



**UNIVERSIDAD LAICA VICENTE
ROCAFUERTE DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y
CONSTRUCCIÓN
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL**

**TEMA
RENDIMIENTO DEL ENCOFRADO TRADICIONAL Y EL
ENCOFRADO DESLIZANTE USADO EN TANQUES DE
HORMIGÓN ARMADO**

**TUTOR
MG. ÁLEX SALVATIERRA ESPINOSA**

**AUTOR
JOHN RICHARD SOTO PAREDES**

**GUAYAQUIL – ECUADOR
2022**

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA	
FICHA DE REGISTRO DE TESIS	
TÍTULO Y SUBTÍTULO: Rendimiento del encofrado tradicional y el encofrado deslizable usado en tanques de hormigón armado	
AUTOR/ES: John Richard Soto Paredes	REVISORES O TUTORES: MGTR. ÁLEX SALVATIERRA ESPINOSA
INSTITUCIÓN: Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil	Grado obtenido: Ingeniera Civil
FACULTAD: INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN	CARRERA: INGENIERÍA CIVIL
FECHA DE PUBLICACIÓN: 2022	N. DE PÁGS: 93
ÁREAS TEMÁTICAS: Arquitectura y construcción	
PALABRAS CLAVE: Ingeniería de la Construcción, hormigón, productividad, equipos e instalaciones.	
<p>RESUMEN: La finalidad del presente estudio es realizar un análisis comparativo entre un sistema de encofrado deslizable y un sistema de encofrado tradicional, para la obtención de una ficha comparativa. Por lo general, conocemos que los encofrados son aquellos materiales destinados al molde tanto en hormigones como en morteros, teniendo como objetivo principal contener y soportar un hormigón fresco hasta el momento exacto del fraguado evitando deformaciones y atribuyendo la forma deseada ya que estos son usados de forma temporal y posteriormente se puede reutilizar. El hormigón armado es un material que se utiliza comúnmente con alta resistencia posee dos elementos acero y hormigón, que, sin embargo, uno de ellos no soporta la tracción mientras que el acero la puede soportar tanto como a la compresión, la combinación de ambos permite que este producto sea mucho más resistente; se puede decir que la sinergia entre estos dos componentes le da una variedad de propiedades el cual lo convierte en uno de los materiales más utilizados en cuanto a la construcción moderna. El encofrado requiere de otros elementos para que permita el soporte, la seguridad, la facilidad de montaje y la durabilidad. Es importante estar al tanto de los incidentes laborales de aquellos colaboradores que están constantemente involucradas en el mismo proceso debido a que esto puede generar costos adicionales en el proyecto y además puede retrasar el cronograma de actividades establecido.</p>	
N. DE REGISTRO (en base de datos):	N. DE CLASIFICACIÓN:

DIRECCIÓN URL (tesis en la web):		
ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/>
CONTACTO CON AUTOR/ES: -	Teléfono:	E-mail: jsotop@ulvr.edu.ec
Soto Paredes John Richard		
CONTACTO EN LA INSTITUCIÓN:	Mgtr.Ing. Milton Gabriel Andrade Laborde Teléfono: 2596500 Ext. 210 E-mail: mandradel@ulvr.edu.ec Mgtr.Maria Eugenia Dueñas Barberan Telefono: 2596500, Ext. 209 E-mail: mdueñasb@ulvr.edu.ec	

CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO ACADÉMICO

RENDIMIENTO DEL ENCOFRADO TRADICIONAL Y EL ENCOFRADO DESLIZANTE USADO EN TANQUES DE HORMIGÓN ARMADO

AUTOR: JOHN RICHARD SOTO PAREDES

SOTO JOHN			
INFORME DE ORIGINALIDAD			
8%	8%	0%	1%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE
FUENTES PRIMARIAS			
1	docplayer.es Fuente de Internet		1%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet		1%
3	repositorio.ulvr.edu.ec Fuente de Internet		1%
4	es.slideshare.net Fuente de Internet		1%
5	tesis.ipn.mx Fuente de Internet		1%
6	www.repositorio.uancv.edu.pe Fuente de Internet		1%
7	strongforms.com Fuente de Internet		1%
8	www.slideshare.net Fuente de Internet		1%
9	www.umacon.com Fuente de Internet		1%

Atentamente,



ING. ALEX SALVATIERRA ESPINOZA, MSIG
PROFESOR TUTOR

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS PATRIMONIALES

El (Los) estudiante(s) egresado(s), **SOTO PAREDES JOHN RICHARD** declara (amos) bajo juramento, que la autoría del presente proyecto de investigación, **RENDIMIENTO DEL ENCOFRADO TRADICIONAL Y EL ENCOFRADO DESLIZANTE USADO EN TANQUES DE HORMIGÓN ARMADO**, corresponde totalmente a el(los) suscrito(s) y me (nos) responsabilizo (amos) con los criterios y opiniones científicas que en el mismo se declaran, como producto de la investigación realizada.

De la misma forma, cedo (hemos) los derechos patrimoniales y de titularidad a la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil, según lo establece la normativa vigente.

Autor(es)

Firma:



Soto Paredes John Richard

C.I. 0930538731

CERTIFICACIÓN DE ACEPTACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Proyecto de Investigación, designado(a) por el Consejo Directivo de la Facultad de ADMINISTRACIÓN de la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil.

CERTIFICO:

Haber dirigido, revisado y aprobado en todas sus partes el Proyecto de Investigación titulado: **RENDIMIENTO DEL ENCOFRADO TRADICIONAL Y EL ENCOFRADO DESLIZANTE USADO EN TANQUES DE HORMIGÓN ARMADO**, presentado por el estudiante **SOTO PAREDES JOHN RICHARD** como requisito previo, para optar al Título de **INGENIERA CIVIL**, encontrándose apto para su sustentación.

Firma:



C.I. 0930538731

AGRADECIMIENTO

A Dios por permitirme este logro en mi vida, a todas las personas que me ayudaron en todo el proceso del desarrollo de este proyecto, a mi mamá por aconsejarme guiarme y estar ahí para mí, a mi padre que desde muy lejos me está guiando para cada día ser una mejor persona y un excelente profesional.

John Richard Soto Paredes.

DEDICATORIA

A mi madre que con cada consejo que me dio a lo largo de mi vida y en mi carrera universitaria fueron la parte fundamental para seguir adelante en todo momento no hubiera podido tener este éxito sin ella, a mi hermana que ha estado en todo momento conmigo y no me podría olvidar de mi papa que está en el cielo que desde allá estará muy feliz y que me apoya desde lejos en todo momento por eso le dedico este logro a mi familia y su amor incondicional.

John Richard Soto Paredes.

Indices General

CERTIFICACIÓN DE ACEPTACIÓN DEL TUTOR	VI
INDICES GENERAL	IX
ÍNDICE DE TABLAS	XII
ÍNDICE DE FIGURAS	XIII
ÍNDICE DE ANEXOS	XV
INTRODUCCIÓN	16
CAPÍTULO I	17
EL PROBLEMA	17
1.1. TEMA	17
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	17
1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	18
1.4. SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA	18
1.5. OBJETIVO	18
1.5.1. GENERAL	18
1.5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
1.6. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	19
1.6.1. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA	19
1.6.2. JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA	19
1.6.3. JUSTIFICACIÓN AMBIENTAL	19
1.7. DELIMITACIÓN O ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN	19
1.8. HIPÓTESIS	20
1.8.1. VARIABLE INDEPENDIENTE	20
1.8.2. VARIABLE DEPENDIENTE	20
1.9. LÍNEA DE INVESTIGACIÓN	20
CAPÍTULO 2	21
MARCO TEÓRICO	21
2.1. ANTECEDENTES	21
2.2. BASES TEÓRICAS QUE SUSTENTAN LA INVESTIGACIÓN	23
2.2.1. ETAPAS Y PROCESO DE UN PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN	24
2.2.2. TANQUES DE HORMIGÓN ARMADO	24
2.2.3. ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO	26
2.2.4. TÉCNICAS DE CONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO	26

2.2.5.	PROCESOS DE CONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO	27
2.2.6.	MATERIALES UTILIZADOS	29
2.3.	EL DISEÑO ESTRUCTURAL	33
2.3.1.	TANQUES RECTANGULARES ENTERRADOS	34
2.3.2.	TANQUES RECTANGULARES ELEVADOS	34
2.3.3.	SISTEMAS DE ENCOFRADO DE HORMIGÓN ARMADO	35
2.3.4.	MATERIALES SEGÚN SISTEMAS DE ENCOFRADO	44
2.3.5.	SISTEMA DE ENCOFRADO DESLIZANTE	45
2.3.6.	MÉTODOS, TIEMPOS Y MOVIMIENTOS	50
2.4.	TIEMPOS Y MOVIMIENTOS	51
2.5.	DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO	51
2.6.	MARCO CONCEPTUAL	53
2.7.	MARCO LEGAL	54
2.7.1.	AMERICAN CONCRETE INSTITUTE	54
2.7.2.	NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN	54
2.7.3.	INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN	55
CAPÍTULO 3		57
MARCO METODOLÓGICO		57
3.1.	TIPO DE INVESTIGACIÓN	57
3.2.	ENFOQUE	57
3.3.	TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN	57
3.3.1.	OBSERVACIÓN	57
3.4.	POBLACIÓN	57
3.5.	MUESTRA	58
3.6.	VARIABLES E INDICADORES DE ANÁLISIS	58
CAPÍTULO 4		59
4.1.	RESULTADOS Y ANÁLISIS	59
4.1.1.	DETERMINAR LAS DIFERENCIAS EN LOS PROCESOS DE ENCOFRADO TRADICIONAL Y ENCOFRADO DESLIZANTE, PLÁSTICO Y METÁLICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN TANQUE DE HORMIGÓN ARMADO.	59
4.1.2.	ESTABLECER UN ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL ENCOFRADO TRADICIONAL Y EL DESLIZANTE EN LA CONSTRUCCIÓN DE TANQUES DE HORMIGÓN ARMADO	78
4.1.3.	COSTOS COMPARATIVOS ENTRE DIFERENTES ENCOFRADOS	80
4.1.4.	ENCOFRADO TRADICIONAL	80
CONCLUSIONES		87
RECOMENDACIONES		88

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	89
ANEXOS	93

Índice de tablas

Tabla 1. Delimitación de la investigación.....	19
Tabla 2. Línea de investigación	20
Tabla 3. Algunos tipos de tanques de hormigón armado	24
Tabla 4. Impurezas del agua.....	33
Tabla 5. Tipo de encofrado lineal	40
Tabla 6. Encofrado deslizante por forma de estructura.....	46
Tabla 7. Mezcla estándar para el concreto	52
Tabla 8. Tabla de variables e indicadores	58
Tabla 9. Descripción del proyecto.....	65
Tabla 10. Características técnicas de encofrado tradicional y deslizante	78
Tabla 11. Análisis de precios unitarios de encofrado tradicional en madera.....	80
Tabla 12. Análisis de precios unitarios de encofrado metálico.....	81
Tabla 13. Análisis de precios unitarios de encofrado plástico	82
Tabla 14. Análisis de precios unitarios de encofrado deslizante.....	83
Tabla 15. Cuadro comparativo de costos	84
Tabla 16. Presupuesto de sistema de encofrados	84
Tabla 17. Cuadro comparativo de sistema de encofrados	84

Índice de figuras

Figura 1. Mapa específico de teorías y conceptos sobre construcción de tanques de hormigón armado Elaborado por: Soto, J (2022)	26
Figura 2. Proceso de construcción de hormigón armado	28
Figura 3. Tabla de agregado fino	31
Figura 4. Tabla de agregado fino	32
Figura 5. El proceso de diseño	33
Figura 6. Modelo de encofrado especial	36
Figura 7. Modelo de encofrado horizontal	36
Figura 8. Encofrado vertical.....	37
Figura 9. Tipo de materiales de encofrado.....	38
Figura 10. Tipo de materiales de encofrado.....	38
Figura 11. Encofrado tradicional.....	39
Figura 12. Sistema de encofrado perdido.....	42
Figura 13. Obra de concreto utilizando encofrado flexible.....	43
Figura 14. Sistema de encofrado de aluminio	43
Figura 15. Estructura del tronco de madera	45
Figura 16. Imágenes de sistemas de encofrado deslizante	46
Figura 17. Encofrado deslizante para obras rectas	47
Figura 18. Partes principales de cerchas y diagonales	48
Figura 19. Esquema de elementos de un encofrado deslizante	48
Figura 20. Etapas en el desarrollo de un proyecto	50
Figura 21. Flujograma de proceso de sistema de encofrado de madera.....	61
Figura 22. Proceso de encofrado metálico	63
Figura 23. Proceso de encofrado plástico.....	64
Figura 24. Diseño de tanque: Vista superior	66
Figura 25. Diseño de tanque vista lateral	66
Figura 26. Diseño de tanque: medidas	67
Figura 27. Detalle de armadura de las vigas	68
Figura 28. Diseño de sección transversal del tanque	69
Figura 29. Flujograma de proceso general del sistema de encofrado deslizante	70
Figura 30. Flujograma de proceso de montaje y desmontaje del encofrado deslizante	71
Figura 31. Armado del elemento vertical a deslizar en su totalidad	72

Figura 32. Imagen de tablero de arranque.....	72
Figura 33. Vista lateral del tablero de arranque	73
Figura 34. Imagen de separadores.....	73
Figura 35. Imagen lateral de tableros	74
Figura 36. Imagen de fijación al marco y tablero	74
Figura 37. Imagen de pilares metálicos.....	75
Figura 38. Imagen de estructura armada	75
Figura 39. Imagen de atirantado.....	75
Figura 40. Imagen de alineación de guías verticales.....	76
Figura 41. Imagen de hormigonado por capas	76
Figura 42. Imagen de ascensión de encofrado	77
Figura 43. Sistema de encofrado de madera	85
Figura 44. Sistema de encofrado de plástico.....	85
Figura 45. Sistema de encofrado metálico	85
Figura 46. Sistema de encofrado deslizante	86
Figura 47. Comparación de costos de encofrado tradicional, deslizante, metálico y plástico.....	86

Índice de anexos

Anexo 1. Cálculo de gasto de mano de obra directa e indirecta	93
---	----

Introducción

Esta investigación que tiene objetivos académicos como trabajo de fin de grado de la carrera de ingeniería civil aborda el proceso del encofrado que es una fase de un proceso en la construcción de infraestructuras de hormigón armado, que no obstante es invisible en el producto final define la calidad, durabilidad, funcionalidad y costos de un proyecto.

Para esto se ha definido un objetivo general de análisis comparativo entre opciones de encofrado tradicional, como se conoce al que utiliza principalmente madera, demanda trabajo de carpintería. La otra opción es el encofrado deslizante, mismo que utiliza principalmente elementos metálicos y requiere otros elementos tecnológicos como son bombas, brazos hidráulicos, grúas, entre otros.

Para describir estructuradamente la investigación, este documento se conforma de cuatro capítulos además de las conclusiones y recomendaciones. El primero describe la problemática, la formulación del problema y su correspondiente sistematización. Seguido del planteamiento del objetivo general y específicos. También se presenta la justificación del trabajo.

El segundo capítulo aborda el marco referencial, teórico, conceptual y legal. En el primer se realiza un recorrido por investigaciones similares, permite entender el estado de la investigación sobre el tema. El marco teórico hace énfasis en las teorías sobre la construcción en general y el encofrado en particular. Adicionalmente, están los conceptos y la normativa sobre el objeto investigado.

El tercer capítulo se refiere a la descripción de la metodología aplicada en esta investigación, misma que permite entender el proceso y la pertinencia de las conclusiones y recomendaciones que aquí se vierten.

El cuarto capítulo presenta el desarrollo de cada uno de los objetivos. Incluye descripción del proyecto constructivo, alrededor del cual se analiza posibles alternativas de encofrado, presupuestos, procesos y gráficos. Finalmente se presenta las conclusiones y recomendaciones.

Capítulo I

EL PROBLEMA

1.1. Tema

Rendimiento del encofrado tradicional y el rendimiento del encofrado deslizante usado en tanques de hormigón armado.

1.2. Planteamiento del problema

Unos de los principales problemas a revisar son los accidentes laborales de las personas involucradas en el proceso de encofrado o desencofrado tales como caída de objetos por desplome, desprendimiento o manipulación, pisada sobre objetos, golpes contra objetos inmóviles, sobreesfuerzos, daños a la salud por agentes químicos como es el polvo de cemento de tierra, entre otros (Construmatica, 2021). Los accidentes laborales además de generar costos adicionales, también afecta el proceso y por ende costos adicionales al proyecto.

Otro problema muy inusual es el desplome del encofrado en el montaje, este colapso genera accidentes laborales por aplastamiento y/o caída de los trabajadores involucrados en el proceso; esto puede ocurrir durante el proceso de montaje del encofrado, de la instalación de la estructura metálica, de la colocación del ladrillo de techo, en el momento del vertido del hormigón; también puede producirse el colapso posteriormente, en el proceso de fraguado.

Este problema es el resultado de fallos de la estructura de soporte, deficiencias del dimensionamiento o de su ejecución, cambio de condiciones del hormigonado, concentraciones puntuales de masas de hormigón o consistencias diferentes a las previstas (Garrido et al., 2011).

Daños superficiales del hormigón por encofrado pegado al hormigón que al desencofrar arranca partes de la superficie de losa, viga o columna. También desprendimiento de la capa de enlucido dejando a la vista los áridos, esto en gran parte puede ser por permeabilidad del encofrado (UDC, 2010).

Por lo anterior cada proyecto de construcción requiere un diseño específico, técnicamente planificado de la fase de encofrado que está estrechamente vinculado al proceso de hormigonado y el tipo de estructura que se espera. Para esto se debe considerar

todas las opciones tecnológicamente disponibles y seleccionar aquella que desde una relación técnica-costo-beneficio sea la más adecuada

En este proyecto de investigación se hará un análisis comparativo bajo dos técnicas, una con la tecnología de encofrado deslizante y otra con el encofrado tradicional para tanque de hormigón armado con el fin de mejorar el rendimiento y la técnica del encofrado utilizado.

Para el análisis referido se estudiará tipos de encofrados, tiempo, materiales, costos, ventajas y desventajas que se debe considerar en la utilización de las técnicas de encofrado deslizante y el tradicional. La información obtenida permitirá obtener información de calidad, tiempos, procesos, costos y desperdicio que se generan.

1.3. Formulación del problema

¿Analizar el sistema de encofrado tradicional y encofrado deslizante para la construcción de un tanque de hormigón armado?

1.4. Sistematización del problema

- ¿Cuáles son las características técnicas del encofrado tradicional en la construcción de tanques de hormigón armado?
- ¿Cuáles son las características técnicas del encofrado deslizante en la construcción de tanques de hormigón armado?
- ¿Cuál sería las diferencias en los procesos de encofrado tradicional y encofrado deslizante para la construcción de un tanque de hormigón armado?
- ¿Cuál es la diferencia de costo de un encofrado tradicional y encofrado deslizante aplicados a tanques de almacenamiento?

1.5. Objetivo

1.5.1. General

- Analizar comparativamente el uso de encofrado tradicional y encofrado deslizante en tanques de hormigón armado.

1.5.2. Objetivos Específicos

- Analizar las características técnicas del encofrado tradicional en la construcción de tanques de hormigón armado.

- Analizar las características técnicas del encofrado el deslizante en la construcción de tanques de hormigón armado.
- Determinar las diferencias en los procesos de encofrado tradicional y encofrado deslizante para la construcción de un tanque de hormigón armado.

1.6. Justificación de la investigación

1.6.1. Justificación teórica

Para este proyecto se propone dos sistemas de encofrados como tradicional y encofrado deslizante para la construcción de tanque de hormigón armado con la finalidad de determinar las diferencias en cada sistema, sus ventajas y desventajas al momento de encofrar estas estructuras de gran tamaño y que nos es de mucha ayuda en proyectos de gran envergadura.

1.6.2. Justificación práctica

Al respecto del área de ingeniería civil este sistema de encofrado deslizante puede ser propuesto como un método más seguro y con menor tiempo de hormigonado y a la vez algo innovador ya que en nuestro país son muy pocas las empresas que lo utilizan talvez por desconocer del tema, pero es un método más rápido en procesos de hormigonados.

1.6.3. Justificación ambiental

La presente investigación se perfila hacia un proyecto de construcción que demanda un gran volumen de materiales y, por ende, genera una gran masa de desperdicios. Por lo anterior y orientado a una industria de construcción moderna, es necesario que este disponga de información para que se ejecute en las mejores condiciones de sustentabilidad con el propósito de no emitir grandes contaminantes al ambiente.

1.7. Delimitación o alcance de la investigación

Tabla 1. Delimitación de la investigación

Campo:	Educación Superior. Tercer nivel de grado
Área:	Ingeniería Civil
Aspecto:	Investigación Técnica constructivo
Tema:	Rendimiento del encofrado tradicional y el encofrado deslizante usado en tanques de hormigón armado.

Delimitación espacial:	Guayaquil
Delimitación temporal:	6 meses

Fuente: Soto, J (2022)

1.8. Hipótesis

El encofrado deslizante rinde mejor con base en el tiempo de instalación y costo con respecto al encofrado tradicional.

1.8.1. Variable independiente

Rendimiento del encofrado tradicional y el encofrado deslizante.

1.8.2. Variable dependiente

Tanques de hormigón armado.

1.9. Línea de investigación

Tabla 2. Línea de investigación

Línea de investigación		
ULVR	FIIC	Sub línea
Urbanismo y ordenamiento territorial aplicando tecnología de construcción eco-amigable, industria y desarrollo de energías renovables	Materiales de Construcción	Materiales innovadores en la construcción.

Fuente: (Universidad Laica Vicente Rocafuerte [ULVR], 2020)

Capítulo 2

Marco teórico

2.1. Antecedentes

En este trabajo de titulación se harán menciones a diferentes estadísticas, tesis, ensayos y artículos que mantienen una relación con el proyecto de investigación sobre el sector de la construcción, el hormigón armado y los diferentes tipos de encofrado.

Esta investigación se centra en el análisis del proceso de encofrado que es parte de la actividad de la construcción, misma que es inherente al ser humano, por medio de ella se protege de las inclemencias del clima mediante la vivienda, también de infraestructura de vialidad tal como carreteras, puentes, túneles y otros, así como infraestructura para la producción de otros sectores de la economía como son las represas que provee agua para usos agrícolas, consumo humano y fuerza hidroeléctrica para generación de energía. En Ecuador el Valor Agregado Bruto del sector de la construcción ascendió a US\$ 11.816,6 millones en el año 2019, equivalente al 11,71% del total nacional; de esto US\$ 3.573,2 millones se generaron en Guayas, equivalente al 30,24% del sector (BCE, 2020). Estas cifras expresan la relevancia como actividad económica y como actividad profesional y laboral.

Según Correo & Correa (2018) en su tesis expresa lo siguiente; la problemática gira alrededor de la utilidad de los materiales de encofrados, mismos que condicionan el monto de la inversión, sus características y el impacto de la obra con respecto al medio ambiente. El objetivo general es analizar técnica y económicamente el empleo del encofrado metálico y el tradicional para la construcción de edificaciones.

Es una investigación con diseño cuantitativo. La población investigada en los habitantes económicamente activos del cantón La Troncal, provincia del Guayas, estimada en 26.928. La muestra calculada al 5% de error y 95% de nivel de significación asciende a 31 personas encuestadas, todos miembros de la asociación de maestros constructores. Las técnicas aplicadas fueron la encuesta.

Entre las principales conclusiones se citan las siguientes:

Se prefiere el encofrado tradicional de madera y caña por sus menores costos con respecto a la alternativa de encofrado metálico.

La diferencia en el costo de ambas alternativas asciende a US\$ 7.967,86 en favor del sistema metálico.

El tiempo de vida del encofrado de madera es más corto por su pronta deformación, el metálico es durable. El autor recomienda que se debe impulsarse el uso del encofrado metálico para la el cuidado del medio ambiente.

Según Moreno (2018) en su tesis expresa lo siguiente; no obstante tener mucho tiempo como tecnología disponible para la industria de la construcción, aún existe poca información sobre la utilización de sistemas de encofrado deslizante y sus beneficios para el proceso, los costos y la calidad del producto. El objetivo general es determinar la productividad en construcciones de tanques elevados de concreto armado con el sistema de encofrados deslizantes del encofrado tradicional La metodología aplicada es de tipo no experimental, estudio descriptivo, correlacional y cuantitativo. La técnica empleada es la observación.

