



FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE EL SISTEMA DE
ENCOFRADO DE ALUMINIO Y ENCOFRADO METÁLICO PARA
VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL
CASO: CONDOMINIO CIUDAD VERDE – PUENTE PIEDRA – LIMA**

PRESENTADA POR

**JORGE MARCIO ANDRE CASTAÑEDA ORTEGA
WILLIAM JHON LÓPEZ POVIS**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

LIMA – PERÚ

2015



Reconocimiento - No comercial

CC BY-NC

El autor permite transformar (traducir, adaptar o compilar) a partir de esta obra con fines no comerciales, y aunque en las nuevas creaciones deban reconocerse la autoría y no puedan ser utilizadas de manera comercial, no tienen que estar bajo una licencia con los mismos términos.

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>



USMP
UNIVERSIDAD DE
SAN MARTÍN DE PORRES

**FACULTAD DE
INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE EL SISTEMA DE
ENCOFRADO DE ALUMINIO Y ENCOFRADO METÁLICO
PARA VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL.**

**CASO: CONDOMINIO CIUDAD VERDE – PUENTE PIEDRA –
LIMA**

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR

CASTAÑEDA ORTEGA, JORGE MARCIO

ANDRE LÓPEZ POVIS, WILLIAM JHON

LIMA - PERÚ

2015

DEDICATORIA

Este trabajo está especialmente dedicado a nuestros padres, quienes son los merecedores de todos nuestros éxitos, por su incansable dedicación, ayuda y amor incondicional.

A Dios, quien nos permitió alcanzar esta meta siendo la fuente de iluminación de nuestras vidas y guía en todo momento.

A todos nuestros amigos y familiares, quienes nos han ofrecido su apoyo en los buenos y malos momentos.

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a Dios por darnos la fortaleza necesaria para salir adelante.

Asimismo, agradecemos a nuestros padres quienes son nuestra mayor fuente de inspiración y ejemplos a seguir.

Agradecemos también a nuestros excelentes profesores, Ing. Alexis Samohod e Ing. Carlos Chavarry, por brindarnos su apoyo, tutoría y dirección en el trabajo de investigación.

ÍNDICE

	Página
RESUMEN	x
ABSTRACT	xii
INTRODUCCIÓN	xiii
CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1 Descripción de la realidad problemática	1
1.2 Identificación y formulación del problema	2
1.3 Objetivos de la investigación	2
1.4 Justificación e importancia de la investigación	3
1.5 Limitaciones de la investigación	4
1.6 Viabilidad de la investigación	4
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	5
2.1 Antecedentes de la investigación	5
2.2 Bases teóricas	6
2.3 Términos básicos	38
2.4 Formulación de hipótesis	40
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA	42
3.1 Tipo de investigación	42
3.2 Diseño de investigación	43
3.3 Operacionalización de variables	43

3.4	Caso de investigación	45
3.5	Instrumentos de recolección de datos	45
CAPÍTULO IV. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS		46
4.1	Contrastación de hipótesis	46
4.2	Análisis e interpretación de la investigación	52
4.3	Aplicación del caso	57
CAPÍTULO V. DISCUSIÓN		65
5.1	Discusión de Resultados	65
CONCLUSIONES		68
RECOMENDACIONES		70
FUENTES DE INFORMACIÓN		71
ANEXOS		73

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1: Rendimiento de Moldaje Metálico	16
Tabla 2: Mano de Obra de Sistema de Encofrado Metálico	16
Tabla 3: Requerimiento del Sistema de Encofrado Metálico	17
Tabla 4: Evaluación Funcional de Encofrado Metálico	18
Tabla 5: Evaluación Técnica de Encofrado Metálico	19
Tabla 6: Rendimiento de Moldaje de Aluminio	24
Tabla 7: Mano de Obra de Sistema de Encofrado de Aluminio	25
Tabla 8: Requerimiento del Sistema de Encofrado de Aluminio	25
Tabla 9: Evaluación Funcional de Encofrado de Aluminio	26
Tabla 10: Evaluación Técnica de Encofrado de Aluminio	27
Tabla 11: Operacionalización de Variable	44
Tabla 12: Distribución del Proyecto	48
Tabla 13: Resumen del Proyecto Fase I	49
Tabla 14: Presupuesto Contractual de Obra de la Fase I	51
Tabla 15: Resumen de Áreas	52
Tabla 16: Comparativo entre los Sistemas de Encofrados desde el Análisis de Costo	52
Tabla 17: Costo de Recursos para Encofrados según Sistema	53
Tabla 18: Comparativo entre los Sistemas de Encofrados desde el Análisis de Tiempo	54
Tabla 19: Rendimientos Encofrados	54
Tabla 20: Comparativo entre los Sistemas de Encofrados desde el Análisis de Calidad	55
Tabla 21: Cantidad de Usos	56
Tabla 22: Costo Presupuestal de la Mano de Obra de Encofrado (Áreas Comunes)	58
Tabla 23: Costo Presupuestal de la Mano de Obra de Encofrado (Torres)	58

Tabla 24: Costo Presupuestal de los Equipos de Encofrado (Áreas Comunes)	59
Tabla 25: Costo Presupuestal de los Equipos de Encofrado (Torres)	59
Tabla 26: Costo Presupuestal de los Materiales de Encofrado (Áreas Comunes)	60
Tabla 27: Costo Presupuestal de los Materiales de Encofrado (Torres)	60
Tabla 28: Resumen de Costos Presupuestales del Encofrado	61
Tabla 29: Hitos de Programación del Condominio Ciudad Verde	61
Tabla 30: Hitos de Vaciados de Concreto	62
Tabla 31: Análisis de Precio de Alquiler de Encofrado a Todo Costo	63
Tabla 32: Cuadro Comparativo de los Sistemas de Encofrados (Torres)	64

LISTADO DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Costo de los Recursos de los Encofrados (S/.)	53
Gráfico 2: Rendimientos de Encofrados (m ² /día)	55
Gráfico 3: Cantidad de Usos de los Encofrados	56
Gráfico 4: Comparación del Costo de los Sistemas de Encofrados (%)	57
Gráfico 5: Secuencia de Vaciados de Concreto	63

LISTADO DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Eslingaje, movimiento y posicionamiento de encofrados	30
Ilustración 2: Desmontaje de paneles de encofrado	32
Ilustración 3: Trabajo de montaje de elementos auxiliares en encofrado vertical	33
Ilustración 4: Ganchos para arnés de seguridad. Grapas en la unión de paneles	34
Ilustración 5: Montaje de entablado de losa con utilización de arnés de seguridad	35
Ilustración 6: Paneles de encofrado adheridos al concreto	36
Ilustración 7: Desplome de encofrado y armadura con andamio en ejecución de muro	37

RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo comparar la eficiencia entre el sistema de encofrado de aluminio y el encofrado metálico para viviendas de interés social. El contexto teórico de la variable estuvo sustentado principalmente con las investigaciones de Oribe, Y. (2014), Núñez, D. y Salinas, J. (2013), entre otros, además de información de las empresas comercializadoras de estos sistemas de encofrados en el Perú, como son Ulma y Servicen.

La metodología aplicada fue de tipo cuantitativa, comparativa y retrospectiva; así también su diseño de investigación, no experimental, transversal y descriptivo. Se empleó el cuadro de operacionalización de variables, se obtuvo como variable dependiente la “Eficiencia del sistema de Encofrado”, el que a través de una encuesta, constituidos por 11 ítems representados por preguntas cerradas con valores dicotómicos, se dirigió a los ingenieros que conformaron el cuerpo técnico del proyecto del caso, además al área de presupuestos y cotizaciones de las empresas comercializadoras de los sistemas de encofrados.

Los resultados de los datos se desarrollaron a través de tablas y gráficos para comparar las diferencias según los indicadores de costo, tiempo y calidad y así se determinó el sistema de encofrado más eficiente en proyectos de vivienda de interés social. Se concluyó que el sistema de encofrado de aluminio presenta mayor eficiencia con respecto al sistema de

encofrado metálico en un 29 por ciento, desde el análisis de costo y tiempo, pero exceptuando el análisis de calidad debido a que para un mayor uso de encofrados se obtienen mayores desplomes y desniveles.

Palabras claves: Sistema de Encofrado, Forsa, Ulma.

ABSTRACT

This present study aimed to compare the efficiency between the aluminum formwork system and the metal formwork for social housing. The theoretical context of the variable was mainly sustained by the research of Oribe, Y. (2014), Nuñez, D & Salinas, J. (2013), among others, in addition to information from the marketing companies of these formwork systems in Peru, like Ulma and Servicen. The methodology used was a quantitative, comparative, retrospective study; so their research designs, not experimental, transversal and descriptive. Using the box operationalization of variables was obtained as the dependent variable "formwork system efficiency", from that through a survey, which consists of 11 items represented by closed questions with dichotomous values, directed to the engineer that made the coaching Project case, in addition to the costs and budgets area traders of formwork systems.

The results of the data developed through charts and graphs to compare the differences as indicators of cost, time and quality to determined the most efficient formwork system in housing projects of social interest. Finally it is concluded that the formwork system aluminum is more efficient with respect to the system of metal formwork by 29 percent, from the analysis of cost and time, except for quality analysis because of greater use of formwork is obtained major crashes and slopes.

Keywords: System Formwork, Forsa, Ulma.

INTRODUCCIÓN

El encofrado de las estructuras de concreto representa una parte muy importante de la construcción, tanto por los servicios que proporciona como por su costo y tiempo. En algunas estructuras, su costo sobrepasa al del concreto. Por tanto resulta conveniente la realización de este trabajo que trata los aspectos teóricos y procedimientos prácticos para los sistemas de encofrados de aluminio y metálico.

El análisis comparativo entre los dos sistemas de encofrados ayuda a las empresas constructoras en el planteamiento de selección y previsión de sus sistemas de encofrados. Además, los datos obtenidos proporcionarán una idea de los costos, tiempos y calidad de los sistemas para optimizar los recursos en obra, lo cual justifica para la realización de viviendas masivas como son los de interés social.

Si bien es cierto que las empresas constructoras desarrollan sus análisis de precios, prevén la duración de sus proyectos y calidad de los mismos, estas no realizan los comparativos para la adquisición de sus recursos y optan por los sistemas convencionales.

El objetivo de esta investigación es comparar la eficiencia entre el sistema de encofrado de aluminio y el encofrado metálico, tanto desde el punto vista costo, tiempo y calidad.

La presente investigación está compuesta por cinco capítulos. En el primero, se describe la realidad problemática sobre el sistema de encofrados y su incidencia en la economía, también se definirán los objetivos, la justificación, limitaciones y la viabilidad del estudio. En el segundo, se presentan todos los antecedentes que sustentan esta investigación, desarrollando las bases teóricas consideradas en el presente trabajo, además, se describen los conceptos más relevantes y los sistemas de encofrados como de aluminio y metálico, y por último, se determinan los términos básicos y se formulan las hipótesis. En el tercero, se muestra el tipo de investigación que se utilizó, el diseño de la misma, seguido de la operacionalización de las variables y una descripción del caso de estudio y por último, la técnica del instrumento para recolectar los datos. En el cuarto, se analizan los resultados obtenidos luego de la aplicación de los instrumentos de recolección de información y se contrastan las hipótesis. En el quinto capítulo, se discuten los resultados.

Por último, se dan a conocer las conclusiones de la investigación y recomendaciones respecto al procedimiento y conceptos utilizados en esta investigación.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción de la realidad problemática

Actualmente las empresas constructoras emplean en su mayoría encofrados metálicos por lo comercial que viene hacer este producto, pese a que este presenta dificultades en la instalación por su peso y medidas estándar; esto repercute en el tiempo de instalación, costos y calidad por un inadecuado desencofrado.

Por otro lado, los costos pasaron a controlar la ejecución de proyectos, por lo que una mayor rapidez en la construcción marcará la diferencia entre las distintas soluciones. Esto hace que se comience a innovar en tecnologías y marcas, por lo tanto la creación de módulos para la construcción de estructuras verticales.

Con este estudio y análisis se plantea determinar la eficiencia entre el sistema de encofrado de aluminio y el encofrado metálico para viviendas de interés social.

1.2 Identificación y formulación del problema

1.2.1 Problema general

¿Cuál es la eficiencia entre el sistema de encofrado de aluminio y encofrado metálico para viviendas de interés social en el Condominio Ciudad Verde – Puente Piedra – Lima?

1.2.2 Problemas específicos

- ¿Cuáles son las diferencias entre el sistema de encofrado de aluminio y encofrado metálico desde el análisis de costo para viviendas de interés social en el Condominio Ciudad Verde – Puente Piedra – Lima?
- ¿Cuáles son las diferencias entre el sistema de encofrado de aluminio y encofrado metálico desde el análisis de tiempo para viviendas de interés social en el Condominio Ciudad Verde – Puente Piedra – Lima?
- ¿Cuáles son las diferencias entre el sistema de encofrado de aluminio y encofrado metálico desde el análisis de calidad para viviendas de interés social en el Condominio Ciudad Verde – Puente Piedra – Lima?

1.3 Objetivos de la investigación

1.3.1 Objetivo general

Comparar la eficiencia entre el sistema encofrado de aluminio y encofrado metálico para viviendas de interés social en el Condominio Ciudad Verde – Puente Piedra – Lima, para elegir el encofrado más eficiente.

1.3.2 Objetivos específicos

- Comparar las diferencias entre el sistema de encofrado de aluminio y encofrado metálico desde el análisis de costo, para viviendas de interés social en el Condominio Ciudad Verde – Puente Piedra – Lima.
- Comparar las diferencias entre el sistema de encofrado de aluminio y encofrado metálico desde el análisis de tiempo, para viviendas de interés social en el Condominio Ciudad Verde – Puente Piedra – Lima.
- Comparar las diferencias entre el sistema de encofrado de aluminio y encofrado metálico desde el análisis de calidad, para viviendas de interés social en el Condominio Ciudad Verde – Puente Piedra – Lima.

1.4 Justificación e importancia de la investigación

La presente investigación es para dar conocer una mejor opción a la hora de elegir un sistema de encofrado para viviendas de interés social, se observa la necesidad de emplear sistemas constructivos de rápida ejecución, que presente un menor costo económico y que emplee la mano de obra no especializada para su montaje; por lo que se analizan los sistemas constructivos de encofrado de aluminio y metálico, que son sistemas de forma industrializada.

La importancia de los sistemas de encofrados en la construcción ha ido creciendo e implementándose en los últimos años, estos influyen directamente en el costo del proyecto, donde su inversión inicial es elevada y necesita mano de obra calificada. Siendo así, el encofrado de aluminio es de bajo costo en comparación al metálico, ya que al usar estos se tiene una mayor rentabilidad.

1.5 Limitaciones de la investigación

Si bien existen estudios sobre sistemas de encofrados en la construcción, estos se centran en la parte de procesos, como son encofrados deslizantes y auto trepantes; así como también hay artículos de catálogos y revistas que tratan temas generalizados sobre este tipo de sistemas, lo cual motiva la presente investigación.

1.6 Viabilidad de la investigación

Se han recopilado información referente a los tipos de encofrados en el mercado, además de boletines y experiencias en otros tipos de sistemas, por tal razón la presente investigación mostrará resultados que resuelvan nuestra problemática y satisfagan nuestra hipótesis.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación

Al realizar una obra, se debe tomar en cuenta que hay que elegir un método constructivo. En este punto debe hacerse énfasis debido a su importancia, ya que de esta decisión depende el proyecto entero. Según esta se definirá el tiempo, costo, equipos a utilizar y otros factores, ya que cada sistema constructivo tiene sus propias características. Es por esto, que constantemente se realizan comparativos para ver cual resulta ser más eficiente para diversas situaciones.

Para el desarrollo, se consultaron los siguientes trabajos que se resumen a continuación:

Oribe, Y. (2014). "Análisis de costos y eficiencia del empleo de encofrados metálicos y convencionales en la construcción de edificios en la Ciudad de Lima", en la Universidad Privada Antenor Orrego, Facultad de Ingeniería, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, en el cual realiza una detallada descripción del encofrado metálico y convencional, destacando las características de cada sistema, resaltando los encofrados verticales, moldajes tradicionales como trepantes y auto trepantes y rendimientos. Este

trabajo es de importancia para el desarrollo de esta tesis debido a que en ella se realiza un estudio de análisis de costos, de la misma se puede conseguir información conceptual y fuentes bibliográficas.

Núñez, D. y Salinas, J. (2013). “Propuesta de mejora en el proceso de encofrado para disminuir los trabajos de rectificación de muros y losas en departamentos de viviendas masivas de la empresa BESCO”, en la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Facultad de Ingeniería Civil. Este estudio hace referencia a la situación actual del acabado de concreto en muros y losas de un proyecto de viviendas masivas, realiza un diagnóstico de las actividades que generan pérdidas en un proyecto. Se tomó como desarrollo del tema viviendas masivas “Condominio Central 10.5”, específicamente la rectificación de solaqueo y tarrajeo en los muros debido al mal uso y falta de mantenimiento del encofrado.

Ayala, R.; Chimbo, C. y Yaguana, D. (2010). “Clasificación, utilización e importancia del encofrado como elemento provisional en el área de la construcción”, en la Escuela Superior Politécnica del Litoral, Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra – Ecuador, en este estudio, se hace referencia a todo tipo de encofrado que interviene en la construcción, así como también un marco conceptual básico que interviene un encofrado a elegir.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Reglamento Nacional de Edificaciones E.060.

Se tienen las siguientes consideraciones:

Encofrado:

- Los encofrados permitirán obtener una estructura que cumpla con los perfiles, niveles, alineamiento y dimensiones requeridos por los planos y las especificaciones técnicas. Los encofrados y sus soportes deberán estar adecuadamente arriostrados.

- Los encofrados deberán ser lo suficientemente impermeables como para impedir pérdidas de lechada o mortero.
- Los encofrados y sus soportes deberán ser diseñados y construidos de forma tal que no causen daños a las estructuras colocadas. En su diseño se tendrá en consideración lo siguiente:
 - a) Velocidad y procedimiento de colocación del concreto.
 - b) Cargas de construcción, verticales horizontales, y de impacto.
 - c) Requisitos de los encofrados especiales empleados en la construcción de cáscaras, cúpulas, concreto arquitectónico o elementos similares.
 - d) Deflexión, contra flecha, excentricidad y subpresión.
 - e) La unión de los puntales y sus apoyos.
 - f) Los encofrados para elementos pre-esforzados deberán diseñarse y construirse de manera tal que permitan las deformaciones del elemento sin causarle daño durante la aplicación de la fuerza de pres fuerza.

2.2.2 Sistemas de encofrados utilizados en construcción

Con el paso del tiempo, la tecnología y el proceso de industrialización fueron ganando terreno con el trabajo artesanal, y los encofrados no escapan a esta realidad.

Los tipos de encofrado pueden ser según su uso, material de fabricación y forma de trabajar.

Según su uso o requerimiento pueden ser utilizados para encofrar muros, columnas, vigas, losas, entre otras.

La utilización de un sistema constructivo con tipo de encofrados metálicos es única y se debe realizar un diseño de encofrado, hecho por los especialistas en el rubro. Estos datos son entregados en planos de detalle para su armado y en los cuales se ve el uso correcto de los elementos que se disponen para el correcto armado de los paneles.

Existen diversos tipos de usos de los encofrados metálicos y de empresas especializadas que se encargan en proveer soluciones integrales para las distintas necesidades, tanto, en el rubro de construcción de viviendas, como de obras Civiles (infraestructura), como se presentan a continuación, algunas empresas:

FORSA: Forsa Alum; Permite, en un solo día, y en una sola etapa, vaciar en concreto, la fachada, los muros internos y las losas de una vivienda. Es más rápido que cualquier otro sistema porque es liviano, fácil de armar y desarmar y de transportar manualmente de un piso a otro sin necesidad de utilizar grúas. (Página Oficial de FORSA).

ULMA: Consola G. Consola de gran Carga, diseñada para la ejecución de partes de estructuras de hormigón en voladizo y a considerable altura. Ejemplo, en la construcción del tramo 2 del Tren Eléctrico (Página Oficial de Ulma Perú).

Sistema de encofrados de madera

Los encofrados de madera son revestimiento, hecho generalmente en el sitio, se utilizan láminas de madera aglomerada o contrachapada o tablas de madera tradicional (tornillo). La madera utilizada debe tener resistencia a la humedad, son elementos muy simples de fabricar, solo mirando los planos, es usado en edificaciones muy pequeñas, o construcciones que requieren diseños especiales, difíciles de encontrar prefabricados. Si está utilizando encofrado tradicional para las grandes estructuras arquitectónicas, entonces tendrá una gran cantidad de tiempo para completar la construcción, a pesar de que es muy fácil de producir.

Estos tienen una vida útil muy corta, muchos de ellos, su duración se limita a la obra misma, pero el material es reciclable en sí, por ejemplo, las tablas de madera, usadas para vigas, columnas o bordes, al desencofrarse, pueden reciclarse para hacer otro encofrado.

Sistema de encofrado de plástico

El sistema consta de láminas elaboradas mediante procesos de extrusión, lo que las hace tan flexibles como para seguir las formas que los planos demanden. Pueden ser curvas de radios largos o de radios muy cortos. Además su método de fabricación producirá rollos de plástico, por lo que el largo o alto de un encofrado no lo determina el material, sino el elemento a construir.

Este tipo de encofrado se puede usar una y otra vez para la construcción de diferentes tipos de estructuras arquitectónicas. Estos sistemas son modulares y son fáciles de usar en comparación con otros tipos de sistemas. Ayuda a reducir el costo de construcción increíblemente, ya que pueden ser reutilizados. Su peso liviano lo transforma en un sistema ágil que puede desarmarse en grandes tramos de formaletas, lo que le imprime velocidad al siguiente armado.

2.2.3 Catálogo técnico sistema FORSA

El sistema constructivo de FORSA permite el vaciado monolítico de los muros y losas de una vivienda, proveyendo un seguro comportamiento sismo-resistente ampliamente utilizado y comprobado en el mundo.

Permite en un solo día y en una sola etapa, vaciar en concreto, la fachada, los muros internos y las losas de una vivienda.

2.2.4 Catálogo Técnico Sistema ULMA

El sistema de encofrado modular ORMA es un sistema de encofrado vertical idóneo para construir todo tipo de elementos de concreto verticales, tanto en edificación como en obra civil (encofrado de muros, columnas, cimentación, zapatas).

Está compuesto principalmente por paneles, unidos mediante grapas, dispuestos en conjuntos que constituyen el encofrado. Dispone de

elementos que solucionan todo tipo de geometrías de manera eficaz y segura.

El encofrado de losa Mesa VR es un sistema de encofrado adaptable a cualquier tipo de losa. Ideal para obras de edificación con altas exigencias de acabado, seguridad y rendimiento.

2.2.5 Costo de la construcción

Uno de los factores más importantes que se debe tener en cuenta, en la construcción de obras, es la economía.

Con la finalidad de saber el precio total de una obra, la misma que es producto de la sumatoria de los costos directos e indirectos componentes del presupuesto total, es necesario realizar un análisis de costos. Así tenemos:

Costo de la mano de obra: El costo de la mano de obra está basado en la cantidad de trabajos que un obrero puede hacer en un periodo de tiempo fijo, o lo que se conoce como rendimiento.

