,25	Q20,97
Total de materiales sin IVA				Q20,97
MANO DE OBRA				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
Relleno y compactación	m ³	0,15	Q21,76	Q3,26
Sub-total				Q3,26
Ayudante			43 %	Q1,40
Prestaciones			40 %	Q1,30
Herramienta			5 %	Q0,16
Total de mano de obra				Q6,12
MAQUINARIA Y EQUIPO				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
Vibro compactadora	m ²	1,0	Q16,50	Q16,50
Total de maquinaria y equipo				Q16,50
RESUMEN				
Total Costo Directo (materiales + mano de obra + maquinaria y equipo)				Q43,59
Total Costo Indirecto (administrativos + utilidad)			30 %	Q13,08
Sub-total (suma de costos directos e indirectos)				Q56,67
IVA			12 %	Q6,80
Precio Unitario				Q63,47

Continuación del apéndice 3.

Renglón	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
1,4 ÁREA DE ALMACENAMIENTO	m ²	44	Q511,69	Q22 514,36
MATERIALES				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
Piedrín de 1/2"	m ³	1,0	Q111,29	Q111,29
Madera	Pie	36,38	Q5,80	Q211,00
Total de materiales sin IVA				Q322,29
MANO DE OBRA				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
Relleno de pedrín de 1/2"	m ³	1,0	Q15,50	Q15,50
Sub-total				Q15,50
Ayudante			43 %	Q6,67
Prestaciones			40 %	Q6,20
Herramienta			5 %	Q0,78
Total de mano de obra				Q29,15
MAQUINARIA Y EQUIPO				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
Total de maquinaria y equipo				Q0,00
RESUMEN				
Total Costo Directo (materiales + mano de obra + maquinaria y equipo)				Q351,44
Total Costo Indirecto (administrativos + utilidad)			30 %	Q105,43
Sub-total (suma de costos directos e indirectos)				Q456,87
IVA			12 %	Q54,82
Precio Unitario				Q511,69

Continuación del apéndice 3.

Renglón	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
1,5 FUNDICIÓN DE ÁREA DE MOLDES (t=0,15 m)	m ²	50	Q208,89	Q10 444,50
MATERIALES				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
Concreto f'c 3000 psi Agregado 1"	m ³	0,0515	Q985,64	Q50,76
malla electrosoldada 6"x6" 6/6	m ²	1,2	Q19,36	Q23,23
Madera	Pie	0,5	Q5,80	Q2,90
Alambre de amarre	q	0,005	Q352,00	Q1,76
Total de materiales sin IVA				Q78,65
MANO DE OBRA				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
Colocación de formaleta	m	0,5	Q3,50	Q1,75
Desencofrado de formaleta	m	0,5	Q2,50	Q1,25
Colocación de malla electrosoldada	m ²	1,0	Q2,10	Q2,10
Colocación de concreto	m ³	0,0515	Q72,50	Q3,73
Fundición de tacos de 4" x 4" x 4"	U	3,0	Q1,00	Q3,00
Alisado de concreto	m ²	1,0	Q22,65	Q22,65
Sub-total				Q34,48
Ayudante			43 %	Q14,83
Prestaciones			40 %	Q13,79
Herramienta			5 %	Q1,72
Total de mano de obra				Q64,82
MAQUINARIA Y EQUIPO				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
Sub-total				Q0,00
RESUMEN				
Total Costo Directo (materiales + mano de obra + maquinaria y equipo)				Q143,47
Total Costo Indirecto (administrativos + utilidad)			30 %	Q43,04
Sub-total (suma de costos directos e indirectos)				Q186,51
IVA			12 %	Q22,38
Precio Unitario				Q208,89

Total de fabricación de base y área de Almacenaje	Q48 034,91
Total por metro cuadrado	Q1,60

Continuación del apéndice 3.

Moldes para losas prefabricadas *in situ* 30 000 m²

Cantidad de losetas total	12 500
Cantidad de moldes	2
Cantidad total de losetas por molde	6 250
Cantidad de losetas por molde	70
Cantidad de usos por molde	89

Vida útil del molde	500 usos
Mantenimiento cada	70 usos

Costo del molde	Q400 000,00
Servicio c/70 usos	Q50 000,00
Costo total del molde	Q450 000,00

Usos del molde	500,00
Costo del molde por uso	Q5 056,18
Costo del molde por loseta	Q36,00
Costo del molde por m ²	Q15,00

Continuación del apéndice 3.

Fabricación de losas prefabricadas *in situ* 30 000 m²

Renglón	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
2,1 FABRICACIÓN	m ²	30000	Q189,10	Q5 673,000,00
MATERIALES				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
Concreto f'c 4000 psi Agregado 3/8"	m ³	0,0515	Q1 144,00	Q58,92
malla electrosoldada 6"x6" 6/6	m ²	1,2	Q19,36	Q23,23
Aditivo desencofrante	gal	0,0125	Q31,26	Q0,39
Aditivo acelerante de concreto	gal	0,03321	Q265,85	Q8,83
Tubo de C.P.V.C. 20' 3/4" de Ø	U	0,008	Q81,20	Q0,65
Alambre de amarre	q	0,005	Q352,00	Q1,76
Discos plásticos separadores	U	3,0	Q0,49	Q1,47
Total de materiales sin IVA				Q95,25
MANO DE OBRA				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
Armado de moldes para planchas	U	4,0	Q0,75	Q3,00
Colocación de desencofrante	m ²	1,25	Q1,30	Q1,63
Colocación de malla electrosoldada 6"x6" 6/6	m ²	1,0	Q2,45	Q2,45
Colocación de discos separadores	U	4,0	Q1,00	Q4,00
Colocación de concreto	m ³	0,0515	Q70,25	Q3,62
Desarmado de molde	U	4,0	Q0,75	Q3,00
Sub-total				Q17,70
Ayudante			43 %	Q7,61
Prestaciones			40 %	Q7,08
Herramienta			5 %	Q0,89
Total de mano de obra				Q33,28

Continuación del apéndice 3.

MAQUINARIA Y EQUIPO				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
Vibrador de gasolina	m ³	0,0515	Q26,25	Q1,35
Total de maquinaria y equipo				Q1,35
RESUMEN				
Total Costo Directo (materiales + mano de obra + maquinaria y equipo)				Q129,88
Total Costo Indirecto (administrativos + utilidad)			30 %	Q38,96
Sub-total (suma de costos directos e indirectos)				Q168,84
IVA			12 %	Q20,26
Total del renglón				Q189,10

Transporte y almacenaje 30 000 m²

Maquinaria	No. de meses	Renta cada mes	Total
Grúa camión	12 meses	Q40 000,00	Q480 000,00
Mini-cargador	12 meses	Q13 000,00	Q156 000,00

Personal				
Cuadrilla				
1 Albañil	Q160,00	Día	Q960,00	Semana
4 Ayudantes	Q130,00	Día	Q3 120,00	Semana
TOTAL			Q4 080,00	Semana

No. de semanas por mes	4,345
Total de semanas	52,14
No. de cuadrillas	2
Total cuadrilla	Q425 462,40

Total por transporte y almacenaje	Q1 061,462,40
Total por metro cuadrado	Q35,38

Continuación del apéndice 3.

