

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



Tesis para optar el Título de Ingeniero Civil

“ANÁLISIS DE COSTOS Y EFICIENCIA DEL EMPLEO DE ENCOFRADOS METÁLICOS Y CONVENCIONALES EN LA CONSTRUCCIÓN DE EDIFICIOS EN LA CIUDAD DE LIMA”

AREA DE INVESTIGACION: Construcciones

AUTOR : BR. ORIBE ALVA YOSEP

ASESOR : ING. VEGA BENITES JORGE

TRUJILLO – PERÚ

2014

Nro. REGISTRO _____

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



Tesis para optar el Título de Ingeniero Civil

“ANÁLISIS DE COSTOS Y EFICIENCIA DEL EMPLEO DE ENCOFRADOS METÁLICOS Y CONVENCIONALES EN LA CONSTRUCCIÓN DE EDIFICIOS EN LA CIUDAD DE LIMA”

AREA DE INVESTIGACION: Construcciones

AUTOR : BR. ORIBE ALVA YOSEP

ASESOR : ING. VEGA BENITES JORGE

TRUJILLO – PERÚ

2014

Nro. REGISTRO _____



UNIVERSIDAD PRIVADA ANTEÑOR ORREGO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

ACREDITACIÓN DE ASESORÍA

El que suscribe Ing. Vega Benites Jorge, Docente de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, asesor de la tesis: “Análisis de Costos y Eficiencia del Empleo de Encofrados Metálicos y Convencionales en la Construcción de Edificios en la Ciudad de Lima”

Tengo el agrado de informar que el bachiller: Br. Yosep Oribe Alva ha culminado satisfactoriamente el desarrollo de la tesis al 100%, dando cumplimiento a esta modalidad para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil estipulado en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Privada Antenor Orrego.

Se expide la presente acreditación para su respectivo trámite en la Facultad de Ingeniería y sus fines correspondientes.

Fecha: Trujillo, 19 de Noviembre del 2014.

Ing. VEGA BENITES JORGE
ASESOR



UNIVERSIDAD PRIVADA ANTEOR ORREGO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: “ANÁLISIS DE COSTOS Y EFICIENCIA DEL EMPLEO DE ENCOFRADOS METÁLICOS Y CONVENCIONALES EN LA CONSTRUCCIÓN DE EDIFICIOS EN LA CIUDAD DE LIMA”

JURADO

Ing. NARVÁEZ ARANDA RICARDO
PRESIDENTE

Ing. OCHOA ZEVALLOS ROLANDO
SECRETARIO

Ing. DURAND ORELLANA ROCÍO
VOCAL

ASESOR:

Ing. VEGA BENITES JORGE
ASESOR

PRESENTACIÓN

Señores Miembros del jurado:

De conformidad y en cumplimiento de los requisitos estipulados en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Privada Antenor Orrego, es grato poner a vuestra consideración, el presente trabajo de investigación titulado: “Análisis de Costos y Eficiencia del Empleo de Encofrados Metálicos y Convencionales en la Construcción de Edificios en la Ciudad de Lima”, con el propósito de obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil.

El contenido de la presente tesis ha sido desarrollado considerando las normas establecidas en el Reglamento Nacional de Edificaciones, normas técnicas según la línea de investigación, aplicación de conocimientos adquiridos durante la formación profesional en la universidad, consulta de fuentes bibliográficas especializadas y con la experiencia del asesor.

Br. YOSEP ORIBE ALVA

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo es investigar el uso de los encofrados metálicos, que son poco usados en nuestro país, como una solución técnica para acelerar los trabajos de construcción de elementos verticales en edificios de hormigón armado. Se espera entregar la suficiente información para poder realizar una comparación entre los encofrados metálicos y cualquier otra tecnología presente en el mercado actual.

Se trabajó con empresas líderes en el mercado, de donde se obtuvieron las características técnicas y económicas de todos los modelos y sistemas utilizados. Además, se conversó con usuarios con experiencia y se visitaron obras donde se utilizan las tecnologías, con lo que se completó la información necesaria para la realización del trabajo.

También se realizó un análisis de los problemas que ocurren frecuentemente en cada sistema, así como las ventajas y desventajas que presentan, con lo que se identificaron los riesgos de cada tipo de moldaje.

Como resultado final se concluye que el uso de encofrados metálicos permite acelerar los procesos de construcción de muros en comparación con los encofrados tradicionales, manteniendo un alto nivel de calidad, pero su implementación en una construcción determinada, como lo es las columnas y placas de un edificio de oficinas, resulta de mayor costo por m². Sin embargo, al permitir una mayor velocidad de construcción, existen economías importantes no solo en gastos generales, sino también en un mejor ordenamiento de la obra, aspecto difícil de cuantificar.

ABSTRACT

The aim of this paper is to investigate the use of metal forms, which are rarely used in our country, as a technical solution to accelerate the construction of vertical elements in concrete buildings. We expect to deliver enough information to make a comparison between metal and any other forms present in the current market technology.

We worked with leading companies in the market, where technical and economic characteristics of all models and systems used were obtained. In addition, he spoke with experienced users and works where the technologies are used, whereby the information necessary for completion of the work was completed were visited.

An analysis of the problems that often occur in each system, as well as the advantages and disadvantages that this was also done, so that the risks of each type of formwork were identified.

As a final result we conclude that the use of metal molds can accelerate the process of building walls compared to traditional systems, maintaining a high level of quality, but its implementation in a particular building, as is the case of elevators and escalators of an office building, it is more expensive per m². However, by allowing greater speed of construction, there are significant economies not only overhead, but also a better ordering of the work difficult aspect to quantify.

DEDICATORIA

A todos que a pesar de los obstáculos de la vida siempre se levantan y luchan por hacer de este mundo un lugar mejor.

Br. Oribe Alva Yosep

AGRADECIMIENTOS

Agradezco principalmente a Dios, a mi madre, hermanos y a todos aquellos que a pesar de las adversidades de la vida creyeron en mí en todo momento.

Agradezco a los asesores del Programa de Desarrollo de Tesis Asistida PADT - INGENIERIA por su apoyo metodológico y profesional para la orientación en el desarrollo de nuestra tesis.

A la universidad Privada Antenor Orrego, Facultad de Ingeniería Escuela Profesional de Ingeniería Civil, por el apoyo brindado en la etapa de nuestra titulación.

A los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil que a lo largo de la formación académica me inculcaron la dedicación al estudio y la constante superación personal.

El Autor.

ÍNDICE

Capítulo I- INTRODUCCIÓN	01
1.1. Introducción	01
1.2. Objetivos	02
1.2.1. Objetivo General	02
1.2.2. Objetivos Específicos	02
1.3. Hipótesis	03
1.4. Variables	03
1.4.1 Variable Dependiente	03
1.4.2. Variable Independiente	03
Capítulo II- MARCO TEÓRICO	04
2.1. Encofrados Verticales	05
2.2. Moldajes Tradicionales	15
2.2.1. Tipos de Moldajes Tradicionales	17
2.2.1.1 ULMA	17
2.2.1.2 DOKA	25
2.2.1.3 PERI	29
2.2.1.4 EFCO	33
2.2.2. Rendimientos de los moldajes tradicionales	34
2.2.3. Problemas frecuentes	34

2.4 Moldajes Trepantes y Auto trepantes	37
2.4.1 Tecnología	37
2.4.2 Reseña histórica	39
2.5 Comparación entre sistemas de encofrados	41
2.5.1 Recursos para los encofrados	41
2.5.2 Estudio del sistema	44
2.5.3 Ventajas	49
Capítulo III - RESULTADOS	50
Capítulo IV – DISCUSIÓN DE RESULTADOS	54
Capítulo V - CONCLUSIONES	58
Capítulo VI - RECOMENDACIONES	59
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	60
ANEXOS	61

INDICE DE ILUSTRACIONES

Figura II-01. Encofrado metálico	06
Figura II-02. Encofrado de muro a dos caras	07
Figura II-03. Encofrado de Pilares	08
Figura II-04. Encofrado de muro a una cara.	09
Figura II-05. Tipos de Paneles	10
Figura II-06. Tipos de Grapas.	11
Figura II-07. Tipos de Ganchos	11
Figura II-08. Levantamiento de paneles.	12
Figura II-09. Tipos de Ménsulas.	13
Figura II-10. Estabilizadores	14
Figura II-11. Accesos	14
Figura II-12. Accesorios	15
Figura II-13. Paneles ORMA.	18
Figura II-14. Modulación de encofrados.	19
Figura II-15. Puntales ORMA	20
Figura II-16. Anclajes ORMA	20
Figura II-17. Escuadras ORMA.	21
Figura II-18. Plataforma de seguridad ORMA.	23
Figura II-19. Torre Begonias.	24

Figura II-20. Paneles FRAMAX.	25
Figura II-21. Grapas FRAMAX.	26
Figura II-22. Puntales FRAMAX	28
Figura II-23. Plataforma de seguridad FRAMAX.	29
Figura II-24. Modulaci3n TRIO.	30
Figura II-25. Grapas PERI.	30
Figura II-26. Sistemas de Anclaje TRIO.	31
Figura II-27. Puntales estabilizadores TRIO.	32

INDICE DE CUADROS O TABLAS

II – 1. Unión de elementos verticales ORMA	18
II – 2. Unión de elementos horizontales ORMA	19
II – 3. Esfuerzos admisibles FRAMAX	27
II – 4. Unión de elementos verticales FRAMAX	27
II – 5. Unión de elementos horizontales FRAMAX	27
II – 6. Unión de elementos verticales TRIO	30
II – 7. Unión de elementos horizontales TRIO	31
II – 8. Rendimientos de moldajes tradicionales	34
II – 9. Mano de obra sistema tradicional	42
II – 10. Mano de obra sistema normalizado	42
II – 11. Requerimientos del sistema	43
II – 12. Evaluación funcional tradicional	45
II – 13. Evaluación funcional normalizado	45
II – 14. Evaluación técnica tradicional	46
II – 15. Evaluación técnica normalizado	47
II – 16. Ventajas y Desventajas	49



Capítulo I: Introducción

INTRODUCCIÓN

1.1 Introducción

En las últimas décadas las innovaciones tecnológicas han marcado la pauta en el aumento de la eficiencia de los procesos productivos. La construcción de edificios es un área que no ha quedado ajena a este avance; teniendo en la partida correspondiente a los encofrados una mayor innovación tomando en cuenta la gran participación que tienen en los costos totales de un edificio.

Hoy en día, existen diversas técnicas que son poco conocidas por los profesionales peruanos que pueden entregar soluciones para hacer más rápidas, eficientes y hasta de mejor calidad las construcciones. Sin ir más lejos, el uso de encofrados auto trepantes es totalmente desconocido a nivel sudamericano. Esto hace aún más interesante la realización de un estudio técnico y económico para comprender las debilidades y fortalezas del uso de estos encofrados en edificios.

Por otra parte, los requerimientos comerciales y técnicos están reduciendo el plazo de la ejecución de las obras, lo que a velocidad en la construcción toma mucha importancia. Es por ello que para este trabajo de título se desea estudiar el uso de encofrados metálicos, que contribuyen al aumento en la velocidad de construcción de elementos verticales, permitiendo hacer más eficiente el proceso de hormigonado



y en consecuencia más rápido el término de la obra gruesa en una construcción.

Es por ello que la finalidad del estudio a realizar durante este trabajo es entregar la información necesaria para entender cómo funciona y cuánto cuesta implementar un sistema de encofrado metálicos en comparación a otros tipos de encofrados, permitiendo así discernir qué tipo usar para un determinado edificio.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General.

El objetivo general de este trabajo es investigar que tan costoso y eficiente resulta el empleo de encofrados metálicos a diferencia de los convencionales en la construcción de edificios de la ciudad de Lima.

1.2.2 Objetivos Específicos.

- Obtener los costos de adquisición y mantención para cada tipo de encofrado, así mismo los costos de montaje, descimbre y todo otro costo relevante.
- Estudiar las especificaciones técnicas y de ejecución de los encofrados metálicos y convencionales, para poder realizar una comparación entre estos.
- Estimar los rendimientos diarios para los distintos tipos de encofrados.



- En base a los puntos anteriores, generar una evaluación económica para cada tipo de encofrado.

1.3 Hipótesis.

El uso de encofrados metálicos resulta más rentable y eficiente que el uso de encofrados convencionales en la construcción de edificios en la ciudad de Lima.

1.4 Variables

1.4.1. Variable Dependiente

Eficiencia del empleo de encofrados metálicos y convencionales.

1.4.2. Variable Independiente

Costos del empleo de encofrados metálicos y convencionales.



Capítulo II: Marco Teórico

SISTEMAS DE ENCOFRADO METÁLICO

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

La necesidad por un lado de conseguir materiales que fuesen más económicos, resistentes y en ciertos casos más livianos que la madera; y por otro, la necesidad de proteger los bosques, hizo que aparecieran en el mercado una serie de sistemas de encofrados realizados con distintos materiales como: metal, plástico, fibra, etc., que fueron desplazando poco a poco a los encofrados de madera.

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

Los moldajes trepantes consisten en un sistema modular de altura variable, donde el encofrado se une a una plataforma trepante que se afirma a muros ya construidos mediante anclajes que van introducidos en el hormigón. Se eleva la consola junto al encofrado mediante el uso de una grúa. El sistema auto trepante es básicamente un sistema de trepa



convencional al que se le añaden soluciones mecánicas e hidráulicas para conseguir que la elevación del sistema se realice sin necesidad de grúa.

Por su parte, los encofrados deslizantes poseen una altura de aproximadamente 1m, y se arman a nivel de la fundación o desde se quiere comenzar a deslizar. El molde se eleva continuamente mediante la utilización de gatos hidráulicos que trepan por barras metálicas que quedan introducidas en el hormigón.

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

2.1. ENCOFRADOS VERTICALES

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

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).

Otros materiales utilizados que facilitan una puesta en obra son el plástico y el cartón plastificado. Con este último se forman encofrados indicados para columnas y pilares redondos básicamente.



El uso de los encofrados tradicionales (de madera) tiende a desaparecer por su costo y sus menores rendimientos frente al encofrado prefabricado. Los encofrados metálicos son suministrados por empresas especializadas y deberá ser elegido el sistema comercial que más se adapte a las necesidades o a los procesos de trabajos previstos.

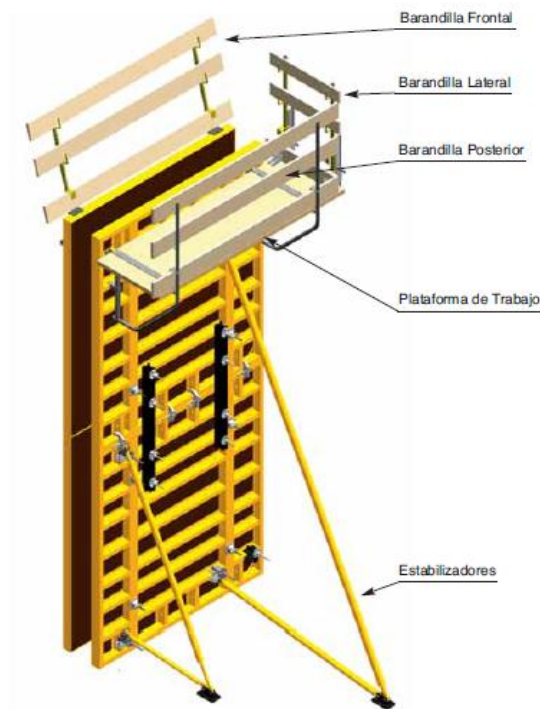


Figura 2.01 Encofrado Metálico

Los encofrados verticales son utilizados en la realización de pilares, pilas, muros, pantallas, etc.