Costo de materiales: El costo de los materiales se realiza en base a los precios vigentes en el mercado a la fecha de culminación del presente trabajo.

Herramientas y equipos: Para el cálculo de la incidencia por herramientas y equipos menores que se utilizará en la obra.

2.2.6 Tiempo en la construcción

Prácticamente el tiempo en la construcción está asociado al cronograma del proyecto. Aquí consiste en analizar las secuencias de las actividades, su duración, los requisitos de recursos y sus restricciones, con el fin de controlar dicho cronograma se monitorea el estado de las actividades del proyecto para actualizar el progreso del mismo.

2.2.7 Calidad en la construcción

Según la Norma International Standar Organization ISO (Sistema de Gestión de Calidad), calidad se define como grado en el que un conjunto de características de un producto o servicio cumple con los requisitos y/o necesidades del cliente, conseguido mediante el uso óptimo de los recursos. En la construcción de edificaciones, los requisitos y necesidades del cliente están definidos en los planos y especificaciones técnicas.

Control de calidad

El control de la calidad se refiere a las acciones operativas que permiten llevar a cabo un proceso y eliminar las No Conformidades o los desvíos con respecto a lo que se espera a lo largo de dicho proceso. El término “inspección” hace referencia a una operación de control de la calidad, en un momento dado del proceso considerado, cuyo objetivo es determinar si los resultados logrados en esa etapa, cumplen con los requisitos especificados.

Las operaciones de control de la calidad dependen de la jerarquía operativa cuya responsabilidad es lograr la calidad a lo largo del proceso.

2.2.8 Sistema de encofrado metálico

Consistentes en paneles metálicos unidos a bastidores (de barras metálicas) que contribuyen a la conservación de su forma y resistencia a la flexión. En el campo de la industrialización del proceso constructivo, los encofrados metálicos han aportado una gran variedad de soluciones donde se obtienen altos rendimientos de construcción y alta durabilidad por su uso. Normalmente son de tipo modular, fáciles de manejar y de garantizar una superficie pareja.

En esta parte, se tratan los encofrados metálicos, entre los cuales se cuentan como más importantes: los encofrados verticales.

Encofrados verticales

Los encofrados pueden ser esencialmente de dos tipos, "tradicional" (comúnmente de madera) y prefabricados (metálicos y otros).

Los elementos constitutivos más importantes son:

- a) "Tradicional" (tablón, tabloncillo, tabla y puntales).
- b) Prefabricados (panel, grapas, estabilizadores, ménsulas de trabajo y ganchos de izado).

Sistema ORMA

El sistema modular ORMA soluciona la ejecución de cualquier tipo de estructura vertical por muy arriesgada que parezca: muros, columnas, zapatas, entre otros. Ninguna geometría se le resiste. Los altos rendimientos están garantizados en cualquier tipo de obra ya sea de edificación u obra civil.

El sistema está compuesto principalmente por paneles, unidos mediante grapas, dispuestos en conjuntos que constituyen el encofrado. ORMA dispone de elementos o accesorios que solucionan todo tipo de geometrías de manera eficaz y segura.

Sistema de muros

Es un encofrado robusto, habitualmente formado por un bastidor metálico con panel de encofrante de madera o acero, orientado a la ejecución de muros con encofrado a 2 caras de los mismos, con gran superficie y buen acabado.

- **Paneles**

El Panel Universal dispone de costillas en forma de "U" con orificios, de esta forma su unión con los paneles de muro permite soluciones rápidas para esquinas, cierres de muro, columnas embebidas (peraltadas). El marco metálico está formado por un perfil perimetral y esquinas

reforzadas capaces de absorber golpes y evitar roturas por un uso incorrecto.

Los paneles disponen de agujeros laterales reforzados en los perfiles para realizar soluciones de cierre, esquinas y columnas embebidos otorgando gran versatilidad al sistema.

- **Grapas**

Unión rápida y sencilla, es el elemento principal de unión de paneles que mediante un golpe permite la formación de conjuntos, asegurándose su estanqueidad. Todas las juntas entre paneles tanto vertical como horizontal pueden realizarse con esta grapa.

Tiene tres funciones:

- Unir
- Alinear
- Rigidizar

- **Rigidizador**

Pieza auxiliar destinada al izado de conjuntos, así como elemento alineador en compensaciones. El amarre se realiza mediante dos clavijas rigidizador. Estas piezas aportan rigidez y estabilidad en el izado.

- **Anclaje**

Conjunto formado por barras roscadas y tuercas diseñadas especialmente para soportar las presiones de concreto. Con el objetivo de recuperar el material y por lo tanto reutilizarlo, las barras se protegen mediante tubos de plástico insertados entre los paneles opuestos. Además, guardan la distancia y mantienen el espesor del muro que se va a ejecutar.

- **Izado**

El gancho de izado es el elemento encargado de la elevación, mediante grúa de un panel o conjunto de paneles ensamblados entre sí. Con una

capacidad de carga máxima de 1500 kg por unidad, es recomendable el empleo de dos ganchos para el izado.

- **Estabilización**

Conjunto de elementos empleados en el montaje de paneles para estabilizarlos frente al viento y realizar el aplome del encofrado una vez montado. El sistema permite soportar estas cargas tanto a tracción como a compresión mediante unos husillos. Está formado por:

- **Tensores**

Cuerpo tubular por el cual se deslizan dos husillos hasta adquirir la longitud necesaria. En función de la altura del encofrado, se utiliza más de un tipo de tensor para estabilizarlo. La gama tensores abarca desde 1.1 m hasta 10 m.

- **Cabezal 60**

Elemento de unión entre el panel y el tensor. Puede colocarse tanto sobre las costillas verticales como las horizontales.

- **Base estabilizador**

Pieza de anclaje a la cimentación provista de orificios que permiten el amarre.

Sistema de losas

Es un sistema de encofrado horizontal recuperable tanto para losas macizas como aligeradas, de buen acabado, orientado a la edificación residencial y no residencial.

Se caracteriza por la rapidez de montaje y desmontaje así como por su seguridad del trabajador durante el proceso de manipulación, siendo la mayoría de sus elementos de aluminio.

La superficie de encofrado de paneles o tablero en función del sistema elegido, proporciona excelentes acabados de concreto. Un solo elemento portante (cabezal) junto al puntal.

El sistema está compuesto por cabezal, vigas, transversales y paneles. Son los paneles quienes forman principalmente la superficie del encofrado, junto con los transversales y cabezales.

El cabezal permite la recuperación de todas las piezas que componen el sistema con excepción del puntal y el propio cabezal, sin permitir que ninguna de ellas caiga al suelo.

- **Panel CC**

La superficie de encofrado consiste en un tablero fenólico que encaja en el marco. Incorpora una serie de huecos, que a modo de asas facilitan su manipulación.

- **Cabezal CC**

Cuenta con un sistema de caída que facilita el desencofrado, permitiendo que paneles, vigas y transversales desciendan. Junto con el puntal es el único elemento portante del sistema.

- **Vigas CC**

Determina la longitud de la retícula (pañó) que puede ser 2.32 o 1.57 m.

- **Transversal CC**

Determina el nacho. Permanece en contacto con el concreto. Está diseñado para que la junta con el panel resulte detenida.

Sistema columnas y vigas

Es un encofrado semipesado llegando a ser manuportable en algunos casos. Su flexibilidad permite realizar columnas de diferentes secciones, también pueden estar formados por un bastidor con caras de encofrado. Para este sistema consta de 3 o 4 paneles metálicos unidos entre sí, sin ser necesario ningún tipo de accesorio para la correcta realización en obra.

Rendimientos de los moldaje tradicional metálico

El rendimiento del sistema de modular se aprecia a continuación:

Tabla 1: Rendimiento de moldaje metálico

Empresa	Rendimientos (m ² /HD)	
	Por Obra	Por alquiler
ULMA	10 - 15	15 – 30

Fuente: Ulma Perú

Recursos necesarios para encofrado metálico

Para el empleo de encofrado metálico se requiere mano de obra especializada, ya que se necesita personal experto con conocimiento del sistema en el momento en obra que fuese necesaria, no solo en el ensamblaje, sino también en la reparación.

Tabla 2: Mano de obra de sistema de encofrado metálico

Sistema de Encofrado Metálico				
Mano de Obra	Capacitación			Justificación
	Alta	Media	Baja	
Mano de obra calificada		X		Oficial, Operario y Peón
Necesidad de entrenamiento		X		Ensamblaje y reparación
No. De personas necesarias		X		4

Fuente: Revista “Construcción”

Herramientas y equipos

Para este tipo de encofrado, es necesario una serie de herramientas y equipos menores, que resultan de gran importancia para lograr buenos acabados en el elemento estructural.

Tabla 3: Requerimiento del sistema de encofrado metálico

Recursos necesarios	Sistema de Encofrado Metálico
Mano de obra	Capataz - Operario - Oficial – Peón
Materiales	Encofrado metálico
	Tubo consumible
	Desmoldante Z cron
	Alambre negro #8
Equipos y Otros	%herramientas
	Grúa Torre

Fuente: Revista “Construcción”

Estudio del sistema

Los encofrados son sometidos a diferentes variables que pueden afectar tanto su funcionamiento como durabilidad en el campo de trabajo, para conocerlas se hace evaluación tanto funcional como técnica del uso del sistema.

Evaluación funcional

Son criterios tomados por factores de integridad que presentan los diferentes sistemas en cuanto a las acciones climáticas y mecánicas, adicional a esto la seguridad que presentan.

Tabla 4: Evaluación funcional de encofrado metálico

Sistema de Encofrado Metálico						
Factores		Comportamiento del sistema			Justificación	
		Alta	Media	Baja		
Integridad	Cantidad de usos		X			Reutilizable varias veces
	Acciones climáticas	agua	X			Buen comportamiento ante las acciones climáticas siempre y cuando se le proteja con un anticorrosivo.
		sol	X			
		viento	X			
Seguridad	Resistencia		X			Resisten muy bien tanto a las cargas como las acciones externas que les puede afectar.
	Acciones indirectas	contaminación	X			
		fuego	X			
Flexibilidad	Ajustarse a dimensiones		X			Da fácil adaptación a cualquier proyecto estructural teniendo en cuenta las dimensiones para su modulación.
	Constructivas			X		

Fuente: Revista "Construcción"

Evaluación técnica

La evaluación técnica corresponde a todos aquellos elementos que hacen viable la elección de uno u otro sistema de encofrados como, por ejemplo, la durabilidad, transporte en obra, control de calidad, posibilidades de reutilización, entre otros.

Tabla 5: Evaluación técnica de encofrado metálico

Sistema de Encofrado Metálico				
Evaluación Técnica	Comportamiento			Justificación
	Alta	Media	Baja	
Resistencia	X			Material metálico que ofrece mayor resistencia.
Posibilidad de reutilizar la formaleta	X			No se desgasta fácilmente el material posibilidad de usos mucho mayor obteniendo la misma calidad de acabado.
Facilidad de transporte			X	Por su moderado peso, en algunos casos utilizar torres grúa.
Facilidad de almacenamiento		X		Con la aplicación de pinturas anticorrosión y libre de humedad.
Cuidados en la manipulación		X		No dar golpes a los moldes y/o accesorios.
Cantidad de mano de obra		X		Debido a que el sistema es sencillo de acoplar (4 personas).
Calidad de mano de obra	X			Son necesarios personal conocedor del sistema.
Rendimiento de montaje	X			El sistema de ensamblaje se hace por medio de cuñas.
Cuidado de montaje		X		Aplicación de aceite para evitar la adherencia del concreto.
Control de calidad		X		Conexiones en correcto funcionamiento.
Elementos que necesitan mantenimiento	X			Los moldes al momento de desencofrar.
Frecuencia de mantenimiento	X			Limpiar bien para evitar residuos de concreto después de cada desencofrado.
Necesidad de técnicas especiales		X		Sencillo y repetitivo de ensamblar.

Fuente: Revista “Construcción”

2.2.9 Sistema de encofrado de aluminio

El uso de encofrados modulares se está haciendo más común por parte de los constructores de obras hechas en concreto, ya que representan un factor importante en cuanto a la facilidad de montaje y mejores acabados de los elementos, obteniendo así mayor rentabilidad.

Existen varios sistemas de encofrados modulares que sirven de referencia para esta investigación donde se manejan criterios de racionalización de materiales para obtener el mínimo desperdicio y asegurar la calidad de los elementos estructurales, entre los cuales se analiza el sistema FORSA.

Sistema FORSA

El sistema de encofrados FORSA es una empresa fundada en el año 1995 en Cali, Colombia. Actualmente, líderes de América en el diseño y fabricación de moldes para la construcción masiva de viviendas de concreto. El sistema está sustentado en el uso de moldes de aluminio que fabrica en un evento al 100% la estructura de una vivienda. El molde está integrado por paneles estándar, los cuales se arman en diferentes configuraciones de acuerdo con las especificaciones arquitectónicas de cada proyecto.

El principal objetivo de las formaletas diseñadas por FORSA se encuentra en la fabricación de muros portantes, por lo cual se utilizan estos moldes con medidas variables para adaptarse a cada proyecto, el panel es una aleación de aluminio (aluminio-magnesio) de espesor 1/8", y por deformación para incrementar sus propiedades y llevarlo a su condición de dureza total.

Sistema de muros

Entre las varias partes que conforman el sistema se encuentra el molde o formaletas metálicas que contienen el concreto durante el vaciado y le garantizan su forma definitiva, elaborada con diferentes accesorios permitiendo ser un elemento rígido.

Entre sus partes se encuentran:

- Refuerzo vertical en zonas de mayor presión.
- Refuerzo horizontal.
- Platina horizontal y vertical para estructurar el marco del panel.
- Soldaduras ubicadas de acuerdo a las pruebas certificadas.
- Perforaciones: ubicadas cada 30 cm, iniciando la primera a 15 cm de la platina base.
- Bushing: accesorio en acero galvanizado. Funciona como barrera protectora de las perforaciones de ensamble.
- Base para insertar el pasador candado.
- Placa de aluminio protectora de impacto de martillo.
- Triangulo de refuerzo en esquineros.

Paneles de complemento y ángulos internos y externos de los muros

Sirven de complemento a la formaleta estándar para la altura total del muro exterior abarcando el espesor de la losa. La ventaja de utilizar este tipo de configuración radica en la formaleta, la cual podrá ser aplicada más fácilmente a proyectos futuros.

Los ángulos utilizados son para cubrir los cierres del encofrado en ángulo de 90° para conformar las esquinas en el caso donde se unen dos o más paredes.

- **Tensores de soporte**

Se utilizan cuando se requiere llevar o traer un muro a plomo. El puntal se acopla fácilmente al encofrado de muro con los mismos accesorios de sujeción (pin y cuña). Su diseño de extremo pivoteado permite que se acomode al piso para asegurar su posición.

Sistema de losas

Las formaletas son fabricadas con lámina de aluminio, las cuales se unen machimbrados entre sí, con soldadura de aluminio. Refuerzos transversales de 7.5 cm, que garantizan un mejor comportamiento a la deformación de los paneles de servicio. El perfil lateral se utiliza ranurado y va perforado para realizar el ensamble de una formaleta de losa con otra. Este perfil permite la utilización de estos paneles en diferentes posiciones, asegurados con pin grapa al no existir coincidencia entre perforaciones con otra, entre panel y panel.

Se manejan como paneles estándar de 90 x 120 cm. Sin embargo, de acuerdo con el diseño requerido se pueden manejar anchos y largos, desde 10 hasta 90 cm, con diferentes combinaciones. Ancho del riel lateral: 54 mm. Cara de contacto de 1/8" de espesor. La correcta instalación, manipulación y mantenimiento en obra conforme a las recomendaciones de FORSA, asegura su vida útil por encima de los 1500 usos.

- **Unión entre muros y losas**

Pieza de aluminio que tiene como función servir de conector entre la formaleta de muro y la formaleta de losa para conformar el sistema monolítico de FORSA. Estas piezas están reforzadas en todas sus esquinas haciéndolas muy resistentes a los severos trabajos de desencofrados a que son sometidos. Deben ser revisadas, periódicamente, cada 250 usos. Su diseño en forma de ángulo recto o cenefa ofrece como resultado vértices ortogonales y bien presentados.

- **Cuchilla**

Perfil extruido de 0.7 mm de altura, que sirve como conector entre el muro y la losa. Por su mínimo espesor, hay menos movimiento en esta unión lo que genera mayor precisión en el ángulo recto de la estructura.

- **Losas de apuntalamiento**

Las dimensiones de este panel son variables de acuerdo con la modulación de la losa. Su función es mantener la losa apuntalada

durante y después del vaciado, por este motivo se entregan tres juegos de estas losas, es decir que quedan algunos días más luego de desencofrar la mayoría de ellas para cubrir un área mayor de apuntalamiento.

- **Base para gatos**

Accesorios que se utilizan para mantener nivelado el encofrado en el momento del vaciado del concreto. Van instalados en la intersección o junta de 3 o 4 paneles de la losa. Estos accesorios son removidos en el momento que se realiza el desencofrado de la losa.

- **Accesorios de sujeción**

Los accesorios para la sujeción de paneles, en sistemas de muros y losas son fabricados en aceros de alta resistencia mecánica con tratamientos térmicos que le permiten soportar cargas elevadas de trabajo. Las formaletas de muro se pueden suministrar con pin flechas o grapa candado, accesorios que van fijos y que se instalan en formaletas desde 45 cm hasta 60 cm de ancho.

- **Pin flecha**

En conjunto con la cuña asegura la sujeción de paneles. Su acabado galvanizado en una barrera protectora que le asegura una mayor duración.

- **Pasadores y cuñas**

Accesorio, que en conjunto con la cuña sirve para la sujeción de paneles de muro entre sí, con angulares, esquineros de muro y tapa muros; así como para la sujeción básica de paneles de losa. Además, esta cuña con el pin flecha. Su forma curva permite insertarla fácilmente disminuyendo el riesgo de daño a la formaleta. Por su trabajo exigente, se recomienda su revisión y cambio cada 250 usos. Si su desgaste es excesivo y no ajusta con el pasador, se deben cambiar.

- **Grapa candado**

Accesorios, cuya forma de grapa permite la sujeción entre paneles, sin necesidad de accesorios adicionales; esto disminuye la pérdida de elementos en obra. Su acabado galvanizado es una protectora que le asegura una mayor duración.

Sistema de vigas y columnas

El sistema permite la construcción de columnas, vigas y losas o sistemas combinados con formaletas de muro. Todos los paneles son fabricados con perfilera de aluminio. Accesorios de ensamble en acero de alta resistencia, con tratamientos térmicos. Las columnas son conformadas con formaletas y angulares.

Posee un panel de aluminio de transición para todo el peso de las vigas, además, con los paneles modulares permite varios tipos de secciones y se pueden hacer según requerimientos del proyecto circulares, todas estas son realizadas con refuerzo necesario para cumplir su función.

De este sistema es importante destacar las conexiones empleadas de fácil ensamblaje en obra por medio de cuñas, que permite una aceleración en el proceso de armado y desencofrado. Además, en el caso de ser muros portantes, el vaciado en sitio de cerramiento y estructura de una sola vez permite una casa por día.

Rendimientos de los moldajes de aluminio

El rendimiento del sistema de modular se aprecia a continuación:

Tabla 6: Rendimiento de moldaje de aluminio

Empresa	Rendimientos (m2/HD)
FORSA	30 – 40 m2 o 1 Vivienda diaria (80 m2 aprox.)

Fuente: Catálogo “FORSA”

Recursos necesarios para encofrado de aluminio

Para el empleo de encofrado de aluminio no necesariamente se requiere mano de obra especializada, ya que se necesita personal con conocimiento del sistema.

Tabla 7: Mano de obra de sistema de encofrado de aluminio

Sistema de Encofrado de Aluminio				
Mano de Obra	Capacitación			Justificación
	Alta	Media	Baja	
Mano de obra calificada		X		Operario y Peón
Necesidad de entrenamiento		X		Ensamblaje
No. De personas necesarias		X		3

Fuente: Catálogo “FORSA”

Herramientas y equipos

Para este tipo de encofrado es necesaria una serie de herramientas y equipos, que resultan de importancia para lograr buenos acabados en el elemento estructural.

Tabla 8: Requerimiento del sistema de encofrado de aluminio.

Recursos Necesarios	Sistema de Encofrado de Aluminio
Mano de obra	Capataz - Operario - Peón
Materiales	Encofrado de aluminio
	Viruta metálica
	Desmoldante Z cron
	Funda para corbata
	Trapo industrial
Equipos y Otros	%herramientas
	-

Fuente: Catálogo “FORSA”

Estudio del sistema

Los encofrados son sometidos a diferentes variables que pueden afectar tanto su funcionamiento como durabilidad en el campo de trabajo, para conocerlas se hace evaluación tanto funcional como técnica del uso del sistema.

Evaluación funcional

Así tenemos la siguiente tabla de la evaluación funcional del sistema de encofrado de aluminio:

Tabla 9: Evaluación funcional de encofrado de aluminio.

Sistema de Encofrado de Aluminio						
Factores		Comportamiento del sistema			Justificación	
		Alta	Media	Baja		
Integridad	Cantidad de usos		X			Reutilizable varias veces
	Acciones climáticas	agua	X			Buen comportamiento ante las acciones climáticas siempre y cuando buen almacenamiento.
		sol	X			
		viento	X			
Seguridad	Resistencia			X		Resisten muy bien tanto a las cargas como las acciones externas que les puede afectar.
	Acciones indirectas	contaminación	X			
		fuego	X			
Flexibilidad	Ajustarse a dimensiones		X			Da fácil adaptación a cualquier proyecto estructural teniendo en cuenta las dimensiones para su modulación.
	Constructivas		X			

Fuente: Catálogo "FORSA"

Evaluación técnica

Tabla 10: Evaluación técnica de encofrado de aluminio.

Sistema de Encofrado de Aluminio				
Evaluación Técnica	Comportamiento			Justificación
	Alta	Media	Baja	
Resistencia		X		Material Aluminio que ofrece aceptable resistencia
Posibilidad de reutilizar la formaleta	X			No se desgasta fácilmente el material posibilidad de usos mucho mayor obteniendo la misma calidad de acabado
Facilidad de transporte	X			Por lo que el personal que moverá los moldes requiere un mínimo de entrenamiento y sin necesidad de utilizar grúas.
Facilidad de almacenamiento			X	Con un buen apilamiento en zona cerrada
Cuidados en la manipulación		X		No dar golpes a los moldes, accesorios
Cantidad de mano de obra			X	Debido a que el sistema es sencillo de acoplar (3 personas)
Calidad de mano de obra		X		Obreros con entrenamiento previo
Rendimiento de montaje	X			El sistema de ensamblaje se hace por medio de cuñas y accesorios.
Cuidado de montaje		X		Aplicación de desmoldante para evitar la adherencia del concreto
Control de calidad		X		Conexiones en correcto funcionamiento
Elementos que necesitan mantenimiento	X			Los moldes al momento de desencofrar
Frecuencia de mantenimiento		X		Limpia bien para evitar residuos de concreto después de cada desencofrado
Necesidad de técnicas especiales			X	El peso liviano de los paneles facilita cada uno de los pasos de armado y desencofrado ya que un solo hombre puede sostener un panel.