Colocación y fundición 30 000 m²

Renglón	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
3,1. COLOCACIÓN Y FUNDICIÓN	m ²	30000	Q264,94	Q7 948,200,00
MATERIALES				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
Concreto f'c 4000 psi Agregado 3/8"	m ³	0,0515	Q1 144,00	Q58,92
malla electrosoldada 6"x6" 6/6	m ²	1,2	Q19,36	Q23,23
Aditivo desencofrante	gal	0,00092	Q31,26	Q0,03
Curador anti-sol	gal	0,075	Q29,21	Q2,19
Hierro No. 3 (3/8") Grado 60	q	0,025	Q333,32	Q8,33
Hierro No. 4 (1/2") Grado 60	q	0,062	Q318,64	Q19,76
Discos plásticos separadores	U	3,0	Q0,49	Q1,47
Alambre de amarre	q	0,00348	Q352,00	Q1,22
Tacos de concreto de 2"x2"x2"	U	3,0	Q3,00	Q9,00
Madera	Pie	1,21	Q5,80	Q7,02
Clavo	q	0,000274	Q345,15	Q0,09
Total de materiales sin IVA				Q131,26
MANO DE OBRA				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
Armado de andamio	m ²	1,0	Q2,20	Q2,20
Colocación de formaleta	M	0,30	Q3,50	Q1,05
Colocación de losetas	m ²	1,0	Q3,00	Q3,00
Colocación de malla electrosoldada	m ²	1,0	Q2,45	Q2,45
Colocación de tacos de 2"x2"x2"	U	3,0	Q0,80	Q2,40
Colocación de discos separadores	U	3,0	Q1,00	Q3,00
Armado y colocación de hierro No 3 (3/8")	M	1,65	Q0,35	Q0,58
Armado y colocación de hierro No 4 (1/2")	M	2,36	Q0,45	Q1,06

Continuación del apéndice 3.

Colocación de desencofrante	m ²	1,0	Q1,30	Q1,30
Colocación de concreto	m ³	0,0515	Q70,25	Q3,62
Desencofrado de formaleta	M	0,30	Q2,00	Q0,60
Desarmado de andamio	m ²	1,0	Q2,20	Q2,20
Sub-total				Q23,46
Ayudante			43 %	Q10,09
Prestaciones			40 %	Q9,38
Herramienta			5 %	Q1,17
Total de mano de obra				Q44,10
MAQUINARIA Y EQUIPO				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
Puntales de acero	U	0,75	Q8,80	Q6,60
Total de maquinaria y equipo				Q6,60
RESUMEN				
Total Costo Directo (materiales + mano de obra + maquinaria y equipo)				Q181,96
Total Costo Indirecto (administrativos + utilidad)			30 %	Q54,59
Sub-total (suma de costos directos e indirectos)				Q236,55
IVA			12 %	Q28,39
Total del renglón				Q264,94

Transporte de planta a obra 30 000 m²

Maquinaria	No. de meses	Renta c/mes	Total
Camión de plataforma	12 meses	Q40 000,00	Q480 000,00
Mini-cargador	12 meses	Q13 000,00	Q156 000,00

Personal				
Cuadrilla				
1 Albañil	Q160,00	Día	Q960,00	Semana
4 Ayudantes	Q130,00	Día	Q3 120,00	Semana
TOTAL			Q4 080,00	Semana

Continuación del apéndice 3.

No. de semanas por mes	4,345
Total de semanas	52,14
No. de cuadrillas	2
Total cuadrilla	Q425 462,40

Total por transporte de planta a obra	Q1 061,462,40
Total por metro cuadrado	Q35,38

Costo total 30 000 metros cuadrados

ACTIVIDAD	COSTO M²	COSTO TOTAL
Costo de fabricación de base y área de Almacenaje	Q1,60	Q48 000,00
Moldes para losas prefabricadas <i>in situ</i>	Q15,00	Q450 000,00
Fabricación de losas prefabricadas <i>in situ</i>	Q189,10	Q5 673,000,00
Transporte y almacenaje	Q35,38	Q1 061,400,00
Colocación y fundición	Q264,94	Q7 948,200,00
Transporte de planta a obra	Q35,38	Q1 061,400,00
TOTAL	Q541,40	Q16 242,000,00

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 4.

**Integración de costos de 50 000 m² de construcción
utilizando el sistema de losas prefabricadas *in situ***

Datos generales 50 000 m²

Total de m ²	50 000,00
Total de m ² por plancha	2,40
Cantidad de planchas necesarias	20 833

Procedimiento 50 000 m²

Lunes	Formaleta, armado y fundición
Martes	Desencofrado
Miércoles	Transporte y almacenaje
Jueves	Formaleta, armado y fundición
Viernes	Desencofrado
Sábado	Transporte y almacenaje

Con un molde se funden	70	planchas
Cantidad de moldes	3	moldes
Planchas por fundición	210	planchas
2 fundiciones por semana	420	planchas

Número de fundiciones a la semana	2
Número de semanas necesarias	50
Número de meses necesarios	12,5

Continuación del apéndice 4.

Costo de fabricación de base y área de Almacenaje 50 000 m²

Renglón	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
1,1 TRAZO Y NIVELACIÓN	m ²	500	Q23,20	Q11 600,00
MATERIALES				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
Cal hidratada	Bolsa	0,009	Q31,26	Q0,28
Clavo	q	0,009	Q345,15	Q3,11
Madera	Pie	0,035	Q5,80	Q0,20
Hilo	Rollo	0,0041	Q26,42	Q0,11
Total de materiales sin IVA				Q3,70
MANO DE OBRA				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
Trazo y estaqueado	m	1,0	Q6,50	Q6,50
Sub-total				Q6,50
Ayudante			43 %	Q2,80
Prestaciones			40 %	Q2,60
Herramienta			5 %	Q0,33
Total de mano de obra				Q12,23
MAQUINARIA Y EQUIPO				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
Total de maquinaria y equipo				Q0,00
RESUMEN				
Total Costo Directo (materiales + mano de obra + maquinaria y equipo)				Q15,93
Total Costo Indirecto (administrativos + utilidad)			30 %	Q4,78
Sub-total (suma de costos directos e indirectos)				Q20,71
IVA			12 %	Q2,49
Precio Unitario				Q23,20

Continuación del apéndice 4.

Renglón	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
1,2 CORTE DE CAPA VEGETAL	m ²	500	Q12,33	Q6 165,00
MATERIALES				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
Total de materiales sin IVA				Q0,00
MANO DE OBRA				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
Excavación en terreno suave	m ³	0,15	Q30,00	Q4,50
Sub-total				Q4,50
Ayudante			43 %	Q1,94
Prestaciones			40 %	Q1,80
Herramienta			5 %	Q0,23
Total de mano de obra				Q8,47
MAQUINARIA Y EQUIPO				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
Total de maquinaria y equipo				Q0,00
RESUMEN				
Total Costo Directo (materiales + mano de obra + maquinaria y equipo)				Q8,47
Total Costo Indirecto (administrativos + utilidad)			30 %	Q2,54
Sub-total (suma de costos directos e indirectos)				Q11,01
IVA			12 %	Q1,32
Precio Unitario				Q12,33

Continuación del apéndice 4.

Renglón	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
1,3 BASE PARA MOLDES Y ALMACENAJE (t=0,15 m)	m ²	75	Q63,47	Q4 760,25
MATERIALES				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
Material Selecto	m ³	0,275	Q76,25	Q20,97
Total de materiales sin IVA				Q20,97
MANO DE OBRA				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
Relleno y compactación	m ³	0,15	Q21,76	Q3,26
Sub-total				Q3,26
Ayudante			43 %	Q1,40
Prestaciones			40 %	Q1,30
Herramienta			5 %	Q0,16
Total de mano de obra				Q6,12
MAQUINARIA Y EQUIPO				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
Vibro compactadora	m ²	1,0	Q16,50	Q16,50
Total de maquinaria y equipo				Q16,50
RESUMEN				
Total Costo Directo (materiales + mano de obra + maquinaria y equipo)				Q43,59
Total Costo Indirecto (administrativos + utilidad)			30 %	Q13,08
Sub-total (suma de costos directos e indirectos)				Q56,67
IVA			12 %	Q6,80
Precio Unitario				Q63,47

Continuación del apéndice 4.