Encofrado de muro a dos caras

Es un encofrado robusto, habitualmente formado por un bastidor metálico con cara encofrante de madera o chapa, orientado a la

ejecución de muros con encofrado en las 2 caras de los mismos con gran superficie y buen acabado. Ver Figura 2.02

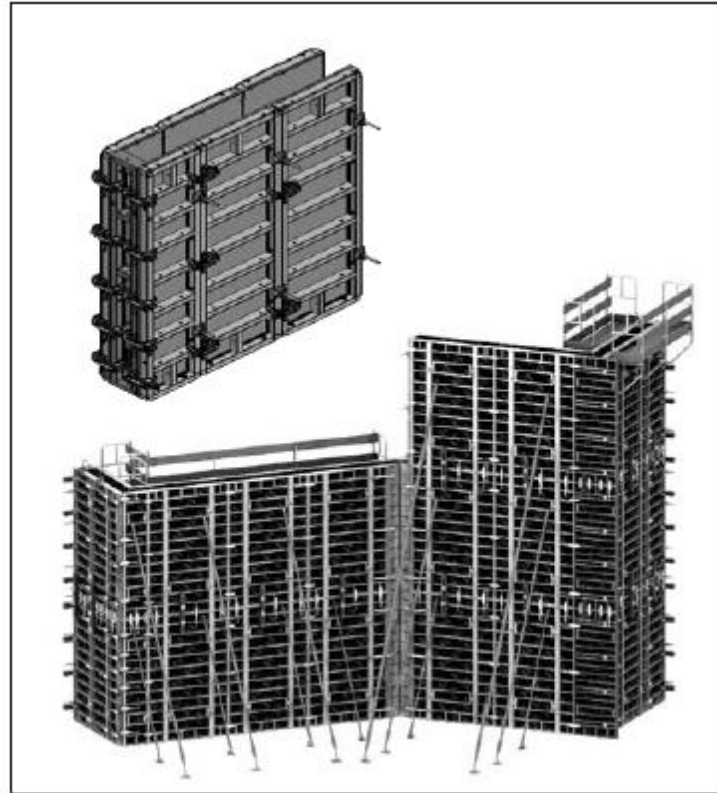


Figura 2.02 Encofrado de muro a dos caras

Encofrado de pilares

Es un encofrado semi pesado llegando a ser manuable en algunos casos. Igual que el encofrado de muro, puede estar formado por un bastidor metálico con caras encofrante de madera o chapa, orientado a la ejecución de pilares o columnas con encofrado en las 4 caras de los mismos (cuadradas o rectangulares) o circulares. Ver Figura 2.03

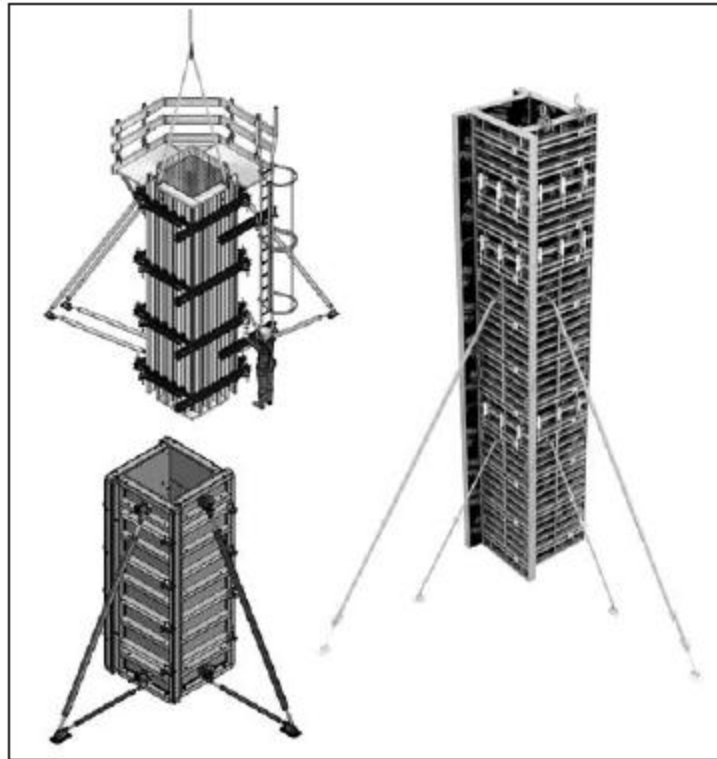


Figura 2.03 Encofrado de pilares

Encofrado de muro a una cara

Es un encofrado robusto, formado por un bastidor metálico con cara encofrante de madera o chapa, orientado a la ejecución de muros o pantallas con encofrado en 1 cara de los mismos (generalmente se realizan contra el terreno o en taludes) con gran superficie y buen acabado. Ver Figura 2.04

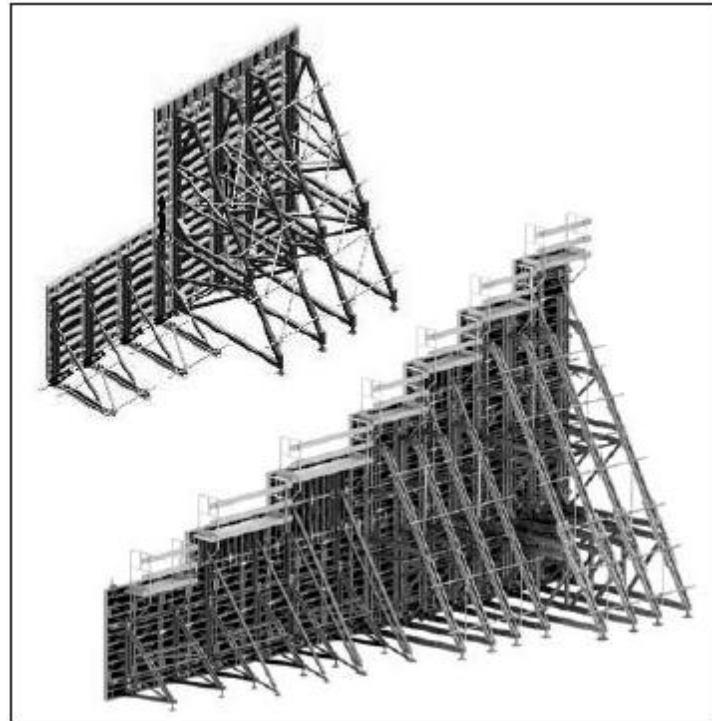


Figura 2.04 Encofrado de muro a una cara

Componentes

Los principales componentes utilizados en el encofrado vertical son:

Paneles, pueden ser modulares o de forma. Ver Figura 2.05

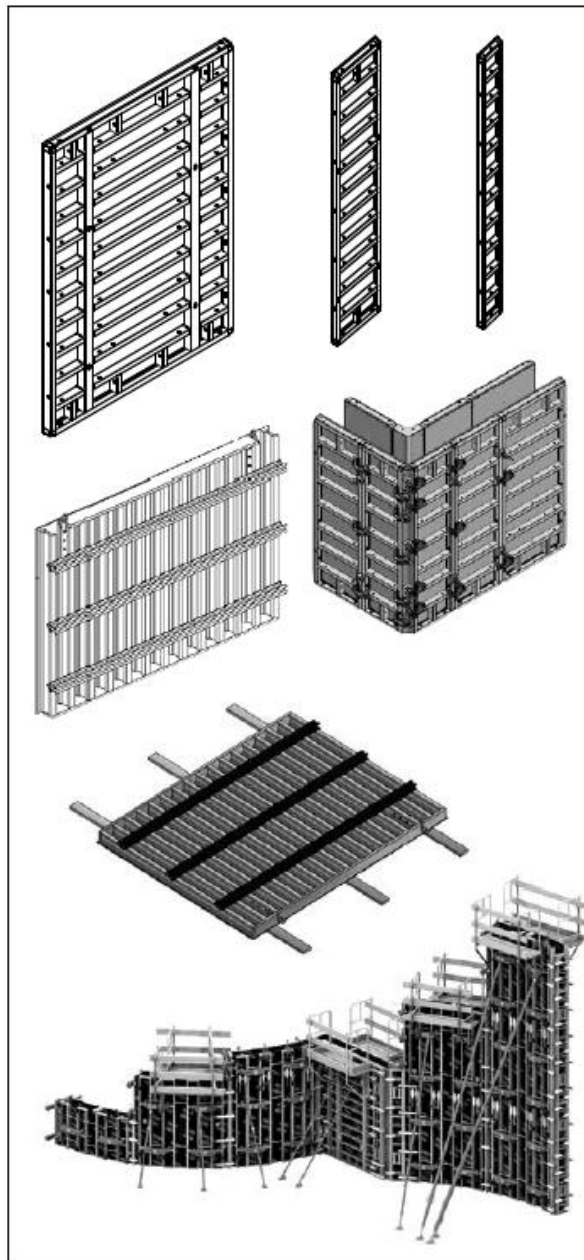


Figura 2.05 Tipos de paneles

Grapas, estarán conformes a las especificaciones de los fabricantes. Ver Figura 2.06

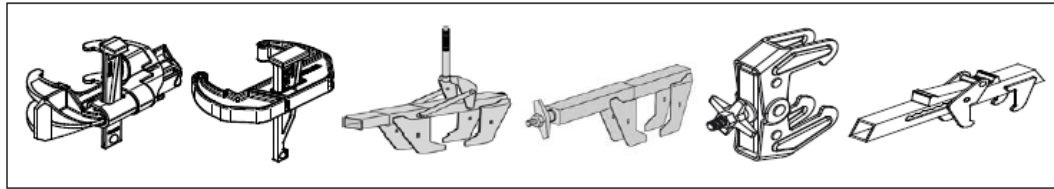


Figura 2.06 Tipos de grapas

Ganchos de izado, los ganchos de izado estarán normalizados, certificados y tendrán marcado CE. Ver Figura 2.07

En el caso de utilizar dos ganchos de izado de una capacidad de carga de trabajo de cada uno de ellos por separado de 1000 kp, el peso máximo a levantar empleando dos ganchos es $P = 2000 \times \text{sen} \alpha$, siendo imprescindible emplear eslingas lo suficientemente largas como para que el ángulo, formado por cada una de ellas y el panel, no sea excesivamente agudo (se requiere $\alpha \geq 60^\circ$). Dichas eslingas deben ser de la misma longitud y quedar dispuestas de manera simétrica respecto al eje de simetría vertical del conjunto, con objeto de asegurar que la carga se reparte por igual en ambos ganchos de izado. Ver Figura 2.08

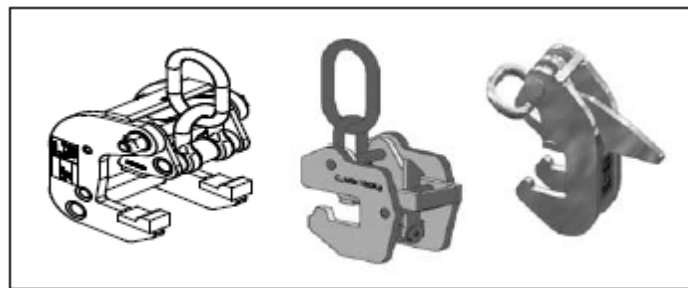


Figura 2.07 Vista de tres tipos de gancho de izado

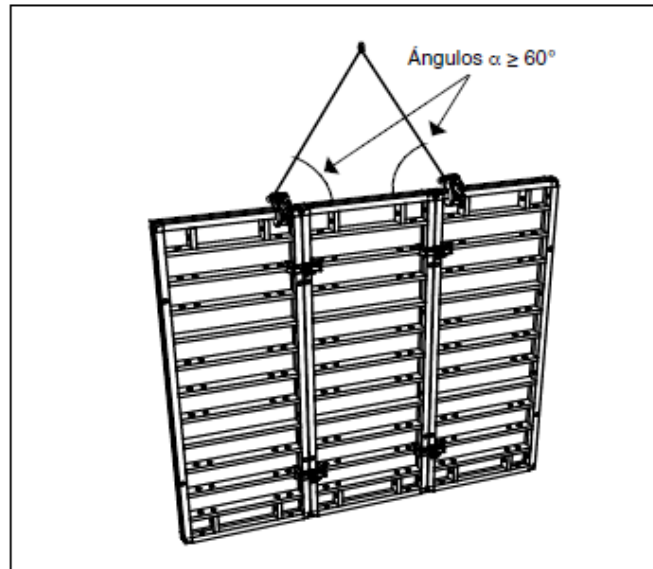


Figura 2.08 Levantamiento de paneles mediante eslingas y ganchos (ángulo entre cada ramal y panel $\geq 60^\circ$)

Ménsulas/Consolas de trabajo, las ménsulas/consolas de trabajo tendrán una anchura mínima de 60cm y tendrán unas barandillas según la norma UNE-EN 13374:2004 formada por pasamanos, listón intermedio y rodapiés. Las plataformas de trabajo pueden ser de madera o metálicas utilizando para ello plataformas de andamio que otorgan mayor garantía y seguridad. Ver Figura 2.09

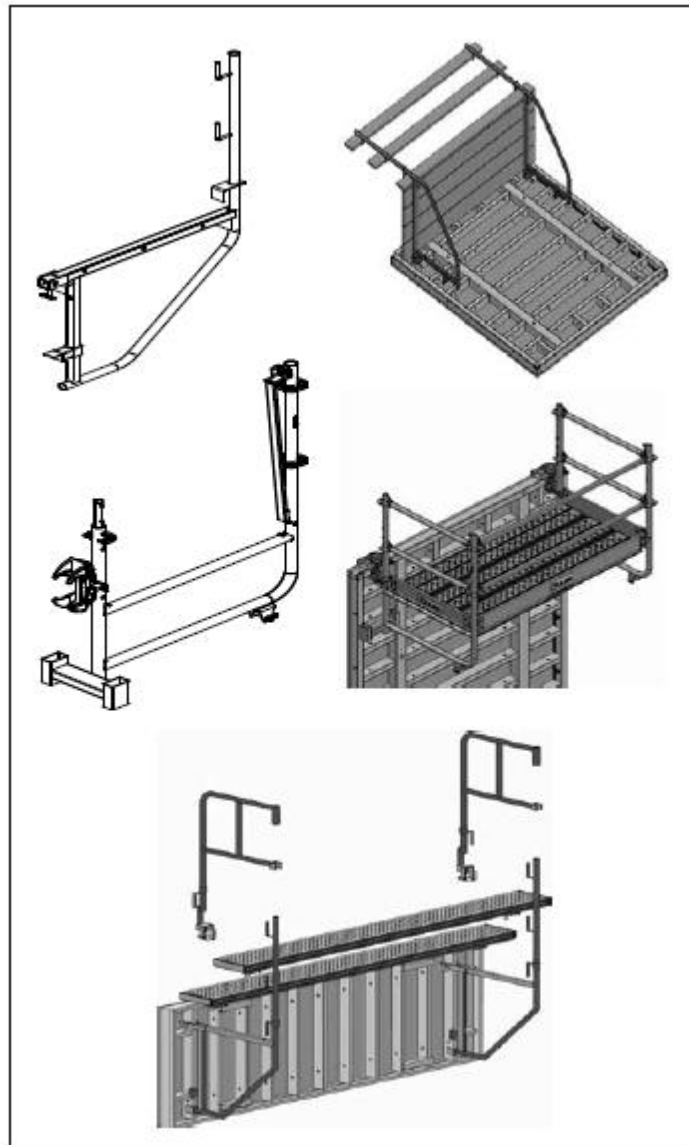


Figura 2.09 Tipos de ménsulas/consolas de trabajo

Tensores o estabilizadores/tornapuntas, estarán conformes a las especificaciones de los fabricantes. Ver Figura 2.10

Accesos, estará formado por una escalera de andamio tubular, una escalera integrada en el encofrado o una escalera de mano que cumpla con la norma UNE-EN 131. Ver Figura 2.11

Accesorios, estarán conformes a las especificaciones de los fabricantes.