Fuente: Catálogo "FORSA"

2.2.10 Problemas frecuentes en el uso de sistemas

Los problemas principales a tener en cuenta al momento de construir con este sistema pueden ser los siguientes:

a) Poco recubrimiento

Son las encargadas de asegurar un recubrimiento mínimo en los muros de concreto. Si estos separadores no están colocados uniformemente en la armadura del muro, al momento de desencofrar, estas quedan a la vista o se caen de pedazos de concreto que hacen que queden expuestas. Esto se da mayormente en las aristas del concreto.

b) Poros en el concreto

Son huecos pequeños que quedan en la superficie del concreto producto de burbujas de aire que quedan atrapadas durante su fraguado. Esto empeora la superficie vista y aumenta el trabajo en las terminaciones. Para evitar este problema hay que asegurar un correcto vibrado para obtener una buena compactación. Si es necesario, se puede utilizar un vibrador con mayor frecuencia.

Un error típico es usar capas de desmoldante muy gruesas en la cara de contacto de los moldes, ya que las burbujas presentes en este producto se adhieren a la superficie del concreto, generando el mismo problema explicado anteriormente. Luego, para lograr una superficie sin poros, además de ser cuidadoso con el vibrado, el desmoldante se debe aplicar con un espesor en capas finas menores de 0.05 mm.

c) Fisuras en el concreto

Las fisuras en el concreto pueden ser producidas por variaciones de su volumen ya sea por una retracción hidráulica producto de la humedad, por retracción térmica y al momento del traslados paneles para el siguiente nivel. Para prevenirlas se debe asegurar un buen curado del concreto y buen control de encofrado para el siguiente nivel.

Fisuras menores a 0.2 mm no son dañinas para la estructura; pero si son de gran tamaño, sin llegar a producir un riesgo estructural, se deben tratar porque pueden ser un conducto de agentes dañinos para las armaduras, afectando la durabilidad, integridad y apariencia de la estructura.

d) Desplomes

La inclinación del moldaje hacia un lado genera desplomes de los muros después de vaciado. Este problema puede generar un alto costo a la obra considerando que hay veces en las que se debe rehacer el muro completo. Para que no ocurra esto, se debe chequear la verticalidad de los encofrados y verificar con un plomo cada uno de los moldajes durante la construcción.

2.2.11 Seguridad en el sistema de encofrado

La utilización de encofrados en las obras de construcción abarca un amplio y diverso conjunto de actividades que se suceden a lo largo de las diferentes fases y etapas de las mismas. Dicha utilización, frecuente e intensiva en la mayor parte de las obras, se ve caracterizada por unos considerables niveles de riesgo derivados, con carácter general, de las condiciones de trabajo que exige su montaje, utilización y desmontaje.

Los casos de los accidentes ocurridos en las obras de construcción relacionados con la actividad de ejecución de encofrados es amplia y diversa y, normalmente, guarda relación con el tipo de encofrado y con el elemento constructivo (losas, columnas, muros, entre otros.) en los que se realiza esta actividad.

Sin entrar en casos más específicos se analizan los accidentes más comunes que se han seleccionado en esta actividad, sin tratar de asignar estos accidentes a una unidad de obra o de encofrado en concreto.

A continuación, se mencionan algunos incidentes:

a) Golpes y atrapamientos durante la manipulación de paneles de encofrado

La manipulación de los paneles de encofrado se realiza con equipos de elevación de cargas, con eslingas habitualmente de un único punto a través de piezas especiales y específicas para cada tipo de encofrado y cada fabricante o suministrador.

Este accidente-tipo se produce cuando los trabajadores realizan un guiado manual del panel de encofrado suspendido, bien para su acopio, bien para su posicionamiento o retirada, y se produce un movimiento imprevisto del panel, bien por el giro del mismo, o bien por el movimiento del equipo de elevación que lo manipula.

Causas habituales de este tipo de accidentes

La causa principal de este tipo de accidentes reside en el guiado manual de las cargas por parte del trabajador. Esta acción se debe a la falta de utilización en mayor parte de los casos de cuerdas guía para el guiado de los encofrados.

Para evitar este tipo de accidentes debe, evitarse la presencia de trabajadores en las proximidades de los paneles durante el movimiento con los medios mecánicos y hasta que el panel se encuentre en su posición de montaje o acopio.



Ilustración 1: Eslingaje, movimiento y posicionamiento de encofrados

b) Golpes en el desmontaje de los paneles de encofrado

Otros accidentes habituales, sobre todo cuando hablamos de pequeños encofrados, se producen en el desencofrado de paneles prefabricados de pequeñas dimensiones, como bordes de losas, muretes guía y pequeñas cimentaciones. En estos elementos, se utilizan habitualmente modulaciones de 0,60 m x 2,00 m.

El accidente se produce cuando el trabajador, utilizando el útil tipo palanca (barra de uña) se dispone a despegar el encofrado mientras, para facilitar el despegue, se tira del encofrado con el equipo de elevación (grúa móvil o grúa torre). Esta práctica, habitual en la obras, provoca el despegue expeditivo del encofrado y el golpeo al trabajador.

Causas habituales de este tipo de accidentes

La causa directa de este tipo de accidente es la presencia del trabajador en la zona de salida del encofrado, provocada por la acción simultánea de despegue con la uña y tracción con la grúa.

En este punto, conviene recordar la prohibición prevista para los equipos de elevación de utilizarse para realizar tracción y tirones. El procedimiento correcto debería pasar por el despegue previo del panel de encofrado para su posterior retirada con la grúa o el equipo de elevación.

Una causa secundaria de este tipo de accidentes radica en la falta o escasez de utilización de productos desencofrantes para este tipo de encofrados no vistos y de pequeñas dimensiones.



Ilustración 2: Desmontaje de paneles de encofrado.

c) Golpes y atrapamientos en el desencofrado de paneles de muros

En uno de los accidentes analizados, se estaba realizando el desencofrado de los muros por paños completos. El procedimiento previsto consistía en eslingar las chapas al gancho de la grúa que retiraba los encofrados antes de la retirada de los anclajes del paño.

Sin embargo, bajo esas condiciones se produjo una falta de coordinación entre el grupo de trabajo que mandaba el eslingado a la grúa y el que retiraba los anclajes con los del otro lado del muro, de tal forma que quedó liberado un paño que no se correspondía con el previamente eslingado al gancho de la grúa. Cuando la grúa empezó a tirar, no retiró el encofrado, pero con el empuje arrastró el paño que sí se había liberado, el cual terminó cayendo y golpeando a un trabajador.

Causas habituales de este tipo de accidentes

De los escenarios descritos, la primera consideración a realizar es que el proceso de desmontaje de un encofrado, como habitualmente se indica en todos los manuales y planificaciones preventivas, ha de ser exactamente inverso al de montaje. De esta forma, cuando de un panel se retiran los arriostramientos, este debe ser inmediatamente retirado a una posición estable y acopiado, lo cual implica que para las tareas de desencofrado deben disponerse en obra de los medios necesarios.

En este sentido, para adelantar tiempo no deben retirarse los arriostramientos y apeos si no se dispone en el momento de los equipos de elevación para retirar los paneles.

d) Caídas de altura en el montaje de encofrados de muros

Este tipo de accidente se presenta durante el montaje de los elementos de arriostramiento entre los paneles de encofrado o durante el montaje a posteriori de los soportes para las plataformas de hormigonado. Los trabajadores suelen acceder al punto de trabajo sobre el encofrado mediante escaleras de mano, teniendo que utilizar, posteriormente, un arnés de seguridad que enganchan en algún elemento del encofrado al tener que realizar acciones que comprometen su estabilidad sobre la escalera de mano.

Para el enganche del arnés, se suele utilizar una pieza en forma de *U* con una argolla que se introduce en los taladros de las costillas de los encofrados, enganchándose posteriormente a ella el mosquetón del arnés.



Ilustración 3: Trabajo de montaje de elementos auxiliares en encofrado vertical.

Causas habituales de este tipo de accidentes

La causa inicial de este tipo de accidentes se debe a la ausencia de un sistema de seguridad en la pieza que se introduce en los taladros de las costillas del encofrado.

Tradicionalmente, los sistemas de mosquetones como los de la imagen A de la ilustración 4 no tenían un radio de curvatura ni unas dimensiones que permitiesen su introducción en la mayor parte de los taladros de los encofrados convencionales, por lo que las empresas y los encofradores recurrían a soluciones improvisadas en obra con acero conformado en el propio tajo.

Actualmente, ya existen en el mercado soluciones para la problemática que se ha planteado y que disponen de un sistema de cierre de seguridad (imagen B), para poder utilizar el arnés de seguridad anclado a los encofrados.



Ilustración 4: Ganchos para arnés de seguridad. Grapas en la unión de paneles.

Para el caso analizado, la disposición de plataformas de trabajo integradas en cada nivel de encofrado permite el trabajo seguro de implementación del encofrado desde las propias plataformas.

e) Caídas de altura en el montaje de encofrado de losas

El montaje de los encofrados de las losas requiere que, una vez se ha montado el apuntalamiento y las vigas de sostenimiento, se coloquen los paneles fenólicos de encofrado sobre las vigas. Los accidentes descritos en este apartado se producen por la caída de altura de los trabajadores desde los bordes de los entablados (tanto en montaje como una vez finalizados), o en planta por volteo de los tableros durante la fase de

montaje de los mismos. En ocasiones no existen protecciones de borde o bien la efectividad de las mismas ha quedado anulada por la altura de los elementos (andamios, viguetas, bovedillas, etc.) de la losa al no rectificar a distancia suficiente las protecciones de borde del final de la losa o no utilizarse sistema de mayor altura.

Causas habituales de este tipo de accidentes

Las causas de estos accidentes se deben, normalmente, a la falta de protecciones colectivas o a la no utilización de la Equipo de Protección Personal (EPP) prevista mediante arnés de seguridad durante los trabajos de montaje de los paneles del encofrado. En este sentido, existen múltiples soluciones entre las que se encuentra anclar los arneses a elementos retráctiles que impidan dichas caídas de altura.

Algunas caídas de altura se producen en las fases de armado de la losa o durante el hormigonado por la pérdida de efectividad de la protección de borde (habitualmente barandilla) como consecuencia de la disminución de altura debida al canto de la losa. En otras ocasiones, la protección de borde no es efectiva debido a que los soportes se han montado mediante arriostres en el encofrado fenólico no otorgando este procedimiento resistencia a la protección de borde.



Ilustración 5: Montaje de entablado de losa con utilización de arnés de seguridad.

f) Caídas de objetos desprendidos, paneles de encofrado durante desencofrado

Este tipo de accidente se produce durante los trabajos de desencofrado de losas superiores de estructuras apuntaladas (losas, puentes, forjados) o bien durante la retirada del encofrado fenólico (paneles). Durante la realización de estos trabajos, no se completa la retirada del encofrado. Este, que se mantiene adherido al concreto de la losa se precipita de forma inesperada en cualquier otra fase, bien de forma espontánea (pérdida de humedad y adherencia) o bien por acciones externas no directas, golpeando a trabajadores que se encuentran en las proximidades.

En el caso particular de las obras de edificación, este tipo de accidentes se producen debido al incorrecto método utilizado para retirar los elementos del encofrado, originando golpes a los trabajadores o derrumbes con consecuencias más graves.

Causas habituales de este tipo de accidentes

Como ya se ha indicado, la causa de este tipo de accidentes se debe por un lado a la falta de retirada del encofrado que, falsamente, parece estable adherido al hormigón; o bien al inadecuado método utilizado para realizar la retirada de los paneles de encofrado.

Para evitar que se produzcan y materialicen este tipo de accidentes se deben retirar los paneles de encofrado a medida que se retira su material o elementos de soporte, utilizando para ello los medios y procedimientos que el fabricante ha diseñado para estos trabajos.



Ilustración 6: Paneles de encofrado adheridos al concreto.

g) Desplome de encofrado en el montaje

Los accidentes se producen por el golpe o aplastamiento de los trabajadores al derrumbarse la estructura del muro durante la fase o en el proceso de montaje, bien del propio encofrado, bien de la armadura.

Es habitual que una vez montado el encofrado de una cara, y haciendo este las funciones de guía para el montaje de la armadura, se comience el montaje de la segunda cara mientras todavía se están disponiendo elementos de apuntalamiento del encofrado, lo cual provoca la presencia de trabajadores a ambos lados del montaje del muro con el riesgo de atrapamiento en caso de fallo de la estructura.

Causas habituales de este tipo de accidentes

La causa de este tipo de accidente se debe principalmente a una deficiencia técnica consistente en la insuficiencia o deficiencia de apuntalamientos y arriostramientos durante el proceso de montaje del encofrado. De esta forma, no solamente deberá garantizarse la estabilidad de la estructura formada por el encofrado y sus arriostramientos y apuntalamientos para su puesta en carga (vaceado de concreto) sino también durante todas las fases de su montaje.

Para dicho dimensionamiento, deberán considerarse todas las acciones posibles, incluyendo el viento. En el montaje de la estructura de armado, deberá tenerse en cuenta el proceso de montaje para garantizar la mayor rigidez posible del esqueleto metálico y que este no provoque empujes sobre el encofrado.



Ilustración 7: Desplome de encofrado y armadura con andamio en ejecución de muro.

Según lo mencionado, toda obra de construcción deberá contar con un plan de seguridad y salud que garantice la integridad física y salud de sus trabajadores.

De acuerdo con la Norma G050, seguridad durante la construcción, es obligatorio contar con un plan de seguridad y salud, para tener en cuenta en las actividades de construcción civil, como los trabajos de montaje y desmontaje, proceso de demolición, refracción o remodelación. Este plan debe incluirse en el expediente técnico de obra.

2.3 Términos básicos

Sistema de encofrado

El encofrado es uno de los aspectos más importantes en la construcción, ya que es un sistema formado por piezas acopladas, módulos prefabricados temporales, destinado a dar forma al concreto en estado plástico o fresco, asegurando la correcta colocación de armaduras y protegiendo al concreto de golpes externos y pérdida de agua.

Formaletas

Es un sistema industrializado modular ya sea de metal o aluminio, sirve para moldeado del concreto, de fácil manejo, multiusos, con medidas estandarizadas que proporcionan uniformidad en superficies a la vista y seguridad de concretos estructurales.

Módulos

Son módulos en lámina especial que constituyen una cara principal, con dimensiones que sean necesarias para cada caso.

Encofrado

Es un conjunto de módulos y accesorios que unidos entre si dan la forma al concreto en las obras, de acuerdo con los planos constructivos.

Acta de entregables

El alcance está dirigido en el acabado de las losas y muros de concreto armado de todos los pisos del edificio; considerando que la principal causa de las rectificaciones en muros y losas se debe a no tener un control en el proceso de uso y encofrado de equipos.

Desmoldante

Es una laca desmoldante de poliuretano, sirve para protección de encofrados, mayores usos de los encofrados y mejor acabado en el concreto caravista.

Desplome de muros

Es una lesión que consiste en la pérdida de verticalidad de muros o soportes, al producirse un giro con respecto a un eje vertical. Puede deberse a cambios sustanciales en los materiales, en el cual un muro gira en su plano perpendicular permaneciendo plano. Son lesiones apreciables a simple vista, que pueden afectar a toda o a una parte del edificio.

Limpieza y mantenimiento de encofrados

Para mantener el material en buen estado y en capacidad de alto rendimiento, es aconsejable revisar el encofrado y sus accesorios en ciertos intervalos, se debe limpiar y reparar si está dañado. Se basa en la revisión, limpieza, reparación y recuperación que se ejecutan con máquinas, para que su encofrado siga dando los resultados esperados con alta calidad y máxima seguridad.

Viruta de acero

Es una esponja abrasiva formada por muchas hebras enrolladas de finos y flexibles alambres metálicos, se desarrolló para ayudar en la limpieza de superficies de las más variadas características, para ello, existen 4 tipos: fina, fina plus, mediana y gruesa.

Resane

Es restaurar o reparar los daños o defectos de una superficie lisa; particularmente, rellenar con yeso o cemento los huecos de una pared.

FORSA Alum

Es más rápido que cualquier otro sistema porque es liviano, fácil armar y desarmar y de transportar manualmente de un piso a otro sin necesidad de utilizar grúas.

Corbatas

Son elementos que actúan como separadores de las formaletas o paneles, garantiza el espesor de los muros, son colocados después de fijar los paneles.

2.4 Formulación de hipótesis

2.4.1 Hipótesis general

El sistema de encofrado de aluminio es mejor que el encofrado metálico para viviendas de interés social en el Condominio Ciudad Verde – Puente Piedra – Lima.

2.4.2 Hipótesis específicas

- El sistema de encofrado de aluminio es mejor que el encofrado metálico desde el análisis de costo para viviendas de interés social en el Condominio Ciudad Verde – Puente Piedra – Lima.
- El sistema de encofrado de aluminio es mejor que el encofrado metálico desde el análisis de tiempo para viviendas de interés social en el Condominio Ciudad Verde – Puente Piedra – Lima.
- El sistema de encofrado de aluminio es mejor que el encofrado metálico desde el análisis de calidad para viviendas de interés social en el Condominio Ciudad Verde – Puente Piedra – Lima.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 Tipo de investigación

La metodología para estudiar los sistemas de encofrados tanto metálico como aluminio, tiene como finalidad comparar ambos sistemas de encofrados, por lo tanto la investigación tiene como fin establecer una serie de diferencias, ventajas y desventajas entre ambos sistemas constructivos; para llegar a la conclusión de cuál de los dos resulta más eficiente. Es por eso el tipo de investigación es:

- **Cuantitativo:** Emplea tablas y gráficos.
- **Comparativo:** En base a los resultados obtenidos se realiza una comparación técnica y económica.
- **Retrospectivo:** La información es captada del pasado y analizada en el presente.

3.2 Diseño de investigación

Diseño de investigación cuantitativo:



Elaboración: los autores

- **No experimental:** Se basan en la obtención de información sin manipular los valores de las variables.
- **Transversal:** Los datos son tomados en un momento dado.
- **Descriptivo:** porque está orientada al conocimiento de la realidad que describen los hechos como son observados en los sistemas de encofrados y de sus efectos que causan en la actualidad.

3.3 Operacionalización de variables

3.3.1 Variable dependiente

“Eficiencia del sistema de encofrado”

3.3.2 Operacionalización de variables

Tabla 11: Operacionalización de variable

VARIABLE DEPENDIENTE					
TIPO: CUALITATIVA ORDINAL					
Variable	Sub Variable	Indicador	Índice	Métrica	Pregunta
Eficiencia del Sistema de Encofrado	Encofrado Metálico	Costo	Alquiler de encofrado	S./m ²	1
			Compra de encofrado	S./m ²	2
			Mano de obra encofrado y desencofrado	S./hh	3
			herramientas (engrasadora)	%MO	4
			Desmoldante	Gln/m ²	4
			Consumibles	Und/m ²	4
			Viruta de acero o escobilla	Und	4
			Limpieza y mantenimiento	S./m ²	5
			Alquiler de Grúa Torre	S./hm	6
		Tiempo	Rendimiento	m ² /día	7
			Transporte módulos de encofrado	hm	8
	Calidad	Desplome de Muros	mm	9	
		Desnivel de losas	mm	10	
		Cantidad de Usos	N°veces	11	
	Encofrado Aluminio	Costo	Alquiler de encofrado	S./m ²	1
			Compra de encofrado	S./m ²	2
			Mano de obra encofrado y desencofrado	S./hh	3
			herramientas (engrasadora)	%MO	4
			Desmoldante	Gln/m ²	4
			Consumibles	Und/m ²	4
			Viruta de acero o escobilla	Und	4
			Limpieza y mantenimiento	S./m ²	5
Alquiler de Grúa Torre			S./hm	6	
Tiempo		Rendimiento	m ² /día	7	
		Transporte módulos de encofrado	hm	8	
Calidad	Desplome de Muros	mm	9		
	Desnivel de losas	mm	10		
	Cantidad de Usos	N°veces	11		

Elaboración: los autores

3.4 Caso de investigación

Para la presente investigación se tomara el caso de Condominio Ciudad Verde.

El conjunto residencial se encuentra ubicado en la Av. Panamericana Norte Km. 27, distrito de Puente Piedra, provincia y departamento de Lima. Este proyecto es de tipo MI VIVIENDA y se acoge a lo establecido en el Decreto Supremo 030-2002-MTC.

El terreno figura inscrito con un área total de 30,100.00 m², de los cuales luego de realizar la habilitación urbana y ceder los aportes correspondientes (futura ampliación de la Carretera Panamericana Norte y nueva calle hacia el lindero derecho del terreno "Prolongación Calle A") quedaran 21,563.63 m² útiles para desarrollar el proyecto.

3.5 Instrumentos de recolección de datos

En esta investigación se usaron documentos que caracterizan los sistemas de encofrado metálico y de encofrado de aluminio, se basó en análisis de los datos de una vivienda de interés social Condominio Ciudad Verde.

Los datos obtenidos mediante la aplicación de las técnicas e instrumentos antes mencionados; serán incorporados a programas computarizados, tales como los aplicativos de MS Office, Opus 2010; y con precisiones porcentuales y prelación u ordenamientos de mayor a menor, los promedios o sumas serán presentados como informaciones en forma de figuras, gráficos, cuadros y resúmenes.

CAPÍTULO IV

PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4.1 Contratación de hipótesis

4.1.1 Hipótesis general:

Hipótesis alterna (Ha):

El sistema de encofrado de aluminio **es mejor** que el encofrado metálico para viviendas de interés social en el Condominio Ciudad Verde – Puente Piedra – Lima.

Hipótesis nula (H0):

El sistema de encofrado de aluminio **no es mejor** que el encofrado metálico para viviendas de interés social en el Condominio Ciudad Verde – Puente Piedra – Lima.

4.1.2 Hipótesis específicas:

Hipótesis específica 1:

Hipótesis alterna 1 (H1):

El sistema de encofrado de aluminio **es mejor** que el encofrado metálico desde el **análisis de costo** para viviendas de interés social en el Condominio Ciudad Verde – Puente Piedra – Lima.

Hipótesis nula 1 (H0):

El sistema de encofrado de aluminio **no es mejor** que el encofrado metálico desde el **análisis de costo** para viviendas de interés social en el Condominio Ciudad Verde – Puente Piedra – Lima.

Hipótesis específica 2:

Hipótesis alterna 2 (H2):

El sistema de encofrado de aluminio **es mejor** que el encofrado metálico desde el **análisis de tiempo** para viviendas de interés social en el Condominio Ciudad Verde – Puente Piedra – Lima.

Hipótesis nula 2 (H0):

El sistema de encofrado de aluminio **no es mejor** que el encofrado metálico desde el **análisis de tiempo** para viviendas de interés social en el Condominio Ciudad Verde – Puente Piedra – Lima.

Hipótesis específica 3:

Hipótesis alterna 3 (H3):

El sistema de encofrado de aluminio **es mejor** que el encofrado metálico desde el **análisis de calidad** para viviendas de interés social en el Condominio Ciudad Verde – Puente Piedra – Lima.