Renglón	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
1,4 ÁREA DE ALMACENAMIENTO	m ²	66	Q511,69	Q33 771,54
MATERIALES				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
Piedrín de 1/2"	m ³	1,0	Q111,29	Q111,29
Madera	Pie	36,38	Q5,80	Q211,00
Total de materiales sin IVA				Q322,29
MANO DE OBRA				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
Relleno de piedrín de 1/2"	m ³	1,0	Q15,50	Q15,50
Sub-total				Q15,50
Ayudante			43 %	Q6,67
Prestaciones			40 %	Q6,20
Herramienta			5 %	Q0,78
Total de mano de obra				Q29,15
MAQUINARIA Y EQUIPO				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
Total de maquinaria y equipo				Q0,00
RESUMEN				
Total Costo Directo (materiales + mano de obra + maquinaria y equipo)				Q351,44
Total Costo Indirecto (administrativos + utilidad)			30 %	Q105,43
Sub-total (suma de costos directos e indirectos)				Q456,87
IVA			12 %	Q54,82
Precio Unitario				Q511,69

Continuación del apéndice 4.

Renglón	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
1,5 FUNDICIÓN DE ÁREA DE MOLDES (t=0,15 m)	m ²	75	Q208,89	Q15 666,75
MATERIALES				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
Concreto f'c 3000 psi Agregado 1"	m ³	0,0515	Q985,64	Q50,76
malla electrosoldada 6"x6" 6/6	m ²	1,2	Q19,36	Q23,23
Madera	Pie	0,5	Q5,80	Q2,90
Alambre de amarre	q	0,005	Q352,00	Q1,76
Total de materiales sin IVA				Q78,65
MANO DE OBRA				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
Colocación de formaleta	m	0,5	Q3,50	Q1,75
Desenclavado de formaleta	m	0,5	Q2,50	Q1,25
Colocación de malla electrosoldada 6"x6" 6/6	m ²	1,0	Q2,10	Q2,10
Colocación de concreto	m ³	0,0515	Q72,50	Q3,73
Fundición de tacos de 4" x 4" x 4"	U	3,0	Q1,00	Q3,00
Alisado de concreto	m ²	1,0	Q22,65	Q22,65
Sub-total				Q34,48
Ayudante			43 %	Q14,83
Prestaciones			40 %	Q13,79
Herramienta			5 %	Q1,72
Total de mano de obra				Q64,82
MAQUINARIA Y EQUIPO				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
Total de maquinaria y equipo				Q0,00
RESUMEN				
Total Costo Directo (materiales + mano de obra + maquinaria y equipo)				Q143,47
Total Costo Indirecto (administrativos + utilidad)			30 %	Q43,04
Sub-total (suma de costos directos e indirectos)				Q186,51
IVA			12 %	Q22,38
Precio Unitario				Q208,89

Total de fabricación de base y área de Almacenaje	Q71 963,54
Total por metro cuadrado	Q1,44

Continuación del apéndice 4.

Moldes para losas prefabricadas *in situ* 50 000 m²

Cantidad de losetas total	20 833
Cantidad de moldes	3
Cantidad total de losetas por molde	6 944
Cantidad de losetas por molde	70
Cantidad de usos por molde	99

Vida útil del molde	500 usos
Mantenimiento cada	70 usos

Costo del molde	Q600 000,00
Servicio c/70 usos	Q75 000,00
Costo total del molde	Q675 000,00

Usos del molde	500,00
Costo del molde por uso	Q6 818,18
Costo del molde por loseta	Q32,40
Costo del molde por m ²	Q13,50

Continuación del apéndice 4.

Fabricación de losas prefabricadas *in situ* 50 000 m²

Renglón	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
2,1 FABRICACIÓN	m ²	50000	Q189,10	Q9 455,000,00
MATERIALES				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
Concreto f'c 4000 psi Agregado 3/8"	m ³	0,0515	Q1 144,00	Q58,92
malla electrosoldada 6"x6" 6/6	m ²	1,2	Q19,36	Q23,23
Aditivo desencofrante	gal	0,0125	Q31,26	Q0,39
Aditivo acelerante de concreto	gal	0,03321	Q265,85	Q8,83
Tubo de C.P.V.C. 20' 3/4" de Ø	U	0,008	Q81,20	Q0,65
Alambre de amarre	q	0,005	Q352,00	Q1,76
Discos plásticos separadores	U	3,0	Q0,49	Q1,47
Total de materiales sin IVA				Q95,25
MANO DE OBRA				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
Armado de moldes para planchas	U	4,0	Q0,75	Q3,00
Colocación de desencofrante	m ²	1,25	Q1,30	Q1,63
Colocación de malla electrosoldada 6"x6" 6/6	m ²	1,0	Q2,45	Q2,45
Colocación de discos separadores	U	4,0	Q1,00	Q4,00
Colocación de concreto	m ³	0,0515	Q70,25	Q3,62
Desarmado de molde	U	4,0	Q0,75	Q3,00
Sub-total				Q17,70
Ayudante			43 %	Q7,61
Prestaciones			40 %	Q7,08
Herramienta			5 %	Q0,89
Total de mano de obra				Q33,28

Continuación del apéndice 4.

MAQUINARIA Y EQUIPO				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
Vibrador de gasolina	m ³	0,0515	Q26,25	Q1,35
Total de maquinaria y equipo				Q1,35
RESUMEN				
Total Costo Directo (materiales + mano de obra + maquinaria y equipo)				Q129,88
Total Costo Indirecto (administrativos + utilidad)			30 %	Q38,96
Sub-total (suma de costos directos e indirectos)				Q168,84
IVA			12 %	Q20,26
Total del renglón				Q189,10

Transporte y almacenaje 50 000 m²

Maquinaria	No. de meses	Renta cada mes	Total
Grúa camión	13 meses	Q40 000,00	Q520 000,00
Mini-cargador	13 meses	Q13 000,00	Q169 000,00

Personal				
Cuadrilla				
1 Albañil	Q160,00	Día	Q960,00	Semana
4 Ayudantes	Q130,00	Día	Q3 120,00	Semana
		TOTAL	Q4 080,00	Semana

No. de semanas por mes	4,345
Total de semanas	56,485
No. de cuadrillas	2
Total cuadrilla	Q460 917,60

Total por transporte y almacenaje	Q1 149,917,60
Total por metro cuadrado	Q23,00

Continuación del apéndice 4.

Colocación y fundición 50 000 m²

Renglón	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
3,1. COLOCACIÓN Y FUNDICIÓN	m ²	50000	Q264,94	Q13 247,000,00
MATERIALES				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
Concreto f'c 4000 psi Agregado 3/8"	m ³	0,0515	Q1 144,00	Q58,92
malla electrosoldada 6"x6" 6/6	m ²	1,2	Q19,36	Q23,23
Aditivo desencofrante	gal	0,00092	Q31,26	Q0,03
Curador anti-sol	gal	0,075	Q29,21	Q2,19
Hierro No. 3 (3/8") Grado 60	g	0,025	Q333,32	Q8,33
Hierro No. 4 (1/2") Grado 60	g	0,062	Q318,64	Q19,76
Discos plásticos separadores	U	3,0	Q0,49	Q1,47
Alambre de amarre	q	0,00348	Q352,00	Q1,22
Tacos de concreto de 2"x2"x2"	U	3,0	Q3,00	Q9,00
Madera	Pie	1,21	Q5,80	Q7,02
Clavo	g	0,000274	Q345,15	Q0,09
Total de materiales sin IVA				Q131,26
MANO DE OBRA				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
Armado de andamio	m ²	1,0	Q2,20	Q2,20
Colocación de formaleta	M	0,30	Q3,50	Q1,05
Colocación de losetas	m ²	1,0	Q3,00	Q3,00
Colocación de malla electrosoldada 6"x6" 6/6	m ²	1,0	Q2,45	Q2,45
Colocación de tacos de 2"x2"x2"	U	3,0	Q0,80	Q2,40
Colocación de discos separadores	U	3,0	Q1,00	Q3,00
Armado y colocación de hierro No 3 (3/8")	M	1,65	Q0,35	Q0,58
Armado y colocación de hierro No 4 (1/2")	M	2,36	Q0,45	Q1,06
Colocación de desencofrante	m ²	1,0	Q1,30	Q1,30
Colocación de concreto	m ³	0,0515	Q70,25	Q3,62

Continuación del apéndice 4.