Ver Figura 2.12

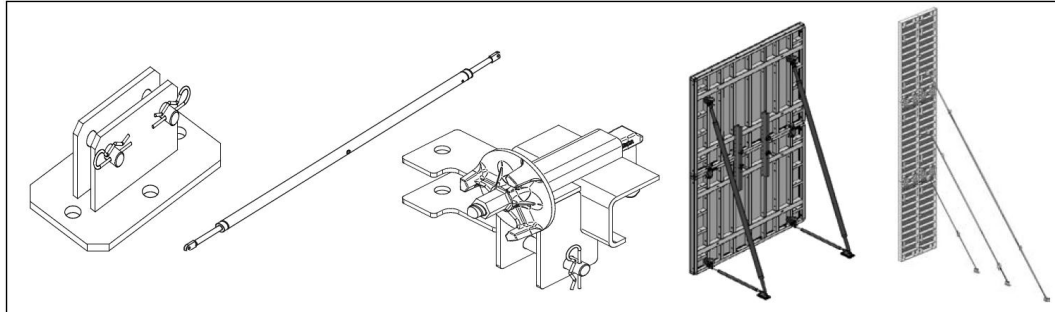


Figura 2.10 Tipos de ménsulas de tensores o estabilizadores/tornapuntas

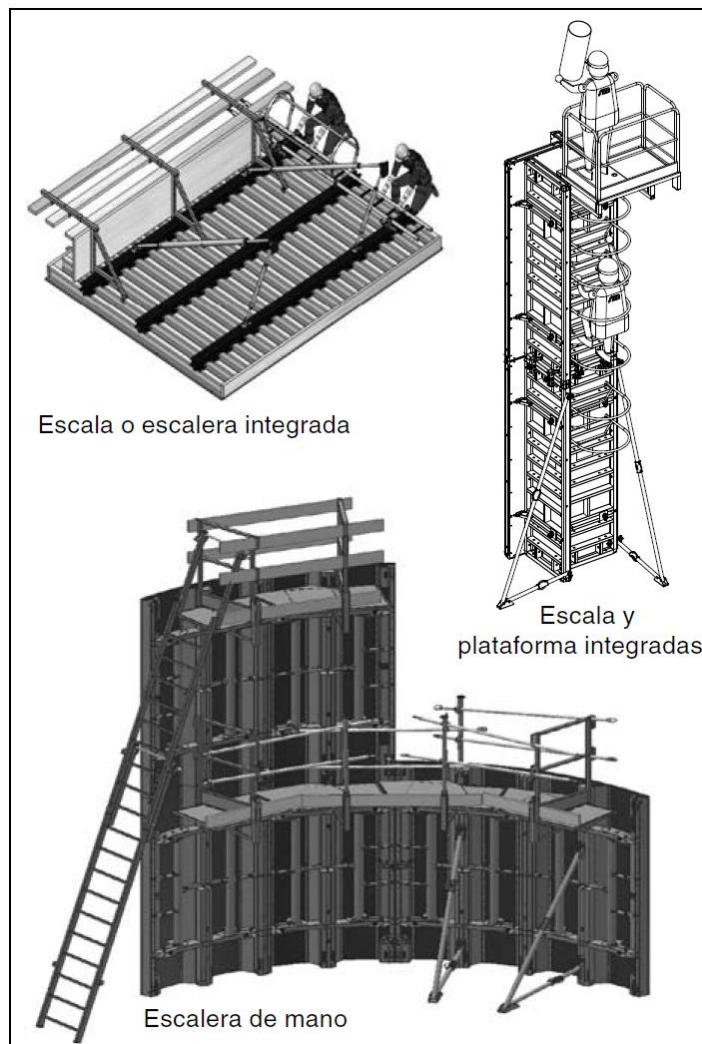


Figura 2.11 Accesos

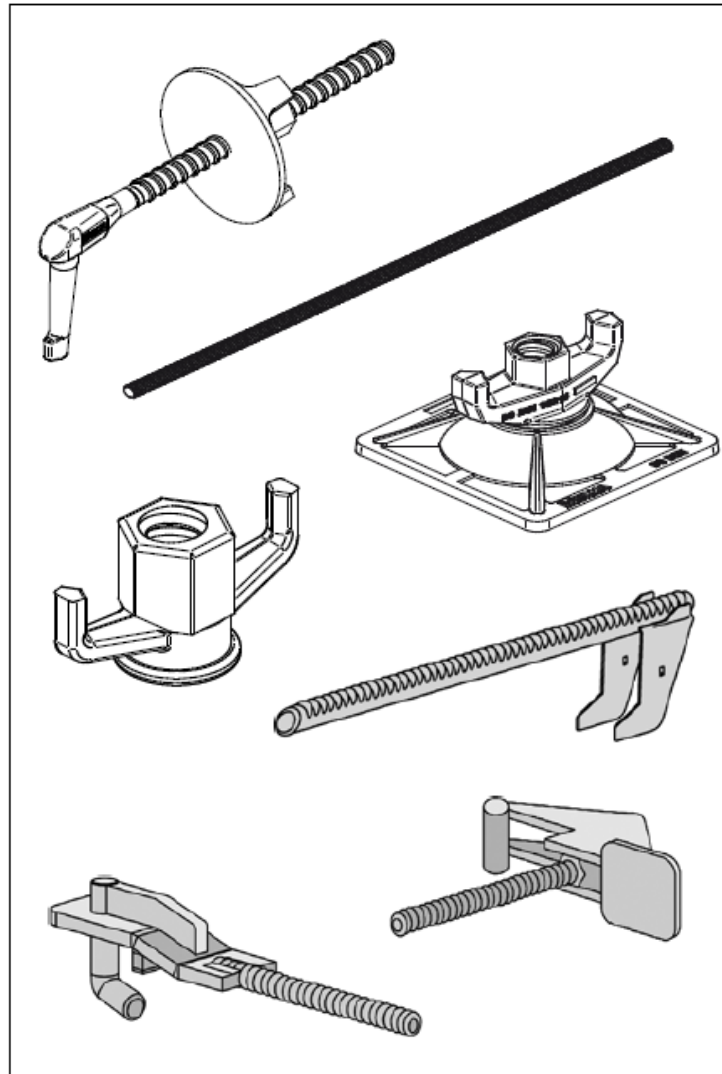


Figura 2.12 Accesorios

2.2 Moldajes Tradicionales

La función del encofrado es mantener el concreto en un molde, transmitiendo la forma geométrica y la textura superficial deseadas del hormigón durante su periodo de fraguado y endurecimiento inicial. Tanto la naturaleza de los materiales empleados (madera, plástico, metal, etc) en la superficie de contacto entre encofrado y



hormigón, como su textura, determinan el acabado superficial que se desea obtener. Los moldes deben ser limpiados cada vez que se utilizan, eliminando restos de hormigón y suciedad. Además se debe asegurar su estanqueidad, evitando fugas de lechada.

Los sistemas de moldajes tradicionales industrializados consisten en una estructura de paneles de acero a la cual se le agrega un tablero que es la base que está en contacto con el hormigón. Las dimensiones del encofrado varían según la altura que se quiere construir. Una mayor altura permite avanzar con mayor rapidez; sin embargo, puede presentar problemas como: nidos en el hormigón por dificultad de vibrado y problemas en su movimiento, producto del mayor peso que tiene.

A la estructura de moldaje se le agregan puntales de acero ajustables (dependiendo de la altura del panel) que permiten mantener el molde nivelado, sin que se produzcan movimientos durante el hormigonado dadas las altas presiones que se alcanzan.

Es importante señalar que los paneles que se pueden utilizar varias veces, cambiando o arreglando el tablero en mal estado debido al repetido uso en obra. Los tableros se deterioran producto del agente corrosivo que es el hormigón y al mal trato que le dan los trabajadores durante su manipulación.



2.2.1 Tipos de encofrados tradicionales

Para tener una mejor visión de lo que son estos tipos de moldajes y comprender de mejor manera su uso y especificaciones, se tomaran los sistemas que ofrecen las empresas ULMA, PERI, DOKA y EFCO.

2.2.1.1 ULMA

El sistema ofrecido por esta empresa se denomina ORMA. Está conformado por paneles de grandes dimensiones y propiedades físicas constantes, lo que permite superficies de acabado lisas y de fácil mantenimiento.

Como elementos básicos, este sistema está formado por paneles de hasta 2.7m de altura, 12 cm de espesor y 5 anchos diferentes, más una grapa de regulación (figuras 2.13 y 2.14 respectivamente). Esta última es el elemento de unión y rigidización principal utilizada para la formación de conjuntos de paneles. Asegura la estanqueidad del hormigón en las uniones.

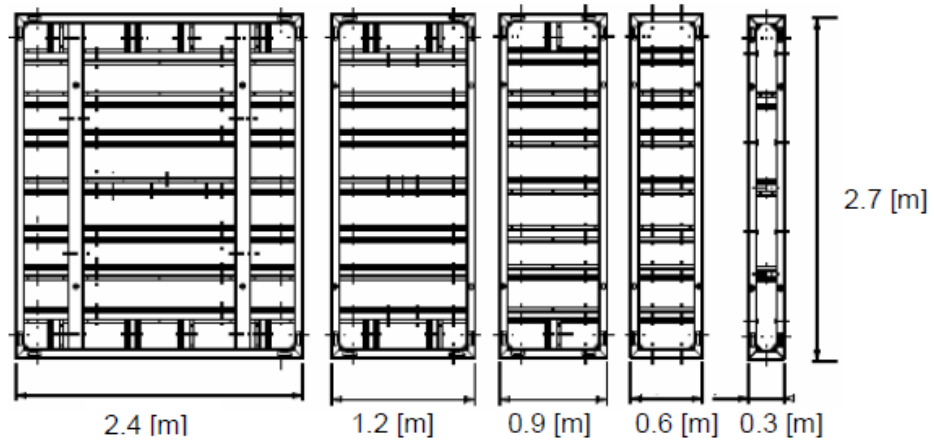


Figura 2.13 Ancho de paneles ORMA

Otra característica de la grapa es que es autoalineante, es decir: elimina la necesidad de alineadores cuando se unen a los paneles. Además, permite formar una superficie de hasta 39 m² (6 paneles de 2.7m x 2.4m), posible trasladar con grúa en una sola pieza. La unión se caracteriza por ser rápida y sencilla, ya que solo se necesita un martillo como herramienta de trabajo, tal como se aprecia en la figura 2.14

La disposición de las grapas en el sentido vertical y horizontal depende de la dimensión de los paneles. La cantidad de unidades para la unión de paneles en el sentido vertical y horizontal se muestra en las tablas 2.01 y 2.02 respectivamente.

Tabla 2.01 Unión de elementos verticales ORMA

Altura del elemento (m)	Número de grapas
0.9	2
1.2	2
2.7	2

Tabla 2.02 Unión de elementos horizontales ORMA

Altura del elemento (m)	Número de grapas
0.3	1
0.6	1
0.9	2
1.2	2
2.4	2

Los esfuerzos de tracción y corte que es capaz de resistir una grapa son 15 KN y 6 KN respectivamente. Como los paneles se encuentran en 5 anchos y 3 alturas diferentes, se puede obtener gran flexibilidad permitiendo realizar una modulación múltiplo de 30 cm tal como se muestra en la figura 2.15.

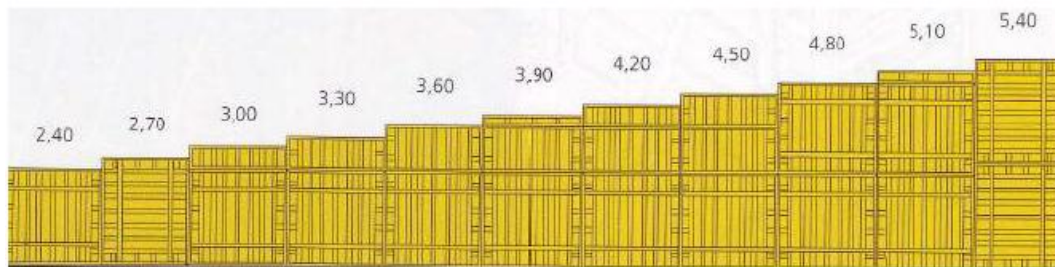


Figura 2.14 Modulación de encofrados ORMA

La capacidad de los paneles para soportar presiones del hormigón fresco es de 60 KN/m^2 , equivalente a una altura de 2.4m del mismo material.

Para dar estabilidad al molde se utilizan puntales que van rotulados a la losa mediante una placa base y al panel a través de cabezales. Además con estos se regula que el moldaje quede bien aplomado.

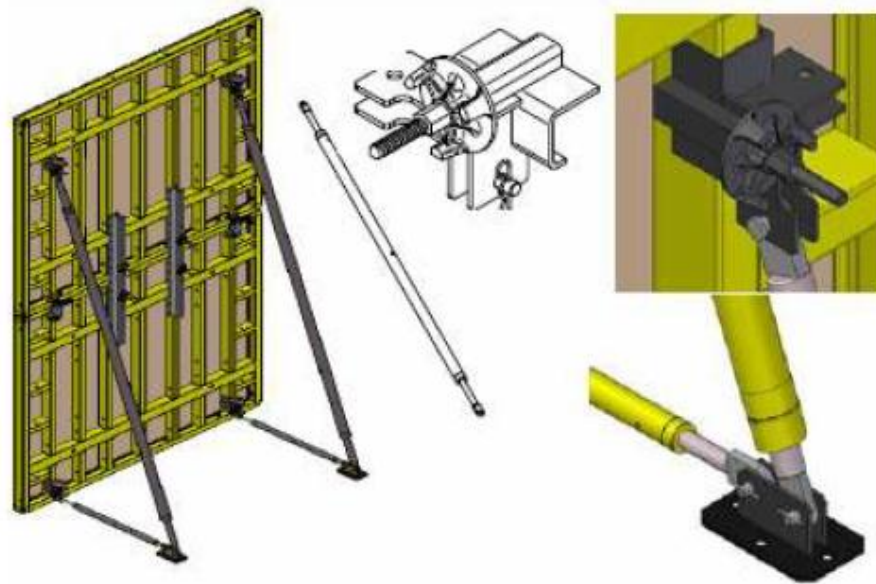


Figura 2.15 Puntales estabilizadores ORMA

Los anclajes entre paneles están compuestos por una barra de anclaje (15 o 20 mm de diámetro, según el diseño a realizar en obra), un cono, un tapón, un tubo distanciador y un obturador (ver figura 2.17)



Figura 2.16 Sistema de anclaje ORMA

Estos elementos poseen grandes resistencias a la tracción y son los encargados de unir las caras paralelas de los paneles evitando su abertura en el hormigonado.

Además existen elementos complementarios a este sistema que facilitan su adaptación a cualquier geometría de la obra como escuadras fijas, escuadras interiores y exteriores giratorias que permiten realizar encuentros de muros con el ángulo deseado.

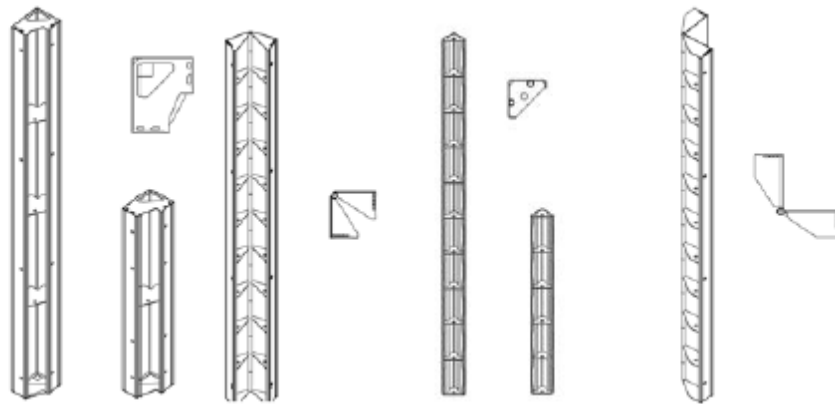


Figura 2.17 Escuadras de adaptación ORMA

Los orificios en el panel dejados por las barras de anclaje deben ser tapados para evitar una fuga de la lechada producida por el hormigón. Para esto, la barra de anclaje se envuelve con el tubo distanciador, al que a su vez se le coloca un obturador, que consiste en una pieza de plástico con anillos cilíndricos que recibe al tapón para completar la barrera que impide la salida de la lechada. El cono es la pieza encargada de sellar la barra, evitando que la lechada aprisione dificultando así su recuperación una vez descimbrado el muro. El tubo distanciador, que queda embebido en el hormigón, cumple además con la función de permitir una fácil recuperación de las barras de anclaje, evita que estas queden atascadas en el hormigón ya fraguado.



En edificaciones no conviene que queden perforaciones en muros exteriores, ya que un inadecuado relleno de ellos es una vía de humedad. Una solución posible a este problema es fabricar una pieza con una tuerca en cada uno de sus extremos tal que se pueda apernar una barra de anclaje por cada lado. El sistema para evitar la fuga de lechada es idéntico al explicado con anterioridad. Las tuercas, al estar unidas y separadas entre sí, permiten que entre ellas quede hormigón producto del relleno del muro, evitando así una perforación de lado a lado y entregando una solución al problema en cuestión. Hay que considerar que la pieza queda embebida en el hormigón, lo que aumenta los costos de la ejecución de los muros exteriores. Los huecos que quedan al retirar las barras de anclaje son rellenados con mortero.

La cara de contacto del encofrado con el hormigón corresponde a un tablero con recubrimiento fenólico, compuesto por madera contrachapada cubierta de un elemento plástico que evita la inserción de humedad, enemigo principal de este tipo de tableros. Posee 18 mm de espesor, asegurando una vida útil de 50 usos aproximadamente.

Desde el punto de vista de la seguridad, existen accesorios para el encofrado tomando en cuenta los principales riesgos en el uso de encofrados verticales. Estos son:

Caída de altura del personal en cualquiera de sus fases de ejecución.

Caída del encofrado: ya sea debido a fuertes vientos, desnivelación de apoyos, etc

Caída de encofrados por desprendimientos debido a golpes fortuitos, rotura de anclajes, etc.

Para enfrentar estos problemas se proponen 2 reglas de prevención:



1. Viento: es una de las principales causas de derribo de los encofrados, por lo que se debe de asegurar su estabilidad para velocidades medias entre 45 y 50 km/h como viento de servicio y 150 km/h como viento máximo.
2. Plataformas de trabajo de hormigonado. Para evitar la caída en altura se diseñó una plataforma libre de 120 cm de ancho y 110 cm de alto, que posee barandas, rodapiés y soporta 200 kg/m². Esta plataforma va dispuesta a ambos lados del encofrado.

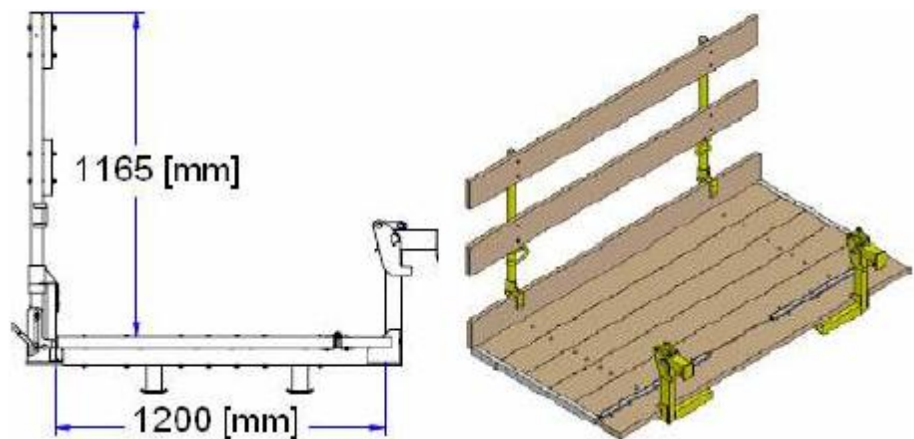


Figura 2.18 Plataforma de seguridad ORMA

Finalmente el peso promedio de este sistema considerando paneles, tablero y todas las piezas que conforman el moldaje es de 80 kg/m².



Obras realizadas en la ciudad de Lima

1) Torre Begonias



Figura 2.19 Torre Begonias

2) Hotel Westin Libertador



- 3) Edificios de oficinas Link Tower
- 4) Edificios Infinium Golf los Incas
- 5) Proyecto Universidad Pacífico, Jesús María
- 6) Montaje Cementos Lima

2.2.1.2 DOKA

Framax Xlife es el moldaje que ofrece la empresa DOKA. En edificios es utilizado para grandes muros de hormigón.

Sus paneles compuestos por marcos de acero de 12 cm de espesor (sin considerar espesor del tablero) con perfiles que forman una retícula cada 15 cm lo que permite que los elementos de este sistema se puedan combinar en sentido vertical y horizontal, creando así unidades de desplazamiento compactas.

Los marcos de acero de los paneles son galvanizados y con recubrimiento pulverizado que permite una fácil limpieza. Existen paneles de 4 alturas (ver figura 2.21) y 6 anchos diferentes.