Hipótesis nula 3 (H0):

El sistema de encofrado de aluminio **no es mejor** que el encofrado metálico desde el **análisis de calidad** para viviendas de interés social en el Condominio Ciudad Verde – Puente Piedra – Lima.

4.1.3 Caso de investigación:

El Conjunto Residencial CONDOMINIO CIUDAD VERDE se encuentra ubicado en la Av. Panamericana Norte Km. 27, distrito de Puente Piedra, provincia y departamento de Lima. Este proyecto es de tipo MI VIVIENDA y se acoge a lo establecido en el Decreto Supremo 030-2002-MTC.

El caso se encuentra dividido en dos fases de entregas distribuidas de la siguiente manera:

Tabla 12: Distribución del proyecto

FASE	N° DPTOS	TORRES	ZONA COMUN
I	488	9	2
II	468	7	0

Elaboración: los autores

Fuente: Urbana Perú

Actualmente, la fase I está ejecutada y entregada y se proyecta la construcción de la fase II para el año 2016.

Los datos desarrollados y analizados pertenecen a la fase I.

Tabla 13: Resumen del proyecto fase I

Proyecto	Ciudad Verde
Ubicación	Panamericana Norte - Puente Piedra km. 27
Propietario	Paz Centenario
Estrato	Medio
Departamentos	488
Supervisión	JLV
Inicio construcción	29/10/2012
Fin Construcción	23/12/2013
Duración	420 días

Elaboración: los autores
Fuente: Urbana Perú

Características del proyecto

El conjunto está compuesto por departamentos de 2 dormitorios con 1 baño, 3 dormitorios con 1 baño (opcional 2 baños), 3 dormitorios con 2 baños y 3 dormitorios con 1 baño.

Todos los departamentos cuentan con una cara ventilada hacia el exterior del edificio lo cual permite que los ambientes principales cuenten con iluminación y ventilación natural. Los baños también se ventilarán e iluminarán naturalmente.

El proyecto contará con una amplia zona de áreas de uso común así como un minimarket ubicado dentro del conjunto residencial para uso exclusivo de sus habitantes.

Áreas de estacionamientos

Como se mencionó anteriormente, el proyecto cuenta con las siguientes áreas de estacionamiento, que suman en total 239 estacionamientos para todo el proyecto, ratio equivalente aproximadamente a 01 estacionamiento por cada 04 unidades de vivienda; de estos, 10 son estacionamientos para minusválidos.

Adicionalmente, se incluye un estacionamiento para proveedores del Minimarket.

- En el interior del proyecto, para edificios de 09 pisos, con un solo ingreso controlado desde la Calle "A" (70 estacionamientos).
- En el interior del proyecto, para edificios de 05 y 09 pisos, con un solo ingreso controlado hacia la Calle "A" (124 estacionamientos).
- En el exterior del proyecto, hacia la Calle "A" (45 estacionamientos).

Construcción

El Proyecto contempla una estructura en base a placas de concreto armado.

El Proyecto cumple con las normas de edificación establecidas (retiros, áreas mínimas de ambientes, áreas libres, etc.) Asimismo, todo el proyecto cuenta con una adecuada ventilación e iluminación natural.

Estructuras

Los edificios están estructurados con un sistema de muros portantes de concreto armado y sus techos en todos los casos, serán losas macizas también de concreto armado. En los módulos de cinco niveles, todos los muros tendrán 10 cm de espesor, mientras que en los edificios de nueve niveles se plantearon muros con 15cm de ancho en los tres primeros pisos y muros con 10 cm de espesor en los seis últimos niveles. Este último es el ancho mínimo que especificada la Norma E.060 para muros de concreto armado y los espesores considerados en todos los casos, cumplen con los requerimientos para esfuerzos debidos tanto a cargas verticales como a cargas de sismo.

En los edificios de cinco y nueve pisos, las losas macizas de techo tendrán 10cm de espesor. En el edificio para usos múltiples, y en el encofrado de techo de las cisternas, las losas contarán con 15cm de ancho. En todos los casos, los espesores de losas considerados son generosos para las luces que poseen sus paños. Esto evitará los problemas de servicio tales como

deflexiones, excesivas vibraciones o algún tipo ruido entre departamentos de niveles contiguos.

Las cimentaciones de los edificios estarán conformadas por plateas de cimentación de 20cm y 35cm de espesor en los edificios de cinco y nueve pisos respectivamente. En la cimentación del edificio, para usos múltiples se consideraron zapatas aisladas y cimientos corridos, todos de concreto armado.

Presupuesto

Tabla 14: Presupuesto contractual de obra de la fase I

Proyecto	CONDominio CIUDAD VERDE - PUENTE PIEDRA	
Cliente	PAZ CENTENARIO	
Supervisión	JLV CONSULTORES	
Residente	ING. DEMEL DIAZ	
ITEM	DESCRIPCION	PRESUPUESTO (S/.)
01	OBRAS PRELIMINARES	1,317,600.25
02	ESTRUCTURAS - EDIFICIO 5 y 9 PISOS	12,747,405.13
03	ARQUITECTURA - EDIFICIO 5 y 9 PISOS	7,700,828.21
04	INSTALACIONES ELECTRICAS	1,991,270.03
05	INSTALACIONES SANITARIAS	1,009,658.31
06	SISTEMA DE AGUA CONTRA INCENDIO	342,828.22
07	INSTALACIONES MECANICAS	1,078,657.10
08	OBRAS EXTERIORES	3,065,106.91
	COSTO DIRECTO	S/.29,253,354.17
	GASTOS GENERALES 10.42%	3,048,610.38
	UTILIDAD 5.50%	1,608,934.48
	SUB TOTAL	S/.33,910,899.03
	IGV 18%	6,103,961.83
	TOTAL	S/.40,014,860.86

Fuente: Urbana Perú

Tabla 15: Resumen de Áreas

Resumen de Áreas			
Área Lote	Área Construida	No. Departamentos	(S/.) x m2
13,374.91	30,143.76	488 UNIDADES	1,443.94
Bloques	Azotea		
5 BLOQUES	SI	8UndxPisox5Pisox5Bloques	
Bloques	Azotea		
4 BLOQUES	SI	8UndxPisox9Pisox4Bloques	

Elaboración: los autores

Fuente: Urbana Perú

4.2 Análisis e interpretación de la investigación:

Para el análisis comparativo se realizó una encuesta semi-estructurada con preguntas cerradas, con valores dicotómicos y dirigidos al área de presupuestos y cotizaciones de las empresas proveedoras de los sistemas de encofrados analizados en esta investigación. De los resultados de la encuesta se obtuvo los siguientes resultados:

Tabla 16: Comparativo entre los sistemas de encofrados desde el análisis de costo

Pregunta	Comparación de los Encofrados	SI	NO
1	¿El costo de alquiler x m2 del encofrado metálico es mayor que el de aluminio?	x	-
2	¿El costo de compra x m2 del encofrado metálico es mayor que el de aluminio?	x	-
3	¿La cantidad HH x m2 del encofrado metálico es mayor que el de aluminio?	x	-
4	¿El costo de materiales x m2 del encofrado metálico es mayor que el de aluminio?	x	-
5	¿El costo de mantenimiento y limpieza x m2 del encofrado metálico es mayor que el de aluminio?	x	-
6	¿El costo de HM de grúa torre por transporte del encofrado metálico es mayor que el de aluminio?	x	-
Elaboración: los autores		100%	-

Tabla 17: Costo de recursos para encofrados según sistema

Indicadores	Índices	Und	Metálico (S/.)	Aluminio (S/.)
Mano de Obra	Capataz	hh	0.51	0.51
	Operario	hh	3.95	3.95
	Oficial	hh	0.00	0.00
	Peón	hh	6.03	3.01
Materiales	Viruta metálica N° 8	bol	0.00	1.24
	Encofrado	m2	22.50	12.00
	Consumibles	Und	0.35	0.60
	Desmoldante	gal	0.73	0.73
	Trapo Industrial	Kg	0.03	0.03
Otros	Herramientas Manuales	%mo	0.52	0.37
	Alquiler Torre Grúa	hm	2.50	0.00
Elaboración: los autores			37.11	22.44
Fuente: "ULMA/SERVICEN"				

Se desagregó las actividades que comprenden el encofrado para cada sistema. La información obtenida fue brindada por las empresas que comercializan estos sistemas y las que fueron cotizadas para el desarrollo del caso.

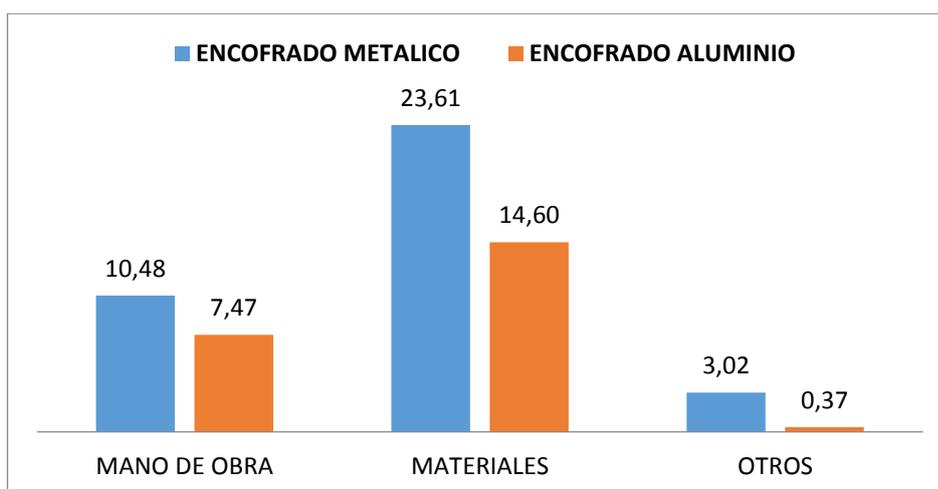


Gráfico 1: Costo de los recursos de los encofrados (S/.)

Fuente: Tabla N°17

Se muestran las incidencias en costo de las sub partidas para los sistemas de encofrados, se requiere menos cantidad de personal para la manipulación del encofrado de aluminio y el costo de alquiler es un 40 por ciento con respecto al metálico, además para el encofrado de aluminio no se requiere equipo de elevación para el traslado a diferencia de altura. Por lo tanto, aceptamos la **hipótesis alterna 1**.

Tabla 18: Comparativo entre los sistemas de encofrados desde el análisis de tiempo

Pregunta	Análisis de Tiempo	SI	NO
7	¿El Rendimiento del encofrado de Aluminio es mayor que el de Metálico?	X	-
8	¿El tiempo de transporte de los paneles de encofrado Aluminio es mayor que el de Metálico?	X	-
Elaboración: los autores		100%	-

Tabla 19: Rendimientos encofrados

Indicadores	Índices	Und	Metálico	Aluminio
Tiempo	Rendimiento	m2/día	25	35

Elaboración: los autores

Fuente: "ULMA/FORSA"

Los rendimientos (Tabla N°19) han sido proporcionados por las empresas Ulma y Forsa, y están expresados en la cuadrilla de la Tabla N°17.

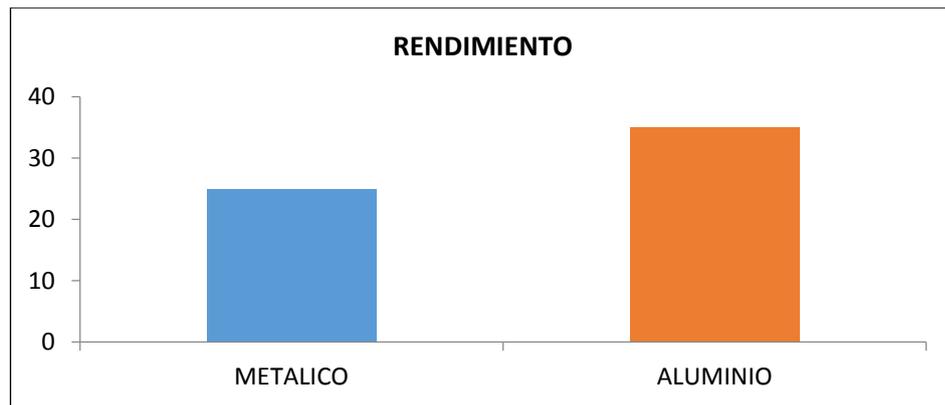


Gráfico 2: Rendimientos de encofrados (m2/día)

Fuente: Tabla N°19

Los encofrados metálicos y aluminio al ser prefabricados y el total de sus piezas vienen elaboradas para un ensamblaje más rápido en obra, por lo tanto, tienen un rendimiento alto, pero el sistema de encofrado de aluminio presenta un 29 por ciento más de rendimiento en comparación a los encofrados metálicos, esto por su fácil colocación y al no requerir de mano de obra especializada, lo cual nos asegura que en obra cualquier trabajador pueda instalarlo permitiéndonos un avance de obra sin tener que esperar al especialista. Por lo tanto, se acepta la **hipótesis alterna 2**.

Tabla 20: Comparativo entre los sistemas de encofrados desde el análisis de calidad

Pregunta	Análisis de Calidad	SI	NO
9	¿Se presentan mayores desplomes de muros en el encofrado Metálico que el de Aluminio?	-	x
10	¿Se presentan mayores desniveles de losas en el encofrado Metálico que el de Aluminio?	-	x
11	¿Se tiene mayor cantidad de usos de los paneles en el encofrado Metálico que el de Aluminio?	-	x
Elaboración: los autores		-	100%

Tabla 21: Cantidad de usos

Indicadores	Índices	Unid	Metálico	Aluminio
Calidad	Cantidad de Usos	Nº veces	700	1500

Elaboración: los autores
Fuente: "ULMA/FORSA"

La cantidad de usos (Tabla N°21) han sido proporcionados por las empresas Ulma y Forsa, y están expresados para un juego de encofrados modulados.

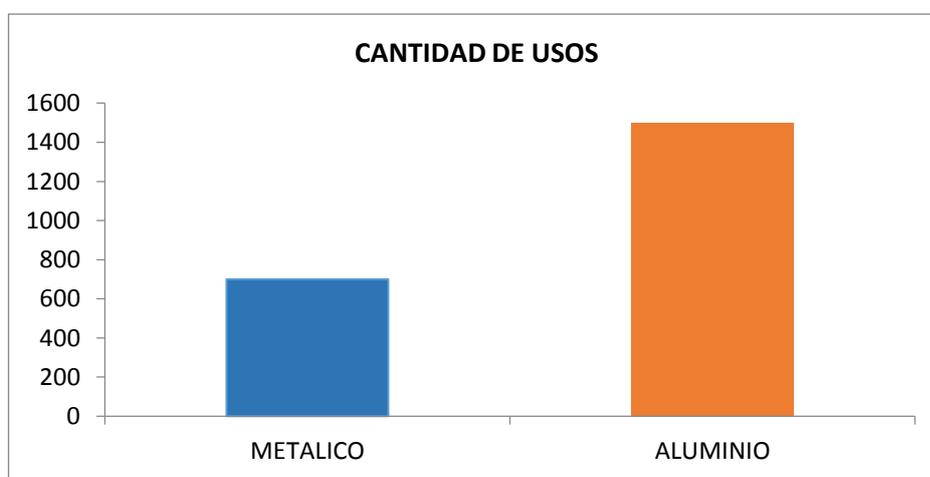


Gráfico 3: Cantidad de usos de los encofrados.

Fuente: Tabla N°21

De lo analizado, se muestra que el sistema de encofrado de aluminio presenta un 53 por ciento más de usos con respecto al metálico, por lo tanto, se tienen mayores desplomes en muros y desniveles de losas en comparación el encofrado metálico, esto se debe al rápido desencofrado, despuntalamiento temprano y al poco control que se tiene en campo. Cabe mencionar que el acabado lo determina el tipo de material a usar, siendo los dos sistemas de materiales inertes, el acabado final lo define el número de usos. Por lo tanto, se rechaza la **hipótesis alterna 3**.

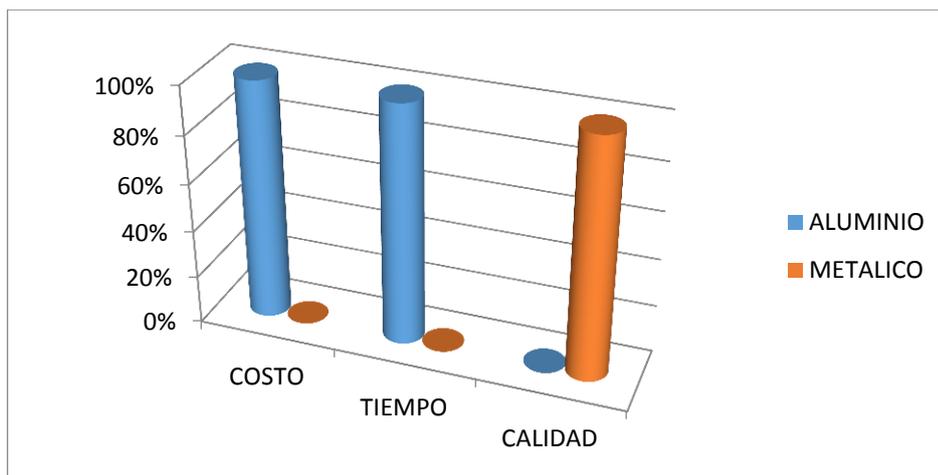


Gráfico 4: Comparación del costo de los sistemas de encofrados (%)

Fuente: Tabla N°16, 18 y 20.

En el gráfico N°4, se muestra notablemente que el sistema de encofrado de aluminio en comparación al metálico presenta mayores beneficios en costo y tiempo, pero se tiene al encofrado metálico como una mejor propuesta desde el análisis de la calidad.

4.3 Aplicación del caso

El caso se desarrolla entre los años 2012 y 2014, en que las entregas de las etapas son en dos tiempos (hito de entrega), debido al ajustado cronograma y la cantidad de viviendas a entregar, la empresa constructora Urbana Perú elaboró un cuadro comparativo de alquiler de encofrado incluyendo para cada caso el subcontrato de mano de obra y materiales (consumibles).

En este cuadro comparativo, se determinó que para cumplir con el cronograma contractual de obra era necesario optar un sistema de encofrado que ofreciera mayores rendimientos, bajo costo de alquiler y calidad en el acabado de muros y losas, se optó por el sistema de aluminio Forsa a través de su sucursal Servicen SAC en Perú.

Tabla 22: Costo presupuestal de la mano de obra de encofrado (áreas comunes)

	Encofrado Mano de Obra				
	Descripción	Und	Metrado	Pu	Parcial (S/.)
AREAS COMUNES	Encofrado y desencofrado Muros Expuesto	m2	2,730.40	15.33	41,857.02
	Encofrado y desencofrado Normal en Vigas	m2	531.40	15.33	8,146.38
	Encofrado y desencofrado Normal en Losas Macizas	m2	1,175.42	15.33	18,019.14
	Encofrado y desencofrado para Escaleras	m2	93.09	18.33	1,706.29
	Encofrado y desencofrado Normal en Alfeizer	m2	325.95	18.33	5,974.66
TOTAL					S/.75,703.50

Fuente: Urbana Perú

De la tabla N°22, se presentan los metrados contractuales y precios unitarios de mano de obra para cada tipo de estructura de las áreas comunes (lavandería y edificio de usos múltiples).

Tabla 23: Costo presupuestal de la mano de obra de encofrado (torres)

	Encofrado Mano de Obra				
	Descripción	Und	Metrado	Pu	Parcial (S/.)
ETAPA I y II	Encofrado y desencofrado Muros Expuesto	m2	91,354.24	7.03	642,220.28
	Encofrado y desencofrado Normal en Losas Macizas	m2	31,109.02	7.03	218,696.41
	Encofrado y desencofrado Normal en Alfeizer	m2	5,533.09	15.33	84,822.23
	Encofrado y desencofrado Normal en Escaleras	m2	1,332.70	18.33	24,428.39
	Encofrado y desencofrado Normal en Losas Escalera	m2	121.42	15.33	1,861.39
TOTAL					S/.972,028.70

Fuente: Urbana Perú

De la tabla N°23, se presentan los metrados contractuales y precios unitarios de mano de obra para cada tipo de estructura de las Etapas I y II.

Tabla 24: Costo presupuestal de los equipos de encofrado (áreas comunes)

Encofrado Equipo					
	Descripción	Und	Metrado	Pu	Parcial (S/.)
AREAS COMUNES	Encofrado y desencofrado Muros Expuesto	m2	2,730.40	6.60	18,020.63
	Encofrado y desencofrado Normal en Vigas	m2	531.40	6.60	3,507.25
	Encofrado y desencofrado Normal en Losas Macizas	m2	1,175.42	6.60	7,757.75
	Encofrado y desencofrado para Escaleras	m2	93.09	6.60	614.38
	Encofrado y desencofrado Normal en Alfeizer	m2	325.95	6.60	2,151.27
TOTAL					S/.32,051.28

Fuente: Urbana Perú

De la tabla N°24, se presentan los metrados contractuales y precios unitarios de equipos para cada tipo de estructura de las áreas comunes (lavandería y edificio de usos múltiples).

Tabla 25: Costo presupuestal de los equipos de encofrado (torres)

Encofrado Equipo					
	Descripción	Und	Metrado	Pu	Parcial (S/.)
ETAPA I y II	Encofrado y desencofrado Muros Expuesto	m2	91,354.24	9.60	877,000.67
	Encofrado y desencofrado Normal en Losas Macizas	m2	31,109.02	9.60	298,646.59
	Encofrado y desencofrado Normal en Alfeizer	m2	5,533.09	6.60	36,518.38
	Encofrado y desencofrado Normal en Escaleras	m2	1,332.70	6.60	8,795.82
	Encofrado y desencofrado Normal en Losas Escalera	m2	121.42	6.60	801.38
TOTAL					S/.1,221,762.83

Fuente: Urbana Perú

De la tabla N°25, se presentan los metrados contractuales y precios unitarios de equipos para cada tipo de estructura de la Etapas I y II.

Tabla 26: Costo presupuestal de los materiales de encofrado (áreas comunes)

Encofrado Material					
	Descripción	Und	Metrado	Pu	Parcial (S/.)
AREAS COMUNES	Encofrado y desencofrado Muros Expuesto	m2	2,730.40	4.57	12,477.92
	Encofrado y desencofrado Normal en Vigas	m2	531.40	4.57	2,428.50
	Encofrado y desencofrado Normal en Losas Macizas	m2	1,175.42	4.57	5,371.66
	Encofrado y desencofrado para Escaleras	m2	93.09	4.57	425.41
	Encofrado y desencofrado Normal en Alfeizer	m2	325.95	4.57	1,489.59
TOTAL					S/.22,193.09

Fuente: Urbana Perú

De la tabla N°26, se presentan los metrados contractuales y precios unitarios de materiales para cada tipo de estructura de las áreas comunes (lavandería y edificio de usos múltiples).