Desencofrado de formaleta	M	0,30	Q2,00	Q0,60
Desarmado de andamio	m ²	1,0	Q2,20	Q2,20
Sub-total				Q23,46
Ayudante			43 %	Q10,09
Prestaciones			40 %	Q9,38
Herramienta			5 %	Q1,17
Total de mano de obra				Q44,10
MAQUINARIA Y EQUIPO				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
Puntales de acero	U	0,75	Q8,80	Q6,60
Total de maquinaria y equipo				Q6,60
RESUMEN				
Total Costo Directo (materiales + mano de obra + maquinaria y equipo)				Q181,96
Total Costo Indirecto (administrativos + utilidad)			30 %	Q54,59
Sub-total (suma de costos directos e indirectos)				Q236,55
IVA			12 %	Q28,39
Total del renglón				Q264,94

Transporte de planta a obra 50 000 m²

Maquinaria	No. de meses	Renta c/mes	Total
Camión de plataforma	13 meses	Q40 000,00	Q520 000,00
Mini-cargador	13 meses	Q13 000,00	Q169 000,00

Personal				
Cuadrilla				
1 Albañil	Q160,00	Día	Q960,00	Semana
4 Ayudantes	Q130,00	Día	Q3 120,00	Semana
		TOTAL	Q4 080,00	Semana

No. de semanas por mes	4,345
Total de semanas	56,485
No. de cuadrillas	2
Total cuadrilla	Q460 917,60

Continuación del apéndice 4.

Total por transporte de planta a obra	Q1 149,917,60
Total por metro cuadrado	Q23,00

Costo total 50 000 metros cuadrados

ACTIVIDAD	COSTO M²	COSTO TOTAL
Costo de fabricación de base y área de Almacenaje	Q1,44	Q72 000,00
Moldes para losas prefabricadas <i>in situ</i>	Q13,50	Q675 000,00
Fabricación de losas prefabricadas <i>in situ</i>	Q189,10	Q9 455,000,00
Transporte y almacenaje	Q23,00	Q1 150,000,00
Colocación y fundición	Q264,94	Q13 247,000,00
Transporte de planta a obra	Q23,00	Q1 150,000,00
TOTAL	Q514,98	Q25 749,000,00

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 5.

**Integración de costos de 80 000 m² de construcción
utilizando el sistema de losas prefabricadas *in situ***

Datos generales 80 000 m²

Total de m ²	80 000,00
Total de m ² por plancha	2,40
Cantidad de planchas necesarias	33 333

Procedimiento 80 000 m²

Lunes	Formaleta, armado y fundición
Martes	Desencofrado
Miércoles	Transporte y almacenaje
Jueves	Formaleta, armado y fundición
Viernes	Desencofrado
Sábado	Transporte y almacenaje

Con un molde se funden	70	planchas
Cantidad de moldes	4	moldes
Planchas por fundición	280	planchas
2 fundiciones por semana	560	planchas

Número de fundiciones a la semana	2
Número de semanas necesarias	60
Número de meses necesarios	15,0

Continuación del apéndice 5.

Costo de fabricación de base y área de Almacenaje 80 000 m²

Renglón	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
1,1 TRAZO Y NIVELACIÓN	m ²	665	Q23,20	Q15 428,00
MATERIALES				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
Cal hidratada	Bolsa	0,009	Q31,26	Q0,28
Clavo	q	0,009	Q345,15	Q3,11
Madera	Pie	0,035	Q5,80	Q0,20
Hilo	Rollo	0,0041	Q26,42	Q0,11
Total de materiales sin IVA				Q3,70
MANO DE OBRA				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
Trazo y estaqueado	m	1,0	Q6,50	Q6,50
Sub-total				Q6,50
Ayudante			43 %	Q2,80
Prestaciones			40 %	Q2,60
Herramienta			5 %	Q0,33
Total de mano de obra				Q12,23
MAQUINARIA Y EQUIPO				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
Total de maquinaria y equipo				Q0,00
RESUMEN				
Total Costo Directo (materiales + mano de obra + maquinaria y equipo)				Q15,93
Total Costo Indirecto (administrativos + utilidad)			30 %	Q4,78
Sub-total (suma de costos directos e indirectos)				Q20,71
IVA			12 %	Q2,49
Precio Unitario				Q23,20

Continuación del apéndice 5.

Renglón	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
1,2 CORTE DE CAPA VEGETAL	m ²	665	Q12,33	Q8 199,45
MATERIALES				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
Total de materiales sin IVA				Q0,00
MANO DE OBRA				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
Excavación en terreno suave	m ³	0,15	Q30,00	Q4,50
Sub-total				Q4,50
Ayudante			43 %	Q1,94
Prestaciones			40 %	Q1,80
Herramienta			5 %	Q0,23
Total de mano de obra				Q8,47
MAQUINARIA Y EQUIPO				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
Total de maquinaria y equipo				Q0,00
RESUMEN				
Total Costo Directo (materiales + mano de obra + maquinaria y equipo)				Q8,47
Total Costo Indirecto (administrativos + utilidad)			30 %	Q2,54
Sub-total (suma de costos directos e indirectos)				Q11,01
IVA			12 %	Q1,32
Precio Unitario				Q12,33

Continuación del apéndice 5.

Renglón	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
1,3 BASE PARA MOLDES Y ALMACENAJE (t=0,15 m)	m ²	100	Q63,47	Q6 347,00
MATERIALES				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
Material Selecto	m ³	0,275	Q76,25	Q20,97
Total de materiales sin IVA				Q20,97
MANO DE OBRA				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
Relleno y compactación	m ³	0,15	Q21,76	Q3,26
Sub-total				Q3,26
Ayudante			43 %	Q1,40
Prestaciones			40 %	Q1,30
Herramienta			5 %	Q0,16
Total de mano de obra				Q6,12
MAQUINARIA Y EQUIPO				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
Vibro compactadora	m ²	1,0	Q16,50	Q16,50
Total de maquinaria y equipo				Q16,50
RESUMEN				
Total Costo Directo (materiales + mano de obra + maquinaria y equipo)				Q43,59
Total Costo Indirecto (administrativos + utilidad)			30 %	Q13,08
Sub-total (suma de costos directos e indirectos)				Q56,67
IVA			12 %	Q6,80
Precio Unitario				Q63,47

Continuación del apéndice 5.

Renglón	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
1,4 ÁREA DE ALMACENAMIENTO	m ²	88	Q511,69	Q45 028,72
MATERIALES				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
Piedrín de 1/2"	m ³	1,0	Q111,29	Q111,29
Madera	Pie	36,38	Q5,80	Q211,00
Total de materiales sin IVA				Q322,29
MANO DE OBRA				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
Relleno de piedrín de 1/2"	m ³	1,0	Q15,50	Q15,50
Sub-total				Q15,50
Ayudante			43 %	Q6,67
Prestaciones			40 %	Q6,20
Herramienta			5 %	Q0,78
Total de mano de obra				Q29,15
MAQUINARIA Y EQUIPO				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
Total de maquinaria y equipo				Q0,00
RESUMEN				
Total Costo Directo (materiales + mano de obra + maquinaria y equipo)				Q351,44
Total Costo Indirecto (administrativos + utilidad)			30 %	Q105,43
Sub-total (suma de costos directos e indirectos)				Q456,87
IVA			12 %	Q54,82
Precio Unitario				Q511,69

Continuación del apéndice 5.