Las principales conclusiones son:

El rendimiento del encofrado deslizante para una estructura de 12 a 24 mts. Es de 60 m² por día, el trepante rinde 50 m² por día; el encofrado deslizante reduce el tiempo y costos en comparación al trepante. El precio del encofrado deslizante es de 89,38 el m², el trepante registra 111,78 m².

El tiempo del proceso del encofrado deslizante registra 20 días, para el trepante 24 días los encofrados deslizantes por ser un sistema continuo, reduce el tiempo de construcción en estructuras circulares altas.

La diferencia en costos de ambos sistemas de encofrado es particularmente más relevante a partir de su uso en estructuras de 10 metros de altura en adelante.

Según Chunga & Ramírez (2019) en su trabajo de titulación tiene como objetivo general; estudiar el empleo o uso del Sistema de Encofrado Auto trepante (ATR) como una solución técnica moderna con mayores beneficios que el sistema de encofrado metálico convencional en la construcción de edificaciones de gran altura.

Las principales conclusiones son:

El sistema de encofrado auto trepante es un sistema de uso más práctico para construcciones de gran altura. El sistema deslizante sería más costoso por el cambio de moldes a otras dimensiones por el uso de grúas y velocidad de construcción con respecto al

tradicional. El sistema de encofrado Auto trepante es más seguro que el Sistema Metálico Convencional, ya que cuenta con plataformas de trabajo, las cuales incorporan elementos de seguridad en todo su perímetro haciendo que los trabajadores realicen sus labores de manera más segura y productiva. Un punto importante también es que el sistema auto trepante es ideal para espacios limitados, ya que las consolas quedan sujetas a los muros ya construidos

2.2. Bases teóricas que sustentan la investigación

El elemento estructural de un proyecto de construcción es el hormigón armado, que está estrechamente vinculado al molde que es el encofrado. La formación de encofrados para la construcción de estructuras utiliza materiales que se encuentra en el entorno, tradicionalmente la madera. A través de los años, ha evolucionado tecnológicamente buscando eficiencia y eficacia. En sus inicios el material predominante fue la madera como material para encofrado; con el avance de los años se realizaron innovaciones hasta utilizar otros materiales como estructuras metálicas e inclusive material plástico, ambos reutilizables.

Para las bases teóricas y conceptuales el tema central es la técnica constructiva para el hormigón armado que tiene como molde el encofrado analizado como un subsistema que es parte del sistema de la construcción. A partir de esta base, el mapa de conceptos que se desarrollará en este párrafo seguirá el siguiente marco teórico-conceptual:

2.2.1. Etapas y proceso de un proyecto de construcción

2.2.2. Tanques de hormigón armado

Tabla 3. Algunos tipos de tanques de hormigón armado





Fuente: (Comunidad 360 en Concreto , 2018).

El concepto de tanque construido en hormigón armado ha estado presente, tal vez con antelación al de metal, sirve para múltiples usos, principalmente para agua potable, pozos sépticos, reservorio de agua para sistemas de riego agrícola, entre otros usos. En cuanto a la ubicación con respecto al suelo pueden ser aéreos como los de agua potable, sobre la superficie, subterráneos o semisubterráneos, dependiendo el uso y sobre todo el aprovechamiento de la gravedad como destino como es el caso de pozos sépticos que por lo general están enterrados o la gravedad como fuente como es el caso de tanques para agua para consumo.

En el funcionamiento estructural de los tanques cuadrados o rectangulares predomina la flexo-tensión. La principal acción sobre los muros es el empuje hidrostático del agua de adentro hacia afuera y los empujes exteriores del relleno y del agua freática, si el depósito se encuentra enterrado o semienterrado.

Un mapa conceptual alrededor de la construcción del tanque de hormigón armado se lo presenta en la figura 1, incluye la definición del objeto, el tipo de tanques, las fases de diseño y construcción, la descripción de materiales, sistema de encofrado que utilizará la ejecución del proyecto, las especificaciones técnicas y el proceso de construcción.

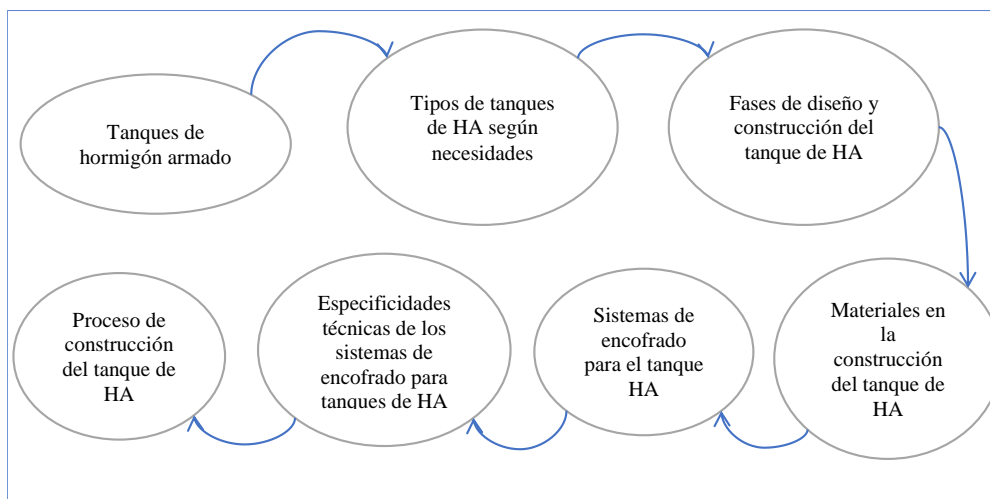


Figura 1. Mapa específico de teorías y conceptos sobre construcción de tanques de hormigón armado
Elaborado por: Soto, J (2022)

2.2.3. Estructuras de hormigón armado

El hormigón es una mezcla obtenida mecánicamente de un aglomerante como es el cemento portland, una determinada dosificación de áridos (arena y grava) todo esto amasado con agua en la cantidad adecuada. Esta masa se endurece o fragua con el tiempo, el cemento es el elemento activador de ese endurecimiento, rápido al principio, se desacelera posteriormente. La resistencia o dureza obtenida de la mezcla depende de la calidad del cemento, que está en función de su proceso de cocción, contenido de silicato tricálcico (Griñán, 1989).

Se denomina hormigón armado a una mezcla específica de hormigón que tiene un reforzamiento interior conformado armaduras de acero que podrán ser barras lisas, corrugadas, mallas tejidas o electrosoldadas, cuya función es una vez fraguada, absorber los esfuerzos de tracción a que queda sometido (Guerrin et al., 1978). Un aspecto crítico es la durabilidad del hormigón que debe ser asegurada, para esto existen normas técnicas de construcción en Ecuador, debe responder a exigencias de la obra como son: resistencia mecánica, resistencia a agentes agresivos y la intemperie (Yépez & Guerra, 2016).

2.2.4. Técnicas de construcción de estructuras de hormigón armado

Las técnicas de construcción de estructuras de hormigón armado dependerá del tipo de estructuras y su funcionalidad, no obstante, existen elementos transversales que deberán presentar cualquier técnica aplica que son la consideración de: resistencias mecánicas de acuerdo al uso que reciban, estabilidad química de los materiales en función de resistencia a agentes agresivos, estabilidad física en cuanto a las dimensiones, seguridad para el manejo

y la utilización, protección industrial de los obreros que participan en el proceso, el respeto al medio ambiente, aislamiento térmico y acústico, estabilidad y protección ante incendios, comodidad de uso, valor estético y eficiencia económica (Yépez & Guerra, 2016).

2.2.5. Procesos de construcción de estructuras de hormigón armado

De manera general el proceso de construcción de estructuras de hormigón armado tiene el proceso conforme la ilustración en la figura 2; inicia con la excavación que permitirá poner los cimientos o fundaciones que sustentarán la construcción, el tipo de excavación, su profundidad, los elementos complementarios que se agregue dependerá de la estructura del terreno donde se asentará.

Posteriormente, se procederá al drenaje de la excavación, esta será más o menos compleja; dependiendo el nivel de la capa freática, misma que está en función de la altitud del terreno y de la proximidad de cursos fluviales de agua.

Una tercera fase es la compactación, para esto se cubre la excavación adecuadamente drenada. En esta fase de compactación se agregarán materiales permeables tales como áridos (Figura 2).

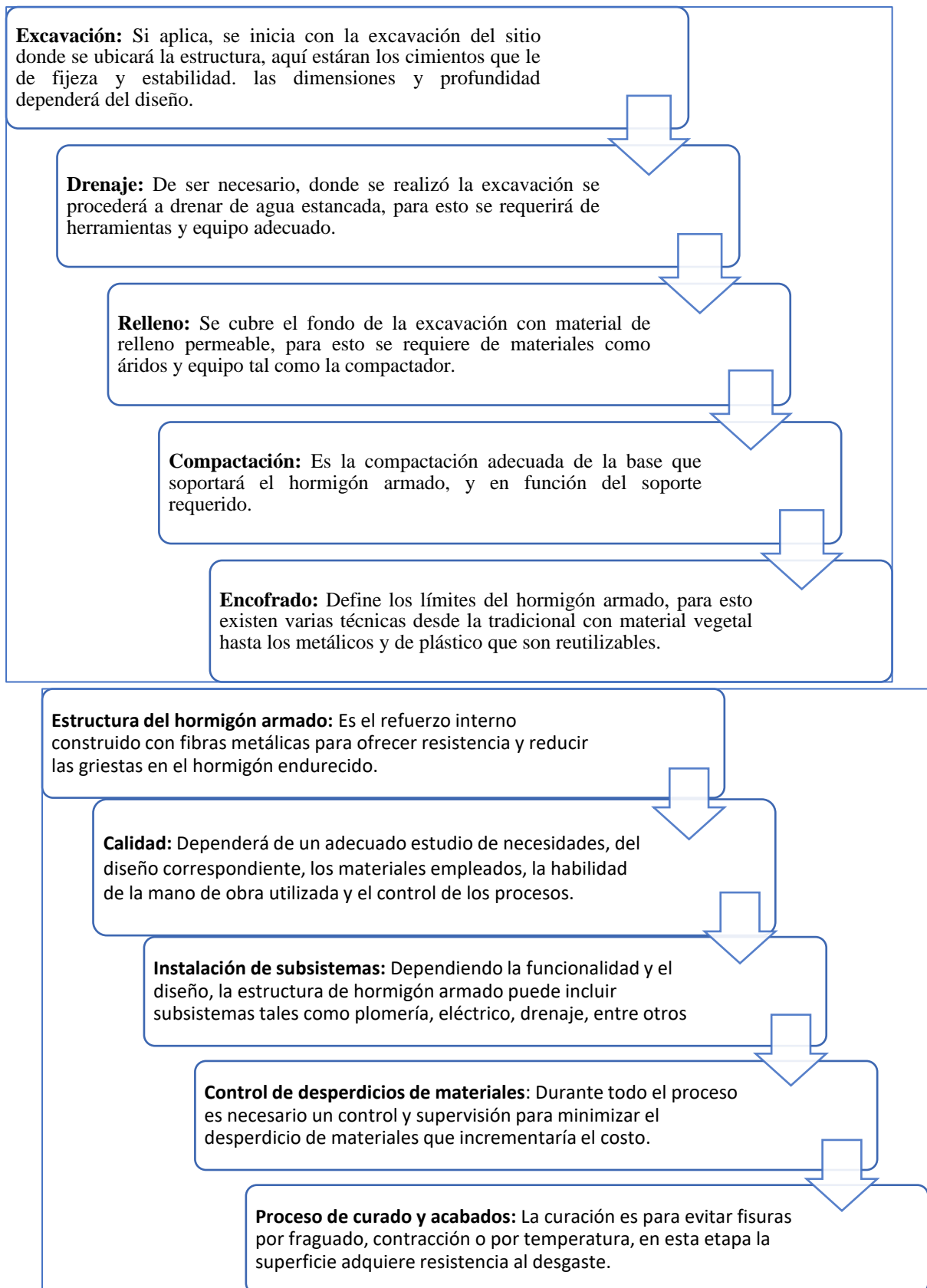


Figura 2. Proceso de construcción de hormigón armado

Fuente: (PaviConj, 2018)

Elaborado por: Soto, J (2022)

2.2.6. Materiales Utilizados

2.2.6.1. Hormigón

El hormigón está compuesto por algunos materiales que son, cemento, piedra, arena y agua.

2.2.6.2. Cemento

El cemento es un material aglomerante que tiene propiedades de adherencia y cohesión que es necesaria para la unión de fragmentos minerales entre sí, formando una mezcla sólida, de resistencia y durabilidad adecuada.

El cemento es el ingrediente primordial del concreto premezclado, el cemento es un polvo fino, de color grisáceo que es el producto de la cocción a muy altas temperaturas aproximadamente de 1400 °C de caliza y arcilla mediante procesos especiales. El Clinker es enfriado y luego es molido junto con el yeso hasta que se convierte en un polvo más conocido como cemento portland.

Existen diferentes tipos de cemento Portland como:

Cemento tipo I

Este cemento es uno de los más conocidos en el mercado es apropiado donde no se requiere en propiedades específicas de otros cementos, se utiliza en hormigones normales que no están expuestos a sulfatos en el ambiente su empleo en concretos incluye pavimentos, pisos, puentes, tanques, embalses, etc.

Cemento tipo II

Son cementos con propiedades modificadas para cumplir propósitos especiales como estar expuestos a suelos o agua subterráneas donde la concentración de sulfatos es muy alta, este cemento se puede usar en piscinas uno de los usos también es en la colocación de mampostería.

Cemento tipo III

Son cementos de fraguado rápido, que se utiliza en obras que están en constante flujo de agua durante su construcción o en obras que pueden estar inestables para su pronto construcción.

Cemento tipo IV

Son cementos de fraguado lento se usa donde se quiere minimizar la cantidad de calor generado por la hidratación. Se emplea en obras que contienen grandes volúmenes de hormigón como en represas, hidroeléctricas, permitiendo así controlar el calor emitido durante el proceso de fraguado.

Cemento tipo V

Son cementos de alta resistencia a los sulfatos principalmente donde el suelo y el agua subterránea contienen una gran concentración de sulfatos estos pueden estar presentes en el medio ambiente y con facilidad estos cementos se provocan la desintegración del hormigón y la destrucción de la estructura.

2.2.6.3. Agregados

Los agregados son un conjunto de partículas, de origen natural o artificial, que pueden ser procesados o elaborados. Pueden variar en su tamaño que van desde partículas muy pequeñas hasta pedazos de piedras, en conjunto con el agua y el cemento, en el cual conforman la mezcla de materiales necesarios para la fabricación del concreto.

En los hormigones estructurales, los agregados son los que ocupan alrededor del 60 % al 75% del volumen total del concreto, esto influye fuertemente en las propiedades tanto en estado fresco como endurecido, en las propiedades de la mezcla del concreto el volumen restante este compuesto por el cemento, agua.

Los agregados para el concreto deben cumplir con las siguientes normas, (ASTM C33) y (NTP 400.037), los agregados se clasifican en agregado fino y agregado grueso. (Supermix S.A, 2021).

Agregado fino

Se considera como tal, a la fracción que pasa el tamiz 4.75 mm (N^o 4). Esto provienen de arenas naturales o trituración de rocas. El agregado fino deberá cumplir con unos requisitos que se muestra en la figura.

Tabla 01: Granulometría de arena

TAMIZ	PORCENTAJE QUE PASA
9.5 mm (3/8 in.)	100
4.75 mm (N° 4)	95 a 100
2.36 mm (N° 8)	80 a 100
1.18 mm (N° 16)	50 a 85
600 µm (N° 30)	25 a 60
300 µm (N° 50)	05 a 30
150 µm (N° 100)	0 a 10

Fig. 01



Tabla 02: Limite de sustancias nocivas en el agregado fino

CARACTERÍSTICAS	REQUISITO		UNIDAD
	MIN	MAX	
Módulo de finura	2.3	3.1	N.A.
Pasante de la malla N° 200	N.A.	5	%
Cloruros solubles	N.A.	1000	ppm
Sulfatos solubles	N.A.	12000	ppm
Terrones de arcilla y partículas deleznales	N.A.	3	%
Impurezas orgánicas	N.A.	3	Plato de Color
Inalterabilidad por sulfato de magnesio	N.A.	15	%

Figura 3. Tabla de agregado fino

Fuente: (Supermix S.A, 2021)

Agregado grueso

Se denomina agregado grueso al restante que deja el tamiz 4.75 mm (N^a 4). Ese agregado deberá de pasar por el proceso de trituración de roca o grava o por una combinación de ambas. Los agregados gruesos presentan mejores propiedades de adherencia con la mezcla de cemento y agua (Supermix S.A, 2021). El agregado grueso deberá cumplir con unos requisitos como muestra la figura.

Tabla 03: Requisitos granulométricos del agregado grueso

HUSO	TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL	PORCENTAJE QUE PASA POR LOS TAMESES NORMALIZADOS													
		100 mm (4 in.)	90 mm (3 1/2 in.)	75 mm (3 in.)	60 mm (2 1/2 in.)	50 mm (2 in.)	37.5 mm (1 1/2 in.)	25 mm (1 in.)	19 mm (3/4 in.)	12.5 mm (1/2 in.)	9.5 mm (3/8 in.)	4.75 mm (N° 4)	2.50 mm (N° 60)	1.18 mm (N° 150)	300 µm (N° 50)
1	90 mm a 27.5 mm (3 1/2 in. a 1 1/8 in.)	100	90 a 100	-	25 a 60	-	0 a 15	-	0 a 5	-	-	-	-	-	
2	63 mm a 27.5 mm (2 1/2 in. a 1 1/8 in.)	-	-	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	-	0 a 5	-	-	-	-	-	
3	50 mm a 25 mm (2 in. a 1 in.)	-	-	-	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	-	0 a 5	-	-	-	-	
357	50 mm a 4.75 mm (2 in. a 3/8 in.)	-	-	-	100	95 a 100	-	35 a 70	-	10 a 30	-	0 a 5	-	-	
4	37.5 mm a 9 mm (1 1/2 in. a 3/4 in.)	-	-	-	-	100	95 a 100	20 a 55	0 a 15	-	0 a 5	-	-	-	
467	37.5 mm a 4.75 mm (1 1/2 in. a 3/8 in.)	-	-	-	-	100	95 a 100	-	25 a 70	-	10 a 30	0 a 5	-	-	
5	25 mm a 12.5 mm (1 in. a 1/2 in.)	-	-	-	-	-	100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5	-	-	-	
56	25 mm a 9.5 mm (1 in. a 3/8 in.)	-	-	-	-	-	100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5	-	-	
57	25 mm a 4.75 mm (1 in. a 3/8 in.)	-	-	-	-	-	100	95 a 100	-	25 a 60	-	0 a 10	0 a 5	-	
6	19 mm a 9.5 mm (3/4 in. a 3/8 in.)	-	-	-	-	-	-	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5	-	-	
67	19 mm a 4.75 mm (3/4 in. a 3/8 in.)	-	-	-	-	-	-	100	90 a 100	-	20 a 55	0 a 10	0 a 5	-	
7	12.5 mm a 4.75 mm (1/2 in. a 3/8 in.)	-	-	-	-	-	-	-	100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	-	
8	9.5 mm a 2.50 mm (3/8 in. a N° 60)	-	-	-	-	-	-	-	-	100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5	
89	9.5 mm a 1.18 mm (3/8 in. a N° 150)	-	-	-	-	-	-	-	-	100	90 a 100	20 a 55	5 a 30	0 a 10	0 a 5
9	4.75 mm a 1.18 mm (N° 4 a N° 150)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	85 a 100	10 a 40	0 a 10	0 a 5

Tabla 04: Limite de sustancias nocivas en el agregado grueso

CARACTERÍSTICAS	REQUISITO		UNIDAD
	MIN	MAX	
Pasante de la malla N° 200	N.A.	1	%
Cloruros solubles	N.A.	1000	ppm
Sulfatos solubles	N.A.	10000	ppm
Terrones de arcilla y partículas deleznable	N.A.	5	%
Abrasión por la máquina de los ángeles	N.A.	50	%
Inalterabilidad por sulfato de magnesio	N.A.	18	%

Figura 4. Tabla de agregado fino

Fuente: (Supermix S.A, 2021)

2.2.6.4. Agua

El agua para los morteros y hormigones son indispensables ya que sin este componente no podemos elaborar hormigones o morteros, ni si quiera se puede conseguir elaborar una pasta de cemento, por otro lado, tenemos que tener en cuenta el los materiales más utilizados son el agua y el cemento y también muy importantes para llegar a conseguir algún mortero o hormigón.

Si bien el agua es un componente muy importante y también económico para la elaboración del hormigón, es muy importante como el cemento, ya que la variación de su contenido puede alterar la resistencia, plasticidad, asentamiento, trabajabilidad y permeabilidad del hormigón. Además, cuando se desconoce de la procedencia y composición química del agua esto puede ocasionar un gran problema ya que no sabemos que minerales contenga y puede provocar bajas resistencia para el hormigón.

En general se establece que, si el agua es potable, es la más recomendada para la mezcla del hormigón, y la gran parte de los hormigones y morteros se prepara con agua potable. En muchos casos agua que no es apta para el consumo, pero si se puede utilizar para el hormigón o morteros. El agua para la fabricación de morteros y hormigones puede contener el máximo de las siguientes impurezas en porcentajes en la siguiente tabla (ingenieriaymas, 2017).

Tabla 4. Impurezas del agua

Impurezas	%
Acidez y alcalinidad calculadas en términos de carbonato de calcio	0,05
Sólidos orgánicos totales	0,05
Sólidos inorgánicos totales	0,05

Fuente: (ingenieriaymas, 2017)

2.3. El diseño estructural

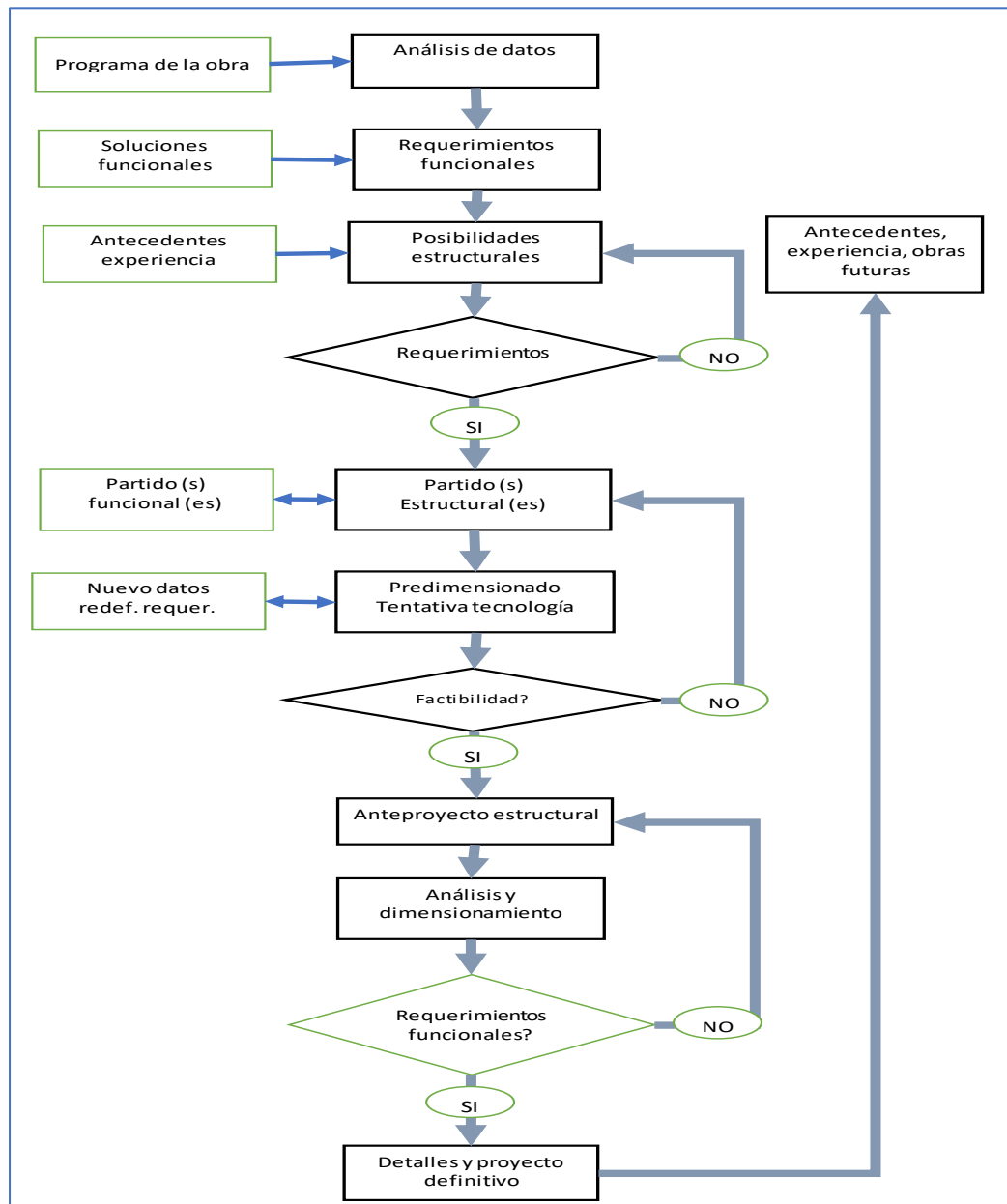


Figura 5. El proceso de diseño

Fuente: (Reboredo, 2021).