Tabla 27: Costo presupuestal de los materiales de encofrado (torres)

Encofrado Material					
	Descripción	Und	Metrado	Pu	Parcial (S/.)
ETAPA I y II	Encofrado y desencofrado Muros Expuesto	m2	91,354.24	4.57	417,488.86
	Encofrado y desencofrado Normal en Losas Macizas	m2	31,109.02	4.57	142,168.22
	Encofrado y desencofrado Normal en Alfeizer	m2	5,533.09	4.57	25,286.21
	Encofrado y desencofrado Normal en Escaleras	m2	1,332.70	4.57	6,090.44
	Encofrado y desencofrado Normal en Losas Escalera	m2	121.42	4.57	554.90
TOTAL					S/.591,588.62

Fuente: Urbana Perú

De la tabla N°27, se presentan los metrados contractuales y precios unitarios de materiales para cada tipo de estructura de la Etapas I y II.

Tabla 28: Resumen de costos presupuestales del encofrado

Resumen Presupuesto Contractual					
	Descripción	Und	Metrado	Pu	Parcial (S/.)
ETAPA I y II	Encofrado y desencofrado Muros Expuesto	m2	91,354.24	21.20	1,936,709.81
	Encofrado y desencofrado Normal en Losas Macizas	m2	31,109.02	21.20	659,511.21
	Encofrado y desencofrado Normal en Alfeizer	m2	5,533.09	26.50	146,626.81
	Encofrado y desencofrado Normal en Escaleras	m2	1,332.70	29.50	39,314.65
	Encofrado y desencofrado Normal en Losas Escalera	m2	121.42	26.50	3,217.67
AREAS COMUNES	Encofrado y desencofrado Muros Expuesto	m2	2,730.40	26.50	72,355.57
	Encofrado y desencofrado Normal en Vigas	m2	531.40	26.50	14,082.14
	Encofrado y desencofrado Normal en Losas Macizas	m2	1,175.42	26.50	31,148.55
	Encofrado y desencofrado para Escaleras	m2	93.09	29.50	2,746.08
	Encofrado y desencofrado Normal en Alfeizer	m2	325.95	29.50	9,615.53
TOTAL					S/.2,915,328.02

Fuente: Urbana Perú

De la tabla N°28, se presentan los metrados contractuales y precios unitarios resumidos de mano de obra, equipo y materiales para cada tipo de estructura de las áreas comunes y torres.

Tabla 29: Hitos de programación del condominio ciudad verde

Actividades	Día inicio	Día Fin	Duración (Días)
Inicio Obra	29-oct-12	23-dic-13	420.00
Excavación masiva	19-nov-12	18-ene-13	60.00
Estructura Edificio	28-ene-13	6-sep-13	221.00
Acabados Húmedos	14-feb-13	6-nov-13	265.00
Acabados Secos	7-mar-13	18-dic-13	286.00
Obras Exteriores	19-abr-13	24-oct-13	188.00
Entrega de departamentos -ETAPA I	2-ago-13	24-oct-13	83.00
Entrega de departamentos -ETAPA II	16-oct-13	23-dic-13	68.00

Fuente: Urbana Perú

Con los metrados contractuales, precios unitarios, especificaciones técnicas y los Hitos contractuales (Tabla N°29) se realiza un análisis de tiempo de vaciados de concreto.

Así, se tienen 83 días para la entrega de los departamentos de la etapa I y 68 días para la etapa II al 100 por ciento, es decir, se requieren vaciar 3 departamentos diarios para cada etapa.

Con esta información, se realizó un cronograma de vaciados, considerando 4 departamentos diarios, así se tiene el siguiente cuadro con las fechas de inicio/fin de vaciados por torre.

Tabla 30: Hitos de vaciados de concreto

Actividad	Etapas	Pisos	Torre	Dptos	Inicio	Fin	Días
Estructuras	Etapa I	5 PISOS	L-M	80	23-ene-13	26-feb-13	34.00
		9 PISOS	J-K	144	21-feb-13	18-abr-13	56.00
	Etapa II	9 PISOS	H-I	144	17-abr-13	12-jun-13	56.00
		5 PISOS	N-O	80	10-jun-13	12-jul-13	32.00
		5 PISOS	P	40	09-jul-13	13-ago-13	35.00

Fuente: Urbana Perú

Tendiendo las fechas hitos para la estructura, se procedió a sectorizar las zonas de vaciado procurando que estos sean continuos y evitando que el flujo de vaciados se detenga.

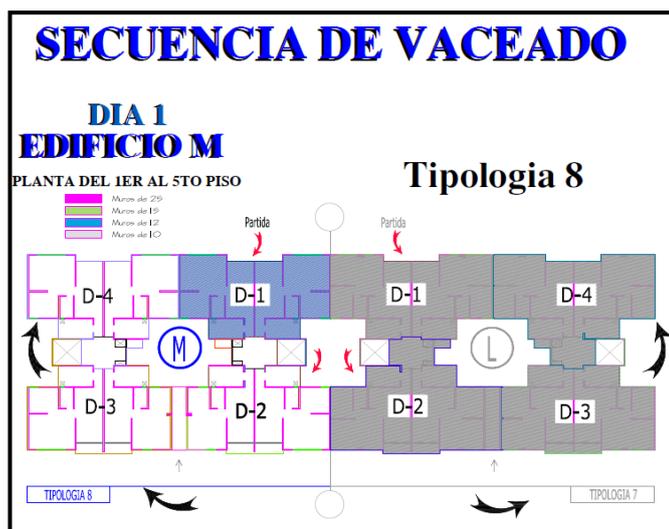


Gráfico 5: Secuencia de vaciados de concreto

Fuente: Urbana Perú

Con los datos, metrados, hitos de vaciados, sectorización y precios unitarios, se realizó el análisis comparativo para determinar el sistema de encofrado más eficiente y que pueda cumplir con las expectativas particulares del proyecto.

Así, se procedió con las cotizaciones hacia las empresas que comercializan los diferentes sistemas de encofrados, y se realizó el comparativo correspondiente.

Tabla 31: Análisis de precio de alquiler de encofrado a todo costo

CONTRATO SERVICEN ENCOFRADO EDIFICIOS				
Costo Alquiler SERVICEN	Und	Metrado	Pu	Parcial (S/.)
EQUIPO+CONSUMIBLES	m2	59,365.20	12.91	766,404.73
MANO DE OBRA	m2	59,365.20	7.03	417,337.36
UTILIDAD MO	m2	59,365.20	0.56	33,244.51
Costo Dirección SERVICEN	und	Metrado	Pu	Parcial (S/.)
DIRECCION TEC.+MANTENIMIENTO EQUIPO	m2	59,365.20	5.01	297,419.65
MANO DE OBRA	m2	59,365.20	7.03	417,337.36
UTILIDAD MO	m2	59,365.20	0.56	33,244.51
Fuente: Urbana Perú			TOTAL	S/ .1,964,988.12

En la Tabla N°31, se muestra el análisis de costo de alquiler de encofrado a todo costo y solo dirección técnica incluido el mantenimiento del encofrado por la empresa Servicen. Para el caso de alquiler por metro cuadrado es de S/.20.50 soles con un rendimiento de 4 departamentos vaciados por día. Para el caso dirección, es el costo por la mano de obra y mantenimiento con el encofrado en modo compra.

Tabla 32: Cuadro comparativo de los sistemas de encofrados (torres)

CUADRO COMPARTIVO ENCOFRADO								
Descripcion	Und	Metrado	Pu	Parcial (S/.)	SERVICEN SAC		ULMA PERU	
Encofrado y Desencofrado Muros Expuesto	m2	91,354.24	21	1,936,709.89	20.50	1,872,761.92	34.11	3,116,093.13
Encofrado y Desencofrado Normal en Losas Macizas	m2	31,109.02	21	659,511.22	20.50	637,734.91	34.11	1,061,128.67
Encofrado y Desencofrado Normal en Alfeizer	m2	5,533.09	27	146,626.89	20.50	113,428.35	34.11	188,733.70
Encofrado y Desencofrado Normal en Escaleras	m2	1,332.70	30	39,314.65	20.50	27,320.35	34.11	45,458.40
Encofrado y Desencofrado Normal en Losas Macizas	m2	121.42	27	3,217.63	20.50	2,489.11	34.11	4,141.64
Encofrado y Desencofrado Muros Expuesto	m2	2,730.40	27	72,355.60	20.50	55,973.20	34.11	93,133.94
Encofrado y Desencofrado Normal en Vigas	m2	531.4	27	14,082.10	20.50	10,893.70	34.11	18,126.05
Encofrado y Desencofrado Normal en Losas Macizas	m2	1,175.42	27	31,148.63	20.50	24,096.11	34.11	40,093.58
Encofrado y Desencofrado para Escaleras	m2	93.09	30	2,746.16	20.50	1,908.35	34.11	3,175.30
Encofrado y Desencofrado Normal en Alfeizer	m2	325.95	30	9,615.53	20.50	6,681.98	34.11	11,118.15
COSTO DIRECTO				S/. 2,915,328.29		S/. 2,753,287.97		S/. 4,581,202.56
IGV 18%				S/. 524,759.09		S/. 495,591.83		S/. 824,616.46
TOTAL OFERTA				S/. 3,440,087.38		S/. 3,248,879.80		S/. 5,405,819.02
DIFERENCIA CON LA MENOR PROPUESTA						S/. 0.00		S/. 2,156,939.22
VARIACIÓN						0.00%		66.39%

Fuente: Urbana Perú

Con el comparativo de la tabla N° 30,31 y 32, se determina que el encofrado de aluminio (Forsa) es el que cumple con el costo con un ahorro del 6 por ciento, tiempo y con las especificaciones que exige el proyecto. Se opta por el alquiler del encofrado de aluminio.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN

5.1 Discusión de Resultados

Comparación de los sistemas de encofrados desde el análisis de costo

En la tabla N° 17, vemos que la incidencia del costo de la mano de obra y el alquiler del encofrado metálico es mayor que el de aluminio, esto por el tipo de tecnología en el proceso de fabricación y colocación.

Del estudio de Oribe, se muestra que el sistema de encofrado metálico es más cotoso respecto a los convencionales (madera), al comparar el sistema de aluminio con los convencionales los costos están por debajo solo en el caso de viviendas de interés social.

Cabe mencionar que la cantidad de personal requerido para el encofrado y desencofrado difiere en cada sistema (Tabla N°5 y 10), siendo más eficiente el que en su proceso de colocación requiriera menor personal.

Para el transporte, lo define la velocidad y el sistema de transporte a emplear, en el caso del metálico se tiene el transporte manual, donde se requiere una cantidad de personal mayor por el peso de los paneles y se tienen también el transporte vertical asistido por grúa torre lo que eleva,

proporcionalmente, el costo por las horas maquina (hm). En el caso del transporte del encofrado de aluminio, se presenta el transporte manual, por su bajo peso en comparación al otro sistema y además, porque los accesorios permiten elevar los paneles al siguiente nivel desde las pasarelas de estos mismos, reduciendo la cantidad de horas hombre (hh) para esta actividad, el transporte vertical asistido por grúa torre se ve casi minimizado por el mismo sistema de encofrado.

El caso muestra la eficiencia y rentabilidad del sistema de aluminio durante su proceso de ejecución, generando un 6 por ciento de ahorro en la partida de encofrados al proyecto, que en comparación al sistema de encofrado metálico se hubiese desviado en un 57 por ciento de pérdida.

Comparación de los sistemas de encofrados desde el análisis de tiempo

Para determinar el tiempo de encofrado y desencofrado se ha tomado como variable los rendimientos de los encofrados para cada sistema. En el caso de los encofrados metálicos ya que son prefabricados, donde las piezas en su totalidad vienen elaboradas para un ensamblaje más rápido en obra, permiten un aumento del rendimiento del 50 por ciento más que los encofrados convencionales (madera) por su fácil colocación. Pero en comparación con el encofrado de aluminio que además vienen moduladas según los planos estructurales, es decir, que los paneles son los exactos para cada vivienda, esto reduce el costo de fabricación, el peso de los paneles y la cantidad de personal para su colocación y transporte, esto eleva el rendimiento a un 65 por ciento más que los encofrados convencionales (madera), además no se requiere de mano de obra especializada para su instalación lo cual nos asegura que en obra cualquier trabajador pueda instalarlo permitiéndonos un avance de obra sin tener que esperar al especialista.

El caso muestra la eficiencia y rapidez del encofrado y desencofrado según el cronograma de vaciados, del cual se tienen 4 departamentos diarios vaciados que en comparación con el sistema metálico se hubiese requerido

mayor tiempo de desencofrado debido al peso de los paneles en losas y muros, de los cuales solo se hubiesen podido vaciar 3 departamentos diarios.

Comparación de los sistemas de encofrados desde el análisis de calidad

La calidad del encofrado desde el enfoque de número de usos de los paneles demostró que para cada sistema son diferentes, es decir, a mayor uso mayor desplome y desniveles de muros y losas.

Con lo cual el sistema de encofrado metálico presenta 53 por ciento de usos menos, asegurando desde el punto de vista constructivo la calidad de las estructuras. Sin embargo, el sistema Forsa especifica que la cantidad de usos no afecta el acabado de las estructuras, no obstante, el caso demuestra que por la rapidez del desencofrado y fraguado del concreto, los desplomes y desniveles aumentan, pero se reducen en un 90 por ciento en correcciones entre unión de paneles sobre vaciados independientes.

CONCLUSIONES

1. En el proyecto de estudio, se demostró la eficiencia del sistema de encofrado de aluminio con resultados: en costo, un 6 por ciento de ahorro, en tiempo se adelantó la entrega de la obra gris con un 12 por ciento en el cronograma de vaciados y en calidad, a pesar de los desplomes de muros y losas no tuvo mayor incidencia el costo de reparaciones.
2. Los encofrados metálicos son 30 por ciento más costosos que los encofrados de aluminio, esto debido a que los encofrados de aluminio son modulados, lo cual permite el alquiler de los paneles exactos para cada módulo de vivienda.
3. El rendimiento en los encofrados de aluminio presenta un 29 por ciento más que los encofrados metálicos, debido a la facilidad y exactitud en la colocación de los paneles.
4. El sistema de encofrado metálico presenta una mayor calidad en cuanto a desplomes y desniveles de losa, en comparación al de aluminio debido a que presenta un 53 por ciento de usos por encima del sistema de metálico, esto asegura que no se reutilice los paneles dañados por mal uso.

5. Finalmente, se concluye que en la comparación el sistema de encofrado de aluminio presenta mayor eficiencia con respecto al sistema de encofrado metálico, desde el análisis de costo con un 30 por ciento menos y tiempo con rendimiento mayor de 29 por ciento, pero exceptuando el análisis de calidad debido a que para un mayor uso de encofrados se obtiene mayores desplomes y desniveles.

RECOMENDACIONES

1. Optar por el sistema de encofrado de aluminio, ya que sus componentes son los más adecuados para su manipulación y posee la durabilidad y rentabilidad que exigen los proyectos de interés social.
2. Promover que la mano de obra tenga una mayor formación en cuanto a encofrado y desencofrado por parte de las empresas comercializadoras del encofrado de aluminio, esto aseguraría la calidad del mismo.
3. En general, seleccionar una empresa que brinda asistencia técnica y servicios integrales de encofrados a las constructoras en este caso recomendamos la empresa Servicen SAC, que es la distribuidora de los encofrados FORSA en Perú, y es la misma que ha desarrollado a profundidad el diseño de los paneles en aluminio sobre los otros proveedores.

FUENTES DE INFORMACION

Bibliográficas:

1. **Dinescu, R. (1970)**. “Los Encofrados Deslizantes, Técnica y Utilización”.
2. **RNE, (2006)**. Reglamento Nacional de Edificaciones, E.060. Concreto Armado, Capitulo 6. Encofrados y Elementos Embebidos y Juntas.

Hemerográficas:

1. **Ayala, E. (2010)**. “Clasificación, Utilización e Importancia del Encofrado como Elemento Provisional en el Área de la Construcción” (Tesis de Grado). Facultad de Ingeniería de Ciencias, Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil, Ecuador.
2. **CAPECO, (1979)**. Cámara Peruana de la Construcción, Construcción de Estructuras, Manual de Obra.
3. **Co & V, (2011)**. Suplementos y Procesos: Encofrados y Andamios.
4. **García, A. (2007)**. “Diseño y Prueba de Formaletas de Acero para Paredes y Columnas a partir del vaciado de Concreto en la Construcción de Obras Civiles” (Tesis de Grado). Facultad de Ingeniería Mecánica, Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira.
5. **Malca, L. (2011)**. “Estudios para la Construcción de un Proyecto de Edificación de Viviendas” (Tesis de Grado). Facultad de Ciencias e Ingeniería. Pontificia Universidad Católica del Perú, Perú.

6. **Núñez, D. y Salinas, J. (2013).** “Propuesta de mejora en el proceso de encofrado para disminuir los trabajos de rectificación de muros y losas en departamentos de viviendas masivas de la empresa BESCO” (Tesis de Grado) Facultad de Ingeniería Civil. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Perú.
7. **Oribe, Y. (2014).** ”Análisis de costos y eficiencia del empleo de encofrados metálicos y convencionales en la construcción de edificios en la Ciudad de Lima” (Tesis de Grado). Escuela Profesional de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad Privada Antenor Orrego, Perú.
8. **Rueda, M. (2003).** “Cálculo del Encofrado de Elementos Estructurales de Concreto Armado en la Industria de la Construcción” (Tesis de Grado). Facultad de Ingeniería Civil, Uruguay.
9. **Urbana Perú SAC. (2013)** Oficina Técnica de la Obra Condominio Ciudad Verde.

Electrónicas:

1. <http://www.urbanaperu.com.pe>
2. <http://www.ulma.com/>
3. <http://servicen.com.pe/index.php?mod=index>
4. <http://www.forsa.com.co/>

ANEXOS

- 1. Matriz de consistencia**
- 2. Cuestionario**
- 3. Procedimientos**
- 4. Panel Fotográfico**
- 5. Cronograma de Obra**
- 6. Planos**

MATRIZ DE CONSISTENCIA

TÍTULO: Análisis Comparativo entre el Sistema de Encofrado de Aluminio y Encofrado Metálico para Viviendas de Interés Social (Caso: Condominio Ciudad Verde – Pte. Piedra – Lima)

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES		ESCALA DE MEDICIÓN	DISEÑO METODOLÓGICO
			VARIABLES	INDICADORES		
<p>Problema Genral ¿Cuál es la eficiencia entre el sistema de encofrado de aluminio y encofrado metálico para viviendas de interés social (Caso: condominio ciudad verde – Pte. Piedra – Lima)?</p>	<p>Objetivo General Comparar la eficiencia entre el sistema de encofrado de aluminio y encofrado metálico para viviendas de interés social. (Caso: condominio ciudad verde – Pte. Piedra – Lima), para elegir el encofrado más eficiente.</p>	<p>Hipótesis General El sistema de encofrado de aluminio es mas eficiente que el encofrado metálico para viviendas de interés social. (Caso: condominio ciudad verde – Pte. Piedra – Lima),</p>	Tipo de sistema de encofrado	Costo Tiempo Calidad	Nominal	<p>1. Tipo de Investigación Cuantitativo, Se van a comparar los dos sistemas mediante cuadros y gráficos. Comparativo, Se basa en resultados obtenidos, se realiza un comparacion tecnica y economica. Según su clasificacion: Retrospectivo: la informacion es captada del pasado y analizada en el presente.</p> <p>2. Nivel de Investigación Será un investigación descriptiva inicialmente, de acuerdo a la finalidad de la misma y explicativa a posteriori.</p> <p>3. Método Con la información obtenida de los datos que se realizó en campo, se realiza el análisis de costos, rendimientos, tiempos y calidad resultante.</p> <p>4. Diseño de la Investigación No Experimental, Se basa en la obtención de la información sin manipular los valores de las variables. Transversal, los datos son tomados en un momento dado. Descriptivo, porque esta orientada al conocimiento de la realidad que describen los hechos como son observados.</p> <p>5. Instrumentos de Recolección de Datos. Los datos obtenidos mediante la aplicación de las técnicas e instrumentos antes mencionados; serán incorporados a programas computarizados, tales como los aplicativos de MS Office, los promedios o sumas serán presentados como informaciones en forma de figuras, gráficos, cuadros o resúmenes.</p>
<p>Problemas Específicos ¿Cuáles son las diferencias entre el sistema de encofrado de aluminio y encofrado metálico desde el análisis de costo, para viviendas de interés social (caso: condominio ciudad verde – Pte. Piedra – Lima)?</p>	<p>Objetivos Específicos Comparar el sistema de encofrado de aluminio y encofrado metálico desde el análisis de costo, para viviendas de interés social (Caso: condominio ciudad verde – Pte. Piedra – Lima)</p>	<p>Hipótesis Especificas El sistema de encofrado de aluminio es mejor que el encofrado metálico desde el análisis de costo, para viviendas de interés social (Caso: condominio ciudad verde – Pte. Piedra – Lima)</p>	Análisis de Costos	Mano de obra Aquiler y/o compra Material Mantenimiento y limpieza Torre grua	Ordinal	
<p>¿Cuáles son las diferencias entre el sistema de encofrado de aluminio y encofrado metálico desde el análisis de tiempo, para viviendas de interés social. (caso: condominio ciudad verde – Pte. Piedra – Lima)?</p>	<p>Comparar el sistema de encofrado de aluminio y encofrado metálico desde el análisis de tiempo, para viviendas de interés social (Caso: condominio ciudad verde – Pte. Piedra – Lima)</p>	<p>El sistema de encofrado de aluminio es mejor que el encofrado metálico desde el análisis de tiempo, para viviendas de interés social (Caso: condominio ciudad verde – Pte. Piedra – Lima)</p>	Análisis de Tiempo	Rendimiento Transporte de paneles Armado de encofrados	Ordinal	
<p>¿Cuáles son las diferencias entre el sistema de encofrado de aluminio y encofrado metálico desde el análisis de calidad, para viviendas de interés social. (caso: condominio ciudad verde – Pte. Piedra – Lima)?</p>	<p>Comparar el sistema de encofrado de aluminio y encofrado metálico desde el análisis de calidad, para viviendas de interés social (Caso: condominio ciudad verde – Pte. Piedra – Lima)</p>	<p>El sistema de encofrado de aluminio es mejor que el encofrado metálico desde el análisis de calidad, para viviendas de interés social (Caso: condominio ciudad verde – Pte. Piedra – Lima)</p>	Análisis de Calidad	Desplome de muros Desnivel de losas Cantidad de usos Entregables	Ordinal	

Autores: Jorge Castañeda O. - Jhon Lopez P.