Figura 2.20 Altura de paneles Framax

Estos son unidos mediante 2 tipos de grapas, la de uso rápido denominado Framax RU, y la de unión universal denominada Framax universal. Ambas requieren solo de un martillo como herramienta de trabajo. La primera es capaz de hacer uniones verticales con madera perfilada, mientras que la segunda puede ser utilizada para unir las compensaciones de madera entre paneles hasta 15 cm y unión de panel con tablón de madera hasta de 20 cm. Lo anterior lo refleja la figura 2.22.

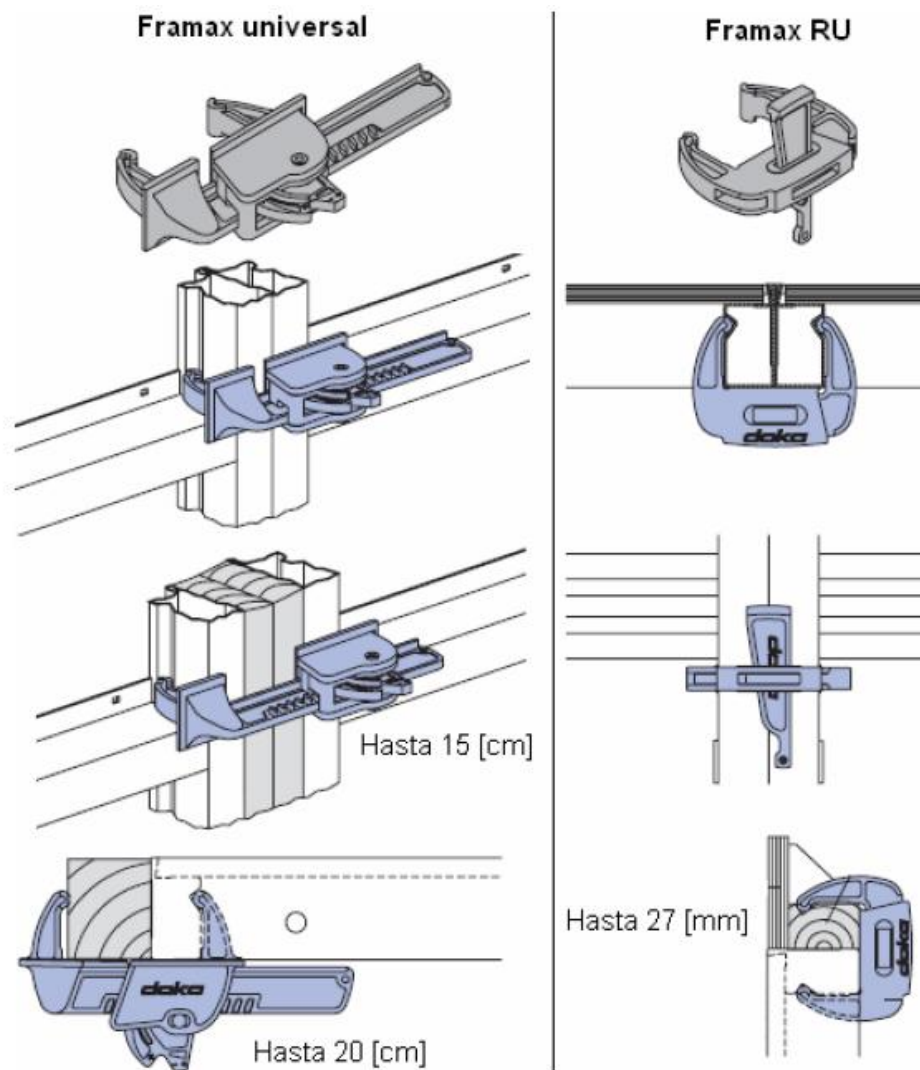


Figura 2.21 Grapas de unión de elementos Framax



La diferencia entre ellas son los esfuerzos que resisten, esto se ve representado en la siguiente tabla:

Tabla 2.03 Esfuerzos admisibles para cada tipo de grapa Framax

Grapa	Tracción (KN)	Corte (KN)
Framax RU	15	6
Framax universal	15	9

Además para unir paneles en sentido vertical se usan distintos números de grapas dependiendo de la altura del panel, es decir:

Tabla 2.04 Unión de elementos verticales Framax

Altura del elemento (m)	Número de grapas
0.9	2
1.35	2
2.7	2
3.3	3

Tabla 2.05 Unión de elementos horizontales Framax

Altura del elemento (m)	Número de grapas
0.3	1
0.45	1
0.6	2
0.9	2
1.35	2
2.4	2

El tablero consiste en una combinación de núcleo de madera contrachapada con un recubrimiento plástico de 1.5 mm, lo que evita la absorción de humedad y aumenta el número posible de usos. Es de 21



mm de espesor y, dependiendo del trato que se le dé en obra, su vida útil es de 60 usos aproximadamente.

La presión admisible de hormigón fresco que soportan los paneles para toda la superficie varía entre 60 y 80 kg/m², lo que equivale a una altura de 2.4m y 3.2m respectivamente.

Dependiendo de la capacidad requerida, el anclaje que se utiliza para los paneles, usando el sistema Doka 15.0 para presiones de 60 KN/m² y el sistema Doka 20.0 para 80 KN/m². La diferencia entre ellos es que la barra de anclaje posee diferente diámetro; de 15 y 20 mm respectivamente.

Para dar estabilidad y aplomado se utilizan los llamados puntales estabilizadores que van rotulados al suelo y a los paneles tal como se muestra en la siguiente figura:

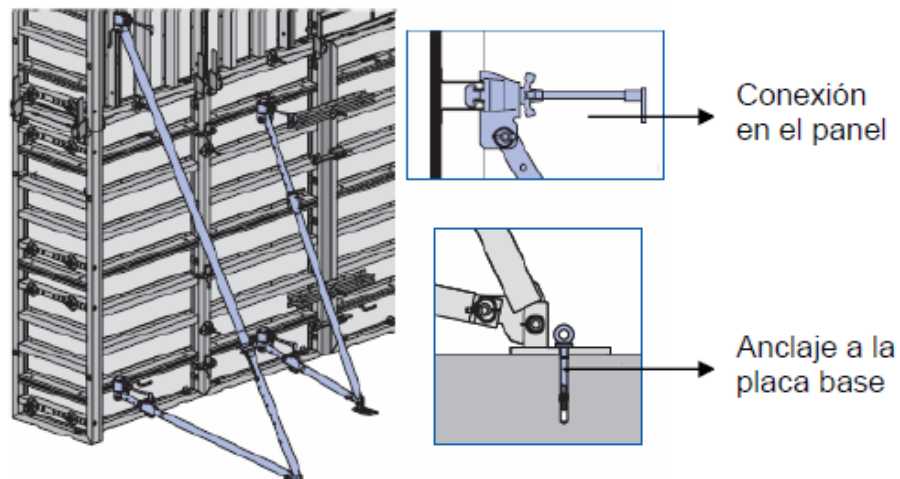


Figura 2.22 Puntales estabilizadores Framax

Desde el punto de vista de la seguridad, para evitar las caídas en altura se usa una plataforma de hormigonado plegable de 1.25 m de ancho. Esto permite trabajar con mayor comodidad y seguridad. Su sobre carga de uso admisible es de 1.5 KN/m² o 150 kg/m².

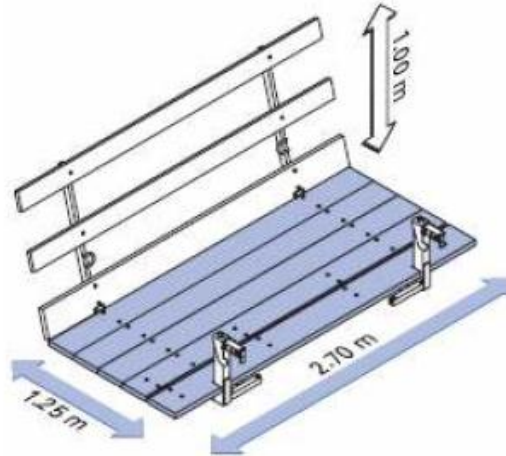


Figura 2.23 Plataforma de seguridad Framax

2.2.1.3 PERI

TRIO es el nombre del moldaje desarrollado por PERI para grandes puestas. Con pocas piezas y rápido armado aseguran una mayor velocidad de montaje de los encofrados.

Los paneles están conformados por perfiles de acero de 15 cm de espesor, que forman un marco rígido y reticulado, el cual va pintado permitiendo una mejor y más rápida limpieza. Poseen 3 alturas y 5 anchos diferentes. El más grande es de 2.7x2.4 m. esto permite generar una modulación que posee 2.7 m en la horizontal y varía en altura cada 30 cm en la vertical (ver figura 2.25). Por otra parte, los paneles son capaces de soportar una presión de hormigón fresco de 67.5 KN/m^2 , lo que equivale a una altura de 2.7 m del mismo material.

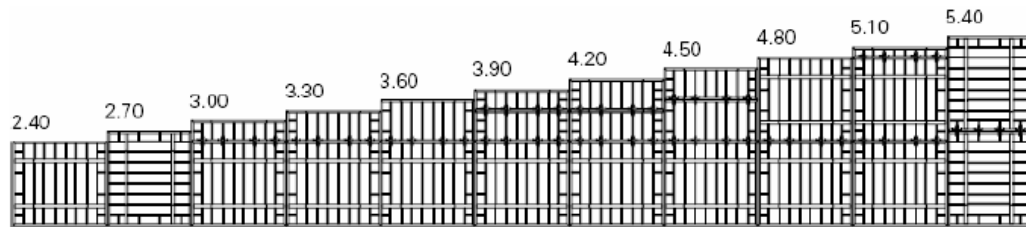


Figura 2.24 Modulación de encofrados TRIO

Para unir los distintos tipos de paneles se cuenta con una grapa de unión que, con el uso de un martillo, asegura un rápido ajuste y alineación de los paneles. Además, permite compensaciones de más de 10 cm y extensiones de madera de hasta 20 cm.



Figura 2.25 Grapa de unión PERI

Las distribuciones de grapas para las uniones verticales y horizontales se muestran en las siguientes tablas:

Tabla 2.06 Unión de elementos verticales TRIO

Altura del elemento (m)	Número de grapas
0.9	2
1.2	2
2.7	2



Tabla 2.07 Unión de elementos horizontales TRIO

Altura del elemento (m)	Número de grapas
0.3	1
0.6	1
0.9	2
1.2	2
2.4	2

Esta grapa resiste 15 KN a la tracción y 6 KN al corte.

El tablero es de madera contrachapada y va cubierto con un producto especial que evita que la humedad dañe la madera. Posee 21 mm de espesor lo que asegura una mayor vida útil, aproximadamente 50 usos en obra.

Para asegurar la presión admisible de 67.5 KN/m^2 , se disponen 2 líneas de anclaje en la vertical y 4 en la horizontal para paneles de hasta 2.7 m de altura, por lo que un panel completo usa 4 anclajes en total.

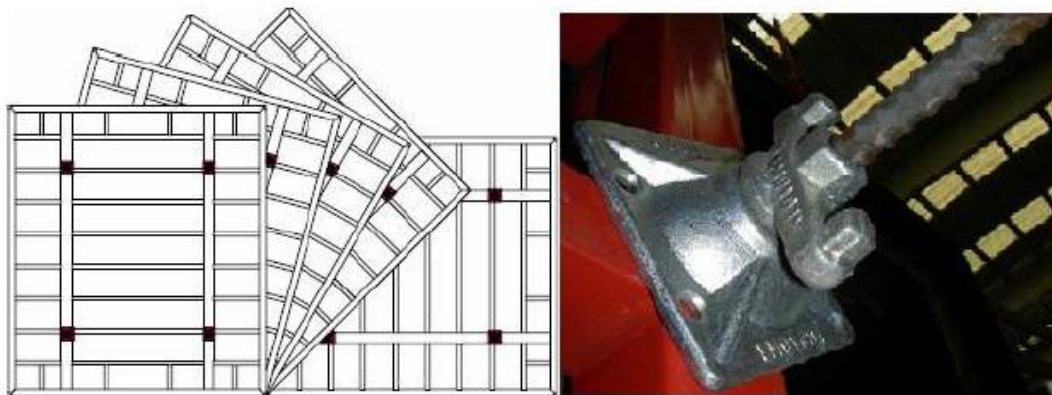


Figura 2.26 Disposición y sistema de anclaje TRIO



Al igual que los moldajes de las empresas anteriores, TRIO está calculado para trabajar con una velocidad de viento servicio de 50 km/h y máxima de 150 km/h.

El problema de la estabilidad y correcto aplomado del encofrado está resuelto mediante el uso de puntales ajustables que van rotulados al suelo y al panel. Permiten hacer correcciones de aplomado tanto en la parte baje como en la parte alta del panel. (Ver figura 2.28).

El peso promedio del encofrado, considerando las piezas descritas anteriormente, es de 70 kg/m².



Figura 2.27 Puntales estabilizadores TRIO



2.2.1.4 EFCO

A diferencia de los encofrados ofrecidos anteriormente por las empresas señaladas, el moldaje PLATE GIRDER de EFCO es metálico, es decir: tanto la estructura del panel como el tablero son de acero.

Los paneles tienen un espesor de 21.5 cm y poseen 6 alturas y 10 anchos diferentes, lo que junto a las variadas piezas de ajuste elimina el uso de compensaciones de madera en obra.

La conexión y alineamiento de los paneles se lleva a cabo mediante el perno rosca rápida, que es un fijador liviano y de rápido uso que se inserta en la unión de los paneles, se le coloca una tuerca y se aprieta utilizando una llave hexagonal. Cuando se requiere una conexión de uso más rápida se puede utilizar en combinación el denominado pasador rápido, que puede reemplazar muchas conexiones apernadas reduciendo aún más los tiempos de ensamble.

Uno de los beneficios que trae utilizar estos elementos de unión es que no se necesitan elementos externos que actúen como rigidizadores, ya que la capacidad de trabajo que posee el perno rosca es de 84.5 KN a la tracción y 40 KN al corte.

La cara de contacto del hormigón está compuesta por una lámina de acero de 5mm de espesor soldada al marco que conforma el panel. La vida útil teórica de estos paneles es muy alta, ya que supuestamente el acero siempre estaría trabajando en su rango elástico. Sin embargo, considerando las posibles abolladuras del moldaje y el trato que se les dé en obra, la vida útil sería de 150 usos aproximadamente.



El peso promedio del encofrado, considerando las piezas descritas anteriormente, es de 88 kg/m².

2.2.2 Rendimientos de los moldajes tradicionales

Los rendimientos de cada uno de los tipos de encofrados tradicionales detallados en el punto 2.2.1 se entregan en la tabla 2.08

Tabla 2.08 Rendimientos moldajes tradicionales

Empresa	Rendimientos (m ² /HD)	
	Por obra	Por arrendadores
ULMA	10 - 15	15 - 30
DOKA	10 - 15	15 - 30
PERI	10 - 15	15 - 30
EFCO	10 - 15	15 - 30

2.2.3 Problemas frecuentes en el uso de sistemas tradicionales

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

a) Nidos

Son producidos por un mal vibrado que genera una mala compactación del hormigón fresco, lo que obtiene como resultado sectores sin hormigón que son revelados al momento de descimbrar el encofrado.

Otro factor que puede provocar este problema es el agua, mortero o lechada a través de las juntas mal selladas. La lechada que se pierde por escape es reemplazada por cerca de 8 veces su volumen en



burbujas de aire, creando así grandes bolsas de aire, cambios de color y áridos expuestos en la superficie del hormigón.

Este problema es de mayor gravedad cuando el acabado de la construcción es de hormigón arquitectónico a la vista, ya que se deteriora la imagen del muro aun si son reparados.

La capacitación de los trabajadores es sin duda la mejor manera de evitar que ocurran este tipo de problemas; logrando que la colocación del hormigón sea efectuada por capas rellenando así todos los sectores del molde. Si se quiere tener una mayor seguridad de que el llenado quede correcto, se pueden utilizar plastificantes que aumentan la fluidez del material sin afectar su resistencia.

Si la densidad de la armadura es muy alta se puede recurrir a tecnologías como el hormigón auto compactante, que consiste en un hormigón muy líquido que permite cubrir cualquier sección solo con la acción de su propio peso y sin la necesidad de otro método de compactación. El problema es que demora más de 24 horas en alcanzar su resistencia mínima se apoyó, por lo que se debe diseñar con una baja razón agua/cemento (a/c), con cementos de alta resistencia o con aceleradores de fraguado.

b) Poco recubrimiento

Las denominadas calugas son las encargadas de asegurar un recubrimiento mínimo en los muros de hormigón. Si estos separadores no están colocados uniformemente en la armadura del muro, al momento de descimbrar, estas quedan a la vista o se caen de pedazos de hormigón que hacen que queden expuestas.



c) Poros en el hormigón

Son huecos pequeños que quedan en la superficie del hormigón 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 hormigón, 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

d) Fisuras en el hormigón

Las fisuras en el hormigón pueden ser producidas por variaciones de su volumen ya sea por una retracción hidráulica producto de la humedad o por retracción térmica producto de la temperatura. Para prevenirlas se debe asegurar un buen curado del hormigón manteniéndolo mojado con agua o cubierto con membranas de curado durante todo su proceso.

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.



e) Desplomes

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

2.4 Moldajes trepantes y auto trepantes

Los encofrados trepantes son la derivación de los tradicionales. Se usa un mismo panel que se afirma al muro endurecido por medio de pernos de anclaje que quedan insertos en el hormigón.