Toda obra, independiente su tamaño requiere un análisis estructural y un diseño de la estructura; esto es de vital importancia en la obra civil, por ser de interés público por su funcionalidad a la provisión de servicios a grandes masas de la población sea como habitabilidad, industria, servicios como la vialidad, o servicios básicos como agua potable, alcantarillado y otros. Se lo define como el proceso que partiendo de datos propios del objeto a construir permite proyectar un sistema estructural completo, estable, permanente, y factible. Independiente de la complejidad de los cálculos numéricos, lo importante es el objeto, esto es lo que debe sostener, sea un edificio, un puente, un tanque de almacenamiento, una carretera, entre otros (Reboredo, 2021).

La figura 5 presenta un diagrama del proceso del diseño estructural, que parte del programa de la obra, esto desencadena un conjunto de actividades agrupadas en fases como son el análisis de datos, seguido de requerimientos funcionales, las posibilidades estructurales, y las subsiguientes. Es importante mencionar que en grandes obras que requieren superficies uniformes de hormigón armado, el encofrado es un subsistema que debe estar abordado en el diseño estructural, como subproyecto complementario; por cuanto difícilmente se podrá ejecutar el proyecto sin considerar el encofrado y la provisión de la tecnología y equipo para el mismo.

2.3.1. Tanques rectangulares enterrados

En general son aplicables las recomendaciones para tanques sobre el terreno, con las modificaciones y/o adiciones que se indican a continuación. Las acciones a tomar en consideración son:

- Peso propio
- Empuje del líquido
- Empuje lateral del terreno, incluyendo cierta sobrecarga sobre éste
- Presión del agua del subsuelo

2.3.2. Tanques rectangulares elevados

Se considerarán las recomendaciones de los tanques superficiales y enterrados que sean aplicables. De acuerdo a esto, se tendrá en cuenta que, generalmente, conviene usar las paredes del tanque trabajando en su plano como vigas diafragma. También se prestará

cuidado a la tensión vertical en las paredes, provocada por el peso del agua que actúa sobre el fondo.

2.3.3. Sistemas de encofrado de hormigón armado

Según Piqueras (2017), los encofrados son elementos auxiliares destinados al moldeo (in situ) de hormigones y morteros, siendo su misión la de contener y soportar el hormigón fresco hasta su endurecimiento, sin experimentar asentamientos ni deformaciones. Bajo este contexto, el encofrado constituye un sistema de moldeo ya sea de forma temporal o de una forma permanente con la utilidad de darle al hormigón un elemento estructural.

El uso de encofrados para la construcción de edificaciones requiere de elementos auxiliares que permitan soportar el hormigón fresco tales como puntales, tensores, separadores para que las acciones durante el hormigonado sean seguras, son indispensables para evitar riesgos de caída que se puede presentar durante la manipulación del hormigonado y así de esta forma evitar accidentes graves o mortales.

El Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN) define el encofrado como apoyos temporales para mantener el hormigón fresco en el lugar hasta que se endurezca en tal grado que se pueda auto soportar, cuando la estructura es capaz de soportar sus cargas muertas (INEN, 2015).

2.3.3.1. Sistema de encofrado tradicional

Los sistemas de encofrados pueden ser horizontales y verticales. Los horizontales se clasifican según la transmisión de la carga en unidireccionales y bidireccionales. Posteriormente se clasifica también por la ejecución, el tipo y elementos de cuelgue. Adicionalmente existe el encofrado diagonal que no se incluye en la figura referida por ser diseñado según necesidades específicas como más adelante se explica. Los encofrados deslizantes se utilizan en los verticales y de grandes alturas por ello es adecuado el sistema para aplicación en construcción de tanques de hormigón armado (Correa, 2018).

2.3.3.2. Encofrado Diagonal

Los encofrados diagonales (figura 6) son más utilizados en la construcción de cubiertas de hormigón y escaleras, donde los elementos que se hormigonan tienen un punto de deflexión lo que conlleva a tener en cuenta en utilizar materiales que no se deformen para el óptimo hormigonado del elemento estructural (Correa, 2018).

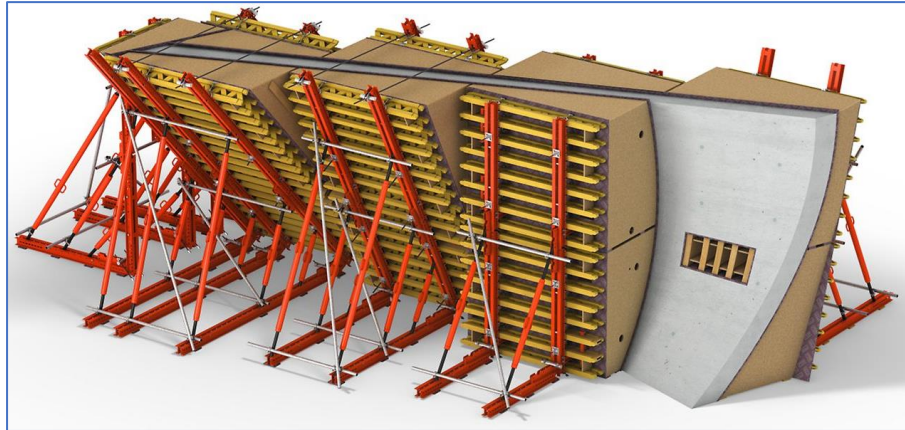


Figura 6. Modelo de encofrado especial

Fuente: (PERI, 2018)

2.3.3.3. Encofrados Horizontal

El sistema de encofrado horizontal es empleado normalmente para el forjado de vigas y losas son estructuras verticales en el cual deben soportar las cargas tanto verticales como horizontales hasta que el hormigón llegue a su resistencia requerida (Rojas, 2018). Un ejemplo de encofrado horizontal es el requerido para una losa de concreto para piso/techo que tiene una superficie ancha.



Figura 7. Modelo de encofrado horizontal

Fuente: (TITAN, 2022)

2.3.3.4. Encofrados verticales

El sistema de encofrado vertical es utilizado como para elementos estructurales como zapatas, columnas, muros y pilares. En cual sirven para sostener y moldear los elementos

estructurales, los encofrados verticales son los que sufren mayor presión de concreto en las paredes verticales. (Rojas, 2018). Un ejemplo de encofrado vertical es el requerido para paredes como son de tanques, de represas y otros (Figura 8).



Figura 8. Encofrado vertical

Fuente: (Yepes , 2008)

2.3.3.5. Clasificación según el sistema de construcción o el material

Encofrado modular

Encofrado modular o también conocido normalizado para la construcción de todo tipo de estructuras verticales de hormigón consiste en la aplicación de piezas prefabricadas y reutilizables sean de plástico o metal. Según Umacon (2019) cada una de las piezas están indicadas para obras de gran envergadura en las que puede hacer uso de hormigoneras profesionales o industriales para una mezcla homogénea de concreto”, ejemplo de ello se presenta en la figura 9.

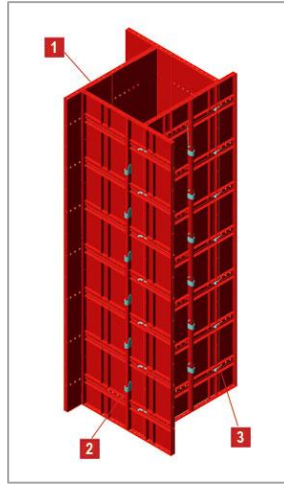


Figura 9. Tipo de materiales de encofrado

Fuente: (RMC Construcciones y Reformas , 2018)



Figura 10. Tipo de materiales de encofrado

Fuente: (RMC Construcciones y Reformas , 2018)

Encofrado tradicional

En este sistema el material del encofrado tradicional (Figura 10) está conformado de madera (tablones, tablacillos, tablas, etc.) que conforman este tipo de encofrados y estos son cortados a medida que la obra a merita. (Tornapunta Ediciones, 2013). En Ecuador, en proyectos pequeños se utiliza preferentemente madera blanca que es poco durable, por ello solo tiene un uso. Para proyectos de mayor envergadura se utiliza como encofrado tradicional el de planchas metálicas.



Figura 11. Encofrado tradicional

Fuente: (RMC Construcciones y Reformas , 2018)

Los encofrados tradicionales en madera tienen los siguientes elementos:

Tableros de madera, conjunto de piezas alineadoras, generalmente horizontales, tensores metálicos, puntales metálicos extensibles, clavos, tornillos, cuñas y otros accesorios (Botero, 2006).

Los encofrados metálicos, por lo general, se fabrican en acero, en pocos casos de aluminio, también incorporan complementos de madera contrachapada. Los elementos que lo componen son:

- Tableros o paneles modulares; con el fin de conseguir compatibilidad, cada uno es múltiplo entre sí.
- Esquineros, son piezas pequeñas complementarias, su función es dar forma a las esquinas y facilitar el acople de los tableros,
- Grapas, mordazas, su función es la unión firme de los tableros entre sí, se retiran y ajustan con golpes suaves de martillo.
- Tensores distanciadores, para ello se usa varillas roscadas revestidas por una vaina de PVC, son sostenidas por tuercas, la arandela es el tablero.
- Correas alineadoras, garantizan el alineamiento de los tableros, pueden ser perfiles laminados en U, o tubos con secciones rectangulares.
- Puntales o riostras ajustables, son una versión mejorada de los puntales extensibles.

2.3.3.6. Encofrados tradicionales según su morfología

Tubular

El encofrado para pilares es el prototipo de este modelo tubular, es alargado y estrecho, se asemeja a un tubo vertical, carece de estabilidad horizontal, por ello requiere el uso de diagonales. El hormigonado debe tener mucho cuidado porque existe abundancia de herrajes que puede impedir que el hormigón fluya, y la posibilidad de quedar vacíos (Botero, 2006).

Vertical a dos caras

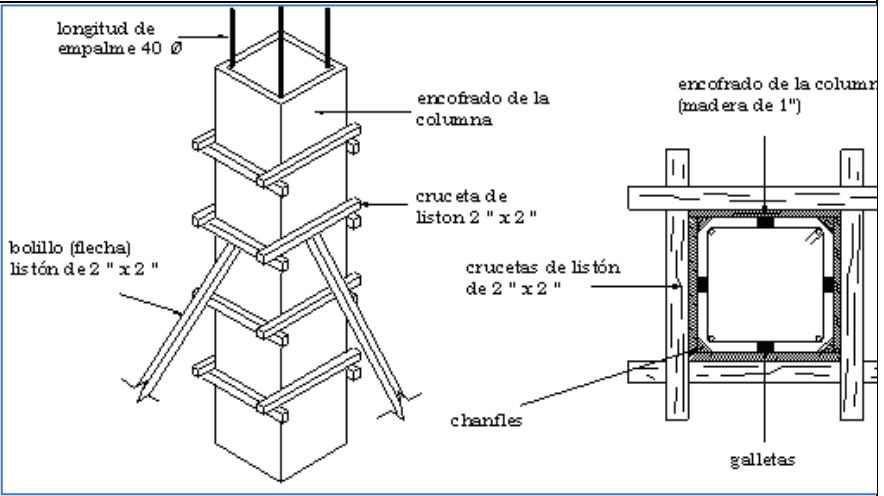
Es un encofrado formado por un bastidor metálico con cara, encofrado de madera o chapa, orientado a la ejecución de muros con encofrado en ambas caras, tiene una superficie amplia y buen acabado (Tamborero, 2009). Este puede ser lineal o no lineal (circular)




Horizontal

Son aquellos que sirven para hormigón en losas, están sustentados por puntales telescópicas, cimbras o apeos. Estas estructuras deben soportar las cargas tanto horizontales como verticales del encofrado hasta que el hormigón haya alcanzado su resistencia (Ingeniero de Caminos, 2017).

2.3.3.7. Lineal

Tabla 5. Tipo de encofrado lineal

o.	Modelo	Imagen
1.	Tubular	

2.	Vertical de dos caras	
3.	Horizontal	
4.	Lineal	

Fuente: (Construir tu vivienda , 2013), (CYPE Ingenieros, S.A.), (Cueva del Ingeniero Civil , 2018), (Mixtura arquitectura , 2019)

Elaborado por: Soto, J (2022)

2.3.3.8. Encofrado perdido

Según Cayo (2018) a través de este método no se pretende recuperar las formaletas durante el proceso del moldeo del concreto. Por esta razón los materiales a usar son el plástico, cerámica o el cartón por estos materiales quedan embebidos dentro del hormigón y por lo tanto pasan a formar parte del elemento estructural al que sirve de molde ya una vez construido (Figura 11).

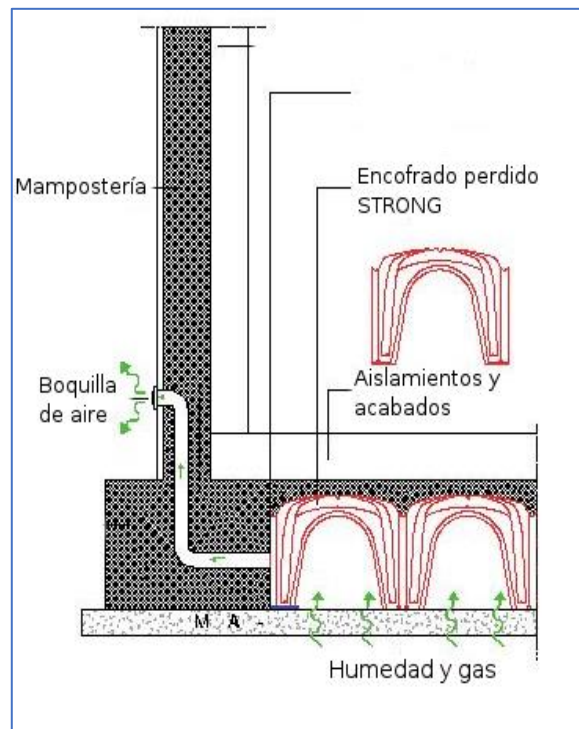


Figura 12. Sistema de encofrado perdido

Fuente: (Palex , 2017)

2.3.3.9. Encofrado flexible

Adicionalmente, es necesario mencionar lo encofrados flexibles, utilizado en la construcción creativa relacionada con el arte. Para esto se utiliza membranas flexibles como encofrado para el hormigón. Esto constituye un cambio notable porque tradicionalmente los encofrados se los construía con material rígido.

En los encofrados flexibles, se contiene la argamasa del hormigón mediante una combinación de elementos rígidos soportantes y una membrana que solo resiste tracciones. Esta adopta una forma gravitacional. Esta técnica puede ser utilizada tanto en modo artesanal en el taller, también en escala industrial, donde cada elemento se repite en muchas ocasiones (Jolly et al., 2011).



Figura 13. Obra de concreto utilizando encofrado flexible

Fuente: (Cremades & Egea, 2017)

2.3.3.10. Encofrado aluminio

Según Forms (2020) los encofrados de aluminio aportan muchas ventajas al mundo de la construcción de vivienda, resultando una buena herramienta en la construcción industrializada. En la construcción actual se precisa una alta eficiencia, en los elementos de los encofrados de aluminio son simples y ligeros de uso, sin necesitar ningún equipo mecánico de ayuda.

Los encofrados de aluminio tienen un amplio rango de aplicación en la industria de la construcción, resultando muy adecuados para la construcción de muros, paredes, pisos nivelados, columnas, vigas, escaleras, etc.

Con el uso de los encofrados de aluminio se consigue una superficie de hormigón de muy buena calidad y son totalmente reutilizables.



Figura 14. Sistema de encofrado de aluminio

Fuente: (Forms, 2020)

2.3.4. Materiales según sistemas de encofrado

Los encofrados están constituidos de manera predominante, según sea el caso por madera, metal o plástico. La madera se utiliza principalmente en los tradicionales, es lo que se denomina una madera blanca, no reutilizable. En los casos de metal y plástico son sistemas de encofrados reutilizables. A continuación, una breve descripción de los materiales predominantes.

2.3.4.1. Madera

La madera fue uno de los primeros materiales de construcción que pudo utilizar el ser humano; “está conformada por un conjunto de células que constituyen un organismo vivo como es el árbol, se diferencian dos secciones una exterior o albura y la zona interior o duramen” (Urbán, 2013, p. 10). Este material lo ofrece la naturaleza en forma relativamente abundante, para consumo directo sin mayor transformación. Ha sido tradicionalmente utilizado como material predominante en la construcción de viviendas, también como fuente de calor y combustible para cocción de alimentos. Posteriormente se le dieron otros usos como materia prima para la producción de papel, construcción de herramientas, construcción de muebles y utensilios y también en armas de defensa.

Actualmente, el uso que se le da a la madera es amplio, pero subsiste plenamente como material de construcción de viviendas. También se la emplea en la construcción de puentes y barcos, y material de relleno en aviones como es la madera de balsa. Esta polifuncionalidad de la madera obedece a sus características de durabilidad, fortaleza mecánica, flexibilidad y versatilidad, entre otras. Es una sustancia dura y resistente se la obtiene del tronco de los árboles y es un recurso natural cuya utilización en la construcción es primordial para el uso de encofrados verticales u horizontales (Agencia SEO, 2017). Las partes de la madera se muestra en la figura 14.

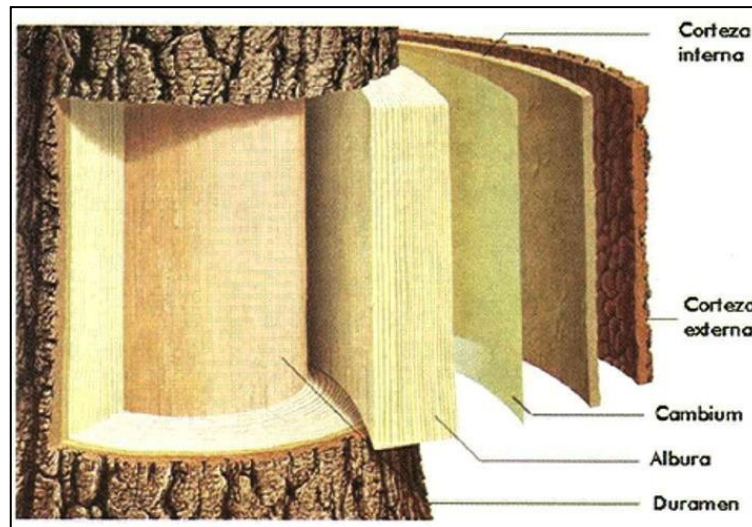


Figura 15. Estructura del tronco de madera

Fuente: (Agencia SEO, 2017)

Las ventajas en el uso de la madera son: bajo costo, permite adaptarse a la forma deseada, de peso liviano en relación a su resistencia, considerable capacidad a tracción y compresión, es fácil de encontrar en el mercado, es fácil el montaje, se construye en el sitio a utilizar. Entre las desventajas están: un solo uso y el tiempo de instalación. Por sus ventajas, la madera es el material que frecuentemente se emplea en encofrados, su bajo peso en relación a su resistencia, la facilidad para trabajarla, su ductilidad y su textura la convierten en la primera opción en encofrado.

2.3.4.2. Metal

El metal es un mineral hallado en la naturaleza en estado sólido a una temperatura ambiente, el metal se caracteriza por tener una alta densidad y dependiendo el tipo, buena resistencia. Se puede decir que el metal es uno de los materiales más utilizados por los seres humanos desde la antigüedad, han sido explotados en su estado natural para la elaboración de herramientas básicas y necesarias. Son utilizados en diferentes maneras y desde ahí parte la importancia del metal en el sector industrial en la actualidad. La construcción utiliza el acero tanto para estructuras, externas e internas de hormigón armado.

2.3.5. Sistema de encofrado deslizante

2.3.5.1. Encofrado deslizante

Este sistema de encofrado se caracteriza por tener moldes de poca altura en el cual se van colocando en secciones continuas en un promedio de altura 2.00 metros a medida, el hormigón se vierte en el encofrado y a medida que se endurece se va desplazando

progresivamente, a medida que se va elevando el encofrado por acción de una plataforma se puede encontrar los niveles de su borde superior (Constructor Civil , 2012). La figura 11 presenta algunos ejemplos de proyectos con este tipo de encofrado, uno es un canal de aguas, otro es una estructura tipo silos.



Figura 16. Imágenes de sistemas de encofrado deslizante

Fuente: (Agencia SEO, 2017)

El sistema de encofrado deslizante se clasifica según:

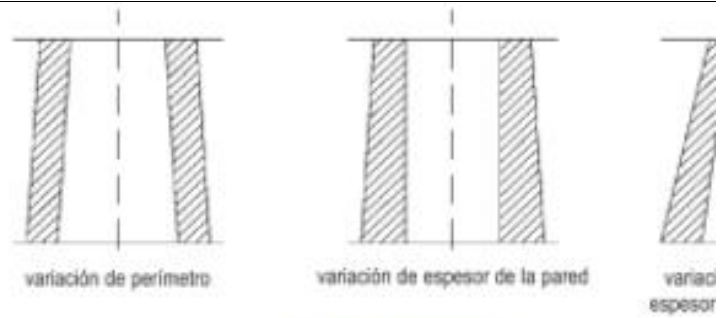
- i) La forma de la estructura.
- ii) El material del que están compuestos. Según la primera se presenta a continuación las variedades.

Tabla 6. Encofrado deslizante por forma de estructura

Subclasificación	Imagen
<p>Encofrado deslizante para obras rectas Como su nombre lo indica, la sección no varía desde el montaje inicial hasta la coronación de la estructura.</p>	

Encofrado deslizante para obras cónicas

Las medidas entre la base y la coronación varía de perímetro, de espesor de pared o ambas a la vez



Fuente: (Menendez & Velasco, 2005)

La figura 16 presenta las partes de un sistema de encofrado deslizante para obra recta que es el aplicado en esta investigación, se conforma de cinco partes, empezando con el molde, tubo de trepada, puesto de elevación, plataforma superior, yugo, plataforma intermedia e inferior.

El molde tiene forma del perímetro interno y externo de la pared objeto del encofrado, aunque la estructura es metálica, este molde puede ser de paneles también metálicos, aglomerados tratados con resinas sintéticas plastificadas o sistema mixto de paneles de maderas forrados con chapa. Los yugos o largueros horizontales, unen el molde interior con el exterior, están ubicados a distancias entre 1 a 2,50 mts según el producto.

Los tubos de trepada son la base sobre la que descansa el sistema de encofrado, se apoyan en la cimentación o el hormigón, tienen tamaños diferentes en función de los gatos del equipo de elevación. Están contruidos por aleaciones especiales que permite el agarre de las mordazas sin que se dañe la superficie, la longitud es variable entre 1 a 4,50 mts.

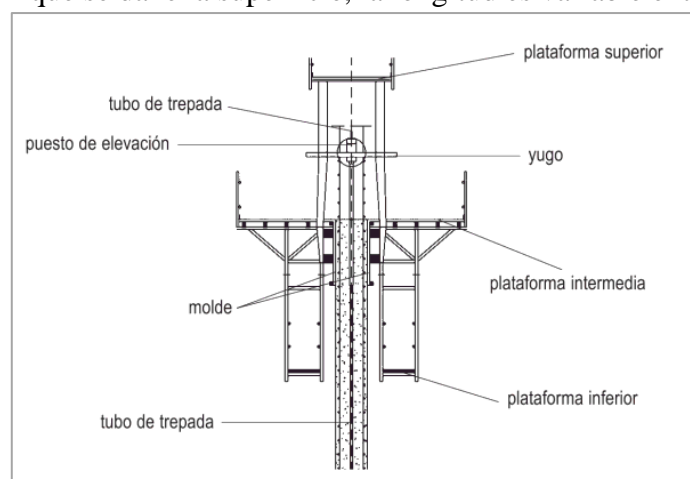


Figura 17. Encofrado deslizante para obras rectas

Fuente: (Menendez & Velasco, 2005)

2.3.5.2. Partes Principales del Encofrado Deslizante

La estructura de encofrado deslizante se detalla a continuación, están compuestas tanto por elementos metálicos como de madera.