CUESTIONARIO PARA INVESTIGACION DE SISTEMAS DE ENCOFRADOS

Nombre:
Cargo:
Empresa:
Fecha:

CUESTIONARIO

ANÁLISIS DEL COSTO

- 1.- ¿El costo de alquiler x m2 del encofrado metálico es mayor que el de aluminio?
Si (X) No ()
- 2.- ¿El costo de compra x m2 del encofrado metálico es mayor que el de aluminio?
Si (X) No ()
- 3.- ¿La cantidad de HH x m2 del encofrado metálico es mayor que el de aluminio?
Si (X) No ()
- 4.- ¿El costo de materiales x m2 del encofrado metálico es mayor que el de aluminio?
Si (X) No ()
- 5.- ¿El costo de mantenimiento y limpieza x m2 del encofrado metálico es mayor que el de aluminio?
Si (X) No ()
- 6.- ¿El costo de HM de grua torre por transporte del encofrado metálico es mayor que el de aluminio?
Si (X) No ()

ANÁLISIS DEL TIEMPO

- 7.- ¿El Rendimiento del encofrado de Aluminio es mayor que el Metálico?
Si (X) No ()
- 8.- ¿El transporte de los paneles de encofrado de Aluminio es mayor que el de Metálico?
Si (X) No ()

ANÁLISIS DE CALIDAD

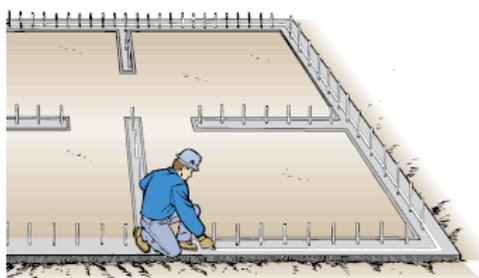
- 9.- Se presenta mayores desplomes de muros en el encofrado Metálico que el de Aluminio?
Si () No (X)
- 10.- Se presenta mayores desniveles de losas en el encofrado Metálico que el de Aluminio?
Si () No (X)
- 11.- Se tiene mayor cantidad de usos de los paneles en el encofrado Metálico que el de Aluminio?
Si () No (X)

PROCESO CONSTRUCTIVO ENCOFRADO DE ALUMINIO

Para el proceso constructivo se deberá tener en cuenta previamente ya los trazos, niveles y acabado de la losa de cimentación para facilitar el montaje de las formaletas para los muros. Así también tener en cuenta todas las herramientas y/o equipos a utilizar.

Colocación de la malla

La primera operación en el encofrado de muro es realizar el replanteo trazando con tiza sobre la losa de cimentación la ubicación exacta de los muros con el espesor correspondiente, verificando que los pelos de amarre estén lo más centrados posible dentro del espesor del muro.



Espesor de los muros: se deben trazar 4 líneas, las dos internas establecen el ancho del muro y las dos externas corresponden al espesor de la formaleta que tiene 55 mm.

Continúe amarrando con alambre las varillas salientes de la losa con las mallas electrosoldadas de los muros, y si es necesario se instalan las varillas de refuerzo en muros.



Al colocar la malla tenga cuidado con las esquinas para que queden instaladas en ángulo recto y no se genere una curva. Revisar que la malla esté a plomo. Las corbatas en el sistema FORSA inician a los 15 cm y luego van cada 30 cm, por lo tanto cerciórese que no coincidan con los pelos de la malla.

Pineado

Sobre las dos líneas interiores marcadas, perforar con un taladro cada 60 cm e introducir una varilla de 3/8". FORSA ofrece los separadores plásticos que agilizan el montaje.

La función de la varilla y/o separadores plásticos es servir de tope a la formaleta, para mantener el ancho del muro y servir de guía para que las formaletas FORSA queden bien alineadas.



Instalaciones Eléctricas y Sanitarias

Una vez montado la malla electrosoldada, instale separadores para evitar que la malla se pegue al muro. Luego sujete muy bien las cajas eléctricas y conductos eléctricos, sanitarios y de gas. Las cajas eléctricas se rellenan con papel mojado para evitar la filtración del concreto.



Después de instaladas la malla de refuerzo, cajas eléctricas y tuberías, haga una revisión general y un buen aseo antes de iniciar el montaje de las formaletas FORSA.

Montaje de muros

El sistema de Formaletas FORSA para muro es tan práctico y modular que el montaje se puede realizar de dos maneras:

- Montar la formaleta interior de muro y luego montar la formaleta exterior de muro.
- Montar simultáneamente las formaletas del muro interior y las formaletas del muro exterior. Esta secuencia de montaje es la recomendada por FORSA por ser más ágil, rápida y segura.

Antes de iniciar el montaje verifique que las formaletas tengan bien aplicado el desmoldante y las corbatas estén debidamente forradas.

Secuencia de instalación

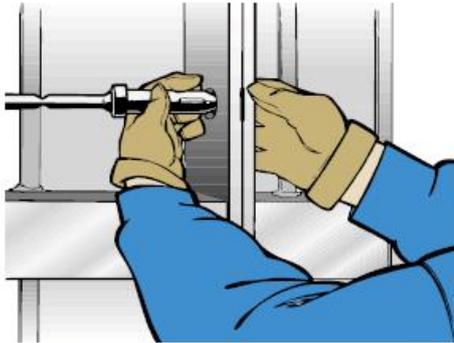
1. Comience la instalación en las esquinas de la edificación ubicándolas sobre los trazos o replanteo de la vivienda.

Fije al esquinero de muro una formaleta a cada lado forman do escuadra, para dar estabilidad.

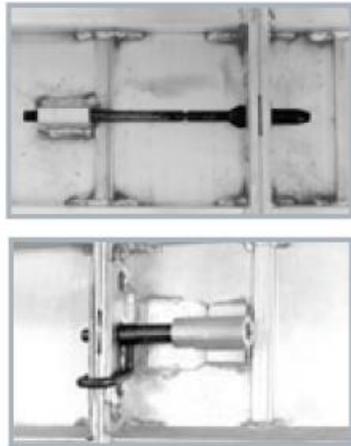


2. Para unir una formaleta a la otra desplace e inserte el pasador flecha o el pasador candado de

FORSA, a través de las perforaciones de las formaletas.



La corbata actúa como un separador permitiendo obtener un muro de espesor homogéneo y además soporta la presión del vaciado.



Finalmente fije las formaletas insertando la cuña a través de la ranura del pin flecha y en el caso del grapa candado ajustarlo con la grapa.



3. Coloque la corbata con la funda instalada, insertándola en el extremo de los pasadores, amarrando así la formaleta interior con la formaleta exterior.



4. Una vez asegurada la esquina, continúe ensamblando simultáneamente las formaletas exteriores de muro y las del muro interior repitiendo los pasos 1, 2 y 3 hasta completar la vivienda.



A medida que se unen las formaletas entre sí, verificar que estén alineadas en la línea

demarcada. Si requiere empujarlas utilice la herramienta especial.



Nunca deje de instalar una corbata o un pasador, esto genera sobreesfuerzos y daños en la formaleta.

Instalación de Caps

Fije los “caps” o bordes de losa a la formaleta del muro exterior con el pin grapa. Los caps son complementos superiores de muro en fachadas y exteriores.

Asegúrese de instalar los accesorios, como corbatas, pasadores y cuñas entre caps, así como de instalar todos los pin grapas que aseguran los caps a las formaletas de muro.



Una vez instalados los caps en todo el contorno del muro, proceda a instalar los alineadores de caps,

asegurándose que queden a plomo los caps con la formaleta de muro.

Marco de Puertas y Ventanas

Con el sistema de formaletas FORSA los marcos de puertas y ventanas quedan muy bien definidos, y completamente sellados con nuestro tapamuro que se une a la formaleta con pasadores.



Para garantizar que las puertas y ventanas mantengan la medida requerida, se coloca el tensor.

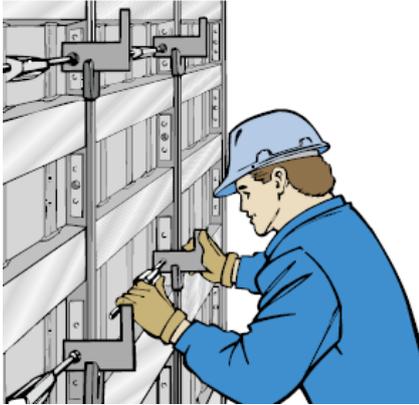
En las ventanas se debe colocar a 1/3 en la parte superior del vano y en las puertas cuando haya dintel se coloca en la parte inferior del vano. En caso de que el vano llegue hasta la losa, se debe colocar un tensor en la parte superior y el otro en la inferior.



Alineación Horizontal

Para mejorar el alineamiento de los muros, se colocan el porta-alineador y el ángulo alineador al

exterior e interior de la formaleta. No sirve como atraque, su función es ayudar al alineamiento.



Inserte cada porta-alineador en las perforaciones de la formaleta formando dos hileras a lo largo del encofrado: una hilera abajo para alinear las formaletas en la base y otra arriba para alinearlas en la parte superior.



Coloque el alineador de acero sobre los porta-alineadores. Este alineador es un ángulo de acero de $2\ 1/2 \times 2\ 1/2 \times 1/4$.

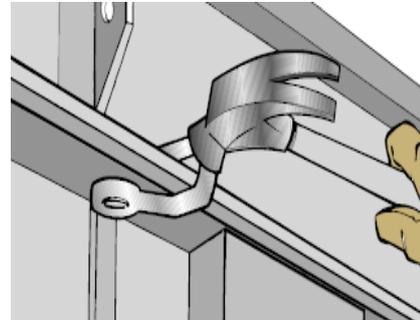
Para un excelente aplome de los muros, se recomienda utilizar los tensores de muro especialmente diseñados para que se acoplen a la formaleta.

Montaje de Losa

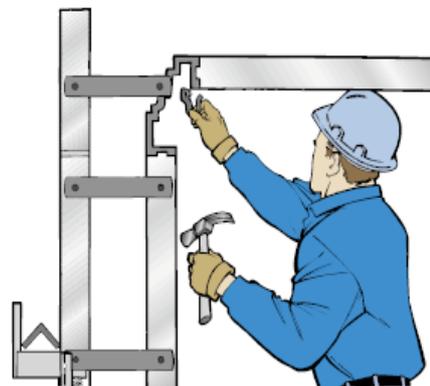
Una vez terminado el ensamble de los paneles de los muros, se coloca el Sistema de losas FORSA. Para ello existe la unión muro - losa, que

consiste en un perfil conector con dos formas: ángulo recto o perfil con cornisa.

1. Coloque el esquinero de losa y asegúrelo a la formaleta de muro por medio del pin-grapa.



2. De acuerdo con la modulación del plano, coloque las formaletas de losa y asegúrelas a la unión muro-losa con el pin-grapa.

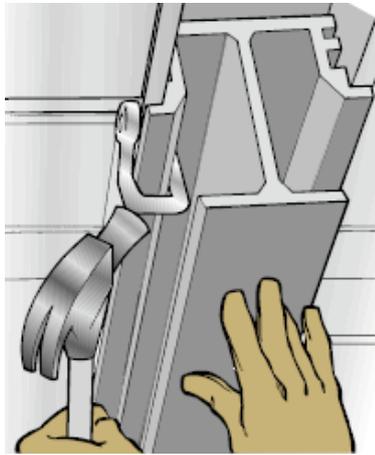


3. Continúe uniendo las formaletas de losa entre sí, utilizando el pasador corto y asegurándolas con la cuña.



4. El Sistema FORSA cuenta con varias opciones para el apuntalamiento de las losas.

- *Viga en I o Viga en U con su puntal nivelador respectivo*



Coloque las vigas (I o U) donde la modulación del plano lo indique y asegúrelas a la formaleta de losa con el pin-grapa. Ubique el puntal nivelador donde la modulación del plano lo indique.



- *Apuntalamiento con losa puntal*

Proceda de igual forma, instalando las losas puntales, donde el plano de modulación lo indique, y asegúrelas a la formaleta de losa

con pin grapa y posteriormente instale en cada guía los parales o gatos.



5. Ubique las bases para gato con sus respectivos para les, de acuerdo con el plano de modulación y/o la indicación dada por el técnico.



Los sistemas de apuntalamiento Forsa, facilitan el desencofre, garantizando que la losa siempre quede apuntalada y permitiendo la reutilización de las formaletas al otro día.

Terminada la instalación de la losa, proceda a la instalación de las mallas inferiores de refuerzo de la losa y toda la tubería y accesorios hidráulicos y sanitarios correspondientes a la losa. Posteriormente instalar las mallas de refuerzo superior para que las tuberías queden en el medio de las dos mallas, evitando así fisuras. Revise la posición de los separadores de la malla, así como los amarres y traslapos de la misma.



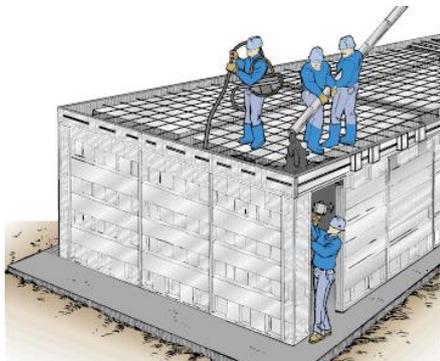
Revisión Final

Antes de cada vaciado, el personal de supervisión debe revisar todo el montaje, verificar que los muros queden bien plomados, nivelados y alineados.

Asegurarse de la correcta y total instalación de los accesorios.

Vaciado de Concreto

Empiece el vaciado en una esquina del muro de la formaleta, permitiendo que el concreto corra.



El vaciado del concreto premezclado se puede realizar con grúa, bomba o con baldes, teniendo en cuenta las ventajas o desventajas en cada proyecto: tiempo, costo, productividad, calidad, etc.



Inicie el vibrado una vez el concreto empiece a estabilizarse, utilizando un vibrador de aguja de 35 mm para extraer el aire del concreto.



Inicie el “chapulineo” simultáneamente con el vaciado del concreto. Este consiste en golpear exteriormente las formaletas con un

martillo o mazo de caucho para que el agregado del concreto sea desplazado hacia el centro y así obtener una superficie de muy buen acabado.



Inmediatamente después de vaciado el concreto, lave con agua a presión el dorso de las formaletas, evitando que el concreto se pegue. Si no tiene agua en la obra, asegúrese de haber aplicado suficiente ACPM (Diésel) en el dorso para evitar que el concreto se adhiera a la formaleta.

Desmontaje

Formaletas de muro

Al día siguiente, después de verificar que el concreto haya fraguado lo suficiente (mínimo 10 horas), se inicia el desencofrado de las formaletas de muro, en la mitad de una pared interior y en una esquina de los muros exteriores.

1. Retire los alineadores y los porta-alineadores.
2. Retire las cuñas y pasadores y desplace hacia la izquierda los pasadores-flecha que van fijos a la formaleta.



3. Inicie el desencofre de las formaletas en la mitad de una pared, retirando de una en una, utilizando la herramienta correspondiente. Asegúrese de que los paneles se halen hacia atrás de forma uniforme para garantizar la calidad en el acabado del concreto.



4. Extraiga las corbatas utilizando el sacacorbatas, herramienta especialmente diseñada para esta función.

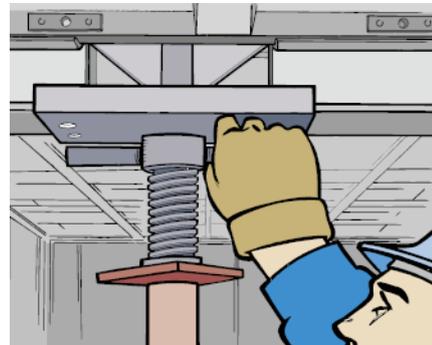


Formaletas de losas

El sistema de apuntalamiento FORSA, facilita el desencofre de la losa, agiliza el proceso y permite su uso al otro día de la fundición. Inicie el desencofre de las formaletas de losa por un extremo de la vivienda.

1. Retire las cuñas y los pin-grapa y desencofre una por una las formaletas de losa.

2. Para desencofrar los perfiles en I o U, baje la chapola del puntal nivelador sin mover el gato.



El Sistema de Formaletas FORSA permite dejar apuntalada la losa por medio del puntal nivelador, garantizando el apuntalamiento de

la losa y la reutilización inmediata del 100% de la formaleta de losa.

Si se utilizó el sistema de losa puntal, igualmente primero se retiran las cuñas, los pin-grapa, y los pasadores desencofrando una por una las formaletas de losa, dejando instalada solamente la losa puntal con sus respectivos paralelos o gatos.



Antes de iniciar el siguiente armado asegúrese de retirar los residuos de concreto a cada formaleta con una espátula o con la viruta de acero.



Los pines, cuñas, corbatas y porta-alineadores, deben guardarse en los respectivos baldes para evitar que queden botados en el suelo. Las corbatas se deben limpiar antes de volver a instalarles la funda.

Adición de más Pisos

Como usted lo está comprobando, el Sistema FORSA es realmente sencillo, versátil y ágil. Ahora que ya tiene la destreza, siga el mismo proceso para los siguientes pisos y verifique cómo, cada vez, se hace más fácil.

Cuando el proyecto es de más de un piso es necesario verificar que la losa quede muy bien nivelada para lograr una buena verticalidad entre piso y piso.



- Siga el mismo método de los muros del primer piso, y proceda a ubicar en el segundo piso las formaletas desmontadas.

- Para las construcciones de dos o más pisos, se instalan los andamios perimetrales en el perímetro de la vivienda.

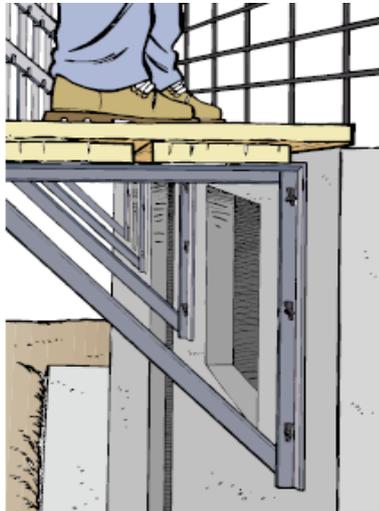


Instalación de Andamios

Los andamios sirven para alinear la cara exterior de la formaleta y para el desplazamiento del personal.

Se deben dejar sin retirar por cada andamio las dos corbatas

superiores del muro del primer piso, para enganchar en ellas los andamios que se fijan al muro con las cuñas en ángulo por la cara interna evitando que las corbatas se salgan.



Cerciórese de colocar las líneas de vida y las plataformas para tránsito del personal debidamente aseguradas a los andamios.

PROCESO CONSTRUCTIVO ENCOFRADO METÁLICO

Lo mismo que se consideró para el encofrado de aluminio, se debe tenerse especial cuidado con el trazo, nivelado y acabado de la losa para facilitar el correcto armado de los módulos.

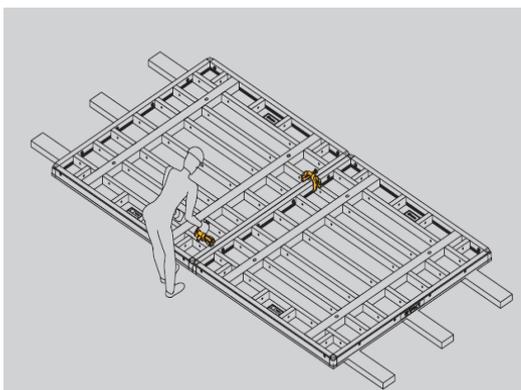
El proceso de trabajo que se detalla a continuación puede variar en función de la geometría requerida. Las maniobras en altura deben realizarse de forma segura desde plataformas de trabajo o medios auxiliares reglamentarios que garanticen la seguridad del operario.

Sistema Muro ORMA

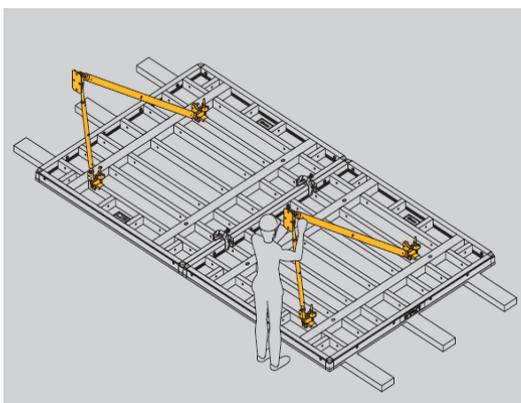
Unión de paneles

1. Apoyar los Paneles de encofrado sobre unos durmientes con el bastidor metálico hacia arriba.

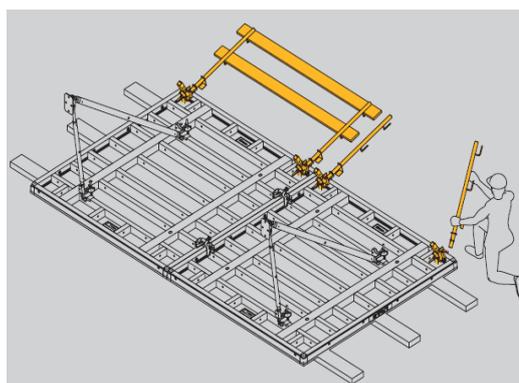
Unir los Paneles con dos Grapas Regulables en la junta vertical.



2. Montar el conjunto estabilizador con Tensores, Cabezales y Bases Estabilizadores.

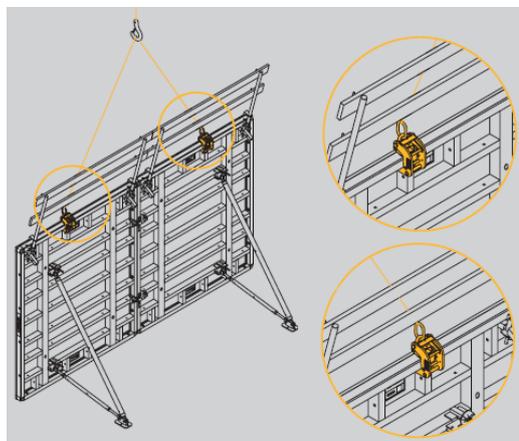


3. Instalar las Barandillas sobre los Paneles mediante el Cabezal Frontal Barandilla, Pie de Barandilla y los tablonos o tubos.

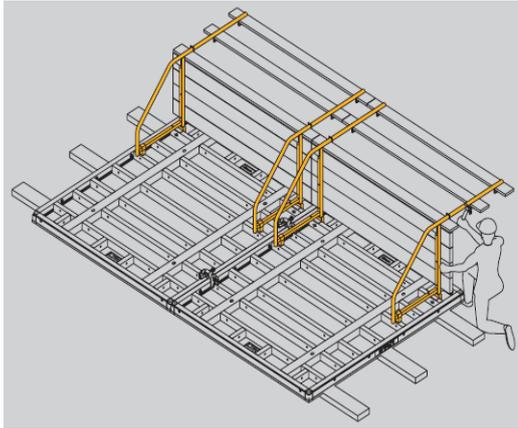


4. Colocar los Ganchos de Izado.

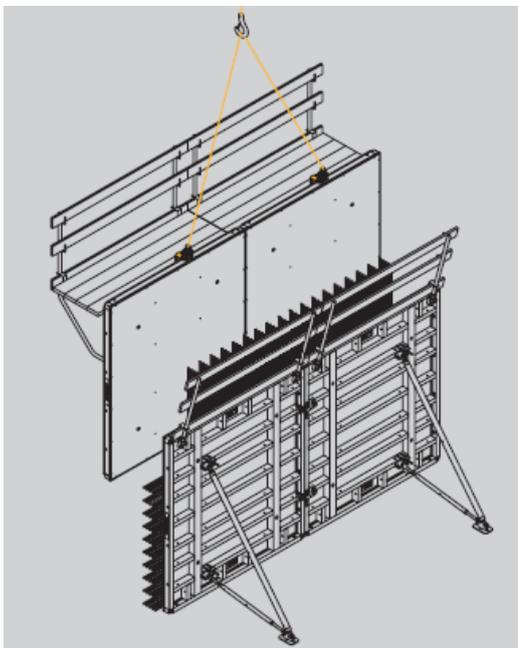
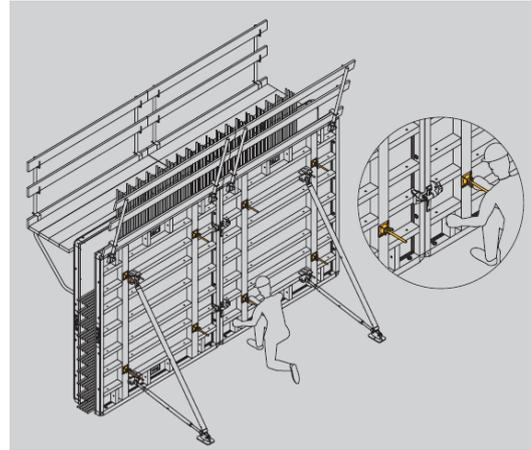
- Elevarlo hasta la posición definitiva.
- Anclar el conjunto



5. Repetir el proceso de montaje con el conjunto de paneles de la cara opuesta. La Plataforma se crea con la Ménsula de Trabajo y la Barandilla con sus tablonos.