A pesar de que los moldajes trepantes marcaron un hito en la forma de trabajar con los moldes, disminuyendo los tiempos de montaje y descimbre, el uso de la grúa seguía siendo una limitante. Es por esto que se tecnificó incorporando gatos hidráulicos que hacían subir el moldaje independientemente de la grúa a través de rieles que se fijan al hormigón ya endurecido. A este sistema se le denominó auto trepante.

El sistema de paneles que utilizan los moldajes trepantes y auto trepantes de las distintas empresas en cuestión son los mismos.

2.4.1 Tecnología de los encofrados trepantes y autotrepantes

Los encofrados trepantes están compuestos por moldes de altura variable según las exigencias del edificio a construir. Estos van anclados a los muros ya hormigonados mediante pernos de anclaje que van siendo dejados en la etapa anterior.



El ciclo del moldaje es de 4 días aproximadamente, los que se distribuyen de la siguiente manera.

- Día 1: se colocan las enfierraduras
- Día 2: se prepara y se coloca el moldaje en el muro ya enfierrado
- Día 3: se hormigonea el muro
- Día 4: se espera que el hormigón alcance la mínima resistencia para poder empezar nuevamente el ciclo.

Si se quiere minimizar el tiempo de este ciclo, se puede construir la armadura en terreno, subirla ensamblarla y colocarla con la grúa a medida que va subiendo el molde trepante. Como en todo proceso constructivo inicialmente los tiempos pueden ser mayores, sin embargo, al ser un proceso repetitivo, la eficiencia va aumentando debido al aprendizaje que los operarios van ganando entre cada puesta.

Por otra parte, el encofrado auto trepante, desarrollado para la construcción de estructuras de gran altura sin la necesidad del uso de una grúa, consiste básicamente en un sistema trepante convencional, que a través de gatos hidráulicos suben el encofrado al siguiente nivel mediante rieles que van apoyados al muro ya hormigonado.

Con esta explicación sobre el funcionamiento del moldaje auto trepante, observamos que la gran ventaja es la independencia que tiene de la grúa, ya que esta es usada para realizar movimientos en las partidas de hormigón, fierros y moldajes. En consecuencia, al liberarla del traslado de encofrados, se necesitan menos recursos, lo que a la larga determina una disminución de los costos de la obra.

Para que este equipo sea rentable se requieren construcciones sobre los 120 m de altura, es por esto que en nuestro país no fueron



considerados. Sin embargo en países desarrollados como EEUU se utiliza esta tecnología para edificios de menor altura, la razón es que la mano de obra es más cara que en Perú.

2.4.2. Reseña histórica de los encofrados deslizantes

Las construcciones industriales, con sus diferentes tipos de obras elevadas, han constituido, desde un inicio y a lo largo de la historia, el principal campo de aplicación de los encofrados deslizantes.

Las primeras obras en las que se emplearon encofrados deslizantes fueron silos, en 1903, en Estados Unidos. Después en 1924, en Alemania y más tarde en la Ex Unión Soviética, siguieron con cortos intervalos, depósitos elevados de agua (Alemania, 1931), chimeneas de fábrica de forma cilíndrica (Alemania, 1932), presas (Alemania, 1933), faros (Alemania, 1939), infraestructura de puentes, torres de televisión, salas de máquinas, estructuras de edificios industriales, etc.

El método de los encofrados deslizantes se empezó a desarrollar notablemente desde que se mecanizó el sistema de elevación del encofrado con la introducción de instalaciones electrohidráulicas. A partir de allí, el método condujo a la reducción del costo y duración de la ejecución de las obras, y a importantes economías de mano de obra y materiales. En un inicio el sistema se utilizó solo para obras industriales, luego fue adaptado a la construcción de edificios de viviendas multifamiliares, lo que permitió reducir los tiempos de ejecución. Con el tiempo, el empleo de este sistema se fue extendiendo hacia una amplia gama de diferentes aplicaciones en el área de la construcción.



El uso de encofrados deslizantes para construcciones de concreto armado se inicia en nuestro país en el año 1954 (Gallegos, 1992), siendo la empresa "Cillóniz Olazábal Urquiaga S.A. (COUSA)" quien con autorización de la firma B.M. Heede, propietaria de la patente, introdujo las gatas hidráulicas (Sistema "C" Concretor) seis años después de su empleo en los Estados Unidos. La primera gran obra que se realizó con este sistema de elevación fueron los Silos para granos en el terminal marítimo del Callao en el año de 1955; dicha obra consta de una batería de 16 silos (celdas) circulares de 8 m de diámetro y 33.80 m. de altura; y además, en la parte delantera lleva un edificio de cabecera de 64.80 m. de altura dividido en seis pisos. Sin embargo hay que mencionar que utilizando un sistema de elevación en base a gatos de rosca de mando manual, fueron ejecutados el primer grupo de silos por Maltería Lima, cerca de Chaclacayo, provincia de Lima, Perú; lo mismo que los Silos de 2000 Ton c/u, que en dos grupos de a cuatro, tiene actualmente cementos Lima en Atocongo, Lima, los cuales fueron ejecutados por la firma Christiani & Nielsen (empresa Danesa) por el año de 1940 y que están actualmente en pleno uso.

En nuestro país los encofrados deslizantes han sido utilizados mayormente en la construcción de torres, reservorios elevados, silos (para cal, cemento, granos, minerales, etc) y estructuras industriales. Así como; en algunas pocas obras de edificación: Urbanización Ferrovianos, Distrito de María Isabel y Ciudad Satélite, Distrito de José Luis Bustamante y Rivero, en la ciudad de Arequipa.



2.5 Comparación entre sistemas de encofrados

Una vez finalizada la recolección de datos e información necesaria para comprender el funcionamiento y requerimientos de los encofrados se presentan sus ventajas y desventajas en los proyectos arquitectónicos a la hora de construir, determinando la rentabilidad y factibilidad, y así poder hacer la elección del sistema más viable.

La rentabilidad en los encofrados la define Martin (1969) como: el coste de la unidad m^2 de superficie encofrada para obras de hormigón comprendiendo la totalidad de los gastos de materiales, maquinaria y medios auxiliares, así como también los de mano de obra necesaria para la ejecución total de las operaciones de desencofrado, movimiento de material hasta su nueva posición, limpieza, eventual reparación, embadurnado con desencofrante y rencofrado.

Además se presentan las dimensiones más comunes utilizadas en la construcción de sistemas estructurales tipo pórtico de cada uno de los elementos, con el fin de ajustar la propuesta de encofrados a medidas estándares de uso permitiendo su adaptabilidad en proyectos futuros.

2.5.1. Recursos necesarios para el uso de encofrados de madera y metálicos

- **Mano de obra**

Para los encofrados de madera es necesario el empleo de mano de obra especializada, ya que necesita carpinteros expertos para



el momento que en obra fuese necesario la reparación o construcción de uno nuevo, debido a su desgaste o para ajustarse a las dimensiones del proyecto.

Inversamente al sistema tradicional los encofrados normalizados requieren de una mano de obra sencilla no especializada, por tanto puede ser realizada por cualquier obrero con previo entrenamiento, y además se hace fácil, en consecuencia de ser una actividad repetitiva el ensamblaje de las piezas.

Tabla 2.09 Mano de obra sistema tradicional. Fuente: elaboración propia

SISTEMA TRADICIONAL DE MADERA				
MANO DE OBRA	Capacitación			Justificación
	alta	media	baja	
Mano de obra calificada	X			Maestros carpinteros
Necesidad de entrenamiento	X			Para nivelación y reparación
No. De personas necesarias		X		2

Tabla 2.10 Mano de obra sistema normalizado. Fuente: elaboración propia

SISTEMA NORMALIZADO				
MANO DE OBRA	Capacitación			Justificación
	alta	media	baja	
Mano de obra calificada			X	Obreros
Necesidad de entrenamiento		X		Entrenamiento para el ensamblaje
No. De personas necesarias		X		2

Fuente: Revista "Construcción"



- **Herramientas y equipos**

Con respecto a este punto, en el uso de encofrado tradicional es necesario una serie de herramientas y equipos menores, que resultan de gran importancia para lograr buenos acabados en el elemento estructural, por el contrario en el encofrado metálico solo dependen de accesorios de anclaje y de fijación para mantenerlo estable y rígido para el momento del vaciado.

Tabla 2.11 Requerimientos del sistema. Fuente: elaboración propia

Requerimientos del sistema		
Recursos necesarios	Sistema tradicional de madera	Sistema normalizado
Mano de obra	Requiere ser especializada (carpinteros)	No requiere ser especializada
Equipos y maquinaria	Maderas: tablas y cuartones	Formaletas
	Clavos	Cuñas para conexión
	Cepillo de carpintero	
	Sierra de mesa	
	Niveles	
	Escuadra metálica	
	Martillo	
	SERRUCHO	
	Corbata	
Cinta métrica		
Almacenamiento		Barniz anticorrosivo

Fuente: Revista "Construcción"



- **Consideraciones económicas**

La realización de cualquier proyecto se enfrenta al problema económico de asignar recursos a diferentes alternativas, de tal manera que el beneficio sea el máximo, es por ello que se deben de analizar los costos de implantación de cualquier sistema de encofrados.

Estos costos influyen directamente en su fabricación dado que los encofrados de madera ameritan la permanencia de un personal especializado en carpintería para la ejecución de estos, considerando una vida útil de 4 o 5 usos.

A diferencia de los encofrados metálicos en donde su inversión inicial es bastante fuerte por el material usado y su fabricación, teniendo como ventaja su reutilización hasta unas 100 veces.

Siendo de esta manera evidente el bajo costo que representan los encofrados en madera en comparación con el metálico, cabe destacar que eso es así, siempre que, sea usado para volúmenes de construcción bajos, mientras que, el sistema normalizado tendrá un costo de inversión inicial alto pero justificable siempre que se use para numerosas construcciones.

2.5.2. 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 una evaluación tanto funcional como técnica del uso de estos sistemas.



- **Evaluación funcional**

Los criterios tomados en esta evaluación fueron 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 y la flexibilidad que tienen estos para ajustarse a los proyectos estructurales.

A continuación se presentan las tablas de evaluación del sistema tradicional y normalizado:

Tabla 2.12 Evaluación funcional sistema tradicional de madera

SISTEMA TRADICIONAL EN MADERA						
Factores		Comportamiento del sistema			Justificación	
		alta	media	baja		
Integridad	Cantidad de usos				x	No se puede exceder el uso de los encofrados
	Acciones climáticas	agua			x	La madera sufre mayor deterioro ante las acciones climáticas
		sol			x	
viento	x					
Seguridad	resistencia			x		Tiene que utilizarse buena madera y tener un mantenimiento adecuado
	Acciones indirectas	contaminación			x	
		fuego			x	
Flexibilidad	Ajustarse a dimensiones				x	La posibilidad de ajustarse a otros elementos siempre que sean maderas en buen estado y debido a reparaciones y ajustes necesarios para que sirvan crea mucho desperdicio.
	Constructivas			x		

Fuente: Revista "Construcción"



Tabla 2.13 Evaluación funcional sistema normalizado

SISTEMA NORMALIZADO						
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 anticorrosivos.
		sol	x			
		viento	x			
Seguridad	resistencia		x			Resisten muy bien tanto las cargas como las acciones externas que le puedan afectar
	Acciones indirectas	contaminación	x			
		fuego	x			
Flexibilidad	Ajustarse a dimensiones		x			De 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 2.13 Evaluación técnica sistema tradicional

Sistema Tradicional en madera				
Evaluación Técnica	Comportamiento			Justificación
	alta	Media	Baja	
Resistencia		x		Debido al deterioro por acciones climáticas y mecánicas
Posibilidad de reutilizar la formaleta			x	Por normativa, además del desgaste que sufre no permite un buen acabado
Facilidad de transporte	x			Poco peso
Facilidad de almacenamiento		x		Guardar en lugares secos libres de humedad
Cuidados en la manipulación		x		Al colocar las puntillas
Cantidad de mano de obra		x		2
Calidad de mano de obra	x			Son necesarios maestros carpinteros
Rendimiento de montaje			x	Un proceso largo debido a todas los requisitos para garantizar su correcto funcionamiento
Cuidado de montaje	x			Nivelación
Control de calidad	x			Aseguramiento de piezas de refuerzo y arriostramiento
Elementos que necesitan mantenimiento		x		Los tableros aplicación de aceites
Frecuencia de mantenimiento	x			Consecutivo cada vez que se utiliza el encofrado
Necesidad de técnicas especiales	x			Debido a las modificación necesaria que requieran para ajustarse a las dimensiones del elemento a encofrar

Fuente: Revista "Construcción"



Tabla 2.14 Evaluación técnica sistema normalizado

Sistema Normalizado 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			Desarmable por piezas para aligerar el peso
Facilidad de almacenamiento	x			con la aplicación de pinturas anticorrosión
Cuidados en la manipulación		x		No dar golpes a los moldes
Cantidad de mano de obra			x	Debido a que el sistema es sencillo de acoplar
Calidad de mano de obra			x	Obreros con entrenamiento previo
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"



- **Fabricación**

La fabricación de las formaletas metálicas es en talleres especializados para lograr la exactitud de los componentes del sistema, las cuales representan un encofrado prefabricado y llevados a obra para aplicar técnicas de construcción semi industrializada, por otra parte los encofrados de madera son elaborados en obra de forma tradicional con la participación de personal especializado tal como se indicó en el apartado de mano de obra.

- **Transporte de materiales en obra**

Tanto el encofrado de madera como los metálicos son de fácil transporte dentro de la obra siempre y cuando representen bajo peso, máximo de 35kg.



2.5.3 Ventajas y desventajas de los sistemas de encofrados

Tabla 2.15 Ventajas y desventajas de los encofrados

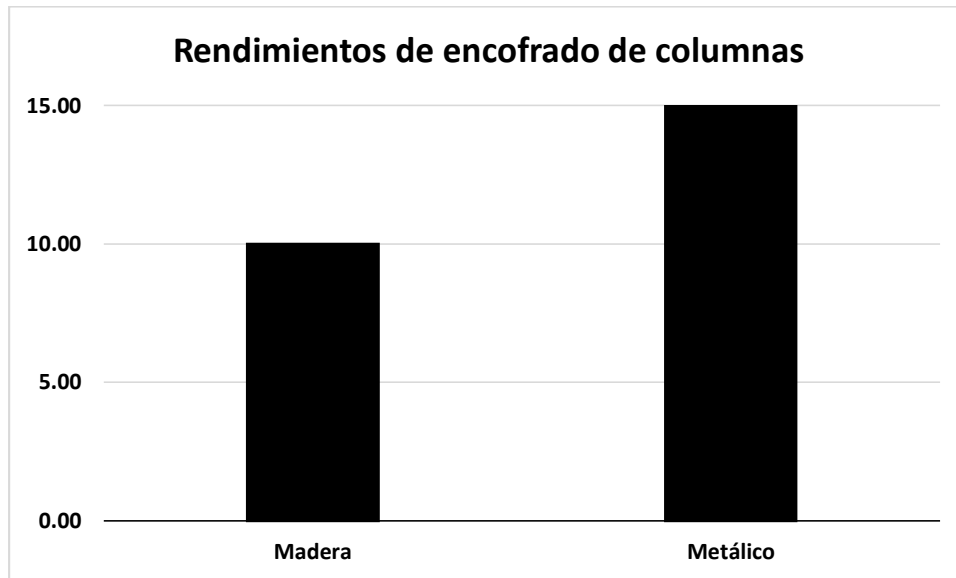
Ventajas y desventajas en los sistemas de encofrados			
Sistema tradicional		Sistema normalizado	
Ventajas	Desventajas	Ventajas	Desventajas
Construcción de encofrados en obra, con dimensiones precisas para del elemento estructural	No es de fácil adaptación a otras dimensiones	Fabricación fuera de obra por empresas especializadas para garantizar la exactitud en las piezas	Costo de inversión muy por encima del tradicional
Por su poco peso es de fácil transporte en obra	El deterioro del encofrado es muy rápido	No genera desperdicio en obra	Posee piezas pequeñas que se extravían fácilmente
Rentable en pequeñas empresas	Costoso si se tiene que emplazar varias veces durante la obra	Conexión por medio de pasadores, haciendo un procedimiento simple a un ritmo acelerado	La colocación de pernos puede demorar el proceso de ensamblaje
	Al armar el encofrado tiene muchos controles tanto de seguridad como técnico para el correcto funcionamiento	Fácil transporte en obra, ya que se diseña el modulo para que un solo obrero pueda manipular una formaleta	Mantenimiento de los pernos evitando la adherencia del concreto
	Se deteriora frente a las acciones climáticas	Posibilidad en usos es muy grande, dependiendo del trato en la manipulación del sistema	
	Las conexiones por medio de clavos deteriora la madera	Acabados en obra limpia a lo largo de la vida útil del encofrado	
	Genera mucho desperdicio al hacer, tanto reparaciones como ajustes, para poder utilizarla en otro elemento	Se usan pocas herramientas	
	Al desencofrar por ser un material texturizado existe mayor probabilidad de adherencia al concreto	La modulación de la formaleta se hace de fácil adaptación a otros elementos estructurales	
		Pueden ser utilizados para cualquier otro proyecto que sea de fácil adaptación de la formaletas	
		Gran capacidad de carga	

Fuente: Revista "Construcción"