2.3.5.3. Paredes de los Paneles de encofrado

Son aquellos elementos que estarán directamente en contacto con el concreto, los cuales se definen la forma y acabado de la estructura a construir.

2.3.5.4. Cerchas y Diagonales

Dichos elementos están compuestos por dos vigas horizontales, una superior y otra inferior y para la unión de estas cerchas se emplea una diagonal. Estos componentes se encargan de asegurar los paneles del encofrado y que sirvan de base de apoyo para las plataformas de trabajo.

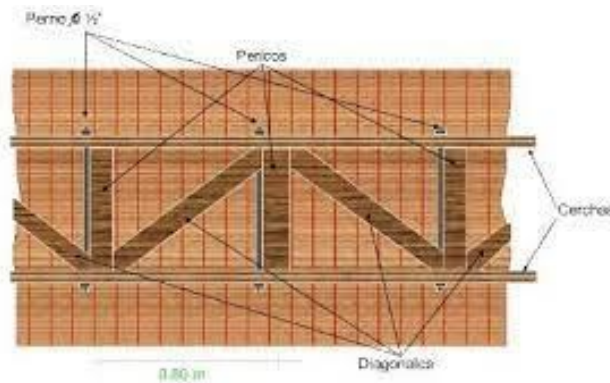


Figura 18. Partes principales de cerchas y diagonales

Fuente: (Fernández & Mazziotta, 2005)

2.3.5.5. Caballetes o Yugos

Tienen la función de mantener los paneles del encofrado separados a una distancia uniforme e indicada en los planos de construcción del proyecto. Por otro lado, estos

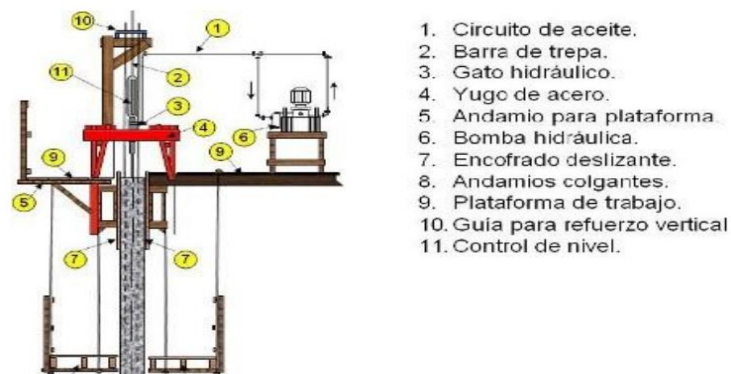


Figura 19. Esquema de elementos de un encofrado deslizante

Fuente: (Fernández & Mazziotta, 2005)

elementos tienen una función muy importante que es contrarrestar las fuerzas de empuje producidos por el concreto fresco. Otra función de estos elementos es ascender todo el sistema de encofrado, ya que estos caballetes están juntos a los gatos elevadores.

2.3.5.6. Dispositivos de elevación

Son barras lisas de acero que recibe toda la carga del encofrado deslizante, que están alrededor de toda la estructura en cual trasmite su peso a los gatos o también conocidos como crics que completan su trabajo mediante un mecanismo hidráulico, actuando sobre los caballetes para poder levantar los paneles sostenidos en las barras.

2.3.5.7. Plataformas de trabajo

En general para este sistema de encofrado se disponen de dos plataformas de trabajo, que cada una de ellas cumple la siguiente función

En la plataforma superior es donde está el personal operario donde realizan la actividad del vaciado del concreto, en sus actividades esta de supervisar el correcto vaciado del concreto y que no exista ninguna obstrucción al momento del vaciado, por otro lado, la plataforma superior también sirve como almacenamiento de aditivos y materiales necesarios para el proceso constructivo.

El la plataforma inferior unas de las principales funciones es permitir la observación del concreto vaciado desde la plataforma superior, y en esta parte tenemos al personal que se va encargar del curado del concreto, hacer los últimos retoques en caso de que exista algún defecto o falla en el momento del vaciado, para dar un acabado final a los muros y desmontar los marcos y moldes de los huecos. Para el apoyo de esta plataforma se hace uso de tirantes que van unidos a unas orejas metálicas en la parte superior del encofrado deslizante.

2.3.5.8. Redes

Son los elementos claves para el funcionamiento del encofrado deslizante compuestos por las redes de lubricación, redes eléctricas, red nivelación del encofrado, red de señalización, etc. Muy necesarias para un adecuado funcionamiento del sistema de encofrado deslizante ya que sin ellas seria complicado alcanzar un buen resultado.

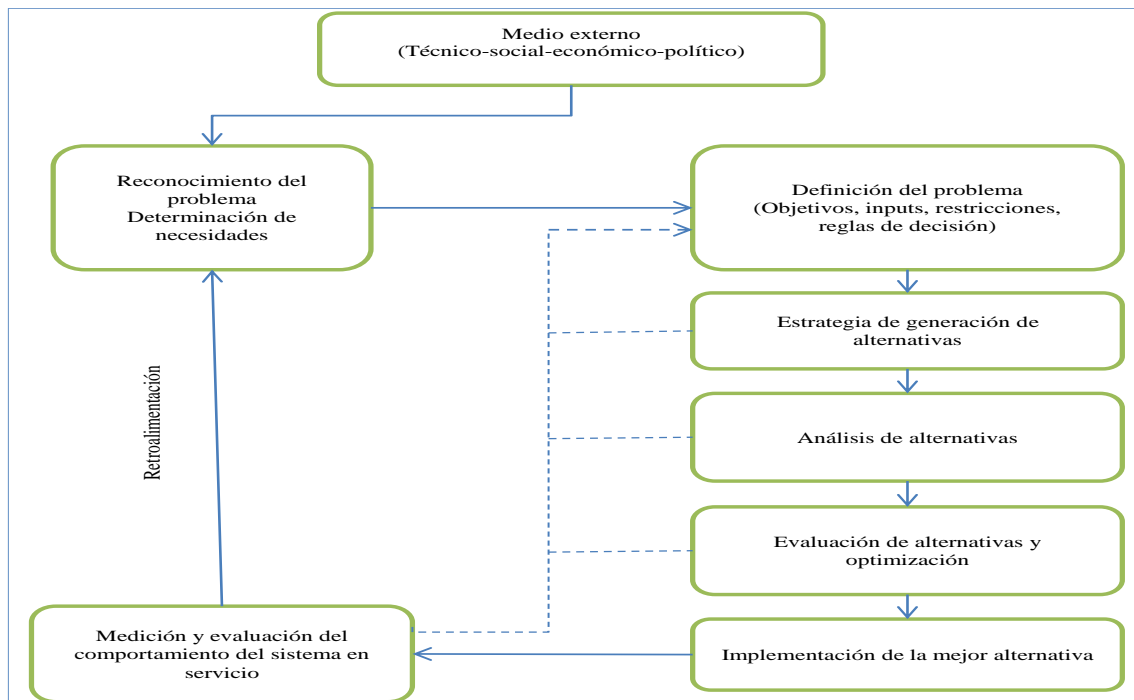


Figura 20. Etapas en el desarrollo de un proyecto
Fuente: (Solminihaç & Thenoux, 2020)

La figura 18 ilustra las etapas o fases del desarrollo de un proyecto parte del análisis del medio externo que es el macroentorno y la factibilidad para desarrollar el proyecto en idea, a partir de esto se pasa al reconocimiento del problema y determinación de necesidades específicas. Luego de esto la siguiente etapa es la definición del problema, las estrategias de generación de alternativas, análisis de alternativas, evaluación de alternativas e implementación de la elegida que es el inicio del proceso de construcción. Una vez concluida la construcción se procede a la medición y evaluación del sistema en servicio.

2.3.6. Métodos, tiempos y movimientos

2.3.6.1. El método

La industria de la construcción como toda actividad racional requiere adoptar la ingeniería de métodos, comprende el estudio del proceso de fabricación o prestación del servicio, el estudio de movimientos y el cálculo de tiempos. Según Palacios (2016), la tarea consiste en asumir decisiones como las siguientes:

1. Dónde encaja el ser humano en el proceso de convertir de materias primas en productos terminados.

2. En qué forma puede una persona desempeñar más efectivamente las tareas que se le asignan.
3. Métodos que se debe seguir y cuál debe ser la distribución de la materia prima, herramientas, accesorios equipos en la estación de trabajo.
4. Cómo se deben cargar y descargar las máquinas y acelerar la puesta en marcha del proyecto.
5. Modalidad de provisión, manejo, transporte, y almacenamiento de materias primas.
6. Medir la carga de trabajo para la distribución del recurso humano, en función de habilidades, conocimientos y experiencias de los trabajadores.
7. Aprovechamiento de equipos.
8. Eliminar toda clase de desperdicios en materiales, mano de obra, espacios, recursos económicos y financieros.

2.4. Tiempos y movimientos

Involucra la técnica de establecer un estándar de tiempo permisible para la realización de una tarea determinada, este tiempo debe incluir la debida fatiga y las demoras personales y retrasos inevitables. Junto con el tiempo está el movimiento utilizado para llevar a cabo determinada tarea. Este incluye el lugar de trabajo, el medio ambiente, las herramientas, equipo utilizado en la operación. Este estudio incluye el diseño, creación y selección de los mejores métodos herramientas y procesos, habilidades y equipos para la fabricación de un producto. Los métodos de medición del trabajo son:

- I. Estudio del tiempo.
- II. Datos predeterminados del tiempo.
- III. Datos estándar.
- IV. Datos históricos.
- V. Muestreo de trabajo. (Bello, Murrieta, & Cortes, 2020)

2.5. Diseño de mezclas de concreto

En términos generales, el concreto es una mezcla de cemento tipo portland, agregados, agua, aire naturalmente atrapado o intencionalmente incluido y eventualmente algún aditivo, su composición genérica se presenta en la tabla 9. El diseño de mezclas para obtener concreto indica de manera intuitiva que no todas las obras requieren del mismo tipo

de composición, ello dependerá de varios factores tanto del proyecto como del entorno en que se ejecutará la construcción.

Tabla 7. Mezcla estándar para el concreto

Descripción	Cantidad relativa
Cemento portland	7% – 15%
Agregados	59% - 76%
Agua	14% - 18%
Aire atrapado	1% - 3%
Aire incluido intencionalmente	1% - 7%
Aditivos (Acelerantes, retardantes, mejorar trabajabilidad, reducir requerimiento de agua, incrementar resistencia o alterar otras propiedades)	

Fuente: (Sánchez, 2001)

El diseño de mezclas es definido como un proceso que consiste en la selección de los ingredientes disponibles y la determinación de sus cantidades relativas para producir concreto en términos de eficiencia y eficacia y que permita la manejabilidad, endurecimiento a la velocidad apropiada adquiera las propiedades de resistencia, durabilidad, peso unitario, estabilidad de volumen, y apariencia adecuada, esto dependerá de las propiedades y características de los ingredientes utilizados, las propiedades particulares del concreto especificado y condiciones específicas bajo las cuales el concreto será producido y colocado (Sánchez, 2001).

La construcción de un tanque de hormigón armado en grandes dimensiones que requiera como complemento constructivo un sistema de encofrado deslizante requiere un proceso de fraguado más acelerado sin perder las propiedades mecánicas esperadas. Esto implica que es crítico tener la mezcla de concreto adecuada para el proyecto en particular.

Endurecimiento

El uso de un subsistema de encofrado deslizante requerirá un endurecimiento acelerado del concreto, para ello se debe considerar en el momento del diseño de la mezcla los condicionamientos a este proceso que son (Perles, 2003):

- **Espesor:** Esto tiene una influencia considerable y directa, esto es a mayor espesor, el secado es más lento, por tanto, el proceso de endurecimiento demorará.

- **A mayor temperatura:** Más rápido es el desecamiento, con ello el fraguado se acelera. Por esto es importante la temperatura ambiente del sector donde se construirá.
- **Humedad del ambiente:** Esto ejerce una relación inversa al fraguado, a menor humedad ambiente mayor velocidad de desecamiento, lo que aumenta la magnitud y velocidad de contracción de fraguado.
- **Agua:** A mayor contenido de agua de la mezcla, habrá más evaporación lo que incrementa la deformación por contracción.
- **Contenido de cemento:** A mayor contenido de cemento, aumentan las reacciones químicas que serán más intensas, esto aumenta la temperatura del hormigón y con ello la evaporación y contracciones de fraguado, por ello se aconseja utilizar menos de 400 kg. De cemento por metro cúbico de hormigón.

2.6. Marco conceptual

Acelerantes de fraguado: son aditivos cuya función principal es reducir o adelantar el tiempo de fraguado de cemento, está principalmente indicada en aquellos hormigones donde es necesario tener resistencia a temprana edad. Se aplica el acelerante cuando se necesita un desencofrado rápido, hormigones sumergidos o en presencia de agua para evitar el lavado, requieren ponerse en servicio inmediato y/o favorecer el desarrollo de resistencia en tiempo frío.

Bastidores: Es el armazón de madera o metal que refuerza a otros elementos

Desmoldante: Es una sustancia oleosa o laca cuyo objetivo es proteger el encofrado, produce una membrana de alta dureza que impermeabiliza del agua y resiste la alcalinidad del cemento, así como el efecto abrasivo del concreto vibrado. Protege el tablero, aumenta su duración y facilita despegarlo del concreto sin que existan desprendimientos del mismo.

Presión: es la acción y efecto de comprimir o apretar, puede tratarse también de la fuerza que se ejerce sobre un cuerpo.

Refuerzo diagonal: Su objetivo es resistir cargas laterales y evitar la inestabilidad de los elementos individuales.

Rigidez: Es la capacidad de un objeto sólido o elemento estructural para soportar esfuerzos sin adquirir grandes deformaciones o desplazamientos.

2.7. Marco legal

2.7.1. American Concrete Institute

Es una entidad supranacional, autoridad en el desarrollo, difusión, adopción de consensos basados en estándares, recursos técnicos, educación y programas de capacitación y certificación, en el ámbito del material de concreto, la construcción y los materiales. La sede está en Farmington Hills, Michigan, Estados Unidos de América. Emite normas denominadas ACI que se incorporan en normas técnicas nacionales.

2.7.2. Norma Ecuatoriana de la Construcción

NEC-SE-HM. Estructuras de hormigón armado.

Esta NEC en su acápite 9.4.2 con título estructura de encofrado y sus apoyos, establece que los encofrados deben:

- Inspeccionarse antes, durante y después del proceso de hormigonado, porque la ubicación y dimensión de los encofrados pueden cambiar con respecto del momento de la construcción y colocación de las mismas porque se puede asentar o pandear la estructura. Esto es un resultado directo del peso del hormigón, de los trabajadores y el equipo empleado.
- Los encofrados deben ser herméticos, correctamente alineados y limpios antes de la colocación del hormigón, de esta manera se obtiene una superficie sana y estética.
- Se debe colocar un agente desmoldante en el encofrado antes de la colocación de la estructura de acero, de esta manera se obtiene una superficie de agradable estética.
- El área de apoyo de los puntales debe ser la adecuada, realizar ajustes permanentes para mantener el nivel requerido.
- Los puntales que soportan pisos sucesivos deben colocarse directamente sobre los que están debajo, no hacerlo puede generar tensiones de flexión.
- Los puntales separadores de encofrado y otros elementos deben ser suficientemente rígidos para evitar dilataciones.

2.7.3. Instituto Ecuatoriano de Normalización

GPE INEN 016:1978. - Diseño y construcción de encofrados

Esta guía describe lo referente al encofrado tradicional, contiene:

- 1) materiales para encofrado
- 2) diseño del encofrado
- 3) construcción del encofrado
- 4) separadores y tirantes
- 5) columnas
- 6) desencofrado
- 7) losas y vigas
- 8) encofrados especiales.

Material para encofrados: Se indica que pueden dividirse en dos grupos principales: el un solo uso y los de uso múltiple.

Los de un solo uso pueden estar compuestos por materiales como papel asfáltico o lámina plástica, tubos de cartón o plástico, bloques huecos de ladrillo prensado y bloques huecos ligeros, ladrillos, azulejos y elementos decorativos, placas de fibro-cemento, bloques de poliuretano expandido, madera, entre otros elementos. Por lo general en Ecuador, por ser un país tropical, en la mayoría de casos el encofrado que no tendrá fines estéticos, se utiliza madera blanca, de un solo uso, luego se desecha.

En los casos del encofrado de uso múltiple, tiene la particularidad de ser menos costoso, porque el total se divide para el número de usos. Los materiales que se utilizan son madera contrachapada, material plástico, metal (aluminio y/o acero).

Diseño del encofrado: Es una función del arquitecto en colaboración con el contratista. Para esto se deben considerar aspectos económicos, técnicos tales como la resistencia, rigidez, exactitud del dimensionamiento, hermeticidad suficiente, espacio y seguridad para los trabajadores, anclajes para fijar accesorios de construcción y disposición de espacios.

Construcción del encofrado: En el diseño del encofrado se debe considerar detalles y sistema constructivo que determine facilidad de encofrar y desencofrar, aspectos de seguridad de la construcción, facilidad de manejo sin necesidad de equipo adicional.

Separadores y tirantes: En la construcción de todo tipo de encofrados es importante el arriostramiento de los paneles y la contra reacción por medio de separadores.

Columnas: el encofrado para columnas rectangulares son los más sencillos con relación a otro tipo. El Código de la construcción establece medidas mínimas que son de 30 x 30 cm., también reglamenta la relación mínima y máxima de los lados.

Capítulo 3

Marco metodológico

En la presente investigación se tiene como propósito evaluar los principales factores que influyen en la elección de uno u otro tipo de construcción para evaluar el comportamiento de los encofrados tradicional y deslizante. Para esto se analizó los distintos elementos de similitud y diferencias, tanto en proceso, materiales, tiempos y costos de cada topología de encofrados.

3.1. Tipo de investigación

La investigación adoptada fue de tipo descriptiva. La cual consiste en establecer variables e indicadores de comparación entre grupos de estudio. De igual manera se empleó la tipología de tipo documental, para ello se emplea una serie de fuentes secundarias como son los registros de procesos de construcción de tanques de hormigón armado bajo los dos métodos constructivos, que son con encofrado tradicional y con encofrado deslizante.

3.2. Enfoque

El enfoque utilizado fue cuantitativo. Por medio de este se recopiló datos numéricos para denotar los resultados de la aplicación del diseño con base en las unidades de estudio; precisamente dos obras construidas por los dos métodos de encofrado. En esta etapa se analizó proyectos de una empresa constructora. De acuerdo con el marco de referencia, la idea general fue que estos sean viables para ejecutar mediante el encofrado deslizante.

3.3. Técnicas de investigación

3.3.1 Observación

Esta técnica de investigación fue empleada para un análisis técnico-económico de un método constructivo específico. Es menester entender y/o comprender las características del proyecto a analizar; para ello fue necesario plantear de forma precisa un método y por supuesto cada una de las particularidades del proyecto. Esto fue establecido por medio una serie de premisas con base en cada una de las etapas constructivas de cada una de las tipologías de encofrado (Acosta, 2017).

3.4. Población

Los autores Hernández y Baptista indican que el enfoque cuantitativo se busca generalizar lo datos obtenidos a una comunidad mayor (población).

Para esta investigación la población fue los encofrados los diferentes sistemas que son; tradicional y deslizante. En el encofrado tradicional las consideraciones a tomar en cuenta se enlistan a continuación:

En primera instancia es necesario armar los andamios, teniendo en cuenta que solo para el hormigonado se puede armar a una altura de 2.40 mts. Luego del proceso de hormigonado se sigue colocando el encofrado hasta alcanzar la altura del proyecto. Esta acción repetitiva aparte que toma mucho tiempo en ser efectuada es sumamente peligrosa para los obreros puesto que, en caso de desprendimiento, los tableros pueden caer sobre los trabajadores. Adicionalmente existe la posibilidad que el apuntamiento de la estructura no fuese debidamente calculado los que provocaría una caída de toda la estructura.

3.5. Muestra

Las unidades objeto de la investigación son dos obras de construcción de tanques de hormigón armado bajo los dos métodos (encofrado tradicional y deslizante). Por el tipo de población y su reducido tamaño no se aplicará muestreo.

3.6. Variables e indicadores de análisis

Para el análisis comparativo, se utilizarán las siguientes variables e indicadores.

Tabla 8. Tabla de variables e indicadores

Variable/indicador	Tanque de HA mediante encofrado tradicional	Tanque de HA mediante encofrado deslizante
Materiales directos		
Materiales indirectos		
Mano de obra		
Tiempo del proceso de encofrado		
Tiempo del proceso de fraguado		
Tiempo del proceso de desencofrado		
Indicador de desperdicio		

Elaborado por: Soto, J (2022)

Capítulo 4

4.1. Resultados y análisis

4.1.1. Determinar las diferencias en los procesos de encofrado tradicional y encofrado deslizante, plástico y metálico para la construcción de un tanque de hormigón armado.

Para obtener esta información se realizó previamente el estudio de tiempos y movimientos; para ello se diagramó el flujograma de procesos del subsistema de encofrado.

4.1.1.1.1. Proceso de encofrado tradicional

Independiente del tipo de materiales, madera, metal, plástico; cada tipología de encofrado posee un distinto procedimiento para su consecución. El encofrado tradicional presenta un flujograma como lo ilustra la figura 19. Las instancias profesionales que participan en este aspecto son tres; área de arquitectura, donde se realizan los diseños en cuanto a la funcionalidad y la estética. Otra área es la de ingeniería por medio de la cual se efectúa la revisión correspondiente a los cálculos y labores en general de ingeniería. La tercera área es el constructor o contratista, como lo indica su nombre este se encargará de ejecutar el proyecto.

Dejando de lado las funciones de arquitectura e ingeniería, quienes participan, independiente del tipo de encofrado, donde están las variaciones por el tipo de sistema es en el contratista. En caso que sea de madera es necesario que se considere a una cuadrilla de carpinteros y ayudantes. En caso que sea metálico como es este caso, fue necesario emplear una metalmecánica para efectuar las labores de trabajo.

Dentro de las labores del contratista; figura hacer una revisión tanto con arquitectura como ingeniería, tales como dimensionamiento de la estructura y metodología de construcción. Una vez alcanzado el acuerdo técnico y económico se aprueba el subsistema de encofrado para proceder al inicio de la adquisición de materiales y se da inicio de la construcción. Una vez concluida la construcción del encofrado es el momento de emplear la ingeniería donde se procede a continuar con el hormigonado y la espera para el fraguado. Una vez concluido el fraguado, se procede al desencofrado y limpieza de desechos.

4.1.1.1.2. Proceso de encofrado madera

El proceso de encofrado de madera tiene el mismo modelo que los demás encofrados con esto desde un punto de vista de calidad la madera tiene características

físicas y mecánicas aceptables, antes de describir el procedimiento es necesario saber los siguientes aspectos.

Soporta cada carga ejercida sobre la estructura

Ofrece una buena relación entre resistencia y ligereza.

Material es reciclable.

Es fácil para adaptarse a las diferentes formas del hormigón.