Renglón	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
1,5 FUNDICIÓN DE ÁREA DE MOLDES (t=0,15 m)	m ²	100	Q208,89	Q20 889,00
MATERIALES				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
Concreto f'c 3000 psi Agregado 1"	m ³	0,0515	Q985,64	Q50,76
malla electrosoldada 6"x6" 6/6	m ²	1,2	Q19,36	Q23,23
Madera	Pie	0,5	Q5,80	Q2,90
Alambre de amarre	q	0,005	Q352,00	Q1,76
Total de materiales sin IVA				Q78,65
MANO DE OBRA				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
Colocación de formaleta	m	0,5	Q3,50	Q1,75
Desencofrado de formaleta	m	0,5	Q2,50	Q1,25
Colocación de malla electrosoldada 6"x6" 6/6	m ²	1,0	Q2,10	Q2,10
Colocación de concreto	m ³	0,0515	Q72,50	Q3,73
Fundición de tacos de 4" x 4" x 4"	U	3,0	Q1,00	Q3,00
Alisado de concreto	m ²	1,0	Q22,65	Q22,65
Sub-total				Q34,48
Ayudante			43 %	Q14,83
Prestaciones			40 %	Q13,79
Herramienta			5 %	Q1,72
Total de mano de obra				Q64,82
MAQUINARIA Y EQUIPO				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
Total de maquinaria y equipo				Q0,00
RESUMEN				
Total Costo Directo (materiales + mano de obra + maquinaria y equipo)				Q143,47
Total Costo Indirecto (administrativos + utilidad)			30 %	Q43,04
Sub-total (suma de costos directos e indirectos)				Q186,51
IVA			12 %	Q22,38
Precio Unitario				Q208,89

Total de fabricación de base y área de Almacenaje	Q95 892,17
Total por metro cuadrado	Q1,20

Continuación del apéndice 5.

Moldes para losas prefabricadas *in situ* 80 000 m²

Cantidad de losetas total	33 333
Cantidad de moldes	4
Cantidad total de losetas por molde	8 333
Cantidad de losetas por molde	70
Cantidad de usos por molde	119

Vida útil del molde	500 usos
Mantenimiento cada	70 usos

Costo del molde	Q800 000,00
Servicio c/70 usos	Q100 000,00
Costo total del molde	Q900 000,00

Usos del molde	500,00
Costo del molde por uso	Q7 563,03
Costo del molde por loseta	Q27,00
Costo del molde por m ²	Q11,25

Continuación del apéndice 5.

Fabricación de losas prefabricadas *in situ* 80 000 m²

Renglón	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
2,1 FABRICACIÓN	m ²	80000	Q189,10	Q15 128,000,00
MATERIALES				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
Concreto f'c 4000 psi Agregado 3/8"	m ³	0,0515	Q1 144,00	Q58,92
mallá electrosoldada 6"x6" 6/6	m ²	1,2	Q19,36	Q23,23
Aditivo desencofrante	gal	0,0125	Q31,26	Q0,39
Aditivo acelerante de concreto	gal	0,03321	Q265,85	Q8,83
Tubo de C.P.V.C. 20' 3/4" de Ø	U	0,008	Q81,20	Q0,65
Alambre de amarre	q	0,005	Q352,00	Q1,76
Discos plásticos separadores	U	3,0	Q0,49	Q1,47
Total de materiales sin IVA				Q95,25
MANO DE OBRA				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
Armado de moldes para planchas	U	4,0	Q0,75	Q3,00
Colocación de desencofrante	m ²	1,25	Q1,30	Q1,63
Colocación de mallá electrosoldada 6"x6" 6/6	m ²	1,0	Q2,45	Q2,45
Colocación de discos separadores	U	4,0	Q1,00	Q4,00
Colocación de concreto	m ³	0,0515	Q70,25	Q3,62
Desarmado de molde	U	4,0	Q0,75	Q3,00
Sub-total				Q17,70
Ayudante			43 %	Q7,61
Prestaciones			40 %	Q7,08
Herramienta			5 %	Q0,89
Total de mano de obra				Q33,28

Continuación del apéndice 5.

MAQUINARIA Y EQUIPO				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
Vibrador de gasolina	m ³	0,0515	Q26,25	Q1,35
Total de maquinaria y equipo				Q1,35
RESUMEN				
Total Costo Directo (materiales + mano de obra + maquinaria y equipo)				Q129,88
Total Costo Indirecto (administrativos + utilidad)			30 %	Q38,96
Sub-total (suma de costos directos e indirectos)				Q168,84
IVA			12 %	Q20,26
Total del renglón				Q189,10

Transporte y almacenaje 80 000 m²

Maquinaria	No. de meses	Renta cada mes	Total
Grúa camión	15 meses	Q40 000,00	Q600 000,00
Mini-cargador	15 meses	Q13 000,00	Q195 000,00

Personal				
Cuadrilla				
1 Albañil	Q160,00	Día	Q960,00	Semana
4 Ayudantes	Q130,00	Día	Q3 120,00	Semana
TOTAL			Q4 080,00	Semana

No. de semanas por mes	4,345
Total de semanas	65,175
No. de cuadrillas	2
Total cuadrilla	Q531 828,00

Total por transporte y almacenaje	Q1 326,828,00
Total por metro cuadrado	Q16,59

Continuación del apéndice 5.

Colocación y fundición 80 000 m²

Renglón	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
3,1. COLOCACIÓN Y FUNDICIÓN	m ²	80000	Q264,94	Q21 195,200,00
MATERIALES				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
Concreto f'c 4000 psi Agregado 3/8"	m ³	0,0515	Q1 144,00	Q58,92
malla electrosoldada 6"x6" 6/6	m ²	1,2	Q19,36	Q23,23
Aditivo desencofrante	gal	0,00092	Q31,26	Q0,03
Curador anti-sol	gal	0,075	Q29,21	Q2,19
Hierro No. 3 (3/8") Grado 60	q	0,025	Q333,32	Q8,33
Hierro No. 4 (1/2") Grado 60	q	0,062	Q318,64	Q19,76
Discos plásticos separadores	U	3,0	Q0,49	Q1,47
Alambre de amarre	q	0,00348	Q352,00	Q1,22
Tacos de concreto de 2"x2"x2"	U	3,0	Q3,00	Q9,00
Madera	Pie	1,21	Q5,80	Q7,02
Clavo	q	0,000274	Q345,15	Q0,09
Total de materiales sin IVA				Q131,26
MANO DE OBRA				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
Armado de andamio	m ²	1,0	Q2,20	Q2,20
Colocación de formaleta	M	0,30	Q3,50	Q1,05
Colocación de losetas	m ²	1,0	Q3,00	Q3,00
Colocación de malla electrosoldada 6"x6" 6/6	m ²	1,0	Q2,45	Q2,45
Colocación de tacos de 2"x2"x2"	U	3,0	Q0,80	Q2,40
Colocación de discos separadores	U	3,0	Q1,00	Q3,00
Armado y colocación de hierro No 3 (3/8")	M	1,65	Q0,35	Q0,58
Armado y colocación de hierro No 4 (1/2")	M	2,36	Q0,45	Q1,06

Continuación del apéndice 5.

Colocación de desencofrante	m ²	1,0	Q1,30	Q1,30
Colocación de concreto	m ³	0,0515	Q70,25	Q3,62
Desencofrado de formaleta	M	0,30	Q2,00	Q0,60
Desarmado de andamio	m ²	1,0	Q2,20	Q2,20
Sub-total				Q23,46
Ayudante			43 %	Q10,09
Prestaciones			40 %	Q9,38
Herramienta			5 %	Q1,17
Total de mano de obra				Q44,10
MAQUINARIA Y EQUIPO				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
Puntales de acero	U	0,75	Q8,80	Q6,60
Total de maquinaria y equipo				Q6,60
RESUMEN				
Total Costo Directo (materiales + mano de obra + maquinaria y equipo)				Q181,96
Total Costo Indirecto (administrativos + utilidad)			30 %	Q54,59
Sub-total (suma de costos directos e indirectos)				Q236,55
IVA			12 %	Q28,39
Total del renglón				Q264,94

Transporte de planta a obra 80 000 m²

Maquinaria	No. de meses	Renta c/mes	Total
Camión de plataforma	15 meses	Q40 000,00	Q600 000,00
Mini-cargador	15 meses	Q13 000,00	Q195 000,00

Personal				
Cuadrilla				
1 Albañil	Q160,00	Día	Q960,00	Semana
4 Ayudantes	Q130,00	Día	Q3 120,00	Semana
TOTAL			Q4 080,00	Semana

Continuación del apéndice 5.