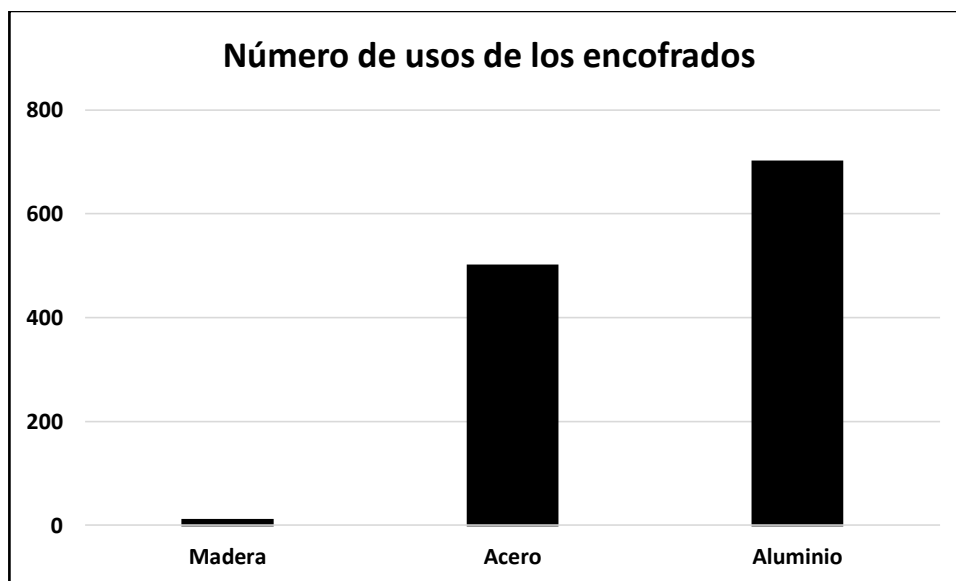


Capítulo IV: Resultados

A. Comparación de rendimientos de encofrados de columnas (m²/día)



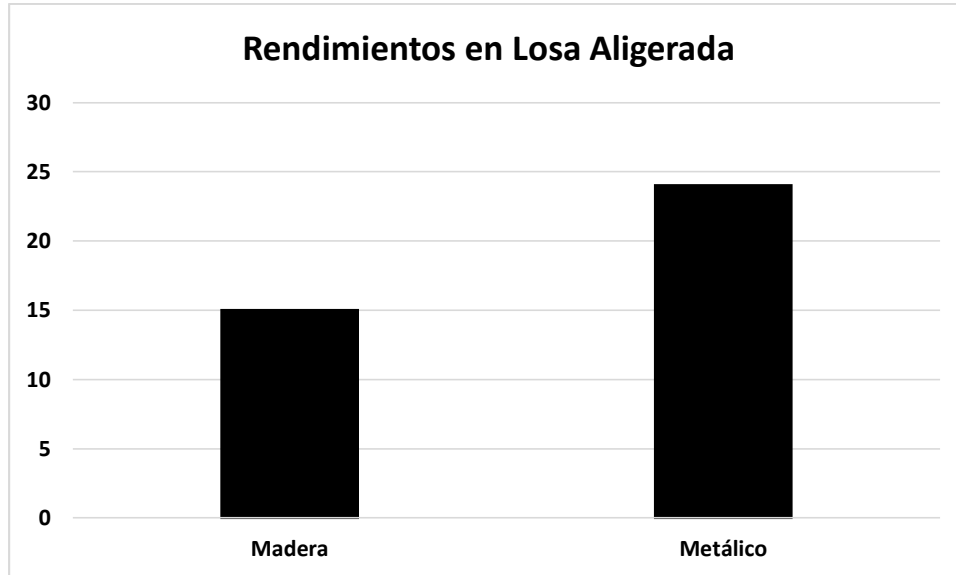
B. Comparación del número de usos de los encofrados



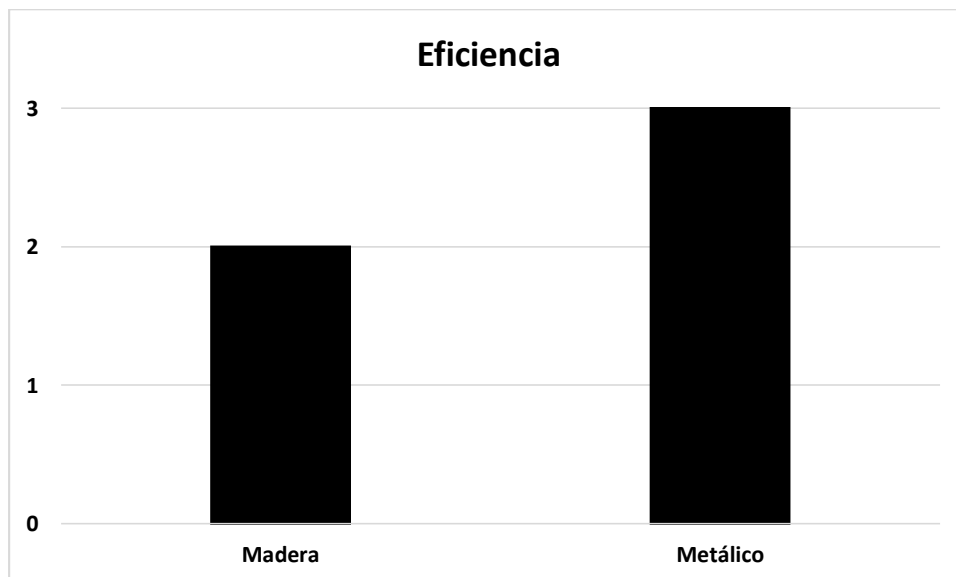
Fuente: Revista "Construcción"



C. Comparación de rendimientos en losas (m²/día)

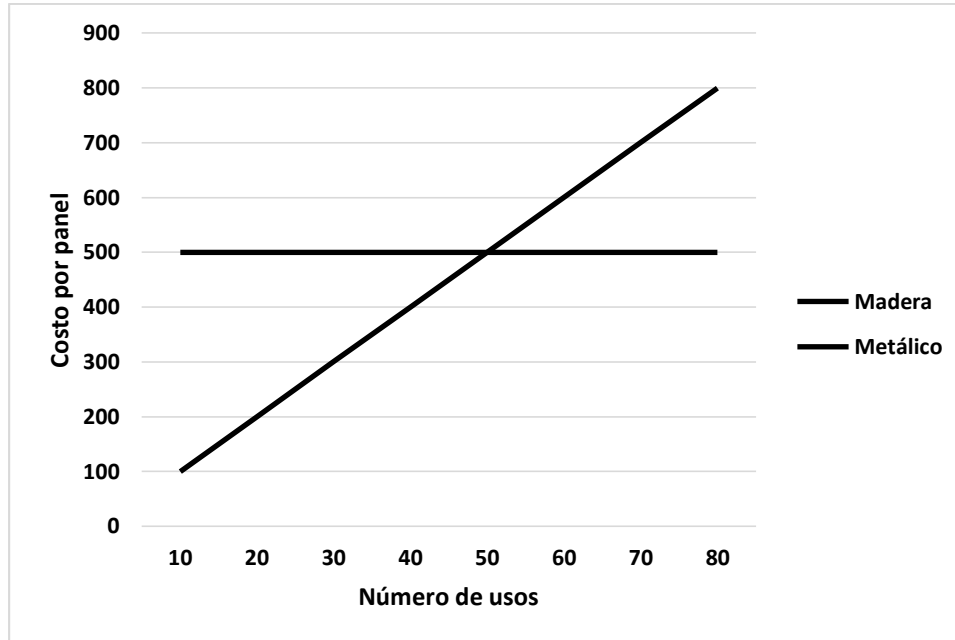


D. Eficiencia con respecto al tiempo

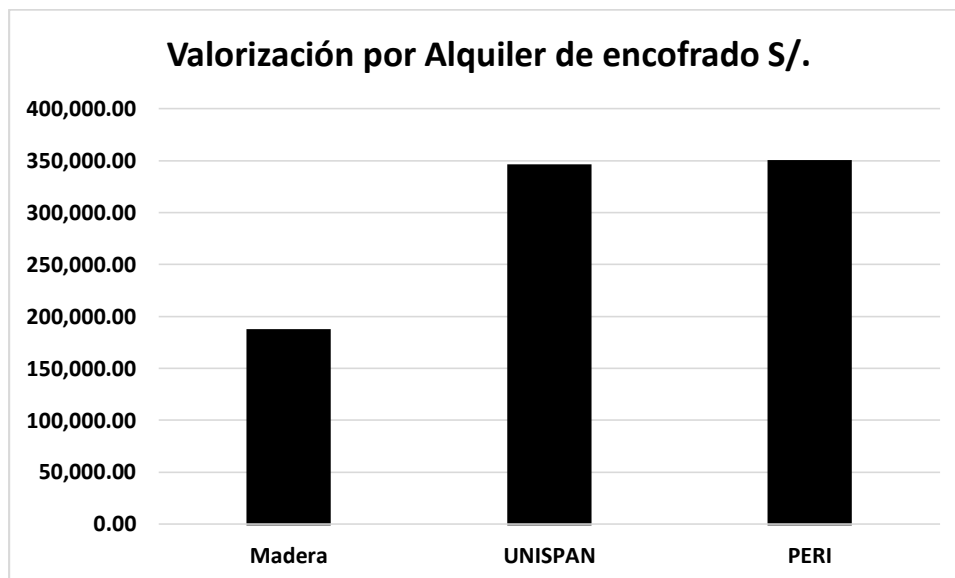




E. Comparación de costos de compra en los encofrados



F. Valorización del encofrado en edificio Las Palmas





G. Metrado de Columnas y Placas (ver planos anexo)

Columna	N° Veces	Perímetro	Altura	Área
C-4	1	3.40	21.45	72.93
C-1	6	2.00	21.45	257.40
C-2	8	2.40	21.45	411.84
C-3	4	2.60	21.45	223.08
				965.25
Placas				
PL-1	1	6.10	21.45	130.85
PL-2	2	5.80	21.45	248.82
PL-5	1	12.70	21.45	272.42
				652.08

H. Cuadro resumen del metrado y valorización del edificio

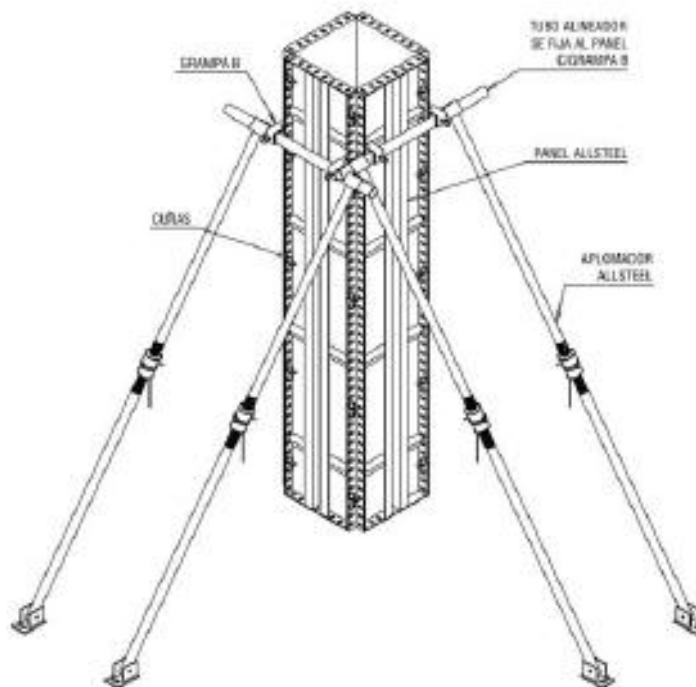
	Elemento	Metrado	PU. Madera	PU. UNISPAN	PU. PERI
Verticales	Columna	965.25	44.64	65.25	60.01
	Placas	652.08	53.73	98.78	100.01
Horizontales	Vigas	1,425.36	51.57	104.65	106.01
	Losa	1,195.25	29.20	57.52	63.00

	Elemento	Madera	UNISPAN	PERI
Verticales	Columna	43,088.76	62,982.56	57,924.65
	Placas	35,036.26	64,412.46	65,214.52
Horizontales	Vigas	73,505.82	149,163.92	151,102.41
	Losa	34,901.30	68,750.78	75,300.75
		186,532.14	345,309.73	349,542.34

Capítulo V: Discusión de Resultados

i. Comparación de Rendimientos de encofrados de columnas

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% más que los encofrados de madera, por su fácil colocación y el 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.





ii. Número de usos superior al tradicional

Los encofrados de aluminio presentan una mayor vida útil, debido al material con el que están fabricados generan varias ventajas sobre los encofrados de acero, una de estas es que requiere menor mantenimiento, debido a que el aluminio no se oxida tan rápidamente que el acero.

Otra ventaja es que generan menos residuos que otros tipos de encofrado, por lo que se alargan el número de usos.

iii. Eficiencia con respecto al tiempo

Como el rendimiento es superior en los encofrados metálicos, esto permite que el encofrado se realice en menor tiempo por ejemplo:

Rendimiento encofrado de columnas de madera: 10 m²/día

Rendimiento encofrado de columnas de acero: 15 m²/día

Si tenemos 60 m² de superficie de columnas a encofrar

$$\text{Madera} = \frac{60 \text{ m}^2}{10 \text{ m}^2/\text{día}} = 6 \text{ días}$$

$$\text{Acero} = \frac{60 \text{ m}^2}{15 \text{ m}^2/\text{día}} = 4 \text{ días}$$

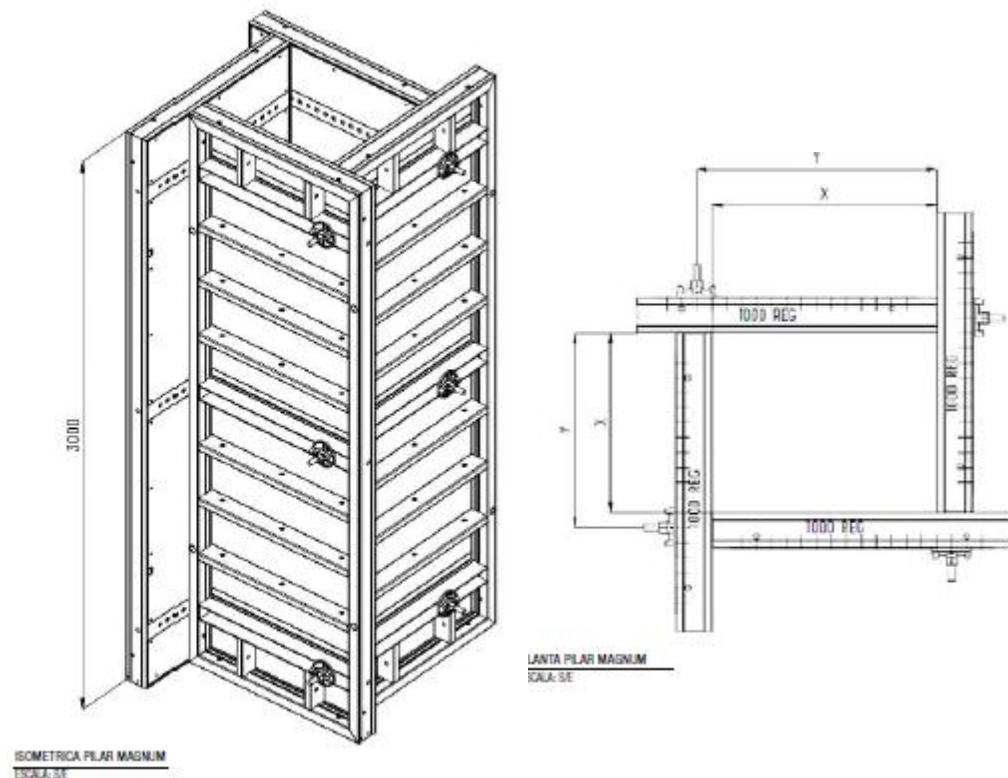
Relación con respecto al tiempo:

$$\frac{\text{Madera}}{\text{Acero}} = \frac{3}{2}$$



Además de otros factores como que no se necesita de mano de obra especializada, por lo que se puede empezar a encofrar sin la necesidad de esperar al especialista en encofrados.

Otro factor es que los modulos metálicos pueden adoptar diferentes dimensiones de acuerdo a lo que requiera el solicitante, lo que no puede hacer la madera, ahorrándonos tiempo en el transporte.



iv. Comparación respecto a la compra de encofrados

Con respecto a la compra, debido al material y al número de usos elevado de los encofrados metálicos, esto hace que el costo de compra del encofrado sea elevado, por varias razones:



- El costo de fabricación es mayor que el encofrado de madera
- Conocimiento del fabricante en el beneficio del uso de los encofrados metálicos a largo plazo.

Si nos proyectamos en relación al número de usos sabemos que la madera tiene alrededor de 10 usos, después de los cuales se tiene que renovar nuevamente hasta así completar otros 10 usos, por lo cuales se va acumulando el gasto de inversión, hasta que en un momento el acumulado en gastos por compra de madera va a superar a la inversión única inicial que se hizo en el encofrado metálico.