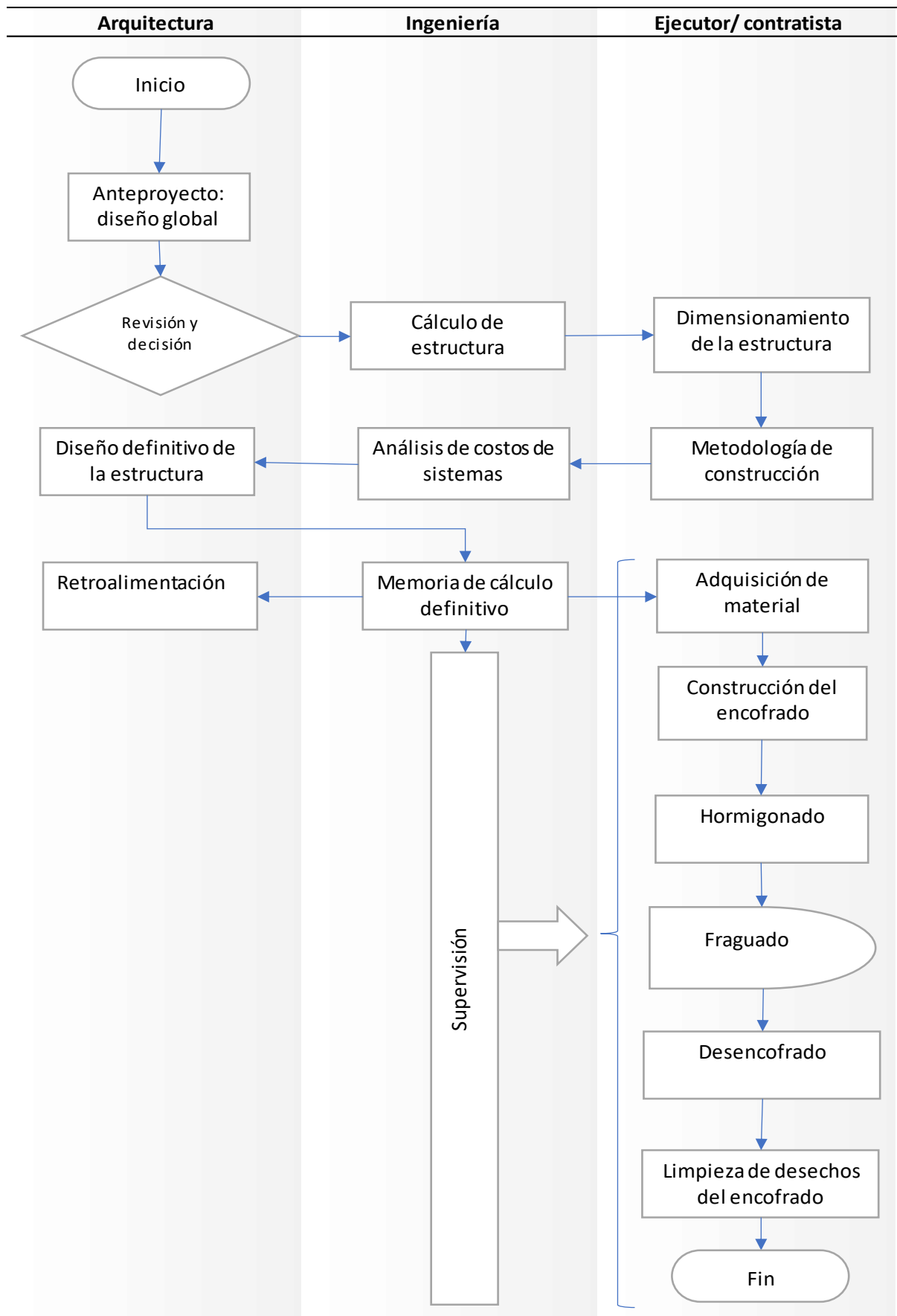


Figura 21. Flujograma de proceso de sistema de encofrado de madera
Elaborado por: Soto, J (2022)

4.1.1.1.3. Proceso de encofrado metálico

El proceso de encofrado metálico posee un modelo similar a los anteriores, pero con ciertas particularidades. Antes de describir el procedimiento es necesario comprender los siguientes aspectos.

Soportar cada una de las cargas que puedan ejercer sobre la estructura

La estructura debe ser lo suficientemente rígida para mantener al margen los esfuerzos cortantes tanto verticales como horizontales.

Cada una de las juntas deben ser impermeables

El proceso debe permitir que varias piezas puedan desmontarse para mantener un proceso eficiente de encofrado y desencofrado.

El material debe ser barato y con alta disponibilidad en el mercado

Cada uno de los elementos debe desmoldarse con facilidad para evitar fallas en los acabados.

Debe poseer una resistencia admirable sin permitir que esto repercuta en el peso. Una vez detalladas las consideraciones el procedimiento de encofrado se enlista a continuación:

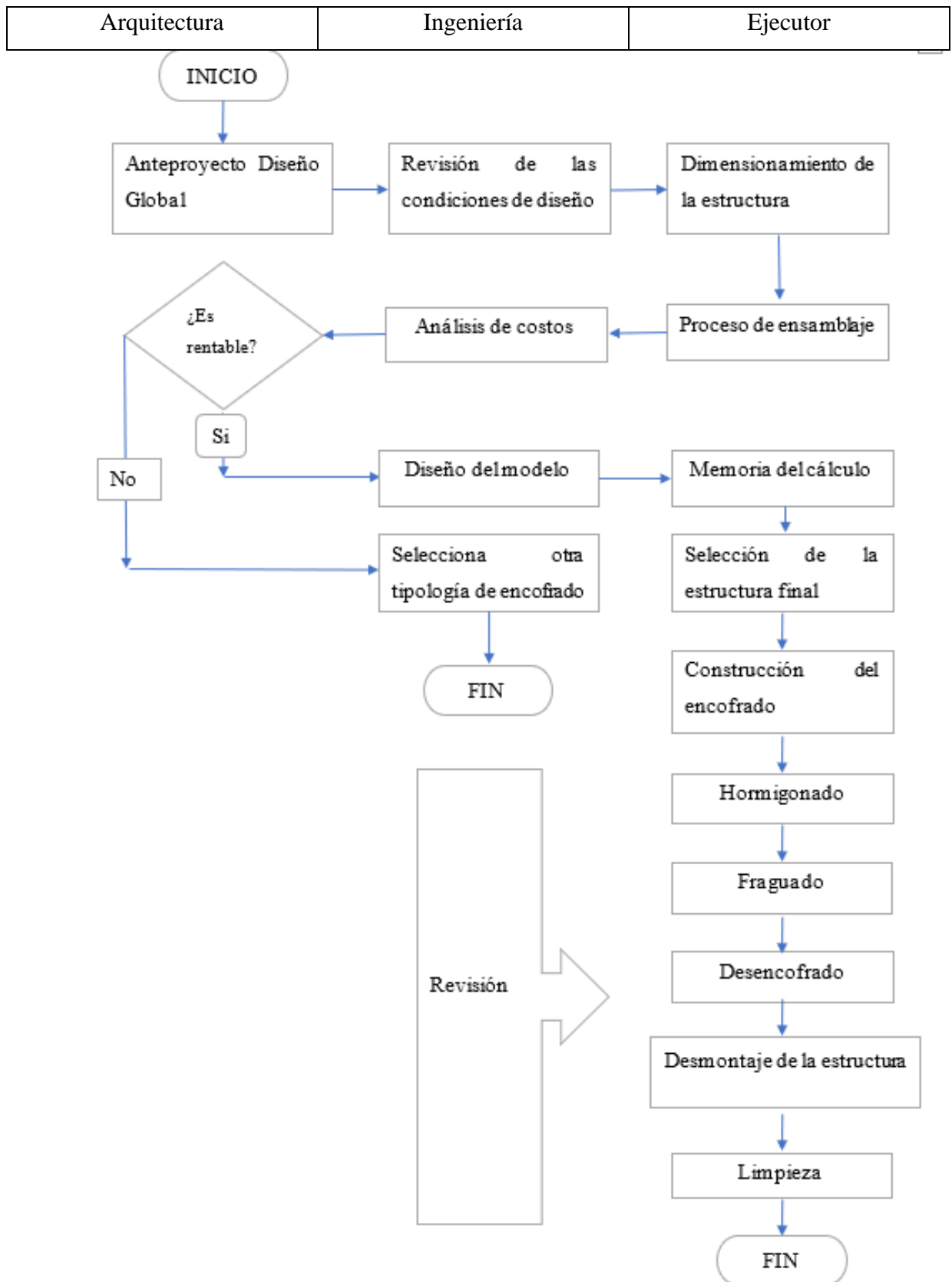


Figura 22. Proceso de encofrado metálico

Elaborado por: Soto, J (2022)

4.1.1.1.4. Proceso de encofrado plástico

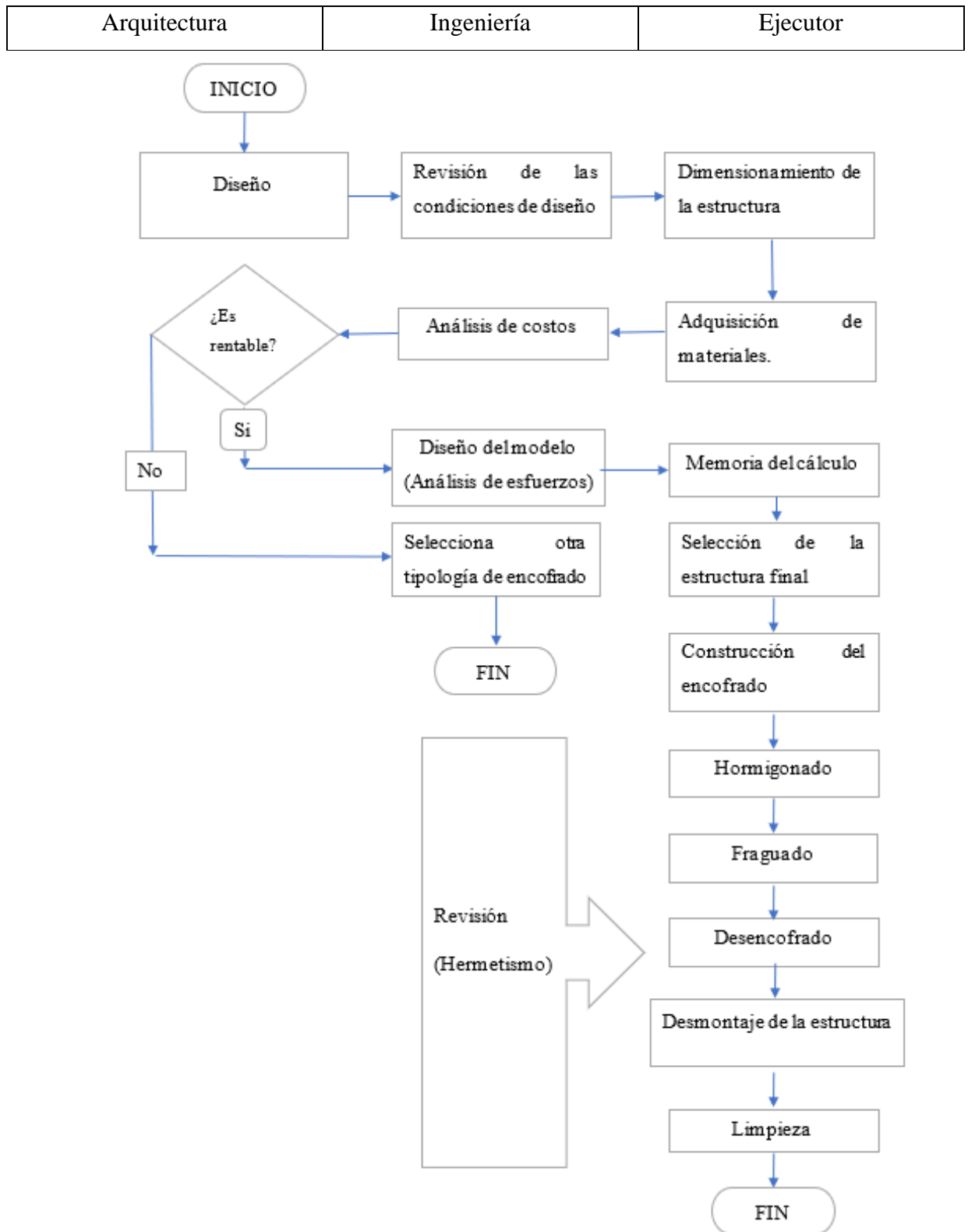


Figura 23. Proceso de encofrado plástico

Elaborado por: Soto, J (2022)

4.1.1.1.5. El proyecto en análisis Encofrado deslizante

Con el propósito de lograr la consecución del proyecto es necesario analizar el subsistema de encofrado de un proyecto de construcción de un tanque de hormigón en dos alternativas. La primera mediante el uso de encofrado deslizante y el segundo con encofrado tradicional. Por tratarse de proyectos reales, la probabilidad de encontrar dos de las mismas dimensiones y características que hayan utilizado los dos subsistemas es muy baja. Por tanto, se estima costos y procesos para analizar los elementos desde un enfoque constructivo.

Proyecto: con uso de encofrado deslizante

Nombre: PTAR Las Esclusas

Fecha del proyecto: enero 14, 2019.

Autor del diseño: Robinson, Peter, Ing.

Dirección: Armijos, Efraín, Ing.

Tabla 9. Descripción del proyecto

No.	Variable/indicador	Medidas
1.	Proyecto	PTAR las Esclusas, Guayaquil
1.1	Funcionalidad	Tanque para clarificador
1.2	Ubicación	Las Esclusas, sur de Guayaquil
1.3	Capacidad	
1.4	Medidas	
1.4.1	Altura (m)	5,9
1.4.2	Radio interior	12,25
1.4.3	Radio exterior	12,6
1.4.4	Circunferencia interior	76,96
1.4.5	Circunferencia exterior	79,17
1.4.6	Diámetro interno (m)	24,5
1.4.7	Diámetro externo (m)	25,2
1.4.10	Espesor (m)	0,35 m.
1.4.11	Total, área de encofrado pared interna (m ²)	454,12
1.4.12	Total, área de encofrado pared externa (m ²)	467,10
1.4.13	Volumen (m ³)	2.781,47
1.4.14	Volumen (lt)	2.781.467,96

Elaborado por: Soto, J, (2022)

Los diseños se incluyen posteriormente en la figura 26 a la 27, y los planos incluidos en las figuras 23, 24 y 25. En primera instancia se muestra el plano de armadura de las vigas y a la par se evidencia la sección transversal del tanque.

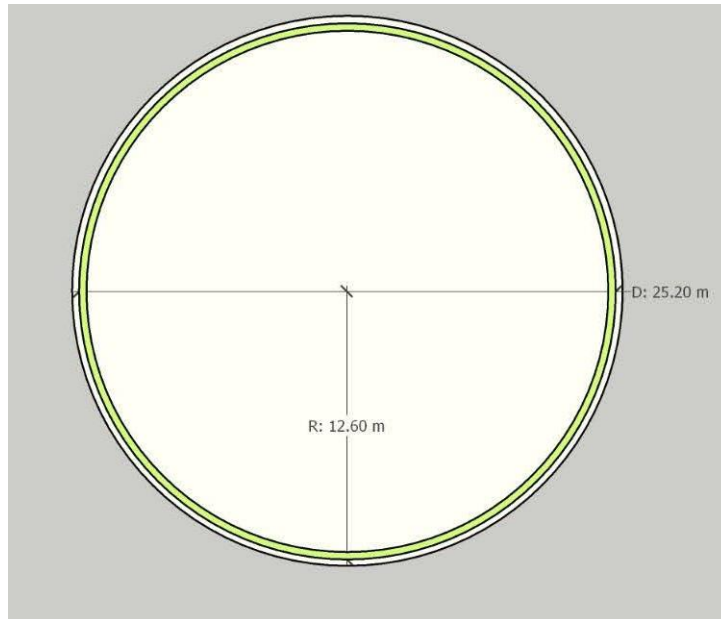


Figura 24. Diseño de tanque: Vista superior

Elaborado por: Soto, J. 2022.

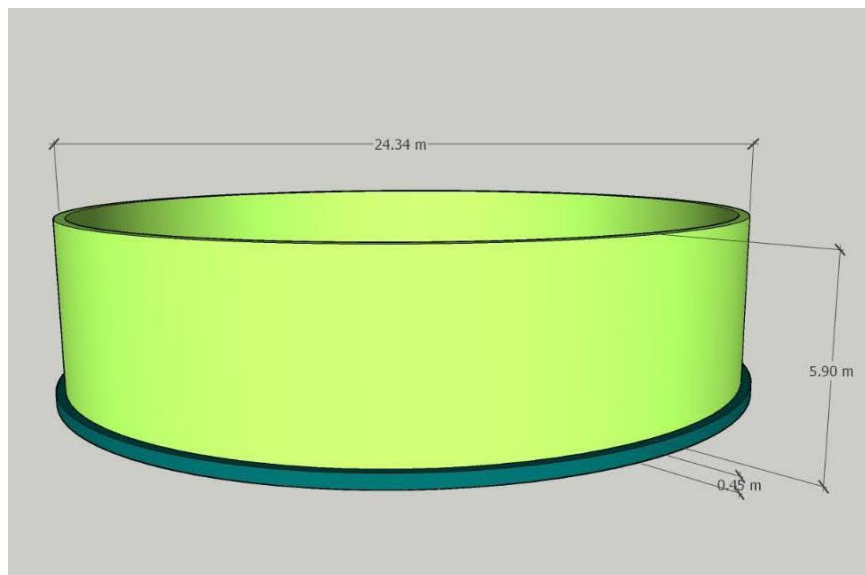


Figura 25. Diseño de tanque vista lateral

Elaborado por: Soto, J. 2022.

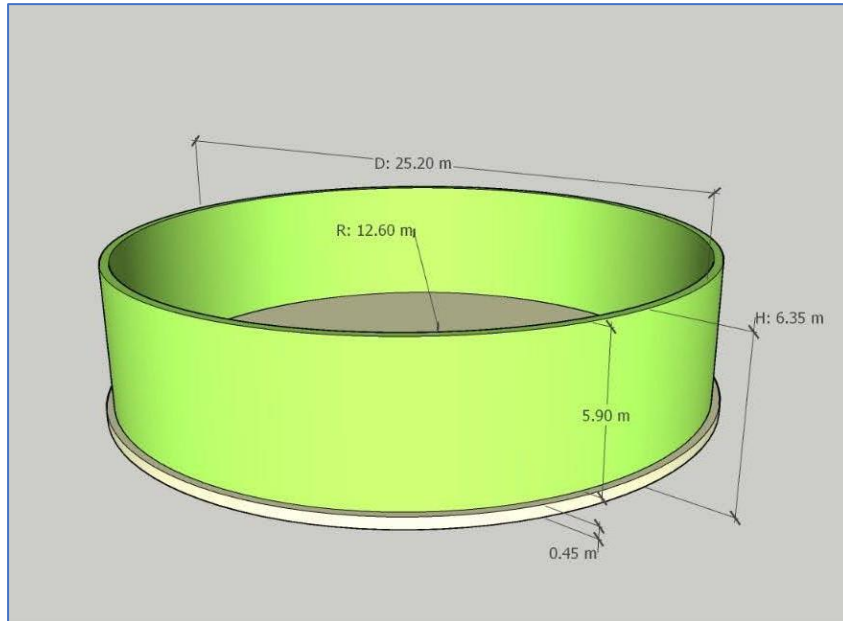


Figura 26. Diseño de tanque: medidas

Elaborado por: Soto, J. 2022.

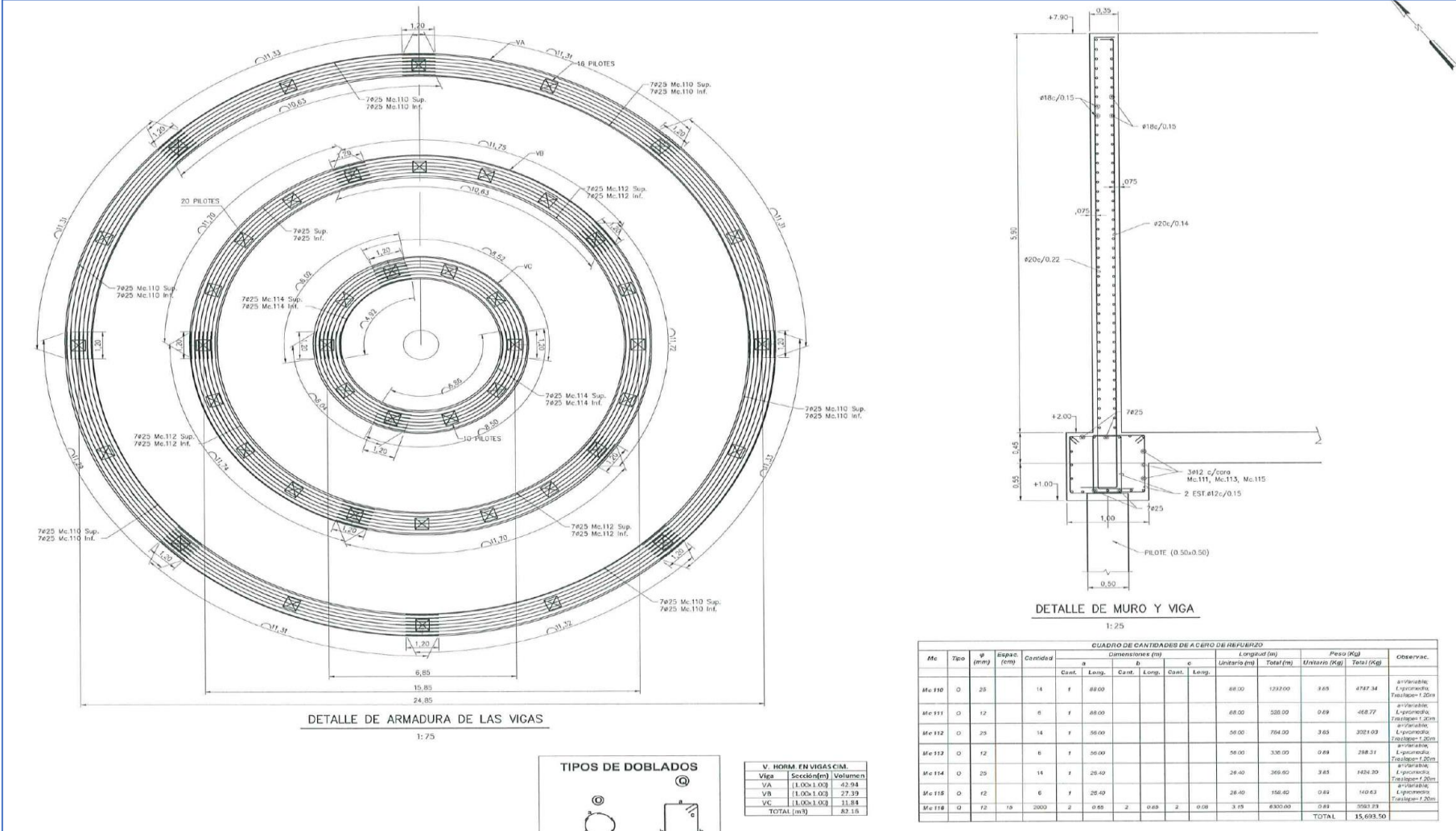


Figura 27. Detalle de armadura de las vigas

Fuente: (Robinson, 2019)

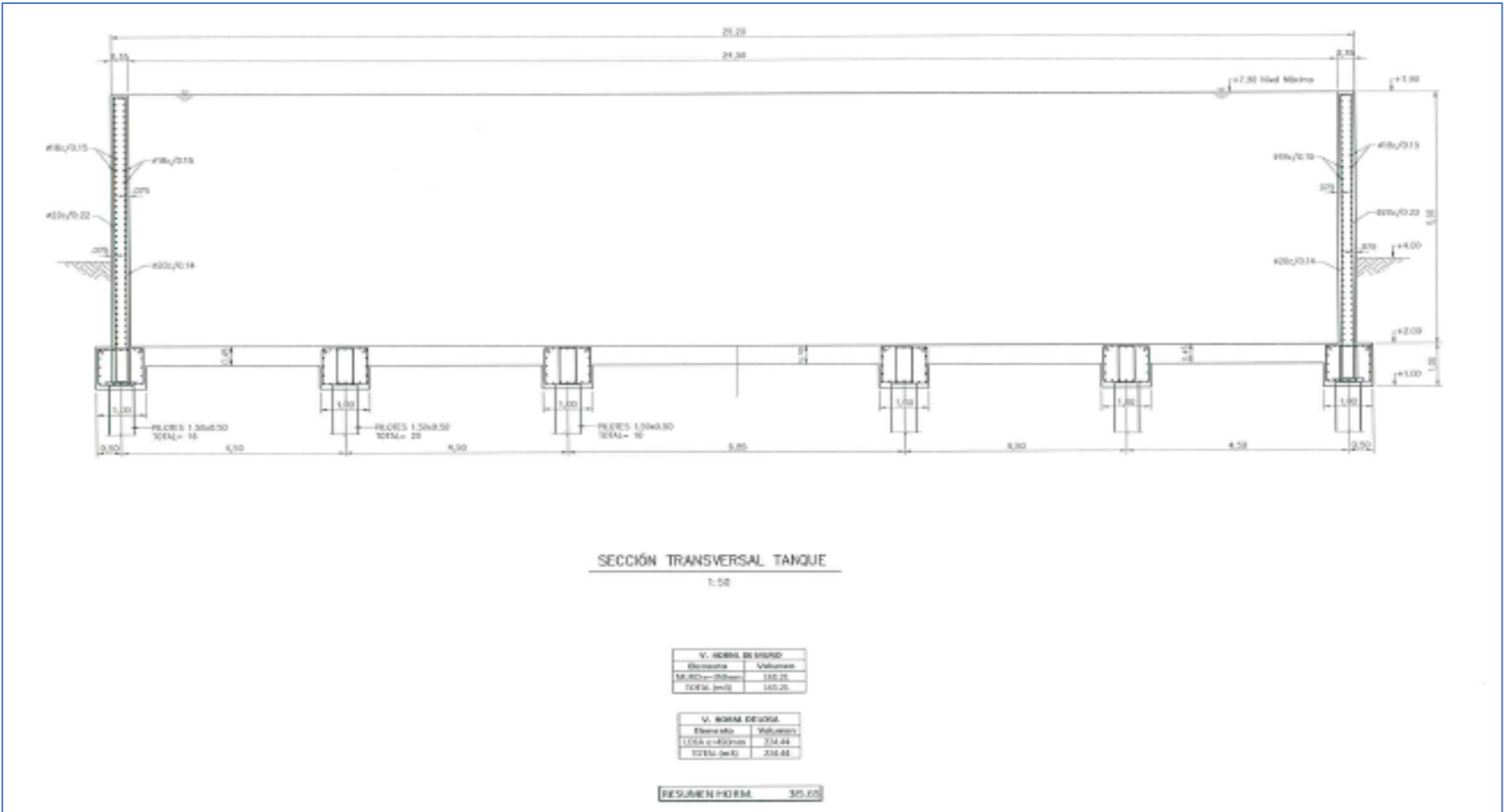


Figura 28. Diseño de sección transversal del tanque

Fuente: (Robinson, 2019)

4.1.1.1.6. Flujograma de proceso de encofrado deslizante

El sistema de encofrado deslizante requiere que el contratista; normalmente no el mismo de la construcción. De hecho, una empresa especializada en el desarrollo de encofrado deslizante es quien debe llevar a cabo cada uno de los aspectos que involucra este procedimiento. Es importante en primera instancia identificar la escala del proyecto (voluminoso). Adicionalmente es la empresa quien participa activamente en todo el proceso; se encarga de los ajustes necesarios y de la selección del equipo necesario para el desarrollo. A continuación, se detallar el proceso de manera mayormente significativa.