No. de semanas por mes	4,345
Total de semanas	65,175
No. de cuadrillas	2
Total cuadrilla	Q531 828,00

Total por transporte de planta a obra	Q1 326,828,00
Total por metro cuadrado	Q16,59

Costo total 80 000 metros cuadrados

ACTIVIDAD	COSTO M²	COSTO TOTAL
Costo de fabricación de base y área de Almacenaje	Q1,20	Q96 000,00
Moldes para losas prefabricadas <i>in situ</i>	Q11,25	Q900 000,00
Fabricación de losas prefabricadas <i>in situ</i>	Q189,10	Q15 128,000,00
Transporte y almacenaje	Q16,59	Q1 327,200,00
Colocación y fundición	Q264,94	Q21 195,200,00
Transporte de planta a obra	Q16,59	Q1 327,200,00
TOTAL	Q499,67	Q39 973,600,00

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 6.

**Integración de costos de 100 000 m² de construcción
utilizando el sistema de losas prefabricadas *in situ***

Datos generales 100 000 m²

Total de m ²	100 000,00
Total de m ² por plancha	2,40
Cantidad de planchas necesarias	41 667

Procedimiento 100 000 m²

Lunes	Formaleta, armado y fundición
Martes	Desencofrado
Miércoles	Transporte y almacenaje
Jueves	Formaleta, armado y fundición
Viernes	Desencofrado
Sábado	Transporte y almacenaje

Con un molde se funden	70	planchas
Cantidad de moldes	5	moldes
Planchas por fundición	350	planchas
2 fundiciones por semana	700	planchas

Número de fundiciones a la semana	2
Número de semanas necesarias	60
Número de meses necesarios	15,0

Continuación del apéndice 6.

Costo de fabricación de base y área de Almacenaje 100 000 m²

Renglón	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
1,1 TRAZO Y NIVELACIÓN	m ²	835	Q23,20	Q19 372,00
MATERIALES				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
Cal hidratada	Bolsa	0,009	Q31,26	Q0,28
Clavo	q	0,009	Q345,15	Q3,11
Madera	Pie	0,035	Q5,80	Q0,20
Hilo	Rollo	0,0041	Q26,42	Q0,11
Total de materiales sin IVA				Q3,70
MANO DE OBRA				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
Trazo y estaqueado	m	1,0	Q6,50	Q6,50
Sub-total				Q6,50
Ayudante			43 %	Q2,80
Prestaciones			40 %	Q2,60
Herramienta			5 %	Q0,33
Total de mano de obra				Q12,23
MAQUINARIA Y EQUIPO				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
Total de maquinaria y equipo				Q0,00
RESUMEN				
Total Costo Directo (materiales + mano de obra + maquinaria y equipo)				Q15,93
Total Costo Indirecto (administrativos + utilidad)			30 %	Q4,78
Sub-total (suma de costos directos e indirectos)				Q20,71
IVA			12 %	Q2,49
Precio Unitario				Q23,20

Continuación del apéndice 6.

Renglón	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
1,2 CORTE DE CAPA VEGETAL	m ²	835	Q12,33	Q10 295,55
MATERIALES				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
Total de materiales sin IVA				Q0,00
MANO DE OBRA				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
Excavación en terreno suave	m ³	0,15	Q30,00	Q4,50
Sub-total				Q4,50
Ayudante			43 %	Q1,94
Prestaciones			40 %	Q1,80
Herramienta			5 %	Q0,23
Total de mano de obra				Q8,47
MAQUINARIA Y EQUIPO				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
Total de maquinaria y equipo				Q0,00
RESUMEN				
Total Costo Directo (materiales + mano de obra + maquinaria y equipo)				Q8,47
Total Costo Indirecto (administrativos + utilidad)			30 %	Q2,54
Sub-total (suma de costos directos e indirectos)				Q11,01
IVA			12 %	Q1,32
Precio Unitario				Q12,33

Continuación del apéndice 6.

Renglón	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
1,3 BASE PARA MOLDES Y ALMACENAJE (t=0,15 m)	m ²	125	Q63,47	Q7 933,75
MATERIALES				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
Material Selecto	m ³	0,275	Q76,25	Q20,97
Total de materiales sin IVA				Q20,97
MANO DE OBRA				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
Relleno y compactación	m ³	0,15	Q21,76	Q3,26
Sub-total				Q3,26
Ayudante			43 %	Q1,40
Prestaciones			40 %	Q1,30
Herramienta			5 %	Q0,16
Total de mano de obra				Q6,12
MAQUINARIA Y EQUIPO				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
Vibro compactadora	m ²	1,0	Q16,50	Q16,50
Total de maquinaria y equipo				Q16,50
RESUMEN				
Total Costo Directo (materiales + mano de obra + maquinaria y equipo)				Q43,59
Total Costo Indirecto (administrativos + utilidad)			30 %	Q13,08
Sub-total (suma de costos directos e indirectos)				Q56,67
IVA			12 %	Q6,80
Precio Unitario				Q63,47

Continuación del apéndice 6.

Renglón	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
1,4 ÁREA DE ALMACENAMIENTO	m ²	110	Q511,69	Q56 285,90
MATERIALES				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
Piedrín de 1/2"	m ³	1,0	Q111,29	Q111,29
Madera	Pie	36,38	Q5,80	Q211,00
Total de materiales sin IVA				Q322,29
MANO DE OBRA				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
Relleno de pedrín de 1/2"	m ³	1,0	Q15,50	Q15,50
Sub-total				Q15,50
Ayudante			43 %	Q6,67
Prestaciones			40 %	Q6,20
Herramienta			5 %	Q0,78
Total de mano de obra				Q29,15
MAQUINARIA Y EQUIPO				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
Total de maquinaria y equipo				Q0,00
RESUMEN				
Total Costo Directo (materiales + mano de obra + maquinaria y equipo)				Q351,44
Total Costo Indirecto (administrativos + utilidad)			30 %	Q105,43
Sub-total (suma de costos directos e indirectos)				Q456,87
IVA			12 %	Q54,82
Precio Unitario				Q511,69

Continuación del apéndice 6.

Renglón	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
1,5 FUNDICIÓN DE ÁREA DE MOLDES (t=0,15 m)	m ²	125	Q208,89	Q26 111,25
MATERIALES				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
Concreto f'c 3000 psi Agregado 1"	m ³	0,0515	Q985,64	Q50,76
malla electrosoldada 6"x6" 6/6	m ²	1,2	Q19,36	Q23,23
Madera	Pie	0,5	Q5,80	Q2,90
Alambre de amarre	q	0,005	Q352,00	Q1,76
Total de materiales sin IVA				Q78,65
MANO DE OBRA				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
Colocación de formaleta	m	0,5	Q3,50	Q1,75
Desencofrado de formaleta	m	0,5	Q2,50	Q1,25
Colocación de malla electrosoldada 6"x6" 6/6	m ²	1,0	Q2,10	Q2,10
Colocación de concreto	m ³	0,0515	Q72,50	Q3,73
Fundición de tacos de 4" x 4" x 4"	U	3,0	Q1,00	Q3,00
Alisado de concreto	m ²	1,0	Q22,65	Q22,65
Sub-total				Q34,48
Ayudante			43 %	Q14,83
Prestaciones			40 %	Q13,79
Herramienta			5 %	Q1,72
Total de mano de obra				Q64,82
MAQUINARIA Y EQUIPO				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
Total de maquinaria y equipo				Q0,00
RESUMEN				
Total Costo Directo (materiales + mano de obra + maquinaria y equipo)				Q143,47
Total Costo Indirecto (administrativos + utilidad)			30 %	Q43,04
Sub-total (suma de costos directos e indirectos)				Q186,51
IVA			12 %	Q22,38
Precio Unitario				Q208,89

Total de fabricación de base y área de Almacenaje	Q119 998,45
Total por metro cuadrado	Q1,20

Continuación del apéndice 6.