6. Elevar el conjunto mediante Ganchos de Izado y posicionarlo enfrente al módulo del estabilizador.



7. Colocar las Barras Roscadas y fijarlas mediante Tuercas Placa Campana.

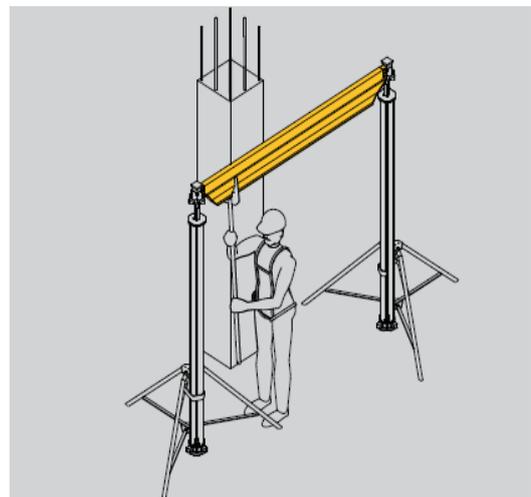
Instalar las Barandillas laterales.

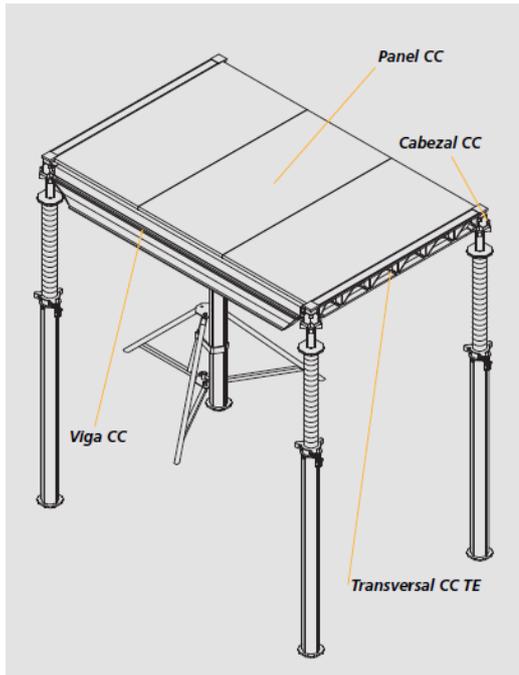
El encofrado está listo para proceder al hormigonado, previa colocación de los tapes de muro.

Sistema Losa CC-4 Panel

1. Montar los cabezales CC en los puntales.

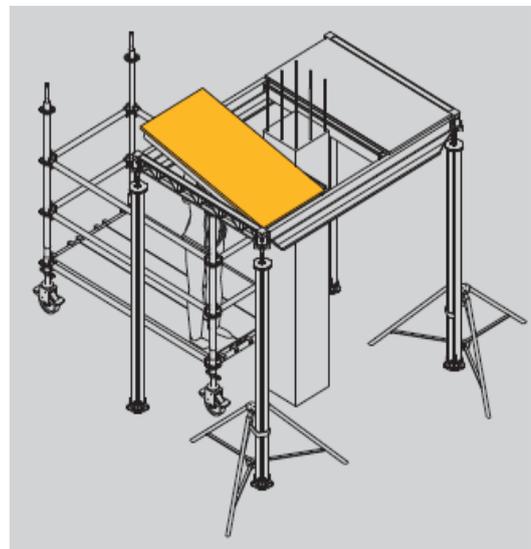
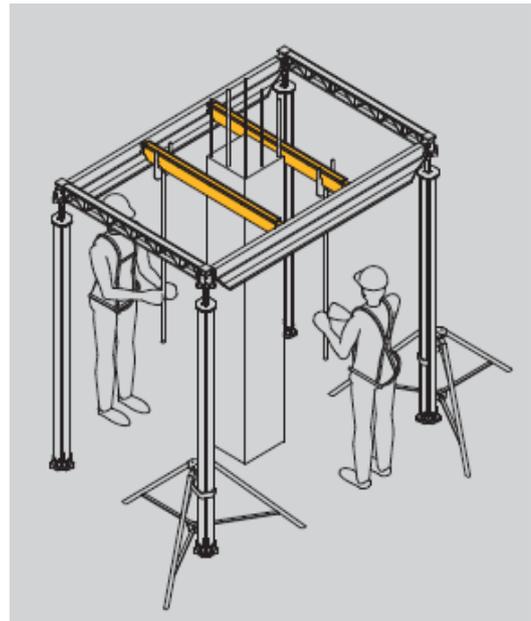
Alrededor de un pilar, según el replanteo, estabilizar los puntales con un trípode y colgar una viga CC de los cabezales.





2. Colocar dos puntales con Cabezales CC y montar los Transversales CC TE.

Cerrar la retícula con una Viga CC y posicionarla respecto al pilar según el replanteo.

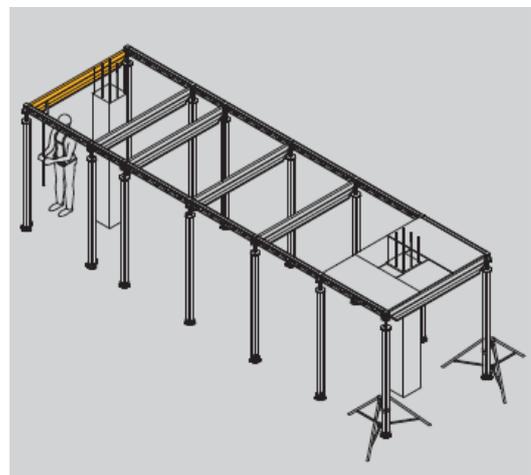


4. Montar la retícula en sentido transversal y nivelarla.



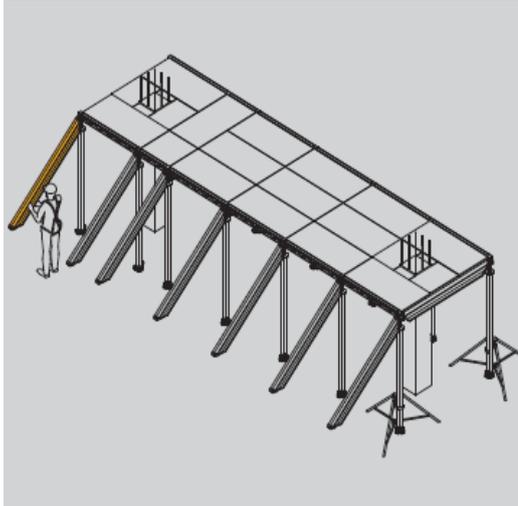
3. Colocar los transversales CC TR y los Paneles CC para realizar el remate del pilar (columna).

Rematar el pilar con tableros de 21 mm.



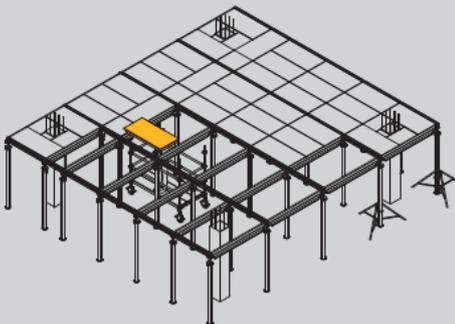
5. Montar Paneles CC y realizar los remates de los pilares.

Colgar Vigas CC para seguir el montaje en sentido longitudinal. Nivelar.



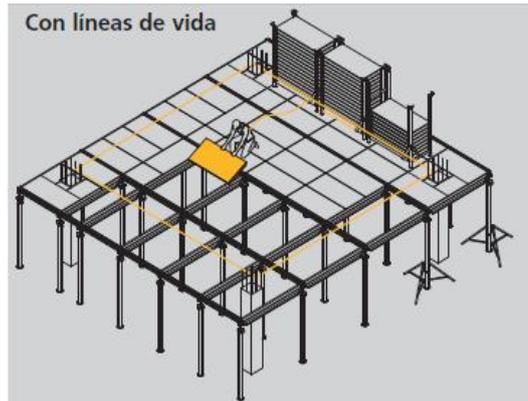
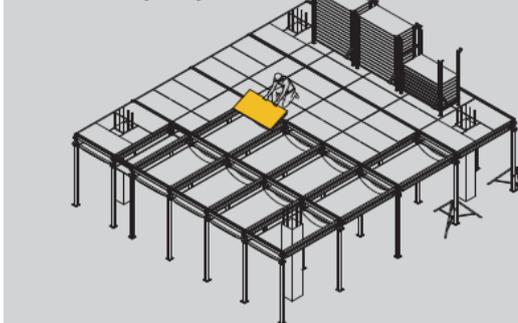
6. Montar retículas y Paneles CC.

Desde torres móviles



▶ El diseño de las vigas y los paneles está pensado para que sea posible colocar un gran número de éstos sin necesidad de desplazar la torre móvil.

Con redes bajo forjado



▶ Permite colocar varios paneles desde un punto fijo de la planchada, gracias a que éstos se deslizan sobre las vigas hasta hacer tope contra los transversales.

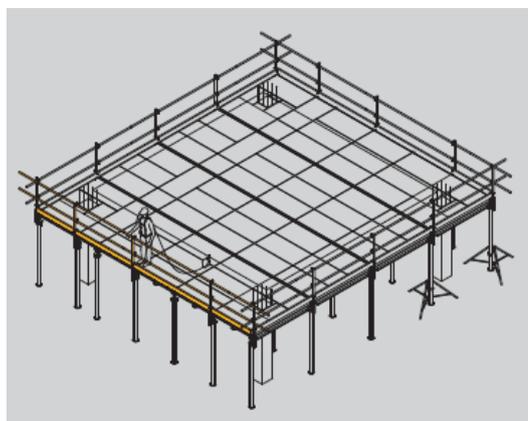


Gancho sencillo red

▶ Detalle colocación de la red al Cabezal CC

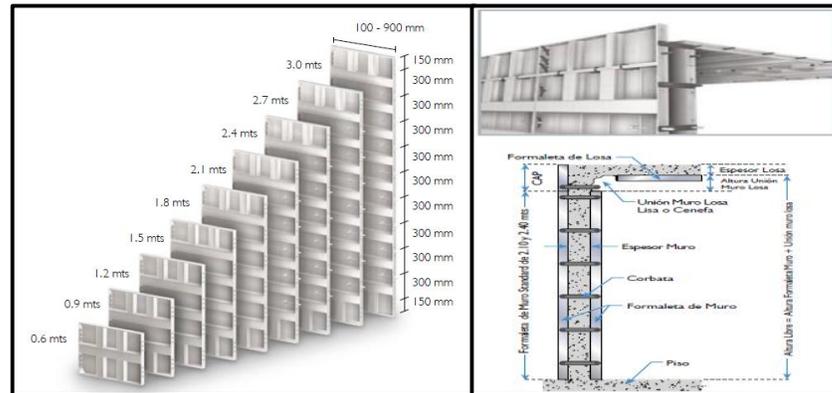
7. Finalizar el montaje de los Paneles CC y los remates de los pilares.

Colocar las barandillas de seguridad y los rodapiés, permaneciendo atado con el arnés a una línea de vida en todo momento.

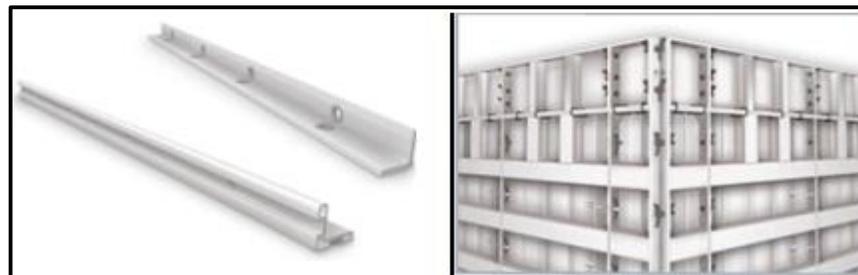


COMPONENTES DE SISTEMA MURO DE ALUMINIO

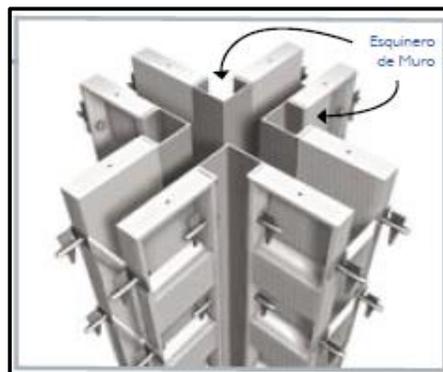
Formaleta CAP: Sirve de complemento a la formaleta estándar para completar la altura total del muro exterior abarcando el espesor de la losa. La ventaja de utilizar este tipo de configuración radica en la utilización de la formaleta estándar, la cual podrá ser adaptada más fácilmente a proyectos futuros.



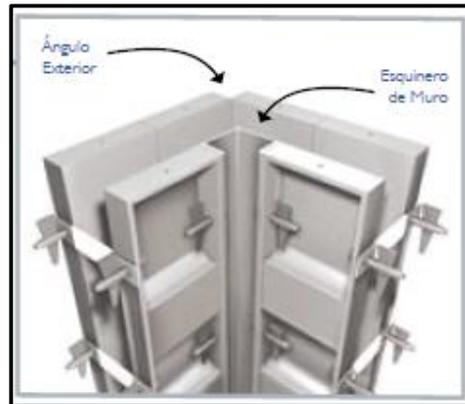
Angulo Exterior: Perfil de aluminio, utilizado para conformar las esquinas exteriores a 90 grados, con las formaletas de muros.



Esquina en cruz: El ensamble en cruz es formado por cuatro esquineros de muro. Es acoplado con pasadores y cuñas como todo el resto de paneles.



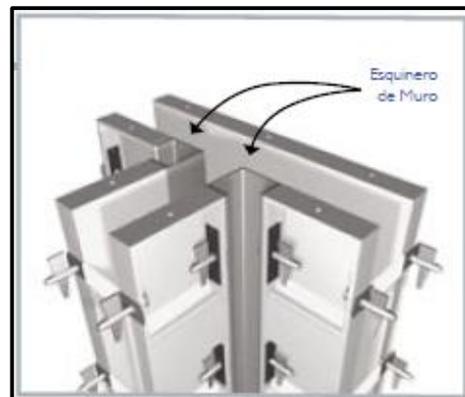
Esquina en L: El ensamble o esquina en “L” está conformado por cuatro piezas: • Un esquinero de muro. • Un ángulo exterior. • Dos formaletas de ancho igual al espesor del muro, más el esquinero de muro. Estas piezas son acopladas con pasadores y cuñas.



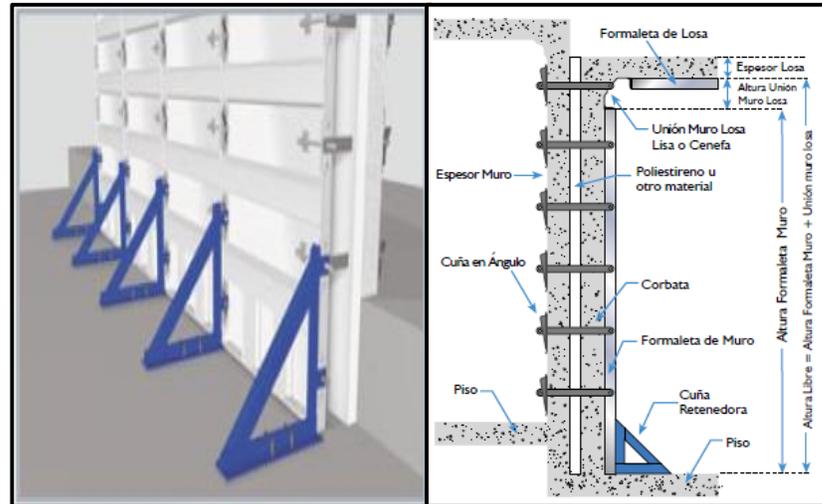
Esquina en T: El ensamble en “T” se forma siempre con tres piezas:

Dos esquineros de muro.

Una formaleta de muro de ancho igual al espesor del muro. Estas piezas son acopladas con pasadores y cuñas.

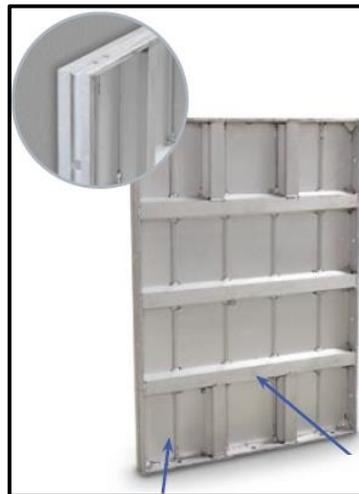


Cuña Retenedora: Accesorio utilizado para el atraque de la formaleta en su parte inferior, cuando hay desniveles, hasta 50 cm. Para desniveles superiores se utiliza el atraque tradicional, con gatos de construcción.



Componentes de Sistema Losa

Las formaletas son fabricadas con perfiles extruidos de aluminio, los cuales se unen machimbrados entre sí. Refuerzos transversales de 7.5 cm, que garantizan un mejor comportamiento a la deformación de los paneles en servicio.

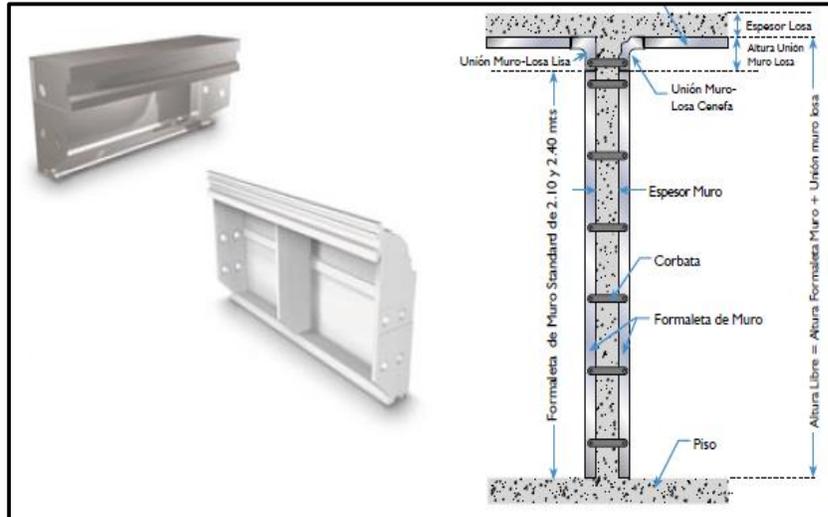


Unión Muro Losa Lisa – Cenefa: Pieza de aluminio, fabricada en perfilería, que tiene como función servir de conector entre la formaleta de muro y la formaleta de losa para conformar el sistema monolítico. Estas piezas están reforzadas en todas sus esquinas haciéndolas muy resistentes a los severos trabajos de desencofrado a que son sometidas.

Deben ser revisadas periódicamente cada 250 usos.

Su diseño en forma de ángulo recto o cenefa ofrece como resultado esquinas muy definidas.

Se pueden fabricar en alturas de: 5 cm - 10 cm - 15 cm - 20 cm - 30 cm

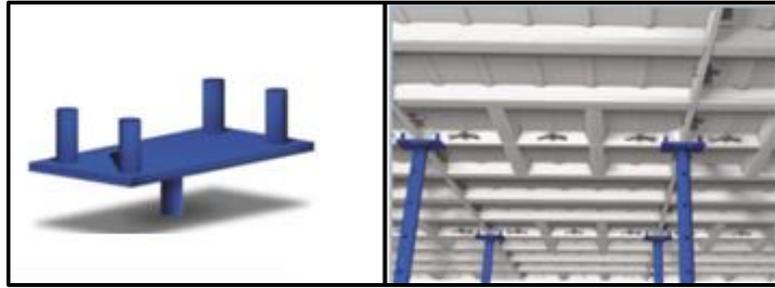


Apuntalamiento de losas:

Losa Puntal: Cierre de losa, que varía entre 10 y 30 cms. de ancho, y en longitudes variables de acuerdo con el diseño. La ubicación de parales o gatos, se efectúa directamente a la losa puntal, posicionados en los pines soldados a la pieza. Para garantizar el alcance de la resistencia de la losa, existen 3 juegos de losa puntal. No se requiere la utilización de puntales ni veladores.



Base para gato: Accesorio que sirve como soporte donde hay unión de cuatro paneles de losa.



Accesorios de sujeción

Pin Flecha: En conjunto con la cuña asegura la sujeción de paneles. Su acabado galvanizado es una barrera protectora que le asegura una mayor duración.



Grapa Candado: Accesorio cuya forma de grapa permite la sujeción entre paneles, sin necesidad de accesorios adicionales; esto disminuye la pérdida de elementos en obra. Su acabado galvanizado es una barrera protectora que le asegura una mayor duración.



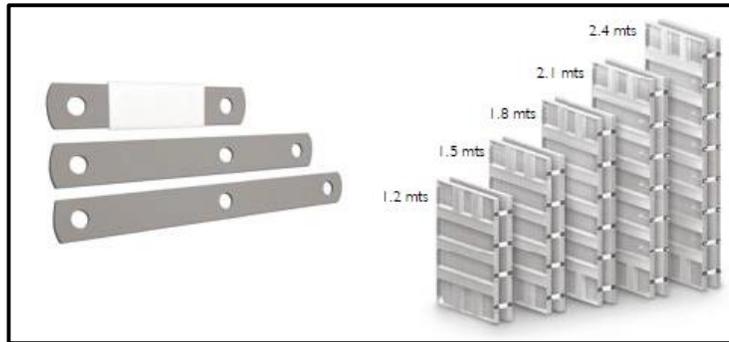
Pasadores: Accesorio que en conjunto con la cuña sirve para la sujeción de paneles de muro entre sí, con angulares, esquineros de muro y tapa muros; así como para la sujeción básica de paneles de losa. Sirve como accesorio complementario en aquellas sujeciones donde haya fillers y perfiles de ajuste.



Cuña: Trabaja en conjunto con los pasadores y pin flecha. Su forma curva permite insertarla fácilmente disminuyendo el riesgo de daño de la formaleta. Por su trabajo exigente, se recomienda su revisión y cambio cada 250 usos. Si su desgaste es excesivo y no ajusta con el pasador, se deben cambiar.