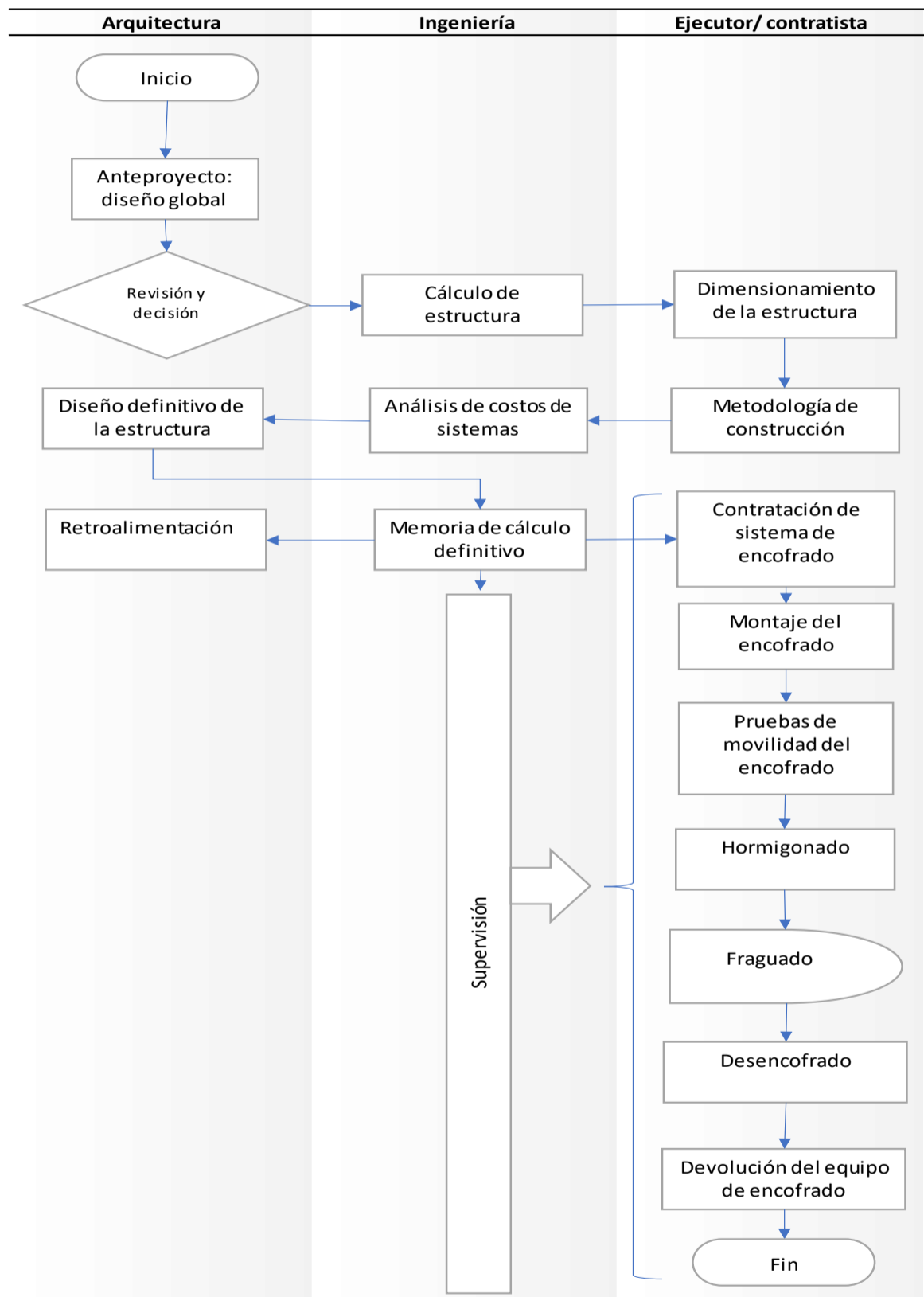


Figura 29. Flujograma de proceso general del sistema de encofrado deslizante

Elaborado por: Soto, J. (2022)

La figura 27 presenta el flujograma del proceso de encofrado deslizante; a diferencia del tradicional, donde primero se construye el encofrado, luego se hormigona, se deja secar y posteriormente se desencofra. En el encofrado deslizante, luego de la fijación del tablero de arranque y colocar el sistema con sus respectivas pruebas de deslizado; se direcciona el molde para el primer metro de altura de hormigón. Se procede a echar el hormigón de manera continua con un primer intervalo de alrededor de cuatro horas para el primer metro de hormigonado. Posteriormente se procede al deslizado del encofrado en tramos de 20 cm. en intervalos de alrededor una hora; tal y como se muestra a continuación.

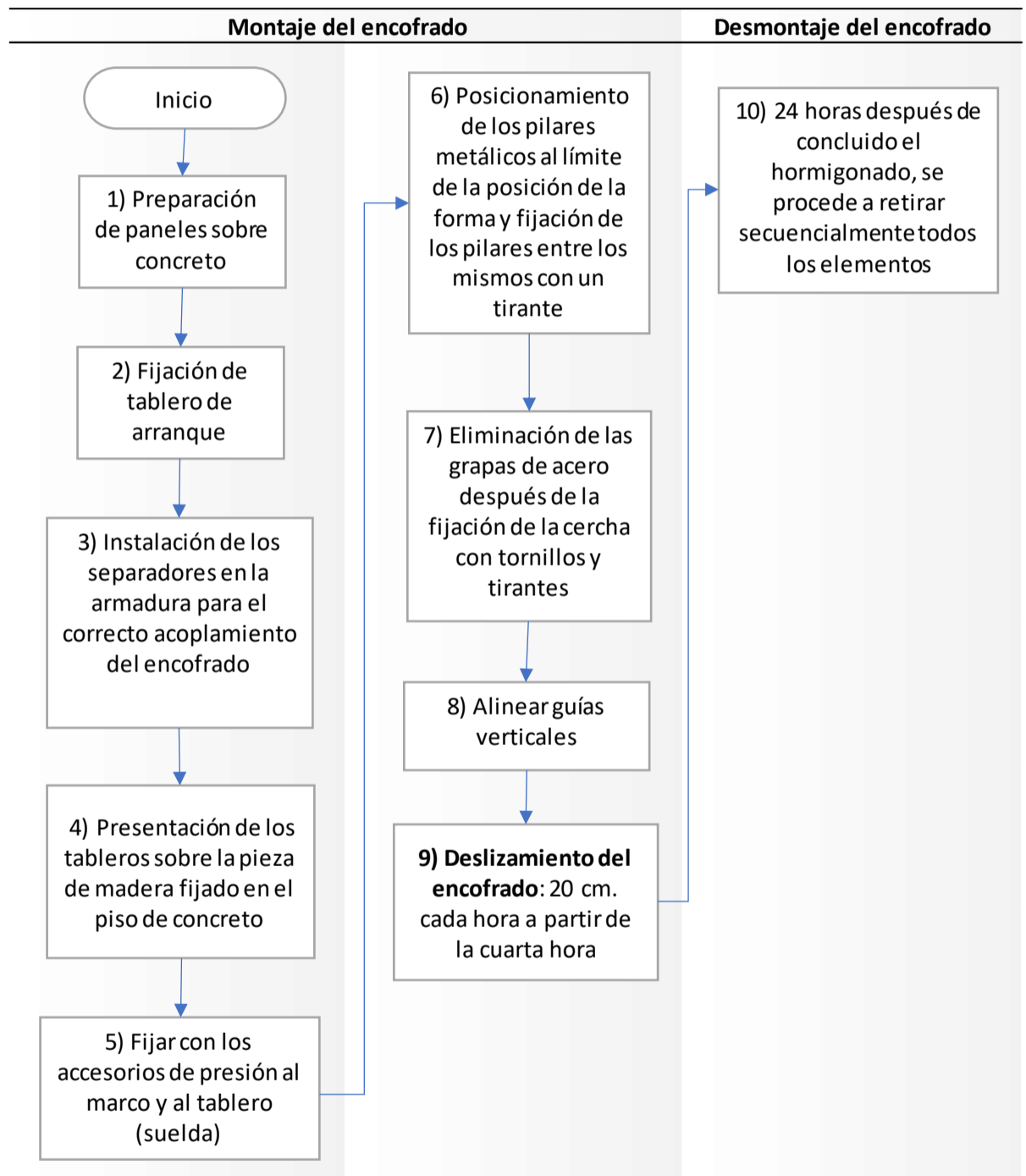


Figura 30. Flujograma de proceso de montaje y desmontaje del encofrado deslizante

Elaborado por: Soto, J (2022)

A continuación, la descripción de cada uno de los pasos en el subsistema de encofrado deslizante y el correspondiente desencofrado. Este se lleva a cabo en ocho fases que contiene un gran número de actividades sobre un diseño predefinido, revisado y formalizado por el equipo técnico. En este proceso también participan de manera activa la empresa o equipo proveedor del sistema de encofrado deslizante.

Paso 1: Preparación de los paneles sobre el concreto

Esta fase parte de un trabajo de construcción previo en que ya se dispone de una base del tanque fundida; sobre esta se procede según el diseño del proyecto, preparación del acero y otros detalles técnicos. Sin mencionar el cronograma para la edificación del tanque.

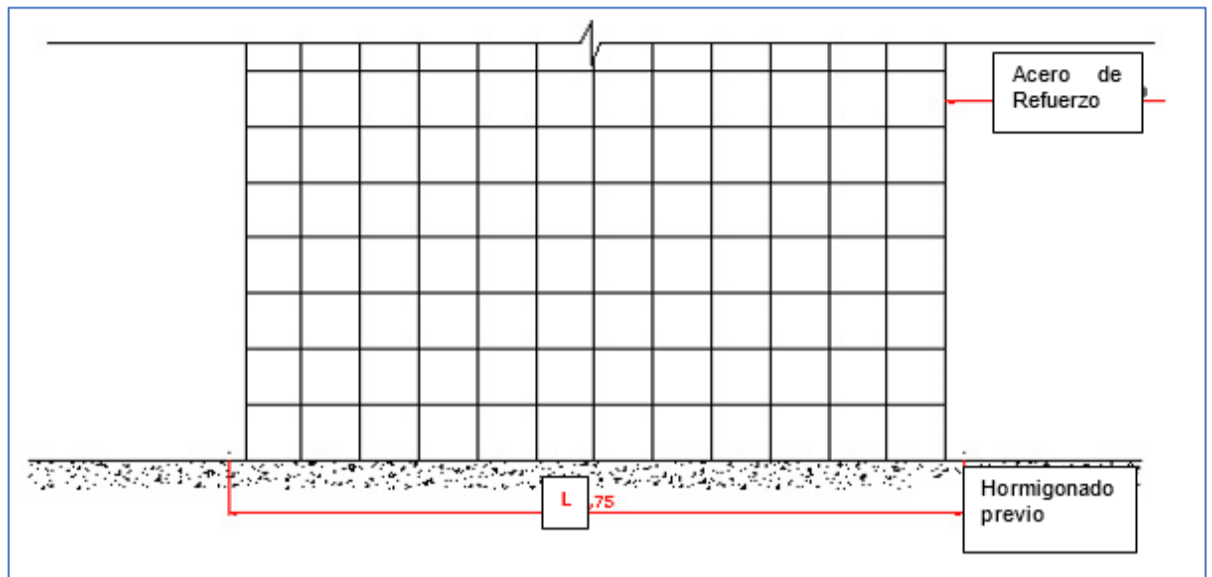


Figura 31. Armado del elemento vertical a deslizar en su totalidad

Fuente: (Bello et al., 2020)

Paso 2: Fijación de tablero de arranque

En esta segunda fase se construye una fijación del tablero de arranque, este es un encofrado de madera de 20 cm de altura, alrededor del perímetro del tanque. Este está plenamente fijado a la base. Es importante detallar que en este punto se concentra la mayor presión de todo concreto aglomerado (figura 28 y 29). El común emplear tiras de madera, tablero contrachapado, clavos y pernos para fijación a la base sin mencionar adicionar material antiadherente e impermeabilizante.



Figura 32. Imagen de tablero de arranque

Fuente: (Bello et al., 2020)

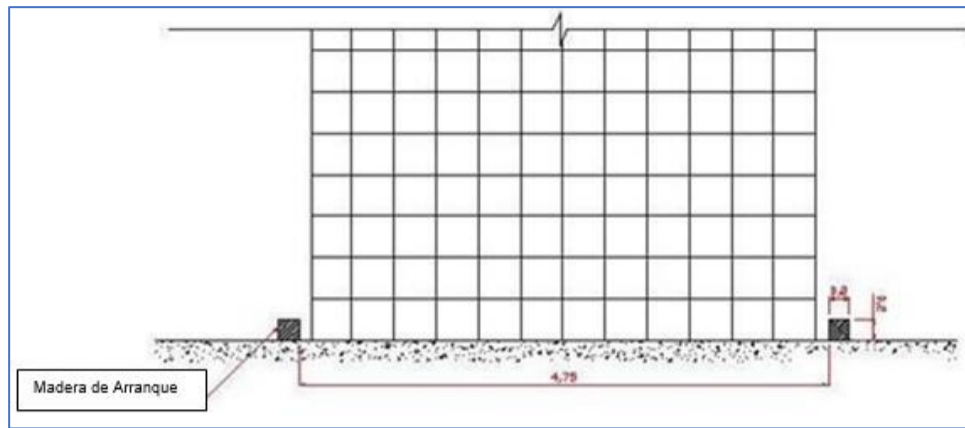


Figura 33. Vista lateral del tablero de arranque

Fuente: (Bello et al., 2020)

Paso 3: Instalación de separadores

Los separadores en la armadura tienen como objetivo el correcto acoplamiento del encofrado. Esta armadura se debe mantener en el centro del espacio del encofrado, sin tener contacto con las paredes y perfectamente colocado.



Figura 34. Imagen de separadores

Fuente: (Bello et al., 2020)

Paso 4: Presentación de los tableros

Se procede a instalar cada uno de los tableros en posición vertical, para esto se tiene como ayuda la grúa. Los tableros deben estar permanentemente instalados dado que estos elementos se irán deslizando hacia arriba, conforme se avanza el hormigonado.

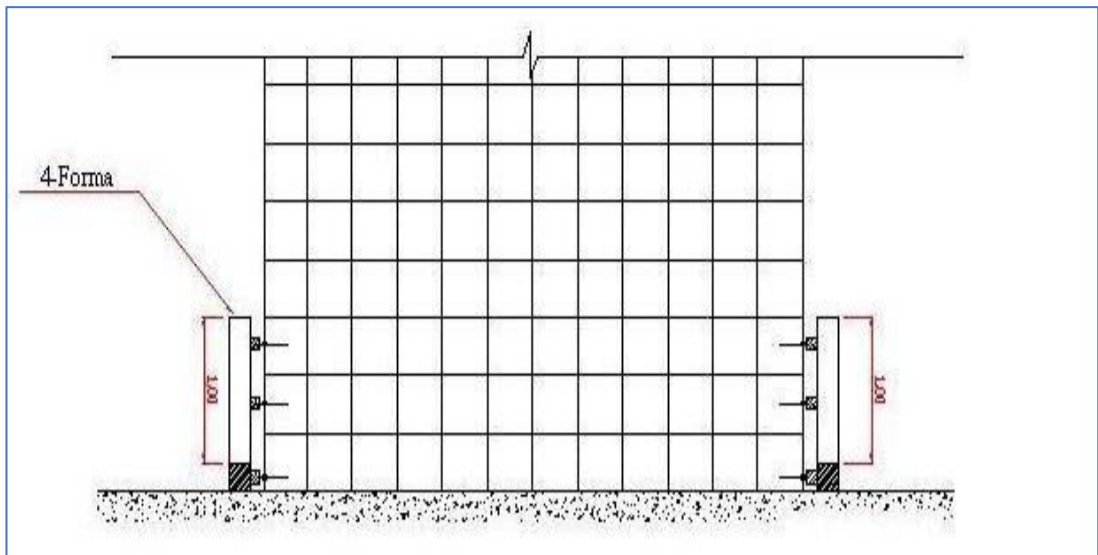


Figura 35. Imagen lateral de tableros

Fuente: (Bello et al., 2020)

Paso 5: Fijación con los accesorios de presión al marco y tablero

En esta fase se procede a la fijación de tres elementos existentes que son; la estructura, el marco y el tablero. Para esto se aplica soldadura; se busca que las partes estén fijas al incorporarse la mezcla y sobre todo mantenerse firme ante la presión mecánica horizontal y vertical que exige el proceso.



Figura 36. Imagen de fijación al marco y tablero

Fuente: (Bello et al., 2020)

Paso 6: Se sueldan los separadores de hormigón en las plantillas del armazón (torres)

Se coloca las torres alrededor del perímetro del encofrado, mismas que están aseguradas a los paneles. Sobre estas torres se deslizan los paneles para establecer la secuencia de hormigonado.

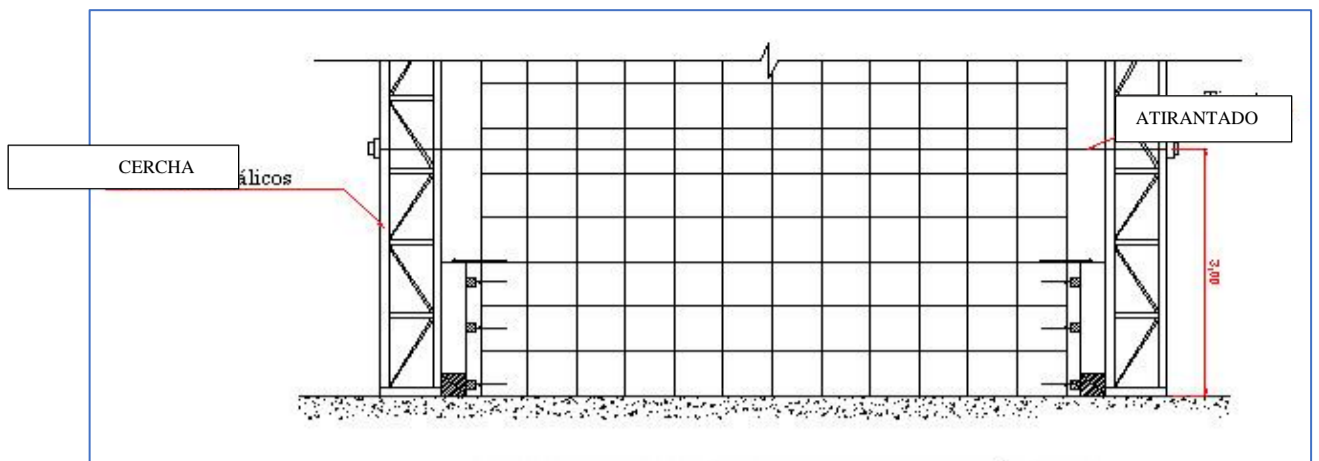


Figura 37. Imagen de pilares metálicos

Fuente: (Bello et al., 2020)

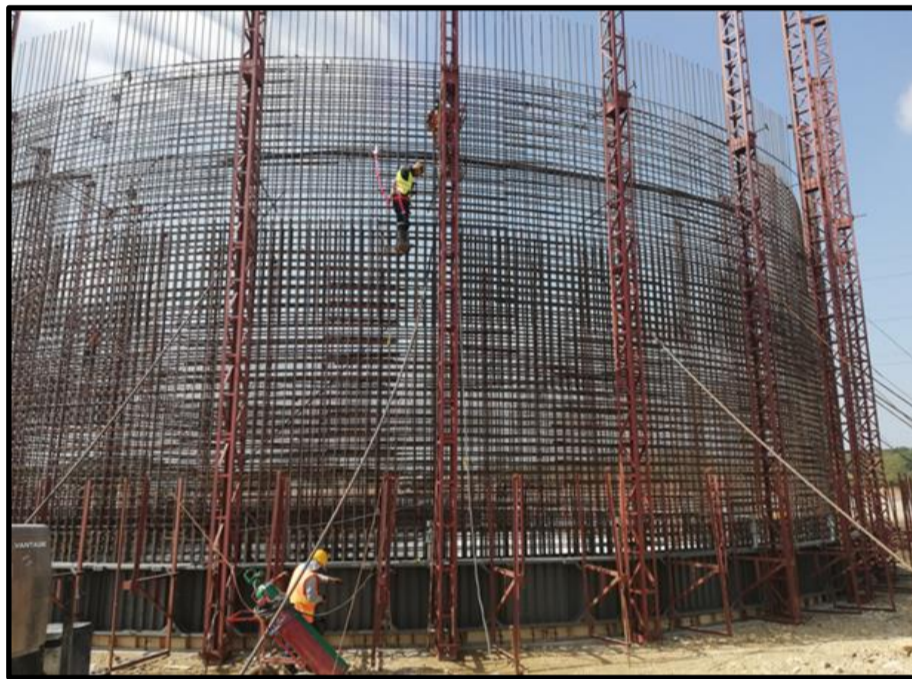


Figura 38. Imagen de estructura armada

Fuente: (Bello et al., 2020)

Paso 7: Eliminación de las grampas de acero después de la fijación de la cercha

Se procede a la eliminación de las grampas de acero después de la fijación de la cercha con tornillos y tirantes.