Moldes para losas prefabricadas *in situ* 100 000 m²

Cantidad de losetas total	41 667
Cantidad de moldes	5
Cantidad total de losetas por molde	8 333
Cantidad de losetas por molde	70
Cantidad de usos por molde	119

Vida útil del molde	500 usos
Mantenimiento cada	70 usos

Costo del molde	Q1 000,000,00
Servicio c/70 usos	Q125 000,00
Costo total del molde	Q1 125,000,00

Usos del molde	500,00
Costo del molde por uso	Q9 453,78
Costo del molde por loseta	Q27,00
Costo del molde por m ²	Q11,25

Continuación del apéndice 6.

Fabricación de losas prefabricadas *in situ* 100 000 m²

Renglón	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
2,1 FABRICACIÓN	m ²	100000	Q189,10	Q18 910,000,00
MATERIALES				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
Concreto f'c 4000 psi Agregado 3/8"	m ³	0,0515	Q1 144,00	Q58,92
malla electrosoldada 6"x6" 6/6	m ²	1,2	Q19,36	Q23,23
Aditivo desencofrante	gal	0,0125	Q31,26	Q0,39
Aditivo acelerante de concreto	gal	0,03321	Q265,85	Q8,83
Tubo de C.P.V.C. 20' 3/4" de Ø	U	0,008	Q81,20	Q0,65
Alambre de amarre	q	0,005	Q352,00	Q1,76
Discos plásticos separadores	U	3,0	Q0,49	Q1,47
Total de materiales sin IVA				Q95,25
MANO DE OBRA				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
Armado de moldes para planchas	U	4,0	Q0,75	Q3,00
Colocación de desencofrante	m ²	1,25	Q1,30	Q1,63
Colocación de malla electrosoldada 6"x6" 6/6	m ²	1,0	Q2,45	Q2,45
Colocación de discos separadores	U	4,0	Q1,00	Q4,00
Colocación de concreto	m ³	0,0515	Q70,25	Q3,62
Desarmado de molde	U	4,0	Q0,75	Q3,00
Sub-total				Q17,70
Ayudante			43 %	Q7,61
Prestaciones			40 %	Q7,08
Herramienta			5 %	Q0,89
Total de mano de obra				Q33,28

Continuación del apéndice 6.

MAQUINARIA Y EQUIPO				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
Vibrador de gasolina	m ³	0,0515	Q26,25	Q1,35
Total de maquinaria y equipo				Q1,35
RESUMEN				
Total Costo Directo (materiales + mano de obra + maquinaria y equipo)				Q129,88
Total Costo Indirecto (administrativos + utilidad)			30 %	Q38,96
Sub-total (suma de costos directos e indirectos)				Q168,84
IVA			12 %	Q20,26
Total del renglón				Q189,10

Transporte y almacenaje 100 000 m²

Maquinaria	No. de meses	Renta cada mes	Total
Grúa camión	15 meses	Q40 000,00	Q600 000,00
Mini-cargador	15 meses	Q13 000,00	Q195 000,00

Personal				
Cuadrilla				
1 Albañil	Q160,00	Día	Q960,00	Semana
4 Ayudantes	Q130,00	Día	Q3 120,00	Semana
TOTAL			Q4 080,00	Semana

No. de semanas por mes	4,345
Total de semanas	65,175
No. de cuadrillas	2
Total cuadrilla	Q531 828,00

Total por transporte y almacenaje	Q1 326,828,00
Total por metro cuadrado	Q13,27

Continuación del apéndice 6.

Colocación y fundición 100 000 m²

Renglón	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
3,1. COLOCACIÓN Y FUNDICIÓN	m ²	100000	Q264,94	Q26 494,000,00
MATERIALES				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
Concreto f'c 4000 psi Agregado 3/8"	m ³	0,0515	Q1 144,00	Q58,92
malla electrosoldada 6"x6" 6/6	m ²	1,2	Q19,36	Q23,23
Aditivo desencofrante	gal	0,00092	Q31,26	Q0,03
Curador anti-sol	gal	0,075	Q29,21	Q2,19
Hierro No. 3 (3/8") Grado 60	q	0,025	Q333,32	Q8,33
Hierro No. 4 (1/2") Grado 60	q	0,062	Q318,64	Q19,76
Discos plásticos separadores	U	3,0	Q0,49	Q1,47
Alambre de amarre	q	0,00348	Q352,00	Q1,22
Tacos de concreto de 2"x2"x2"	U	3,0	Q3,00	Q9,00
Madera	Pie	1,21	Q5,80	Q7,02
Clavo	q	0,000274	Q345,15	Q0,09
Total de materiales sin IVA				Q131,26
MANO DE OBRA				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
Armado de andamio	m ²	1,0	Q2,20	Q2,20
Colocación de formaleta	M	0,30	Q3,50	Q1,05
Colocación de losetas	m ²	1,0	Q3,00	Q3,00
Colocación de malla electrosoldada 6"x6" 6/6	m ²	1,0	Q2,45	Q2,45
Colocación de tacos de 2"x2"x2"	U	3,0	Q0,80	Q2,40
Colocación de discos separadores	U	3,0	Q1,00	Q3,00
Armado y colocación de hierro No 3 (3/8")	M	1,65	Q0,35	Q0,58
Armado y colocación de hierro No 4 (1/2")	M	2,36	Q0,45	Q1,06

Continuación del apéndice 6.

Colocación de desencofrante	m ²	1,0	Q1,30	Q1,30
Colocación de concreto	m ³	0,0515	Q70,25	Q3,62
Desencofrado de formaleta	M	0,30	Q2,00	Q0,60
Desarmado de andamio	m ²	1,0	Q2,20	Q2,20
Sub-total				Q23,46
Ayudante			43 %	Q10,09
Prestaciones			40 %	Q9,38
Herramienta			5 %	Q1,17
Total de mano de obra				Q44,10
MAQUINARIA Y EQUIPO				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
Puntales de acero	U	0,75	Q8,80	Q6,60
Total de maquinaria y equipo				Q6,60
RESUMEN				
Total Costo Directo (materiales + mano de obra + maquinaria y equipo)				Q181,96
Total Costo Indirecto (administrativos + utilidad)			30 %	Q54,59
Sub-total (suma de costos directos e indirectos)				Q236,55
IVA			12 %	Q28,39
Total del renglón				Q264,94

Transporte de planta a obra 100 000 m²

Maquinaria	No. de meses	Renta c/mes	Total
Camión de plataforma	15 meses	Q40 000,00	Q600 000,00
Mini-cargador	15 meses	Q13 000,00	Q195 000,00

Personal				
Cuadrilla				
1 Albañil	Q160,00	Día	Q960,00	Semana
4 Ayudantes	Q130,00	Día	Q3 120,00	Semana
		TOTAL	Q4 080,00	Semana

Continuación del apéndice 6.