Para 1000 usos:

En el encofrado metálico $Y = f(x) = \text{constante}$

En el encofrado de madera

Como la madera rinde solo 10 usos el costo de la compras para su renovación se van sumando, donde el acumulado representa una función lineal creciente

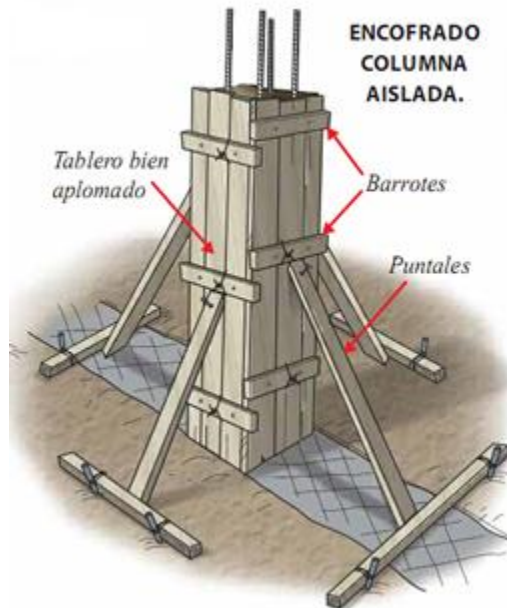
v. Comparación respecto al alquiler

Observamos en el gráfico que la valorización en los encofrados metálicos resulta ser mucho mayor que los encofrados de madera y esto es debido a que una de las características principales de los encofrados metálicos es su alto rendimiento, reduciéndose el tiempo y el número de personas necesarias para el encofrado con respecto a los de madera.



vi. Comparación de encofrados en columnas

a. Encofrado de madera



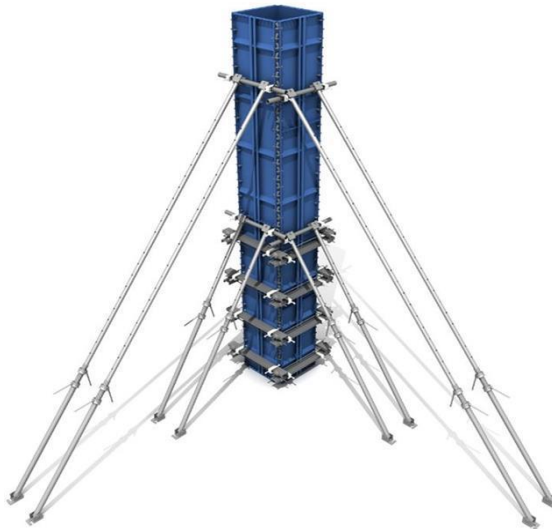
Material: madera

Rendimiento: 10 m²/día

Mano de obra: calificada

Unidad de medida madera:
pies²

b. Encofrado metálico



Material: acero o aluminio

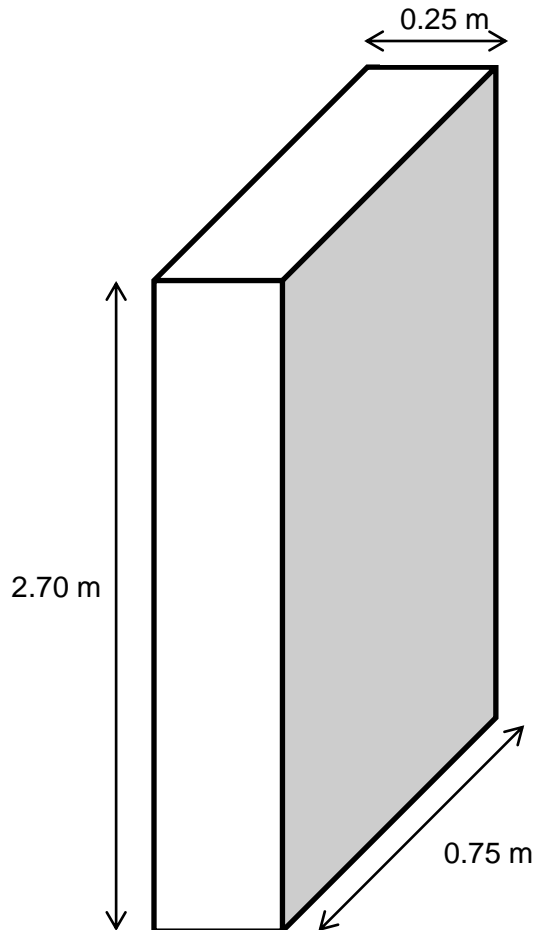
Unidad de medida: m²

Rendimiento: 15 m²/día

Mano de obra: no calificada



Cálculo del encofrado de la columna "C1" (ver planos de cimentaciones)



Perímetro de la cara superior:

$$2(0.25 + 0.75) = 2.00 \text{ m}$$

Altura: 2.70 m

Área: Perímetro x altura

$$2.00 \times 2.70 = 5.40 \text{ m}^2$$

P.U. Encofrado (m²):

Madera: S/. 44.64

Metálico: S/. 65.25

Total: P.U. Encofrado x Área

$$\text{Total Madera: } 5.40 \times 44.64 = \text{S}/.241.06$$

$$\text{Total Metálico: } 5.40 \times 65.25 = \text{S}/.352.35$$

P.U. Encofrado (Precio Unitario del Encofrado)



Capítulo VI: Conclusiones

- Los encofrados metálicos son más costosos que los encofrados de madera, pero a largo plazo resulta más rentable debido a que se pueden reutilizar más veces que los encofrados de madera.
- El encofrado tradicional de madera representa un alto costo en la construcción, siempre que tenga que ser reemplazado varias veces durante el proceso, en donde su uso no puede ser mayor de diez veces debido a que el material se daña.
- Se generan mayores desechos en los encofrados de madera, debido a que la madera es más frágil y sensible a las herramientas utilizadas en el desencofrado.
- El rendimiento en los encofrados metálicos es mayor que los encofrados tradicionales.



Capítulo VII: Recomendaciones

- Para futuras investigaciones, realizar estudios de la aplicación de los encofrados metálicos en provincias.
- Realizar ensayos comparativos sobre la capacidad de carga de los encofrados metálicos.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1) Silva, RP: “Estudio de alternativas de moldaje para una obra en altura y/o repetitiva”, Memoria para optar al título de Ingeniero Civil, Universidad de Chile, 1985.
- 2) Quezada, JJ: “Técnicas constructivas de encofrados deslizantes para aplicaciones de hormigón arquitectónico. Comparación con moldes trepantes”, Memoria para optar al título de Ingeniero Civil con diploma en Ingeniería y gestión de la Construcción, Pontificia Universidad Católica de Chile, 2002
- 3) Marco Besomi Molina: “Comparación técnica y económica entre moldajes trepantes y otros tipos de moldajes especializados para su uso en construcción de edificios”, Memoria para optar al título de Ingeniero Civil, Universidad de Chile, 2009
- 4) Saenz. “Procesos Constructivos”, Universidad Nacional de La Plata, 2011
- 5) OSALAN. “Guía Práctica de encofrados” Instituto Vasco de Seguridad y Salud Laborales, 2007



ANEXOS

A. Análisis de Costos unitarios

ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE COLUMNAS						
Rendimiento = 10 m ² /día					Costo por m² = 44.64	
Ecuación a usar = 0.1 Cp + 1.0 Op + 1.0 Of						
			Un.	Cantidad	P.U.	Parcial
Mano de Obra						25.31
30	Capataz		HH	0.08	20.70	1.66
72	Oficial		HH	0.80	13.65	10.92
76	Operario		HH	0.80	15.92	12.74
Equipo						1.27
855	Herramientas manuales	%MO		5.00		1.27
Materiales						18.07
3909	Alambre negro #8		kg	0.30	4.24	1.27
3149	Clavos de 2" a 4"		kg	0.31	4.24	1.31
14064	Madera tornillo larga		p2	5.16	3.00	15.48

ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE VIGAS						
Rendimiento = 9 m ² /día					Costo por m² = 51.57	
Ecuación a usar = 0.1 Cp + 1.0 Op + 1.0 Of						
			Un.	Cantidad	P.U.	Parcial
Mano de Obra						28.13
30	Capataz		HH	0.0889	20.70	1.84
72	Oficial		HH	0.8889	13.65	12.13
76	Operario		HH	0.8889	15.92	14.15
Equipo						1.41
855	Herramientas manuales	%MO		5.00		1.41
Materiales						22.04
3909	Alambre negro #8		kg	0.21	4.24	0.89
3149	Clavos de 2" a 4"		kg	0.24	4.24	1.02
14064	Madera tornillo larga		p2	6.71	3.00	20.13



TESIS: "ANÁLISIS DE COSTOS Y EFICIENCIA DEL EMPLEO DE ENCOFRADOS METÁLICOS Y CONVENCIONALES EN LA CONSTRUCCIÓN DE EDIFICIOS EN LA CIUDAD DE LIMA"

ENCOFRADO Y DEENCOFRADO DE LOSA ALIGERADA						
Rendimiento = 15 m ² /día				Costo por m ² =		29.20
Ecuación a usar = 0.1 Cp + 1.0 Op + 1.0 Of						
			Un.	Cantidad	P.U.	Parcial
Mano de Obra						16.87
30	Capataz		HH	0.0533	20.70	1.10
72	Oficial		HH	0.5333	13.65	7.28
76	Operario		HH	0.5333	15.92	8.49
Equipo						0.84
855	Herramientas manuales	%MO		5.00		0.84
Materiales						11.48
3909	Alambre negro #8		kg	0.10	4.24	0.42
3149	Clavos de 2" a 4"		kg	0.11	4.24	0.47
14064	Madera tornillo larga		p2	3.53	3.00	10.59

ENCOFRADO Y DEENCOFRADO DE PLACAS						
Rendimiento = 9 m ² /día				Costo por m ² =		53.73
Ecuación a usar = 0.1 Cp + 1.0 Op + 1.0 Of + 1.0 P						
			Un.	Cantidad	P.U.	Parcial
Mano de Obra						39.07
30	Capataz		HH	0.0889	20.70	1.84
72	Oficial		HH	0.8889	13.65	12.13
76	Operario		HH	0.8889	15.92	14.15
79	Peón		HH	0.8889	12.31	10.94
Equipo						1.95
855	Herramientas manuales	%MO		5.00		1.95
Materiales						12.71
3909	Alambre negro #8		kg	0.20	4.24	0.85
3149	Clavos de 2" a 4"		kg	0.18	4.24	0.76
14064	Madera tornillo larga		p2	3.70	3.00	11.10



TESIS: "ANÁLISIS DE COSTOS Y EFICIENCIA DEL EMPLEO DE ENCOFRADOS METÁLICOS Y CONVENCIONALES EN LA CONSTRUCCIÓN DE EDIFICIOS EN LA CIUDAD DE LIMA"

ENCOFRADO Y DEENCOFRADO METÁLICO DE COLUMNAS						
Rendimiento = 15 m ² /día				Costo por m ² =		67.92
Ecuación a usar = 0.1 Cp + 1.0 Op + 1.0 P						
			Un.	Cantidad	P.U.	Parcial
Mano de Obra						16.16
30	Capataz		HH	0.0533	20.70	1.10
76	Operario		HH	0.5333	15.92	8.49
79	Peón		HH	0.5333	12.31	6.56
Equipo						0.81
855	Herramientas manuales	%MO		5.00		0.81
Materiales						50.95
3909	Alambre negro #8		kg	0.02	4.24	0.08
3149	Desmoldante Chemalac		gln	0.04	32.10	1.28
3150	Curador de concreto		gln	0.04	4.90	0.20
14064	Encofrado metálico		m ²	1.00	49.39	49.39

Fuente: Revista "El Constructivo"



B. Cotización de encofrados metálicos



Sres.

PERI PERUANA SAC

Av. El Sol Mz. LL2 Lt.2 Puerta N°5

Lima

PRESUPUESTO: 140562-01A del 02/09/2014

Alq. Por unidad

PERI PERUANA SAC

Av. El Sol Mz. LL2 Lt.2 Puerta N°5

(Alt. Km. 19.5 Antigua Panamericana Sur)

Villa El Salvador, Lima – Perú

Tel/fax: 0051-1-2552200

Obra: Las Palmas del Golf

REF: Elementos verticales y horizontales

01 ELEMENTOS VERTICALES

01.01 Muro 02 caras

Hmax=2.7m

Incluye: paneles, elementos de unión, estabilizadores y consolas de vaciado.

Los remates de madera son por cuenta del cliente

Unidad.

Pr. Alquiler Mensual S/.

M2

30.003

01.02 Columnas

1.10x0.30m/Hmáx=2.7m/04 Juegos

Incluye: piezas de estabilización y consolas para vaciado.

Los remates de madera son por cuenta del cliente.

Sistema PERI-HANDSET

M2

60.006

01.03 Consola Ligera

Las tablas para la plataforma y barandas son por cuenta de la obra.

Sistema PERI-TREPA

Un

30.003



Sres.

PERI PERUANA SAC

Av. El Sol Mz. LL2 Lt.2 Puerta N°5

Lima

PRESUPUESTO: 140562-01A del 02/09/2014

Alq. Por unidad

PERI PERUANA SAC

Av. El Sol Mz. LL2 Lt.2 Puerta N°5

(Alt. Km. 19.5 Antigua Panamericana Sur)

Villa El Salvador, Lima – Perú

Tel/fax: 0051-1-2552200

Obra: Las Palmas del Golf

REF: Elementos verticales y horizontales

02 ELEMENTOS HORIZONTALES

02.01 Soporte de Losa Aligerada

H_{max}=2.7m

El material será rotado del sótano hacia los pisos superiores

Incluye: viga primaria, secundaria, cabezales, puntales y trípodes

El fenólico de contacto será por cuenta del cliente

Unidad

Pr. Alquiler

Mensual S/.

M2

10.500

02.02 Soporte de Viga Peralta

H_{máx}=2.1m/04 Juegos

Incluye: viga primaria, secundaria, cabezales, puntales y trípodes

El fenólico de contacto será por cuenta del cliente

Sistema PERI-MULTIFLEX

M2

20.001

02.03 Lateral de Viga

La solución incluye barras, tuercas, elementos de unión y alineamiento, estabilización.

Los remates de madera de ser necesarios serán por cuenta del cliente

Presión máxima de hormigonado 40 KN/m²

Peso del sistema con accesorios 30 kg/m²

Sistema PERI-HANDSET

M2

33.002



Referencia: Cotización N° 14-598-01 Residencial Las Palmas

Los equipos de encofrado ofertado tienen las siguientes características:

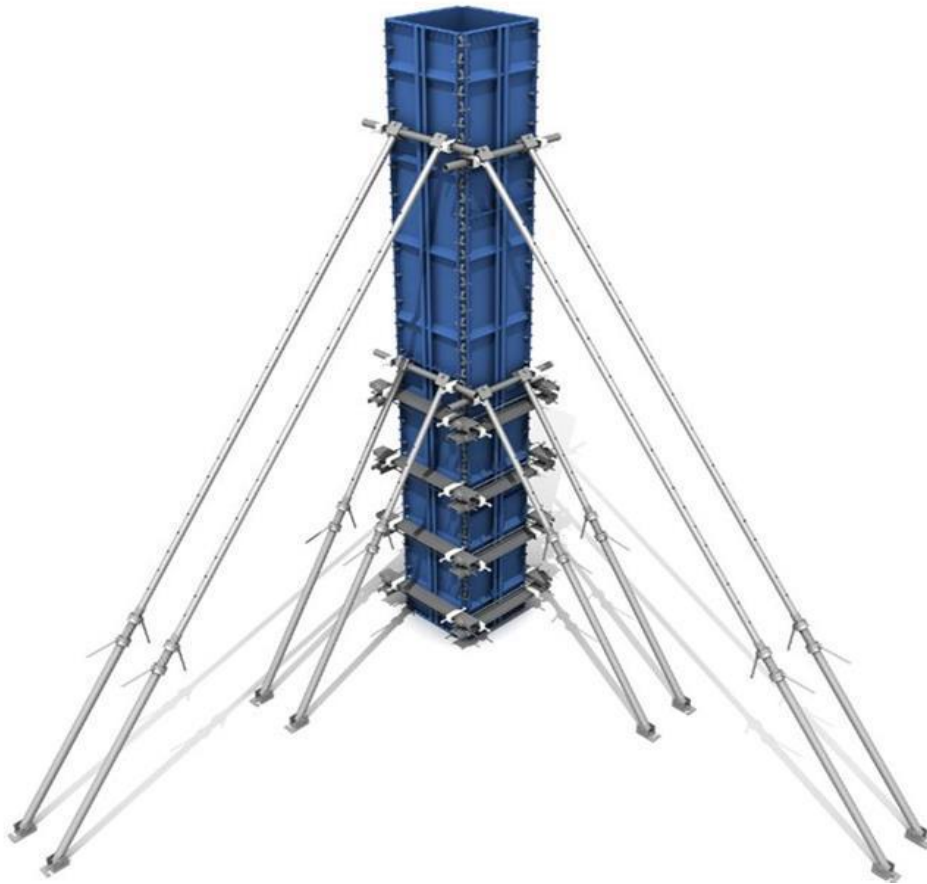
ENCOFRADO PARA COLUMNAS.

- Los **paneles 100% metálicos** vienen disponibles en diversas medidas y permiten modular columnas de dimensiones y alturas variables. Se acoplan fácilmente mediante juegos de cuña
- En columnas cuyos lados son menores a 600 mm **no es necesario emplear tirantes** separadores entre los paneles de encofrado. Cuando las dimensiones son mayores, los tirantes pueden ser internos o externos, según la densidad del acero de refuerzo presente en la columna.
- Las alzaprimas push-pull permiten aplomar la columna por dos de sus cuatro caras.
- El único elemento consumible es el botón plástico, que se emplea para tapar los agujeros del panel. La vida útil de los mismos es de seis usos.
- Los tirantes separadores son 100% recuperables y se extraen luego del vaciado, sin emplear herramientas especiales.

Alquiler Mensual por m² de Encofrado de Columnas Rectangulares:

Columnas H=4.50m: **S/ 32,55 + IGV**

Nota: Los únicos elementos consumibles son los botones plásticos cuyo costo por metro cuadrado es S/0.14 + IGV.