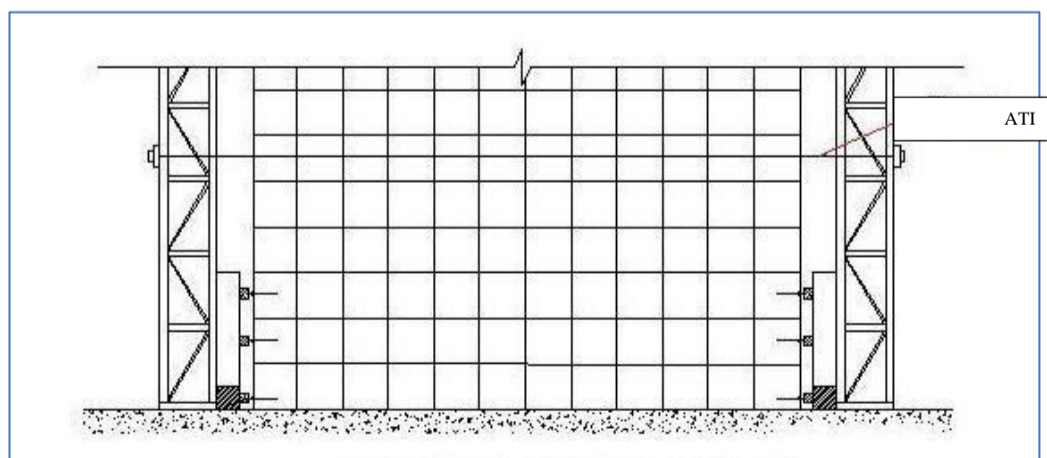


Figura 39. Imagen de atirantado

Fuente: (Bello et al., 2020)

Paso 8: Alinear guías verticales

Esta actividad busca mantener alineadas las guías a la referencia topográfica.



Figura 40. Imagen de alineación de guías verticales

Fuente: (Bello et al., 2020)

Paso 9: Hormigonado de base

Sobre el encofrado base conformado por el tablero de arranque de 20 cm y tableros deslizantes de 90 cm; se procede al hormigonado en capas conforme a las condiciones ambientales. Posteriormente al hormigonado es necesario mantener un lapso de tiempo para el secado (cuatro horas) para proceder al deslizamiento ascendente y hormigonado correspondiente.

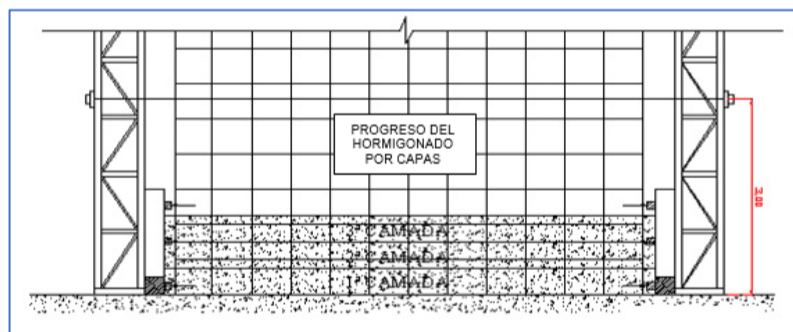


Figura 41. Imagen de hormigonado por capas

Fuente: (Bello et al., 2020)

Paso 10: Hormigonado ascendente

Una vez fraguada la base se procede a un deslizamiento ascendente de 10 en 10 cm. En esta fase es necesario que el hormigón no fluya ni se deforme, para lo cual se debe utilizar esponjas. Una vez cubierta la capa de hormigón se espera una hora de intervalo antes del siguiente ascenso. En promedio cada ascenso sería de 15 cm. por lo que el primer día se avanzaría alrededor de 2 metros; los días posteriores 1,20 mts. Se requiere de alrededor de 4 jornadas (días) para completar la fundida vertical de la pared del tanque que es de 5 mts.

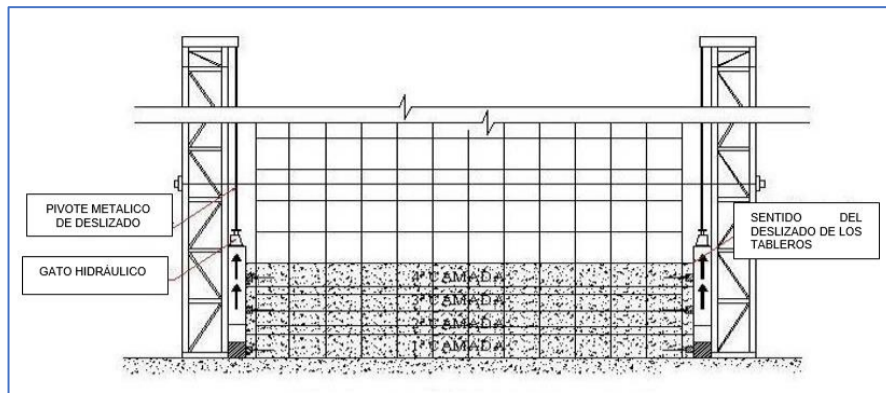


Figura 42. Imagen de ascensión de encofrado

Fuente: (Bello et al., 2020)

4.1.1.1.7. Determinar el impacto en el ambiente que genera la utilización de encofrado deslizante y encofrado tradicional.

Este análisis solamente es aplicable a los materiales de encofrado. En el caso del tradicional, su principal insumo es la madera. Para este tipo de obra se utiliza tableros de madera procesada, que demuestran un uso más eficiente. Como se material se compone de fibras eventualmente podría tener varios usos como fuente de calor o múltiples usos. En caso de ser desechada, como su composición de carácter orgánico; no genera un impacto negativo hacia el medio ambiente. En el caso del encofrado deslizante, su material predominante es el acero (metal), este es utilizable varias veces. Y en caso de ser desechado, puede ser reciclado en forma de chatarra.

4.1.2. Establecer un análisis comparativo de las características técnicas del encofrado tradicional y el deslizante en la construcción de tanques de hormigón armado

Tabla 10. Características técnicas de encofrado tradicional y deslizante

Variable/ indicador	Encofrado tradicional	Encofrado deslizante	Encofrado de plástico	Encofrado de metal
1. Material	Está construido preferentemente de madera, contrachapado o metal, con pocas partes de madera.	Es totalmente metálica con mínimas partes de madera.	El material comúnmente empleado es ABS (acrilo nitrilo butadieno estireno). De igual manera se componen por plástico más fibra de vidrio.	Paneles prefabricados de acero. Se mantienen juntos por medio de abrazaderas, pernos y tuercas.
2. Escala	Aplicable a construcciones de baja escala	Construcción de gran escala, principalmente uso industrial o estructuras públicas.	Tiene un amplio rango de aplicación, pero su diligencia es únicamente utilizable para estructuras de hormigón simple.	Aplicable en grandes proyectos
3. Reutilización	En caso de utilizar madera blanda, es de un solo uso, posteriormente se desecha; por ser una madera que se deforma cuando está seca. En caso de ser tableros contrachapados, puede ser reutilizada, aunque pocas veces. Cuando son planchas metálicas es reutilizable.	Es reutilizable, el diseño es modular, de tal forma que se ajuste a variados proyectos. Y se ahorra en materiales.	Se puede usar más de 100 veces, pero en caso en los cuales se evidencia deformación o fractura es necesario reemplazar.	El reutilizable debido a su principal material (Acero)
4. Mercado	Cuando es un solo uso es adquirido como costo del proyecto.	Existe un mercado de arrendamiento de sistemas de encofrado.	Existe un amplio mercado para la compra o comercialización, pero es necesario recordar que en comparación con los otros	Existe empresas dedicadas a su comercialización o arriendo de grandes volúmenes.

Variable/ indicador	Encofrado tradicional	Encofrado deslizante	Encofrado de plástico	Encofrado de metal
		Empresas constructoras por lo general tienen uno de mayor uso para ser utilizado en diferentes proyectos.	encofrados este es más caro y solo se reutiliza un número conciso de veces	
! Cálculo	En muchos casos por ser un sistema de encofrado utilizado para construcción en baja escala, se aplica el diseño por suposición, esto es en función de la experiencia de los gestores técnicos.	Por ser un producto utilizado en proyectos constructivos de mayor escala requiere de cálculos profesionales. Esto es considerando las condiciones y carga del proyecto específico.	El cálculo debe ser efectuado por medio del contratista o en su defecto por el ingeniero responsable.	El cálculo debe ser efectuado por medio del contratista o en su defecto por el ingeniero responsable.
(Parámetros a calcular	En ambos casos se deben calcular dos dimensiones: Capacidad de los moldes para resistir los empujes horizontales y verticales del hormigón y el peso de los trabajadores. Capacidad de las cimbras para soportar todo el peso del aparataje (hormigón y su refuerzo, encofrado, operarios y equipo, carga de vientos)		En importante recordar que cada uno de sus módulos o geo paneles pueden adoptar varias configuraciones. Por lo que es importante considerar la presión de trabajo y los esfuerzos longitudinales que ejercer el concreto sobre el módulo.	Es importante mantener un análisis de los empujes horizontales con base en el hecho que por el mismo material no se encoge ni se deforma y peor aún absorbe humedad.
´ Velocidad del proceso	El proceso es tedioso y requiere de esfuerzo, tiempo y dinero para un acabado simple y dispuesto a fallas.	El proceso de construcción es eficiente por la celeridad sistema.	El proceso de trabajo con base en su peso es rápido y aplicable en grandes volúmenes, pero hay que destacar el hecho de trabajar con el mismo con sumo cuidado.	Se puede instalar y desmontar con facilidad. Su manipulación con base en el peso es casi instantánea debido a sus placas de acero delgadas pero rígidas.
! Acabados	Se puede presentar daños al momento de desprender el encofrado del hormigón lo que genera fallas en el acabado	Los acabados mejoran sustantivamente en los remates finales.	Los acabados son consistentes en forma de un buen acabado, pero hay que contralar la humedad del hormigón	La calidad de superficie del concreto es buena. Adicionalmente no necesita tratamiento.

Elaborado por: Soto, J, 2022

Tomado de: (Giordani & Leone , 2015)

4.1.3. Costos comparativos entre diferentes encofrados

4.1.4. Encofrado tradicional

Tabla 11. Análisis de precios unitarios de encofrado tradicional en madera

Anlisis De Precios Unitarios					
Codigo:					
Rubro:	Encofrado madera			Unidad:	M2
				Rendimiento:	Horas/Unidad
Detalle:					
Equipos	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Herramientas Menores	5%				0,37
			Subtotal M		0,37
MANO DE OBRA					
Descripcion	Cantidad	Jornal/Hr	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Maestro Mayor	0,20	4,29	0,86	0,85	0,73
Capintero	1,00	3,98	3,98	0,85	3,38
Peon	1,00	3,82	3,82	0,85	3,25
			Subtotal N		7,36
MATERIALES					
Descripcion	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Costo	
Tablas	Unidad	1,25	4,00	5,00	
Clavos 2 1/2	Lb	0,3	1,40	0,42	
Clavos 4"	Lb	0,3	2,00	0,60	
Cañas Guadua	Unidad	2	3,50	7,00	
Cuartones 4x4	Unidad	0,5	10,00	5,00	
			Subtotal O		18,02
TRANSPORTE					
Descripcion	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
Transporte de materiales	Global	1		0,00	
			Subtotal P		0,00
				TOTAL DE COSTO DIRECTO(M+N+O+P)	25,75
				INDIRECTOS 15%	3,86
				UTILIDAD 5%	1,29
				COSTO TOTAL DEL RUBRO	30,90

Elaborado por: Soto, J, (2022)

La tabla 11 presenta el costo total del encofrado en madera por metro cuadrado, incluye, mano de obra, materiales directos e indirectos; asciende a US\$ 30.90. El total del área interna es 454,12 m²; la externa es 467,09 m², el área total es 921,21 m².

4.1.4.1. Encofrado Metálico

Tabla 12. Análisis de precios unitarios de encofrado metálico.

Anlisis De Precios Unitarios					
Codigo:					
Rubro:	Encofrado Metalico			Unidad:	M2
				Rendimiento:	Horas/Unidad
Detalle:					
Equipos	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Herramientas Menores	5%				0,24
			Subtotal M		0,24
MANO DE OBRA					
Descripcion	Cantidad	Jornal/Hr	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Maestro Mayor	0,20	4,29	0,86	0,55	0,47
Capintero	1,00	3,98	3,98	0,55	2,19
Peon	1,00	3,82	3,82	0,55	2,10
			Subtotal N		4,76
MATERIALES					
Descripcion	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Costo	
Tablero 0,60x1,20 m	Unidad	1	1,32	1,32	
Tablero 0,40x1,20 m	Unidad	1	1,19	1,19	
caña guaudua	Unidad	2	1,75	3,50	
Puntales	Unidad	2	1,74	3,48	
Pernos	Unidad	10	0,1	1,00	
Tuvo pvc 1" (0,5) Pasante	Unidad	4,5	1,35	6,08	
Perno Pasador	Unidad	10	0,10	1,00	
			Subtotal O		17,57
TRANSPORTE					
Descripcion	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
Transporte de materiales	Global	1		0,00	
			Subtotal P		0,00
				TOTAL DE COSTO DIRECTO(M+N+O+P)	22,56
				INDIRECTOS 15%	3,38
				UTILIDAD 5%	1,13
				COSTO TOTAL DEL RUBRO	27,08

Elaborado por: Soto, J, (2022)

La tabla 12 presenta el costo total del encofrado metálico por metro cuadrado, incluye, mano de obra, materiales directos e indirectos; asciende a US\$27.08. El total del área interna es 454,12 m²; la externa es 467,09 m², el área total es 921,21 m².

4.1.4.2. Encofrado plástico

Tabla 13. Análisis de precios unitarios de encofrado plástico

Análisis De Precios Unitarios					
Codigo:					
Rubro:	Encofrado Plastico			Unidad:	M2
				Rendimiento:	Horas/Unidad
Detalle:					
Equipos	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Herramientas Menores	5%				0,22
			Subtotal M		0,22
MANO DE OBRA					
Descripcion	Cantidad	Jornal/Hr	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Maestro Mayor	0,20	4,29	0,86	0,50	0,43
Capintero	1,00	3,98	3,98	0,50	1,99
Peon	1,00	3,82	3,82	0,50	1,91
			Subtotal N		4,33
MATERIALES					
Descripcion	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Costo	
Modulos	Unidad	1	3,00	3,00	
Uniones pegables	Unidad	1	3,00	3,00	
Puntales	Unidad	2	1,74	3,48	
Pernos	Unidad	10	0,1	1,00	
Tuvo pvc 1" (0,5)	Unidad	4,5	1,35	6,08	
Perno Pasador	Unidad	9	0,10	0,90	
			Subtotal O		17,46
TRANSPORTE					
Descripcion	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
Transporte de materiales	Global	1		0,00	
			Subtotal P		0,00
				TOTAL DE COSTO DIRECTO(M+N+O+P)	22,00
				INDIRECTOS 15%	3,30
				UTILIDAD 5%	1,10
				COSTO TOTAL DEL RUBRO	26,40

Elaborado por: Soto, J, (2022)

La tabla 13 presenta el costo total del encofrado plástico por metro cuadrado, incluye, mano de obra, materiales directos e indirectos; asciende a US\$26.40. El total del área interna es 454,12 m²; la externa es 467,09 m², el área total es 921,21 m².

4.1.4.3. Encofrado deslizante

Tabla 14. Análisis de precios unitarios de encofrado deslizante

Análisis De Precios Unitarios					
Codigo:					
Rubro:	Encofrado Deslizante			Unidad:	M2
				Rendimiento:	Horas/Unidad
Detalle:					
Equipos	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Herramientas Menores	5%				0,36
Subtotal M					0,36
MANO DE OBRA					
Descripcion	Cantidad	Jornal/Hr	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Maestro mayor	0,20	4,29	0,858	0,35	0,30
Soldador	1,00	4,29	4,29	0,35	1,50
Tecnico en montaje	1,00	3,87	3,87	0,35	1,35
Peon	3,00	3,82	11,46	0,35	4,01
Subtotal N					7,17
MATERIALES					
Descripcion	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Costo	
Tablero metalico 1x1m	Unidad	1	1,80	1,80	
Estructura de alzado	Unidad	2	0,73	1,46	
Gato hidraulico	Unidad	1	3,65	3,65	
Plataforma de maniobras	Unidad	2	2,73	5,46	
Subtotal O					12,37
TRANSPORTE					
Descripcion	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
Transporte de materiales	Global	1		0,00	
Subtotal P					0,00
TOTAL DE COSTO DIRECTO(M+N+O+P)					19,90
INDIRECTOS 15%					2,98
UTILIDAD 5%					0,99
COSTO TOTAL DEL RUBRO					23,87

Elaborado por: Soto, J, (2022)

La tabla 14 presenta el costo total del encofrado deslizante por metro cuadrado, incluye, mano de obra, materiales directos e indirectos; asciende a US\$23.87. El total del área interna es 454,12 m²; la externa es 467,09 m², el área total es 921,21 m².

4.1.4.4. Cuadro comparativo de equipo, mano de obra, materiales.

Tabla 15. Cuadro comparativo de costos

CUADRO COMPARATIVO DE EQUIPO , MANO DE OBRA , MATERIALES.					
Rubro	Equipo	Mano de obra	Materiales	Rendimiento	Total
Encofrado de Madera	\$ 0,37	\$ 7,36	\$ 18,02	0,85	\$ 25,75
Encofrado Metalico	\$ 0,24	\$ 4,76	\$ 17,57	0,55	\$ 22,57
Encofrado de Plastico	\$ 0,22	\$ 4,33	\$ 17,46	0,50	\$ 22,01
Encofrado Deslizante	\$ 0,36	\$ 7,17	\$ 12,37	0,35	\$ 19,90

Elaborado por: Soto, J, (2022)

4.1.4.5. Presupuesto de los sistemas de encofrados

Tabla 16. Presupuesto de sistema de encofrados

PRESUPUESTO DE SISTEMA DE ENCOFRADOS					
Rubro	Unidad	Cantidad	PU	Total	Observaciones
Encofrado de madera	m2	921,21	\$ 30,90	\$ 28.465,39	
Encofrado de plastico	m2	921,21	\$ 26,04	\$ 23.988,31	
Encofrado metalico	m2	921,21	\$ 27,08	\$ 24.946,37	
Encofrado deslizante	m2	921,21	\$ 23,87	\$ 21.989,28	

Elaborado por: Soto, J, (2022)

4.1.4.6. Cuadro comparativo de sistemas de encofrados en costos.

Tabla 17. Cuadro comparativo de sistema de encofrados

CUADRO COMPARATIVO DE SISTEMAS DE ENCOFRADOS							
Sistema de encofrados	M2 - Analizar	Costo	Total	Dias	Ventajas	Desventajas	Observaciones
Encofrado Madera	921,21	\$ 30,90	\$ 28.465,39	30	Este sistema permite acoplarse a cualquier tipo de diseño , es facil la instalacion y tiene muy buena resistencia.	El mantenimiento debe ser continuo si se desea utilizar, para obras grandes se demora su fabricacion.	Se realizo el analisis por los 5,90 mt de altura de la estructura.
Encofrado Plastico	921,21	\$ 26,04	\$ 23.988,31	28	Este sistema es un material reutilizable y muy liviano para su montaje.	Estos modulos no son actas para modificaciones , su mantenimiento debe ser mas freceunte y es costoso.	Se realizo el analisis por los 5,90 mt de altura de la estructura.
Encofrado Metalico	921,21	\$ 27,08	\$ 24.946,37	25	Este sistema es una ventaja en su facil montaje y exelente resistencia lo cual tambien deja un acabado fino.	Este encofrado solo se adapta a una forma exclusiva, tambien se debe evitar mover la armadura porque este produce grietas en la estructura.	Se realizo el analisis por los 5,90 mt de altura de la estructura.
Encofrado Deslizante	921,21	\$ 23,87	\$ 21.989,28	18	Este sistema es un metodo innovador ofrece menor tiempo en la construccion de estructuras de gran tamaño y deja un acabado fino.	N/A	Se realizo el analisis por los 5,90 mt de altura de la estructura.

Elaborado por: Soto, J, (2022)

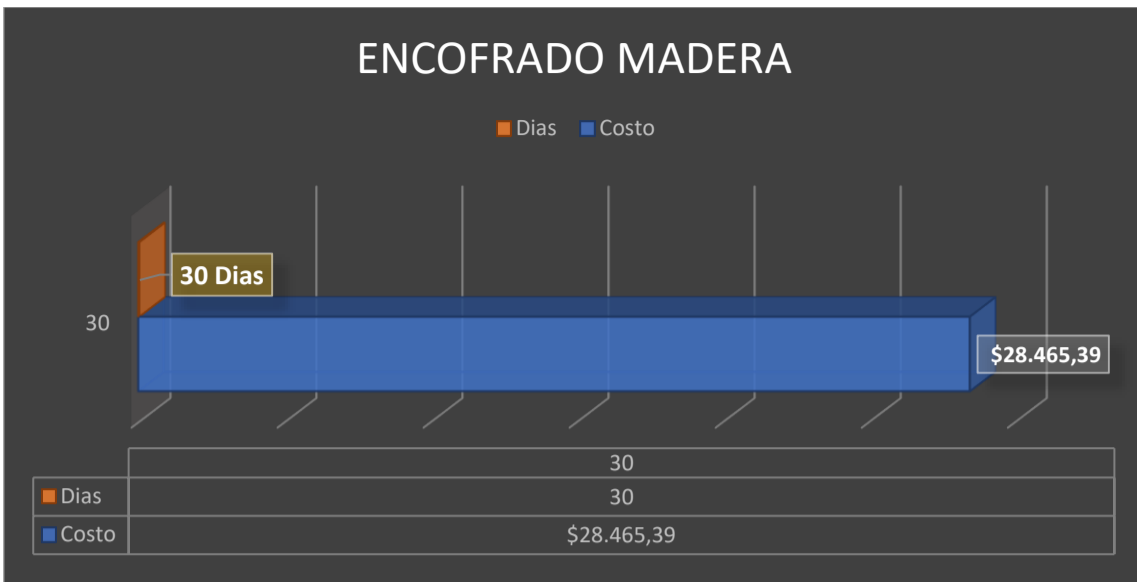


Figura 43. Sistema de encofrado de madera

Elaborado por: Soto, J, (2022)

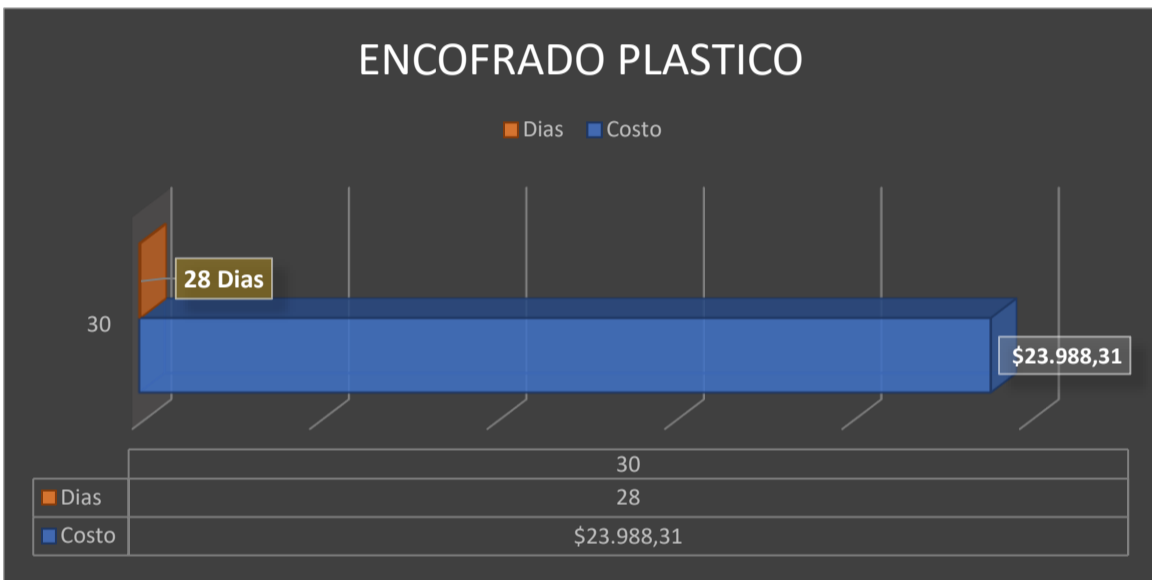


Figura 44. Sistema de encofrado de plástico

Elaborado por: Soto, J, (2022)