No. de semanas por mes	4,345
Total de semanas	65,175
No. de cuadrillas	2
Total cuadrilla	Q531 828,00

Total por transporte de planta a obra	Q1 326,828,00
Total por metro cuadrado	Q13,27

Costo total 100 000 metros cuadrados

ACTIVIDAD	COSTO M²	COSTO TOTAL
Costo de fabricación de base y área de Almacenaje	Q1,20	Q120 000,00
Moldes para losas prefabricadas <i>in situ</i>	Q11,25	Q1 125,000,00
Fabricación de losas prefabricadas <i>in situ</i>	Q189,10	Q18 910,000,00
Transporte y almacenaje	Q13,27	Q1 327,000,00
Colocación y fundición	Q264,94	Q26 494,000,00
Transporte de planta a obra	Q13,27	Q1 327,000,00
TOTAL	Q493,03	Q49 303,000,00

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 7. **Integración de costos utilizando el sistema de losa tradicional**

Integración de costos estándar de losa tradicional

Renglón	Unidad	Cantidad	Costo unitario	Total
Losa tradicional	m ²	(Variable)	Q517,28	(Variable)
MATERIALES				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
Concreto f'c 4000 psi Agregado 3/8"	m ³	0,1	Q1 144,00	Q114,40
Hierro No. 3 (3/8")GRADO 60 de 20	var	3,167	Q26,13	Q82,75
Bombeo de concreto	m ³	0,1	Q134,00	Q13,40
Alambre de amarre	q	0,0043102	Q352,00	Q1,52
Madera de pino rústica de 1"x12"x 12'	pie	1,291008	Q5,80	Q7,49
Clavos de 3"	q	0,0008704	Q345,15	Q0,30
Desencofrante	gal	0,0869565	Q31,26	Q2,72
Curador anti-sol	gal	0,075	Q29,21	Q2,19
Discos plásticos separadores	U	3,0	Q0,49	Q1,47
Tacos de concreto de 2"x2"x2"	U	3,0	Q3,00	Q9,00
Total de materiales sin IVA				Q235,24
MANO DE OBRA				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
Armado de andamio	m ²	1,0	Q2,20	Q2,20
Entarimado de losa	m ²	1,0	Q22,08	Q22,08
Armado y colocación de hierro No 3 (3/8")	m ²	1,0	Q11,00	Q11,00
Colocación de tacos de 2"x2"x2"	U	3,0	Q0,80	Q2,40
Colocación de discos separadores	U	3,0	Q1,00	Q3,00
Colocación de desencofrante	m ²	1,0	Q1,30	Q1,30
Colocación de concreto	m ³	0,1	Q70,25	Q7,03
Desentarimado de losa	m ²	1,00	Q7,96	Q7,96
Desarmado de andamio	m ²	1,0	Q2,20	Q2,20
Sub-total				Q59,17
Ayudante			43 %	Q25,44
Prestaciones			40 %	Q23,67
Herramienta			5 %	Q2,96

Total de mano de obra	Q111,24
------------------------------	----------------

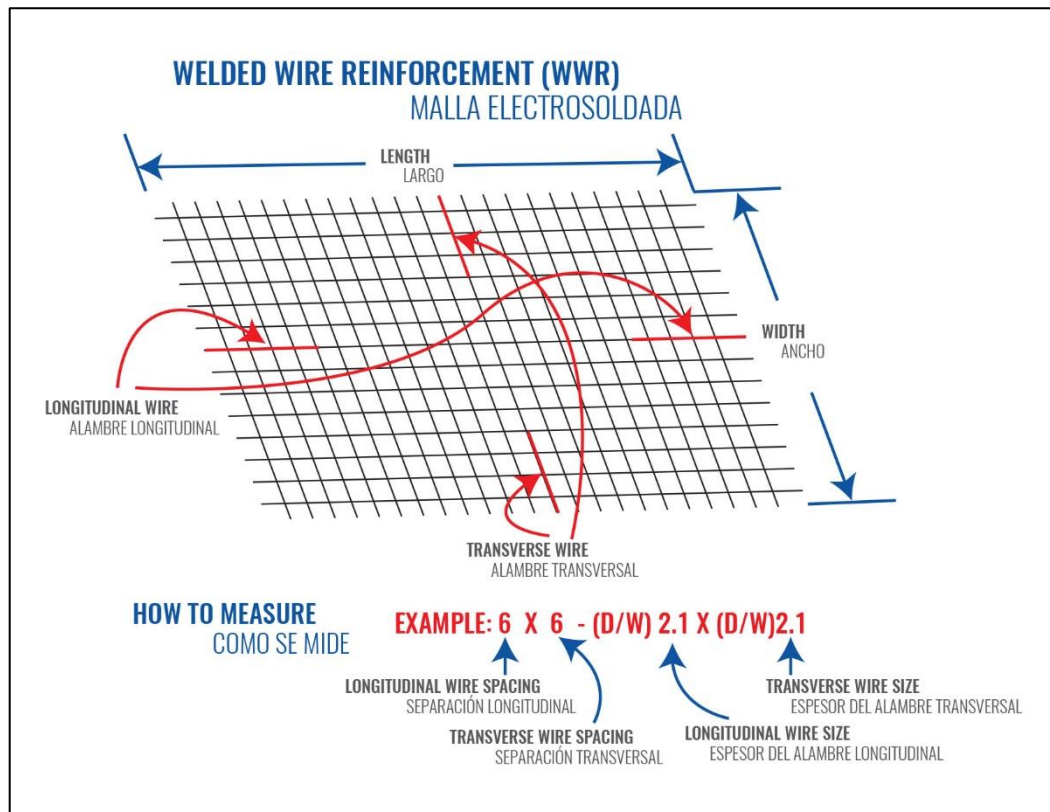
Continuación del apéndice 7.

MAQUINARIA Y EQUIPO				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
Puntales de acero	U	1,0	Q8,80	Q8,80
Total de maquinaria y equipo				Q8,80
RESUMEN				
Total Costo Directo (materiales + mano de obra + maquinaria y equipo)				Q355,28
Total Costo Indirecto (administrativos + utilidad)			30 %	Q106,58
Sub-total (suma de costos directos e indirectos)				Q461,86
IVA			12 %	Q55,42
Total del renglón				Q517,28

Fuente: elaboración propia.

ANEXOS

Anexo 1. Especificaciones de malla electrosoldada



Fuente: Steel Mart. *Electromalla*.

<https://steelmartusa.com/web2017/?page=productstable&category=1190&fam=1192>. Consulta:
07 de enero de 2022.

Anexo 2. Conversión de unidades

Magnitud	Unidad Sistema Ingles	Equivalencia con SI
Longitud	Pulgada	1in = 2.54 cm
	Pie	1 pie = 30.48 cm
	Yarda	1 yd = 0.914 m
	milla	1 mi = 1.609 Km
Masa	Libra	1 lb = 453.6 g
	Onza	1 oz = 28.35 g
	tonelada	1 t = 907.2 Kg
Volumen	Galón	1 gal = 3.785 L
	Cuarto	1qt = 946.4 mL
	Pie cubico	1 pie ³ = 28.32 L

Fuente: GRACÍA TREJO, Fabiola; OLVERA LÓPEZ, Karina; MARTÍNEZ MARTÍN, Raúl

Manelic. *Sistema internacional y sistema inglés de medidas.*

<http://simysi.blogspot.com/p/sistema-internacional-y-sistema-ingles.html>. Consulta: 07 de enero de 2022.

Anexo 3. Ecuaciones para diseño de losas prefabricadas *in situ*

- Cálculo de “d”

$$d = t - r$$

- Cálculo de los momentos por medio del método directo en los extremos y centro de la losa prefabricada *in situ*

$$M(IZQ - DER) = \frac{WL^2}{24}$$

$$M(CENTRO) = \frac{WL^2}{14}$$

- Cálculo de carga última

$$CU = 1,2 CM + 1,6 CV$$

- Cálculo de área de acero mínima

$$ASMIN = 0,4 * \left(\frac{14,1}{fy}\right) * b * d$$

- Cálculo de área de acero para momentos positivos y negativos

$$AS = (b * d) * \left[\left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2 * Rn}{0,85 f'c} \right)} \right) \right] * \left(\frac{0,85 f'c}{fy} \right)$$

- Cálculo área de acero por temperatura

$$ASTEMP = \rho_{temp} * b *$$

Fuente: PERDOMO CORDÓN, Danilo Antonio. *Guía teórica y práctica del curso concreto armado* 1. p. 46.