Corbatas: Accesorio de acero al carbono para sujetar y separar las formaletas determinando el espesor del muro. Son instaladas en las uniones de paneles en toda la altura cada 30 cm. Por su trabajo exigente, se recomienda su revisión y cambio cada 250 usos.



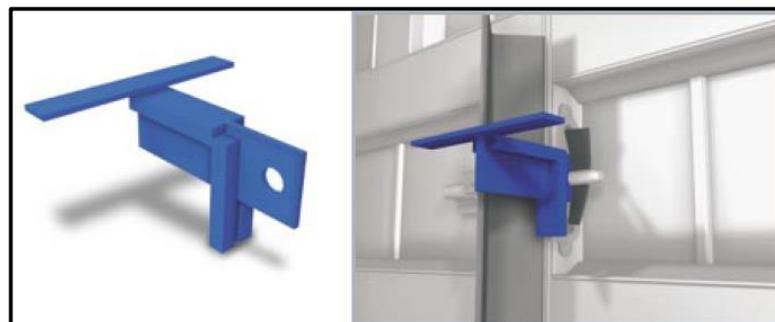
Accesorios de Alineación

Su función es garantizar la verticalidad del Cap. y la seguridad del operario con la cuerda de vida utilizada. Se puede utilizar con complementos para el soporte de pretilas en losas con o sin desnivel.

Portalineador horizontal: Este diseño se utiliza en las formaletas de muro que se sujetan entre sí con pin flecha o pasador y cuña, con ángulos $1/4'' \times 21/2'' \times 21/2''$.



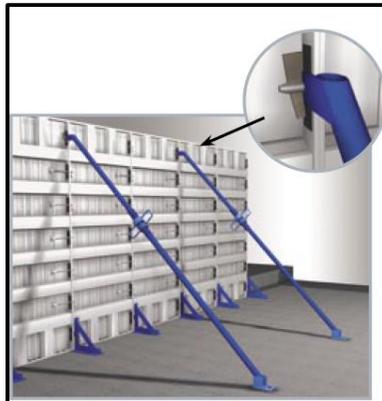
Portalineador vertical: El portalineador vertical se utiliza para efectuar la alineación vertical en fachadas, entre paneles de muro y culatas o frontones que lo requieran por su altura. Se fijan a los paneles de muro con pasador y cuña.



Tensor de Vanos para Puertas y Ventanas: La perfecta dimensión de los vanos de puertas y ventanas se garantiza con la utilización de estos tensores. Para el caso de un vano de puerta donde no haya dintel se instalarán 2 tensores a la altura. Su diseño tuerca - tornillo permite el cierre o apertura entre muros para variaciones hasta 2 cm.



Tensor de Muros: Trabajan para garantizar el plomo de las formaletas de muro. Su diseño de extremo pivotado permite que se acomode al piso para asegurar su posición.



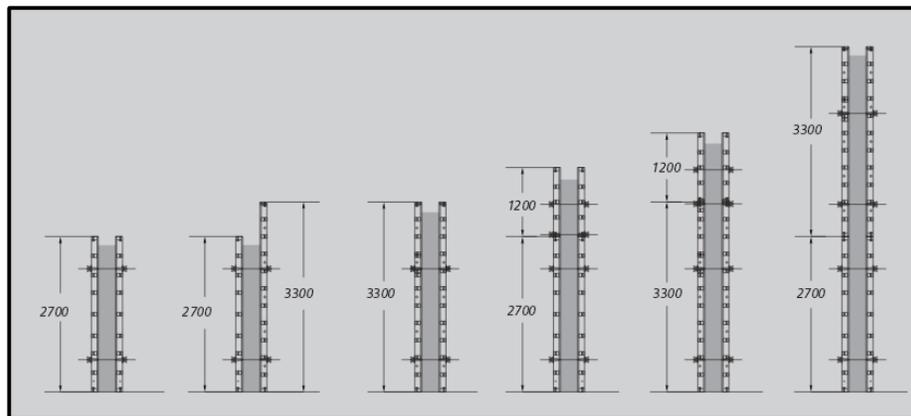
Alineador es para Caps y Pretiles: Su función es garantizar la verticalidad del Cap (formaletas) y la seguridad del operario con la cuerda de vida utilizada. Se puede utilizar con complementos para el soporte de pretiles en losas con o sin desnivel.



COMPONENTES DE SISTEMA MURO EN METÁLICO



Paneles: El Panel Universal dispone de costillas en forma de “U” con orificios, de esta forma su unión con los paneles de muro permite soluciones rápidas para esquinas, cierres de muro, pilares embebidos.



Grapas: unión rápida y sencilla, es el elemento principal de unión de paneles que mediante un golpe permite la formación de conjuntos.

Tiene tres funciones:

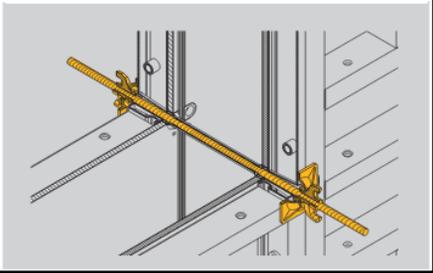
- Unir
- Alinear
- Rigidizar



Rigidizador: Pieza auxiliar destinada al izado de conjuntos, así como elemento alineador en compensaciones. El amarre se realiza mediante dos Clavijas Rigidizador.

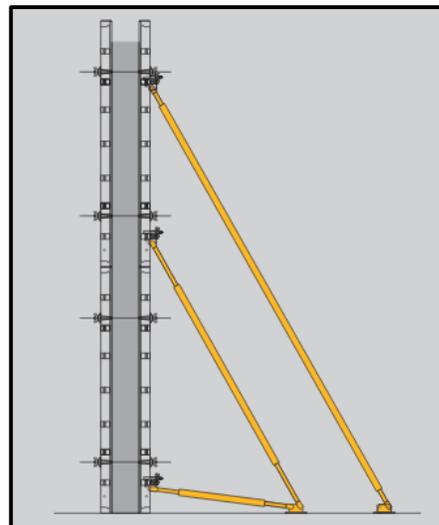


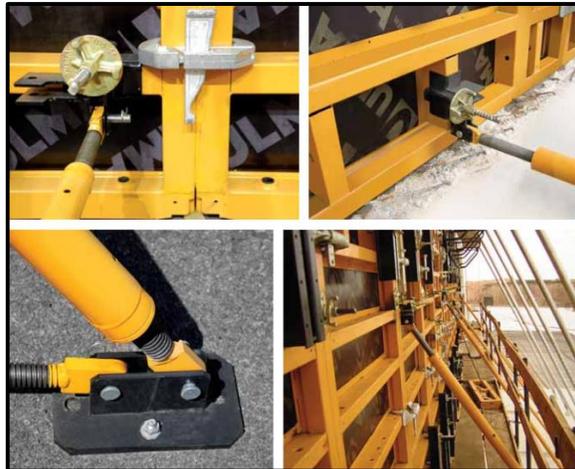
Anclaje: Conjunto formado por Barras Roscadas y tuercas diseñadas especialmente para soportar las presiones de hormigón. Las barras se protegen mediante tubos de plástico insertados entre los paneles enfrentados. Además, guardan la distancia y mantienen el espesor del muro que se va a ejecutar.

DESCRIPCIÓN Ancho de 16 mm		DESCRIPCIÓN Ancho de 20 mm	
Tubo Distanciador 22/25		Tubo Distanciador 32/36	
Cono Terminal 22		Cono Terminal 32	
Barra Roscada 15		Barra Roscada 20	
Tuerca Flaca Campana 15		Tuerca Flaca Campana 20	



Estabilización: Conjunto de elementos empleados en el montaje de paneles para estabilizarlos frente al viento y realizar el aplome del encofrado una vez montado. El sistema permite soportar estas cargas tanto a tracción como a compresión mediante unos husillos.





Componentes del Sistema Losa



Puntal: ligero con gran capacidad de carga.



INFORME FOTOGRAFICO

Fecha de Reporte:

PROYECTO: CIUDAD VERDE
 UBICACION: Av. Panamericana Norte Km 27 - Puente Piedra
 PROPIETARIO: Paz Centenario

FASE: I
 Fecha de Inicio: Noviembre-12
 Fecha de Finalización: DICIEMBRE 2013

Plazo: 14 Meses

VISTA PANORAMICA TORRE "L - M" (18 FEB)



VISTA PANORAMICA TORRE "L - M" (26 FEB)



VISTA PANORAMICA (TORRE L,M) (4-MAR)



VISTA PANORAMICA (TORRE J - K) (13-MAR)



VISTA PANORAMICA (TORRE J - K) (18-MAR)



VISTA PANORAMICA (TORRE J - K) (02-ABR)



VISTA (TORRE J - K) (08-ABR)



DEPARTAMENTOS VACIADOS AL 08-04	184	DPTOS
DEPARTAMENTOS PROGRAMADOS AL 08-04	192	DPTOS
ATRASO	8	DPTOS

VISTA (TORRE J - K) (22-ABR)



DEPARTAMENTOS VACIADOS AL 08-04	224	DPTOS
DEPARTAMENTOS PROGRAMADOS AL 08-04	224	DPTOS
ATRASO	0	DPTOS

VISTA TORRES H - I - J - K (29-ABR)



VISTA TORRES H - I - J - K (06-MAY)



DEPARTAMENTOS VACIADOS AL 06-05	256	DPTOS
DEPARTAMENTOS PROGRAMADOS AL 06-05	256	DPTOS
ATRASO	0	DPTOS

VISTA TORRES H - I (15-MAY)



VISTA TORRES H - I (20-MAY)



DEPARTAMENTOS VACIADOS AL 20-05	312	DPTOS
DEPARTAMENTOS PROGRAMADOS AL 20-05	304	DPTOS
ATRASO	0	DPTOS

VISTA TORRES H - I (25-MAY)



VISTA TORRES H - I (06-JUN)



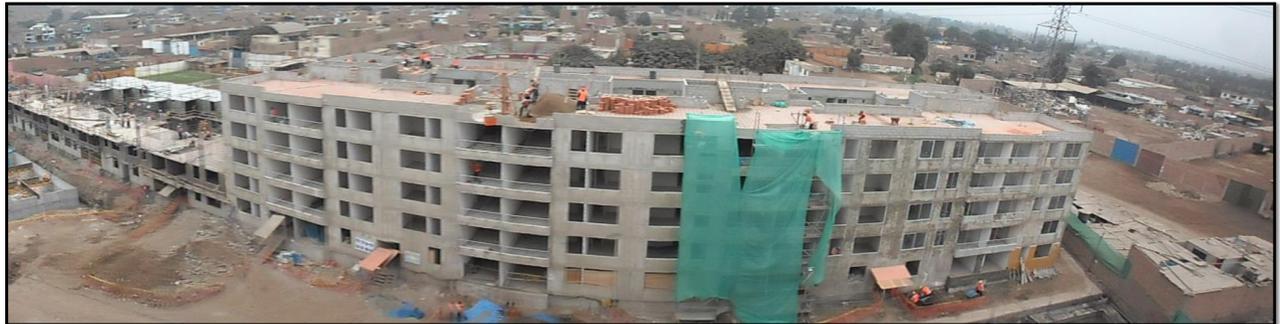
DEPARTAMENTOS VACIADOS AL 06-06	368 DPTOS
DEPARTAMENTOS PROGRAMADOS AL 06-06	352 DPTOS
ADELANTO	16 DPTOS

VISTA TORRES N - O (16-JUN)



DEPARTAMENTOS VACIADOS AL 17-06	384 DPTOS
DEPARTAMENTOS PROGRAMADOS AL 17-06	376 DPTOS
ADELANTO	8 DPTOS

VISTA TORRES L - M - N - O (20-JUN)



VISTA TORRES L - M - N - O (25-JUN)



DEPARTAMENTOS VACIADOS AL 30-06	432 DPTOS
DEPARTAMENTOS PROGRAMADOS AL 30-06	432 DPTOS
ADELANTO	0 DPTOS

VISTA TORRES L - M - N - O (10-JUL)



VISTA TORRES L - M - N - O - P (12-JUL)



VISTA TORRES L - M - N - O - P (15-JUL)



DEPARTAMENTOS VACIADOS AL 15-07	456 DPTOS
DEPARTAMENTOS PROGRAMADOS AL 15-07	452 DPTOS
ADELANTO	4 DPTOS



DEPARTAMENTOS VACIADOS AL 31-07	488	DPTOS
DEPARTAMENTOS PROGRAMADOS AL 31-07	480	DPTOS
ADELANTO	8	DPTOS



OBRA: CIUDAD VERDE - PRIMERA ETAPA							23-ene	24-ene	25-ene	26-ene	27-ene	28-ene	29-ene	30-ene	31-ene	01-feb	02-feb
TREN ESTRUCTURA							MI	JU	VI	SA	DO	LU	MA	MI	JU	VI	SA
PROGR.	%	EJEC.	%	ATRASO	Δ												
Trazar muros	58	100%	58	100%	0	0%	MLP1D1	MLP1D2	MLP1D3			MLP1D4	MLP2D1	MLP2D2	MLP2D3	MLP2D4	
Colocar acero vertical	58	100%	58	100%	0	0%		MLP1D1	MLP1D2			MLP1D3	MLP1D4	MLP2D1	MLP2D2	MLP2D3	
Instalaciones en muros - IISS	56	100%	56	100%	0	0%			MLP1D1			MLP1D2	MLP1D3	MLP1D4	MLP2D1	MLP2D2	
Instalaciones en muros - IIEE	56	100%	56	100%	0	0%			MLP1D1			MLP1D2	MLP1D3	MLP1D4	MLP2D1	MLP2D2	
Encofrado de muros	58	100%	58	100%	0	0%						MLP1D1	MLP1D2	MLP1D3	MLP1D4	MLP2D1	
Encofrado de losa (inc friso)	56	100%	56	100%	0	0%						MLP1D1	MLP1D2	MLP1D3	MLP1D4	MLP2D1	
Acero de losa	56	100%	56	100%	0	0%						MLP1D1	MLP1D2	MLP1D3	MLP1D4	MLP2D1	
Armado de baterías de desagüe e inicio de pruebas	56	100%	56	100%	0	0%						MLP1D1	MLP1D2	MLP1D3	MLP1D4	MLP2D1	
Instalaciones en losa - IISS	56	100%	56	100%	0	0%						MLP1D1	MLP1D2	MLP1D3	MLP1D4	MLP2D1	
Instalaciones en losa - IIEE	56	100%	56	100%	0	0%						MLP1D1	MLP1D2	MLP1D3	MLP1D4	MLP2D1	
Vaciado de muros	58	100%	58	100%	0	0%						MLP1D1	MLP1D2	MLP1D3	MLP1D4	MLP2D1	
Vaciado de losa	56	100%	56	100%	0	0%						MLP1D1	MLP1D2	MLP1D3	MLP1D4	MLP2D1	
Desencofrado de muros (inc limpieza)	58	100%	58	100%	0	0%						MLP1D1	MLP1D2	MLP1D3	MLP1D4	MLP2D1	
Desencofrado de losa y frisos(inc limpieza y apuntalamiento)	56	100%	56	100%	0	0%						MLP1D1	MLP1D2	MLP1D3	MLP1D4	MLP2D1	
Curado de losa	56	100%	56	100%	0	0%						MLP1D1	MLP1D2	MLP1D3	MLP1D4	MLP2D1	
Curado y resane de muros	58	100%	58	100%	0	0%						MLP1D1	MLP1D2	MLP1D3	MLP1D4	MLP2D1	
Solaqueo de muros exteriores (desde andamio)	58	100%	58	100%	0	0%						MLP1D1	MLP1D2	MLP1D3	MLP1D4	MLP2D1	
Solaqueo de muros exteriores (desde andamio)	56	100%	56	100%	0	0%						MLP1D1	MLP1D2	MLP1D3	MLP1D4	MLP2D1	

OBRA: CIUDAD VERDE - SEGUNDA ETAPA							17-abr	18-abr	19-abr	20-abr	21-abr	22-abr	23-abr	24-abr	25-abr	26-abr	27-abr
TREN ESTRUCTURA							MI	JU	VI	SA	DO	LU	MA	MI	JU	VI	SA
PROGR.	%	EJEC.	%	ATRASO	Δ												
Trazar muros	63	80%	63	80%	0	0%	HIP1D1	HIP1D2	HIP1D3			HIP1D4	HIP2D1	HIP2D2	HIP2D3	HIP2D4	
Colocar acero vertical	62	78%	62	78%	0	0%		HIP1D1	HIP1D2			HIP1D3	HIP1D4	HIP2D1	HIP2D2	HIP2D3	
Instalaciones en muros - IISS	61	78%	62	79%	-1	-1%			HIP1D1			HIP1D2	HIP1D3	HIP1D4	HIP2D1	HIP2D2	
Instalaciones en muros - IIEE	61	78%	62	79%	-1	-1%			HIP1D1			HIP1D2	HIP1D3	HIP1D4	HIP2D1	HIP2D2	
Encofrado de muros	60	77%	61	78%	-1	-1%						HIP1D1	HIP1D2	HIP1D3	HIP1D4	HIP2D1	
Encofrado de losa (inc friso)	60	77%	61	78%	-1	-1%						HIP1D1	HIP1D2	HIP1D3	HIP1D4	HIP2D1	
Acero de losa	60	77%	61	78%	-1	-1%						HIP1D1	HIP1D2	HIP1D3	HIP1D4	HIP2D1	
Armado de baterías de desagüe e inicio de pruebas	60	77%	61	78%	-1	-1%						HIP1D1	HIP1D2	HIP1D3	HIP1D4	HIP2D1	
Instalaciones en losa - IISS	60	77%	61	78%	-1	-1%						HIP1D1	HIP1D2	HIP1D3	HIP1D4	HIP2D1	
Instalaciones en losa - IIEE	60	77%	61	78%	-1	-1%						HIP1D1	HIP1D2	HIP1D3	HIP1D4	HIP2D1	
Vaciado de muros	60	76%	61	77%	-1	-1%						HIP1D1	HIP1D2	HIP1D3	HIP1D4	HIP2D1	
Vaciado de losa	60	77%	61	78%	-1	-1%						HIP1D1	HIP1D2	HIP1D3	HIP1D4	HIP2D1	
Desencofrado de muros (inc limpieza)	59	75%	60	76%	-1	-1%						HIP1D1	HIP1D2	HIP1D3	HIP1D4	HIP2D1	
Desencofrado de losa y frisos(inc limpieza y apuntalamiento)	59	76%	60	77%	-1	-1%						HIP1D1	HIP1D2	HIP1D3	HIP1D4	HIP2D1	
Curado de losa	59	76%	59	76%	0	0%						HIP1D1	HIP1D2	HIP1D3	HIP1D4	HIP2D1	
Curado y resane de muros	59	75%	59	75%	0	0%						HIP1D1	HIP1D2	HIP1D3	HIP1D4	HIP2D1	
Solaqueo de muros exteriores (desde andamio)	59	75%	59	75%	0	0%						HIP1D1	HIP1D2	HIP1D3	HIP1D4	HIP2D1	
Solaqueo de muros exteriores (desde andamio)	59	76%	59	76%	0	0%						HIP1D1	HIP1D2	HIP1D3	HIP1D4	HIP2D1	

23-jul	24-jul	25-jul	26-jul	27-jul	28-jul	29-jul	30-jul	31-jul	01-ago	02-ago	03-ago	04-ago	05-ago	06-ago	07-ago	08-ago	09-ago	10-ago	11-ago	12-ago	13-ago	
MA	MI	JU	VI	SA	DO	LU	MA	MI	JU	VI	SA	DO	LU	MA	MI	JU	VI	SA	DO	LU	MA	
PP3D3	PP3D4	PP4D1	PP4D2				PP4D3	PP4D4	PP5D1	PP5D2			PP5D3	PP5D4	P azotea							
PP3D2	PP3D3	PP3D4	PP4D1				PP4D2	PP4D3	PP4D4	PP5D1			PP5D2	PP5D3	PP5D4	P azotea						
PP3D1	PP3D2	PP3D3	PP3D4				PP4D1	PP4D2	PP4D3	PP4D4			PP5D1	PP5D2	PP5D3	PP5D4						
PP3D1	PP3D2	PP3D3	PP3D4				PP4D1	PP4D2	PP4D3	PP4D4			PP5D1	PP5D2	PP5D3	PP5D4						
PP2D4	PP3D1	PP3D2	PP3D3				PP3D4	PP4D1	PP4D2	PP4D3			PP4D4	PP5D1	PP5D2	PP5D3	PP5D4					
PP2D4	PP3D1	PP3D2	PP3D3				PP3D4	PP4D1	PP4D2	PP4D3			PP4D4	PP5D1	PP5D2	PP5D3	PP5D4					
PP2D4	PP3D1	PP3D2	PP3D3				PP3D4	PP4D1	PP4D2	PP4D3			PP4D4	PP5D1	PP5D2	PP5D3	PP5D4					
PP2D4	PP3D1	PP3D2	PP3D3				PP3D4	PP4D1	PP4D2	PP4D3			PP4D4	PP5D1	PP5D2	PP5D3	PP5D4					
PP2D4	PP3D1	PP3D2	PP3D3				PP3D4	PP4D1	PP4D2	PP4D3			PP4D4	PP5D1	PP5D2	PP5D3	PP5D4					
PP2D4	PP3D1	PP3D2	PP3D3				PP3D4	PP4D1	PP4D2	PP4D3			PP4D4	PP5D1	PP5D2	PP5D3	PP5D4					
PP2D4	PP3D1	PP3D2	PP3D3				PP3D4	PP4D1	PP4D2	PP4D3			PP4D4	PP5D1	PP5D2	PP5D3	PP5D4					
PP2D4	PP3D1	PP3D2	PP3D3				PP3D4	PP4D1	PP4D2	PP4D3			PP4D4	PP5D1	PP5D2	PP5D3	PP5D4					
PP2D4	PP3D1	PP3D2	PP3D3				PP3D4	PP4D1	PP4D2	PP4D3			PP4D4	PP5D1	PP5D2	PP5D3	PP5D4					
PP2D3	PP2D4	PP3D1	PP3D2				PP3D3	PP3D4	PP4D1	PP4D2			PP4D3	PP4D4	PP5D1	PP5D2	PP5D3				PP5D4	P azotea
PP2D3	PP2D4	PP3D1	PP3D2				PP3D3	PP3D4	PP4D1	PP4D2			PP4D3	PP4D4	PP5D1	PP5D2	PP5D3				PP5D4	
PP2D3	PP2D4	PP3D1	PP3D2				PP3D3	PP3D4	PP4D1	PP4D2			PP4D3	PP4D4	PP5D1	PP5D2	PP5D3				PP5D4	P azotea
PP2D3	PP2D4	PP3D1	PP3D2				PP3D3	PP3D4	PP4D1	PP4D2			PP4D3	PP4D4	PP5D1	PP5D2	PP5D3				PP5D4	P azotea
PP2D3	PP2D4	PP3D1	PP3D2				PP3D3	PP3D4	PP4D1	PP4D2			PP4D3	PP4D4	PP5D1	PP5D2	PP5D3				PP5D4	