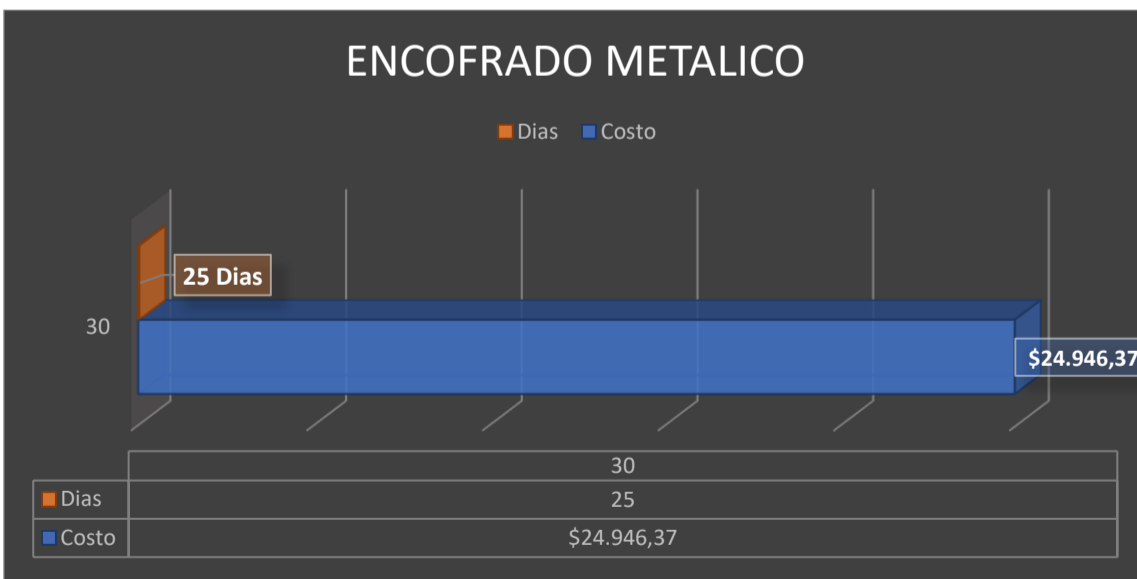


Figura 45. Sistema de encofrado metálico

Elaborado por: Soto, J, (2022)

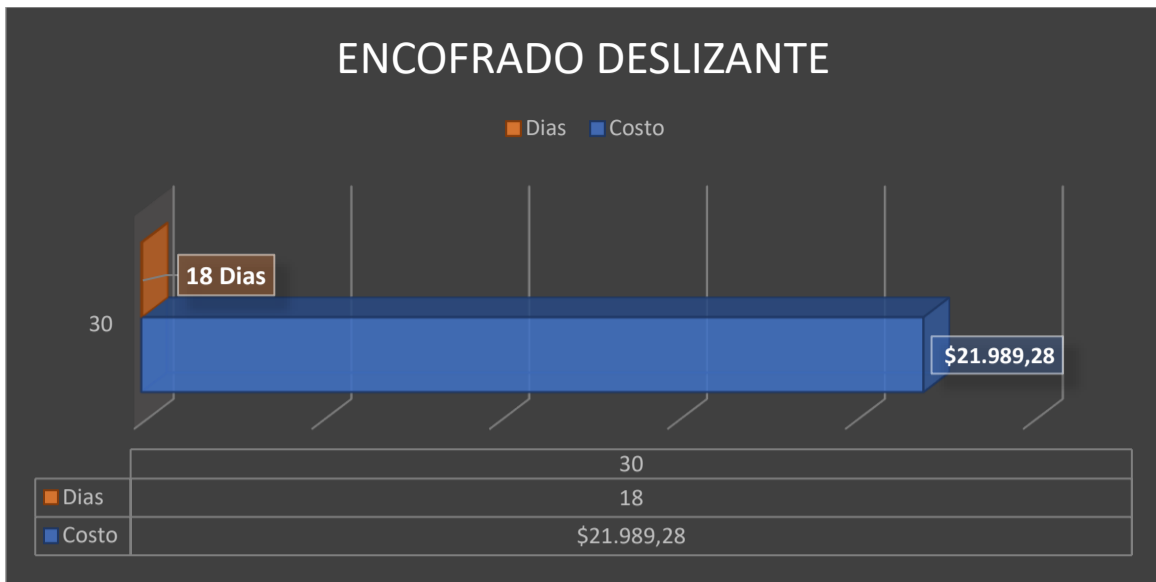


Figura 46. Sistema de encofrado deslizante

Elaborado por: Soto, J, (2022)

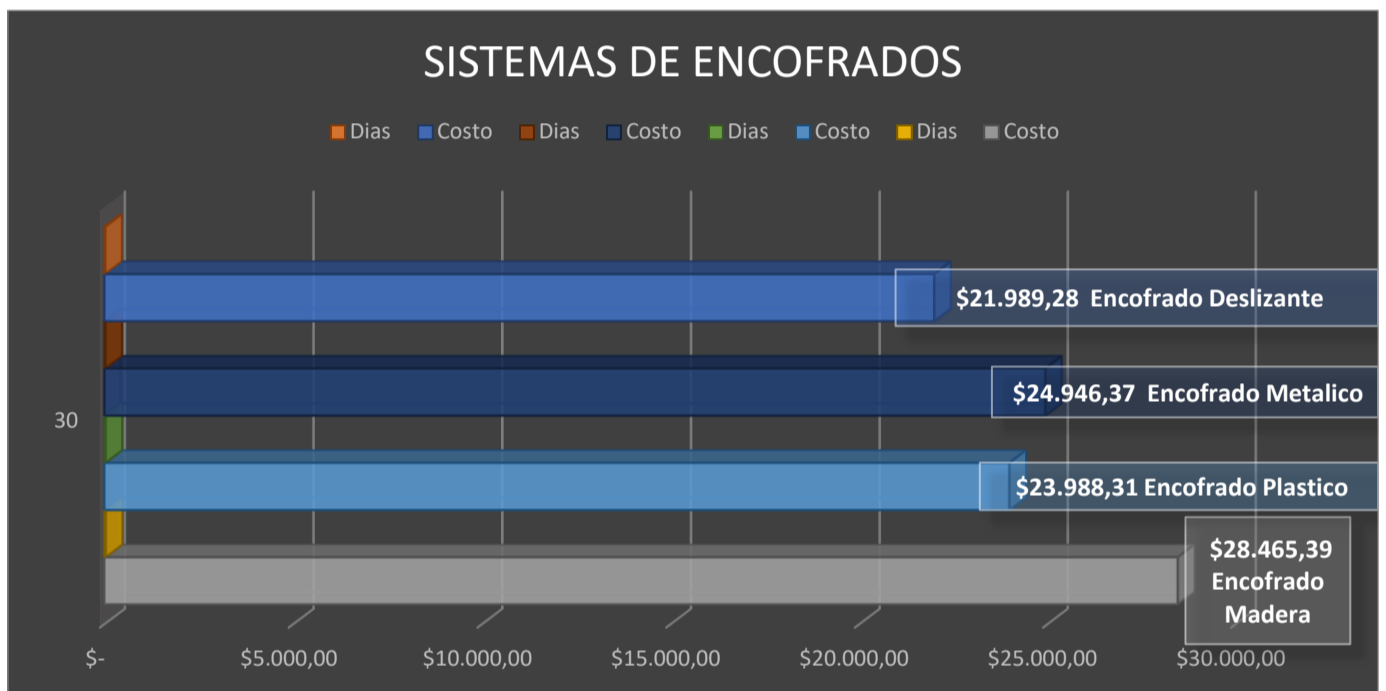


Figura 47. Comparación de costos de encofrado tradicional, deslizante, metálico y plástico

Elaborado por: Soto, J, (2022)

La figura 46 presenta una comparación entre los costos totales en que se incurriría en la decisión de adoptar uno u otra tecnología de encofrado. El tradicional de madera que requiere un trabajo principalmente manual, demandaría US\$ 28,465.39; mientras que el deslizante incurriría en un costo total de US\$ 21,989.28; por su parte las demás tipologías de encofrado metálico costo total de US\$ 24,946.37; y plástico costo total de US\$ 23,988.31.

Conclusiones

Una vez culminado el presente trabajo de titulación se pueden efectuar las siguientes aseveraciones

- La decisión del uso del encofrado, sea tradicional o deslizante, no necesariamente es una decisión de costos sino de pertinencia en función del tipo de obra. El tradicional es aplicable en estructuras de menor tamaño y menos uniforme, mientras que el deslizante se aplica en sistemas industrializados. Es decir, su aplicación radica en su adecuación en grandes áreas, bastante uniformes, pero ante todo es necesario recordar que requieren determinados comportamientos y materiales. Más, sin embargo, el encofrado tradicional, requiere un trabajo principalmente manual, mayoritariamente madera de origen natural o procesada como es el caso de tableros; pero de igual manera al ser manufacturado requiere de grandes esfuerzos para su fabricación y por su puesto de mano de obra. La decisión de la utilización de una u otra alternativa está en función de la pertinencia en función de los resultados esperados.
- En el caso del encofrado deslizante su principal insumo es el metal en forma de planchas, tubos rectangulares y cuadrados, pernos, tuercas y soldadura; en este caso el trabajo es de mayor calificación que el caso anterior. Como se acotó anteriormente el encofrado tradicional requiere de un proceso simplista, pero en el caso del encofrado deslizante, existe de una demanda de trabajadores con experiencia en metalmecánica, soldadores y sobre todo de personal relacionado con el manejo de grúas, bombas y brazos hidráulicos.
- El proceso de aplicación de una u otra tipología de encofrado implica aspectos únicos por cada aspecto de diseño. Las similitudes presentes en los encofrados tradicional y deslizante radican en el hecho que, al momento de tratar con ambos encofrados es primordial dimensionar la estructura, adquisición del material, análisis de costos y estimación del tiempo para finalizar el producto hasta llegar al hormigonado. Para el caso del encofrado deslizante después de cada detalle mencionado es importante efectuar pruebas de movilidad y una retroalimentación efectiva para estimar y aminorara los tropiezos. Es necesario destacar el hecho que si hablamos de costos de igual manera se evidencias discrepancias, un análisis de los costos del encofrado tradicional; ascendió a US\$ 15.889,45, cifra por debajo del costo alternativo de encofrado deslizante, mismo que ascendió a US\$ 34.594,09. La diferencia entre ambos, que no son opciones para un mismo proyecto; debe analizarse en función de otras variables como son la calidad, requerimientos técnicos, entre otros. El impacto en el medio ambiente en ambas alternativas de encofrados, se calificaría como inocua en lo que a material se refiere. En el caso del encofrado tradicional, la madera que se desecharía es un elemento orgánico. En el encofrado deslizante, el material metálico que se desecharía después de varios usos es reciclable como chatarra y convertido en otros elementos metálicos.

Recomendaciones

Después de haber culminado el trabajo de investigación se pueden dar las siguientes recomendaciones como para la investigación como para el uso apropiado de los sistemas de encofrados.

- Introducir al mercado el sistema de encofrados deslizantes ya que es un proceso que cada vez se vuelve más competitivo y exigente, teniendo como recomendación; calidad, seguridad y los cortos plazos en el proceso de construcción.
- Es necesario que se realice un control de calidad de cada uno de los elementos que forman parte del encofrado deslizante y encofrado tradicional antes y después de utilizarlos, para cuando se vaya hacer uso de los equipos se deberá revisar cada parte del encofrado que se encuentre en óptimas condiciones y que no presente daños para precautelar la seguridad de los trabajadores y evitar pérdidas de materiales, en los dos sistemas de encofrado.
- Se recomienda que al trabajar con el sistema de encofrado deslizante y el encofrado tradicional tomar las siguientes precauciones en el proceso de montaje o manipulación, como los equipos de protección individual para cada una de las personas ya que muchos de estos trabajos se realizan en alturas como; arnés, casco, botas, ropa de trabajo, guantes, etc.
- Realizar un análisis más amplio acerca de los tiempos de cada sistema de encofrado para con esto tener una mejor factibilidad al momento de la construcción y utilización de los sistemas de encofrados.
- Se recomienda hacer una investigación más profunda entre el sistema de encofrado deslizante para tener mayor información o conocimiento y así este proceso poder estandarizar en proyectos de gran envergadura.
- Se recomienda para el sistema de encofrado tradicional diseñar el encofrado ya que en muchas ocasiones se producen accidentes debido a sobrecargas ya que no se hizo un diseño adecuado al encofrado, o muchas veces se basan en la experiencia del constructor o maestro de obra.
- Se recomienda hacer un análisis de resistencia del sistema de encofrado deslizante para saber su durabilidad.

Referencias bibliográficas

- Acosta, A. (2017). Analisis de factibilidad del encofrado.
- Agencia SEO. (7 de noviembre de 2017). *Termiser Plataformas y andamios* . Obtenido de Termiser Plataformas y andamios : <https://www.termiser.com/propiedades-madera-construccion-cuales-son/>
- Alvarado, L. (2016). Análisis comparativo entre el encofrado metálico por el. Guayaquil.
- BCE. (2020). *Banco Central del Ecuador*. Recuperado el 28 de Julio de 2020, de www.bce.fin.ec/cuentas-provinciales
- Beato, R. (2018). *Estudio comparativo entre los sistemas de encofrado en República Dominicana y el sistema de España*. Universidad Politécnica de Cataluña. Barcelona: UPC.
- Bello, D., Murrieta, F., & Cortes, C. (2020). Análisis de tiempos y movimientos en el proceso de producción de vapor de una empresa generadora de energías limpias. *Ciencia Administrativa*(1), 9.
- Bennington, J. (2000). *Diccionario enciclopédico del laboratorio clínico*. Madrid, España: Medica Panamericana.
- Botero, R. (2006). *Encofrados*. Medellín, Colombia: UNC.
- Carrete, L., López, S., Trujillo, A., & Vera, J. (2011). *Servir con calidad en México*. México, México: LID.
- Cayo, H. (28 de noviembre de 2018). encofrados de madera y metalico.
- Chunga, J., & Ramirez, K. (Abril de 2019). *Aplicación del sistema de encofrado autotrepante y análisis comparativo de la productividad con el sistema de encofrado metálico convencional en edificaciones de gran altura*. Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Ciencias e Ingeniería. Lima: PUCP. Obtenido de [http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/14222/CHUNGA_ZA%
c3%91A%2c_JAHIR_%e2%80%9cAPLICACI%
c3%93N%20_SISTEMA_ENC OFRADO.pdf?
sequence=1&isAllowed=y](http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/14222/CHUNGA_ZA%c3%91A%2c_JAHIR_%e2%80%9cAPLICACI%c3%93N%20_SISTEMA_ENC OFRADO.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Comunidad 360 en Concreto . (13 de Enero de 2018). Obtenido de <https://www.360enconcreto.com/>
- Constructor Civil . (15 de enero de 2012). *Encofrados deslizantes*. Obtenido de Encofrados deslizantes: <https://www.elconstructorcivil.com/2012/01/encofrados-deslizantes.html>
- Construmatica. (2021). *Construmática*. (Construmática) Recuperado el 6 de Abril de 2021, de www.construmatica.com/construpedia/encofrado_perdido
- Correa, L. (2018). Estudio comparativo de los tipos de encofrados metalico y el encofrado tradicional. Guayaquil, Guayas, Ecuador.

- Correa, L., & Correa, M. (2018). *Estudio comparativo de los tipos de encofrado metálico y el tradicional (caña guadua y madera) aplicado a una edificación tipo de 3 niveles de 450 m² de hormigón armado*. Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil, Facultad de Ingeniería, Industria y Construcción. Guayaquil: ULVR.
- Cremades, T., & Egea, M. (28 de Octubre de 2017). *Encofrados paramétricos*. Recuperado el 2 de Octubre de 2021, de <https://parameterizing.wordpress.com/2017/10/31/encofrados-parametricos/>
- Cruz, Á. (2018). Análisis comparativo de factibilidad técnica, económica y constructiva entre. Quito, Ecuador.
- Diaz, p. (05 de abril de 2017). Evolucion en los materiales de construccion: vivienda. Mexico, Av. Paseo de la Reforma 403 interior 1101, Colonia Cuauhtémoc, Mexico .
- Edwards, I. (2003). *Las Pirámides de Egipto*. Barcelona, Catalunya, España: Crítica.
- Fernández, C., & Mazziotta, D. (2005). *Gestión de la calidad en el laboratorio clínico*. Madrid, España: Médica Panamericana.
- Forms, E. S. (3 de Diciembre de 2020). *Strong Forms* . Obtenido de <https://strongforms.com/encofrados-de-aluminio-en-tiempos-actuales/>
- Garrido, M., Bartolomé, M., Arévalo, C., Charro, L., & Pascual, J. (2011). *Sistemas de encofrado: análisis de soluciones técnicas y recomendaciones de buenas prácticas preventivas*. Fundación Agustín de Betancourt. Madrid: EM.
- Giordani , C., & Leone , D. (2015). *Encofrados*. Obtenido de https://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/civil/1_anio/civil1/files/IC%20I-Encofrados.pdf
- Griñán, J. (1989). *Encofrados*. Barcelona, España: CEAC.
- Guerrin, A., Lavaur, R., & Lecroq, P. (1978). *Hormigón armado*. Barcelona, España: ETA.
- INEN. (1978). *Diseño y construcción de encofrados*. Instituto Ecuatoriano de Normalización. Quito: INEN.
- INEN. (2015). *Hormigón. Definiciones y terminología*. Instituto Ecuatoriano de Normalización. Quito: INEN.
- ingenieriaymas. (23 de julio de 2017). *Ingenieriaymas*. Obtenido de <http://ingenieriaymas.com/2017/07/agua-morteros-hormigones.html>
- Ingeniero de Caminos. (2017). *Sistemas de encofrados horizontales y verticales*. Madrid, España: IdC.
- Jimenez, S. (2018). *Encofrados deslizantes y la productividad en la construcción de tanque elevado de concreto armado –SMP-Lima 2018*. Universidad Cesar Vallejo, Facultad de Ingeniería . Lima: UCV.
- Jolly, D., Eyquem, M., & Jolly, V. (2011). Encofrado flexible. *ARQ*, 53-64.

- Matheus, E., & Oropeza, J. (Noviembre de 2018). *Estudio comparativo del sistema convencional de encofrado en madera y el sistema de encofrado con bloques de poliestireno expandido para losas macisas y laterales de viga*. Universidad Nueva Esparta. Caracas: UNE.
- McCormac, J., & Brown, R. (2011). *Diseño de concreto reforzado* (Octava ed.). México, México: Alfaomega.
- Menendez, S., & Velasco, Y. (2005). *Control de ejecución de estructuras*. Valladolid, Asturias, España: Lex Nova.
- Moreno, P. J. (28 de Agosto de 2018). *Plataforma arquitectura*. Obtenido de Plataforma arquitectura: <https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/900935/historia-de-los-encofrados-para-hormigon-desde-thomas-edison-al-habitat-67>
- Osalan. (2007, p. 15). *Guía práctica de encofrados*. Organismo Autónomo del Gobierno Vasco. Vitoria: OSALAN.
- Palacios, L. (2016). *Ingeniería de métodos: Movimientos y tiempos*. Madrid, España: ECOE.
- Palex . (13 de Agosto de 2017). Obtenido de <https://palexiberica.com/producto/encofrado-perdido/>
- PaviConj. (Marzo de 2018). Obtenido de <https://www.paviconj-es.es/noticias/hormigon-armado/>
- PERI. (13 de Marzo de 2018). Obtenido de <https://www.peri.es/>
- Perles, P. (2003). *Hormigón armado*. Buenos Aires, Argentina: Nobuko.
- Piqueras, V. Y. (1 de Marzo de 2017). *Universitat Politecnica de valencia*. Obtenido de Universitat Politecnica de valencia: <https://victoryepes.blogs.upv.es/2017/03/01/que-son-y-para-que-sirven-los-encofrados/>
- Ponce, L. (2016). *Análisis Comparativo Entre El Encofrado Metálico Por El Sistema De Muros Portantes Y El Encofrado De Madera Por El Sistema Tradicional Para Viviendas En La Urbanización Villa Del Rey, Etapa Princesa Diana*. Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas. Guayaquil: UG.
- Reboredo, A. (2021). *El diseño estructural*. Buenos Aires, Argentina: Bibliográfika.
- RMC Construcciones y Reformas . (12 de Marzo de 2018). Obtenido de <https://construccionesrhc.com/tipos-de-encofrados/>
- Rojas, K. G. (2018). Aplicacion de un sistema de encofrados con desplazamiento horizontal y su influencia en la construccion del centro comercial open plaza huancayo en la etapa de las estructuras . Huancayo , Huancayo , Peru.
- Sánchez, D. (2001). *Tecnología del concreto y del mortero*. Bogotá, Colombia: Bhandar Editores.

- Significados. (28 de Noviembre de 2020). *Significados*. Obtenido de Significados: <https://www.significados.com/metal/>
- Solminihac, H., & Thenoux, G. (2020). *Procesos y técnicas de construcción* (Séptimo ed.). Santiago de Chile, Chile: UC.
- Supermix S.A. (2021). *Concretos supermix*. Peru .
- Tamborero, J. (2009). *Encofrado a dos caras, pilares, muros a una cara*. 8. Madrid, Esoaña: NTP.
- TITAN . (2022). Obtenido de http://titanestructuras.com/Sistema_de_encofrado_horizontal.html
- Tornapunta Ediciones. (mayo de 2013). *Encofrados parte especifica*. Madrid , España .
- UDC. (2010). *Manual de patologías en las estructuras de hormigón armado*. Universidade da Coruña, Escola Universitaria de Arquitectura Técnica. La Coruña: UDC.
- Umacon. (27 de 08 de 2019). *Tipos de encofrados y usos recomendados* . Poligono Malpica , - Santa Isabel.
- Universidad Laica Vicente Rocafructe [ULVR], U. (2020). *Ulvr*. Obtenido de <https://www.ulvr.edu.ec/academico/unidad-de-titulacion/proyecto-de-investigacion>
- Urbán, P. (2013). *Construcción de estructuras de madera*. San Vicente, Alicante, España: Club Universitario.
- Val de, I. (1997). *Organizar, acción y efecto*. Madrid, España: ESIC.
- Yepes , V. (20 de Julio de 2008). *Encofrados Verticales*. Obtenido de <https://victoryepes.blogs.upv.es/tag/encofrados-verticales/>
- Yepes, V. (2020). *Universitat Politecnica de Valencia*. (V. Yepes, Productor) Recuperado el 30 de Enero de 2021, de <https://victoryepes.blogs.upv.es/tag/medios-auxiliares/>
- Yépez, F., & Guerra, M. (2016). *Guía práctica para el diseño de estructuras de hormigón armado, de conformidad con la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC 2015*. Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. Quito: MDUV.

Anexos

Anexo 1. Cálculo de gasto de mano de obra directa e indirecta

Descripción	Suel do nominal	13e r	14 to	Vacac iones	IES S patronal	Tota l
Gerente de obras	800,00	66,67	33,33	33,33	134,88	1.068,21
Ingeniero de calidad	1.200,00	100,00	33,33	50,00	202,32	1.585,65
Jefe de obra civil	1.200,00	100,00	33,33	50,00	202,32	1.585,65
Ingeniero residente	1.200,00	100,00	33,33	50,00	202,32	1.585,65
Jefe de encofrado	800,00	66,67	33,33	33,33	134,88	1.068,21
Jefe de hormigonado	800,00	66,67	33,33	33,33	134,88	1.068,21
Operador de planta	700,00	58,33	33,33	29,17	118,02	938,85
Operador de cargador	700,00	58,33	33,33	29,17	118,02	938,85
Ayudantes	450,00	37,50	33,33	18,75	75,87	615,45
Laboratorista	800,00	66,67	33,33	33,33	134,88	1.068,21
Ayudante	450,00	37,50	33,33	18,75	75,87	615,45
Soldadores	800,00	66,67	33,33	33,33	134,88	1.068,21
Encofrador	500,00	41,67	33,33	20,83	84,30	680,13
Ayudantes	450,00	37,50	33,33	18,75	75,87	615,45
Operadores de vibrador	600,00	50,00	33,33	25,00	101,16	809,49
Ayudantes de vibración	450,00	37,50	33,33	18,75	75,87	615,45
Ayudantes	400,00	33,33	33,33	16,67	67,44	550,77
Albañiles	500,00	41,67	33,33	20,83	84,30	680,13
Ayudantes	400,00	33,33	33,33	16,67	67,44	550,77
Operadores de grúa	600,00	50,00	33,33	25,00	101,16	809,49
Ayudantes de grúa	500,00	41,67	33,33	20,83	84,30	680,13
Operadores de mixer	500,00	41,67	33,33	20,83	84,30	680,13
Mecánico	600,00	50,00	33,33	25,00	101,16	809,49
Electricista	600,00	50,00	33,33	25,00	101,16	809,49
Inspectores de seguridad	500,00	41,67	33,33	20,83	84,30	680,13
Conductor	500,00	41,67	33,33	20,83	84,30	680,13
Total,	17.000,00	1.416,67	866,67	708,33	2.866,20	22.857,87
general	00,00	6,67	6,67	708,33	6,20	57,87