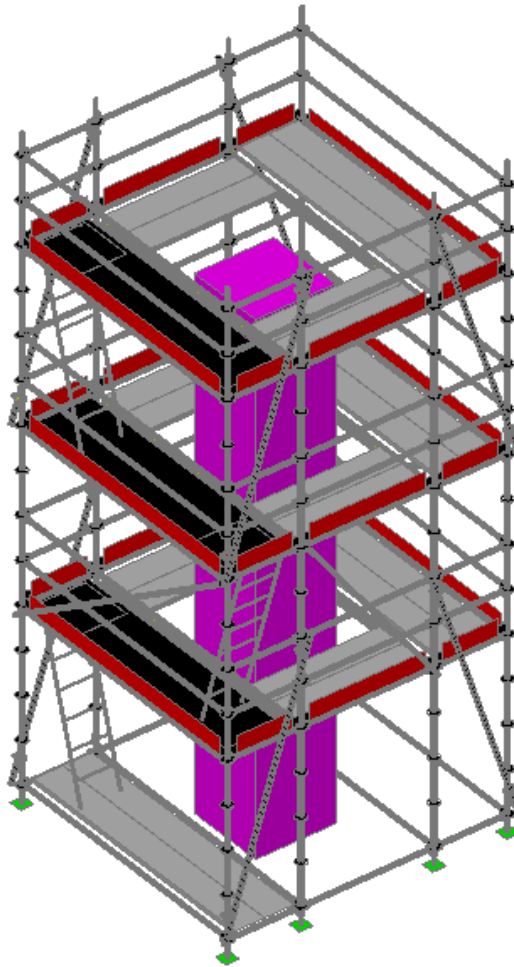
ANDAMIOS PARA COLUMNAS.

- Los Andamios AMD, son fabricados por Pilosio SpA y cuentan con certificación europea en base a las normas EN-12810-1:2004 y EN-12811-1:2004, las cuales establecen directivas en cuanto a las especificaciones técnicas de los productos, los métodos de diseño, los materiales y los ensayos de carga que deben reunir los andamios de componentes prefabricados.

Alquiler Mensual por juego de Andamios de Trabajo para columnas:

Andamio de Trabajo H=4.50m: **S/. 900,64 + IG**

Andamio de Trabajo H=8.00m: **S/. 1,514.10 + IG**



ENCOFRADO PARA PLACAS A DOS CARAS – SISTEMA ALL STEEL.

- Es muy versátil. Los paneles y esquineros disponibles en diversas medidas, permiten modular muros de diversas formas geométricas y alturas.
- **El sistema puede ser operado tanto manualmente como con grúa.** Cuando se dispone de una grúa en obra, los paneles se pueden ensamblar y trasladar en módulos entre cada vaciado, sin desarmarlos en componentes individuales.



- Los paneles 100% metálicos permiten obtener superficies vaciadas uniformes.
- **Los tirantes separadores son 100% recuperables** y se ofrecen en alquiler, lo que permite obtener costos muy competitivos.
- Menor cantidad de juntas en los paneles. El panel más grande mide 2400x600 mm.
- Disponen de ménsulas para el vaciado, que se acoplan a los paneles (primer y segundo piso).
- Las ménsulas de muro y barandas, conforman plataformas de trabajo muy seguras para el encofrado de los muros perimétricos externos del segundo piso.





- Incluye los siguientes elementos: paneles y esquineros metálicos con sus respectivos elementos de unión (juego de cuñas), canales, tubos y mordazas metálicas para alineamiento, puntales para el aplome, tirantes separadores recuperables.

Alquiler mensual por m² de equipo: S/ 26,61 + IGV

Nota: Los únicos elementos consumibles son los botones y conos plásticos cuyo costo por metro cuadrado es **S/ 0,27 + IGV.**

ENCOFRADO PARA PLACAS A DOS CARAS – ENCOFRADO CURVO

- El sistema Uniflex es un encofrado para muros curvos de estructuras tales como cimentaciones, reservorios, silos, tanques elevados, piscinas, pozos y muros arquitectónicos.
- Los paneles pueden curvarse ya que solamente poseen refuerzos verticales.
- La curvatura se obtiene a través de los tubos de andamio que se suministran en base a las dimensiones y necesidad específica del proyecto.

Alquiler mensual por m² de equipo: S/ 21,61 + IGV

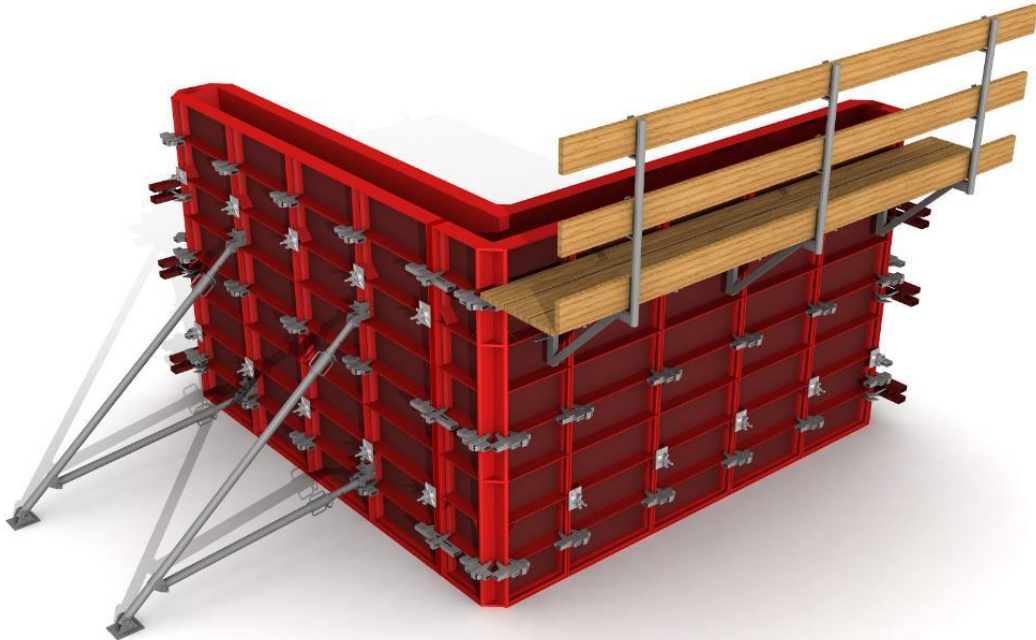




ENCOFRADO PARA PLACAS A DOS CARAS – SISTEMA DUO

- Los paneles del sistema DUO están conformados por un bastidor metálico que le confiere rigidez al sistema y una placa fenólica de 15 mm como superficie de contacto. La combinación de ambos materiales hacen que el sistema sea muy ligero (32 kg/m²).
- Está diseñado para soportar una presión de vaciado máxima de 60 KN/m².
- El encofrado DUO utiliza únicamente tres accesorios para el armado: cerrojo, barra y tuerca.

Alquiler mensual por m² de equipo: S/ 49,39 + IGV

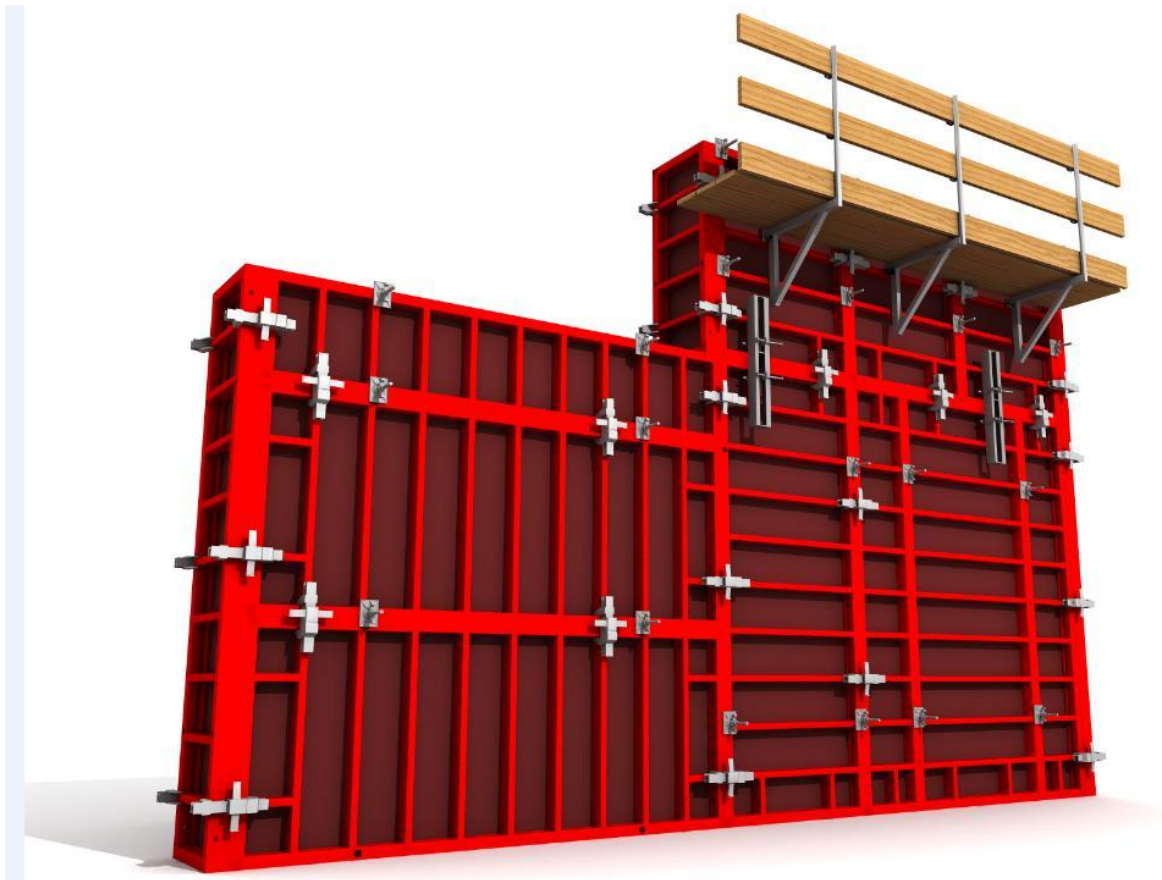


ENCOFRADO PARA PLACAS A DOS CARAS – SISTEMA MAGNUM.

- El sistema **MAGNUM** es la solución ideal para obras industriales donde se requiera encofrar rápidamente grandes superficies mediante el uso de una grúa.



- Los paneles están conformados por bastidores metálicos muy resistentes y una placa fenólica de 18 mm de espesor.
- Los cerrojos permiten unir y alinear los paneles en forma simultánea, con lo cual no se requiere utilizar perfiles de alineamiento. Cada panel **cubre un área de 7,2m²**.
- **El rendimiento del Sistema Magnum es de 100 m² por pareja.**
- Disponen de ménsulas para el vaciado, que se acoplan directamente a los paneles.



Alquiler mensual por m² de equipo: S/ 39,99 + IGV

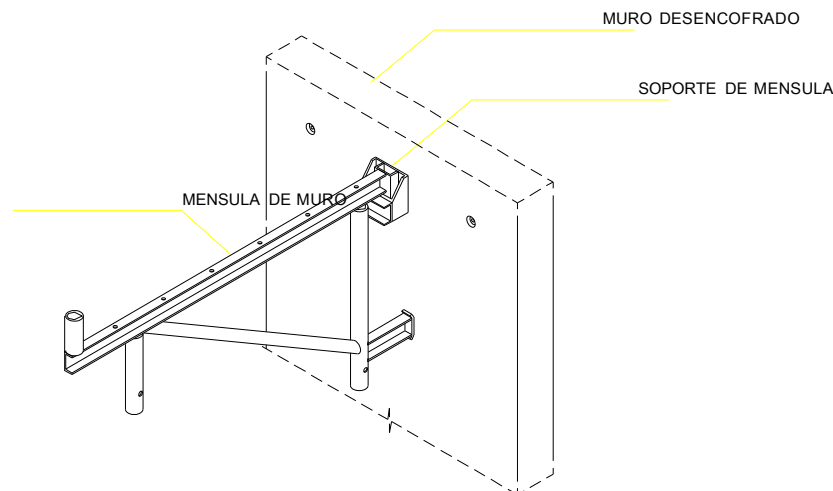


Opcional: Mensuras de Muro.

- Las mensuras de muro sirven para conformar superficie de trabajo cuando se encofran placas perimétricas en niveles superiores. Se fijan al muro vaciado mediante el soporte de ménsula y anclajes recuperables o tirantes.
- La longitud efectiva de la plataforma de trabajo es aproximadamente 1,20m.
- El número de mensuras estará en función de la longitud requerida de superficie de trabajo, teniendo en cuenta que las mensuras se disponen a cada 1,20m.
- El valor incluye un tubo de andamio de 1.00m con orejas en el extremo para la fijación de la línea de vida.

Ménsula de Muro con baranda (und):

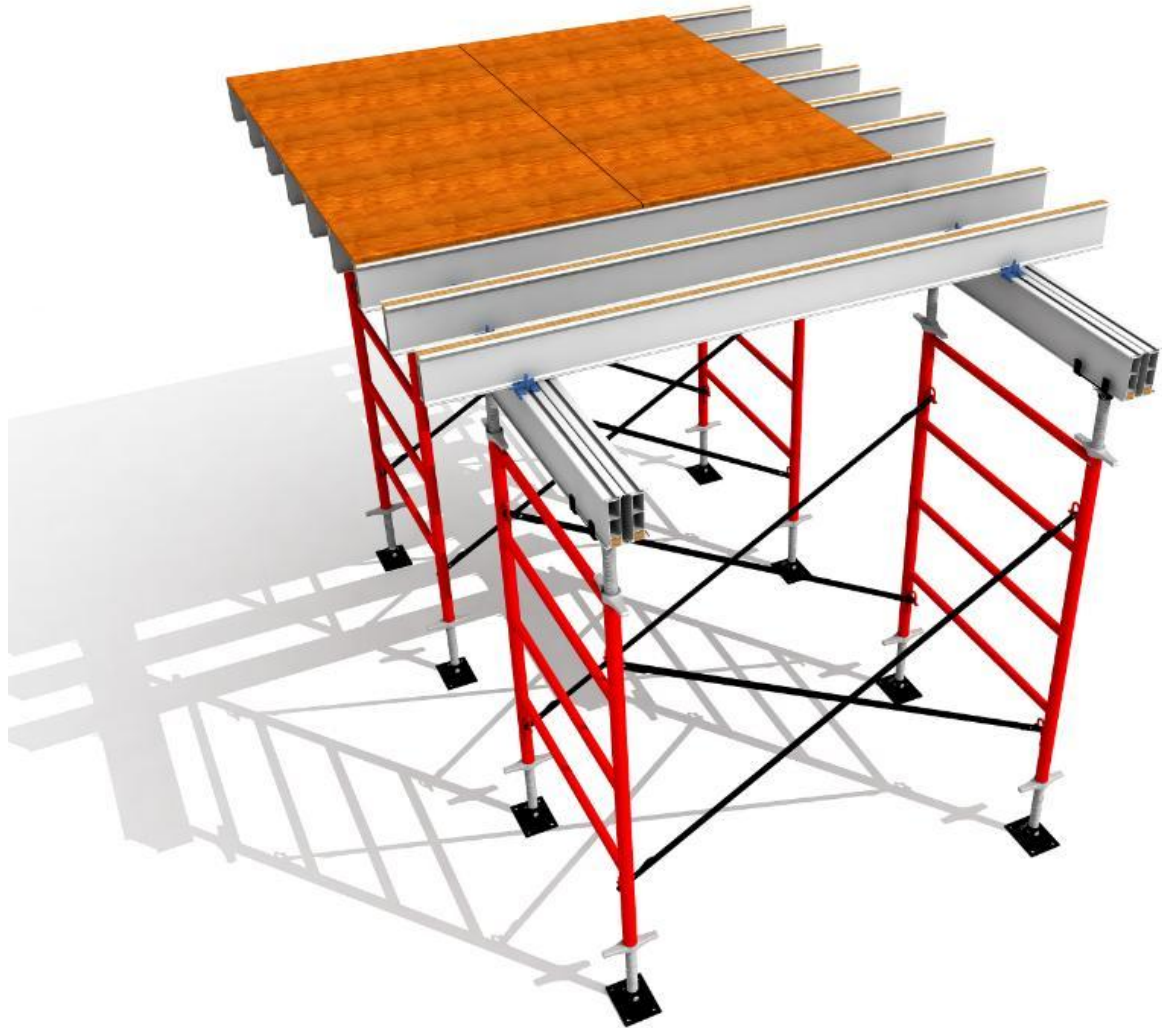
S/. 16,66 + IGV





LOSA MACIZA: HILOAD CANAL CON VIGA DE ALUMINIO.

- Sistema compuesto por marcos metálicos de alta resistencia, de fácil armado y muy versátil, con el cual se puede cubrir grandes áreas a grandes alturas.
 - La separación de los marcos se regulan con la ayuda de crucetas compuesta de ángulos de doble agujero que puede separar los pórticos a distancias de 1.22m, 1.52m, 1.83m y 2.13m.
 - El sistema está compuesto por marcos de alta capacidad de carga que se arriostran entre sí a través de crucetas. Cada torre puede soportar hasta 32 toneladas de peso, dependiendo de la extensión de las gatas de apoyo y de la altura de trabajo.
 - Los marcos están disponibles en dos medidas, las cuales son de 1.829m de alto x 1.219m de ancho y otro de 0.914m de alto x 1.219m de ancho, los cuales con ayuda de las gatas y las crucetas dan versatilidad al sistema y facilitan su armado.
-
- **Soporte de Losa H=4.00m:** **S/. 7,76 + IGV**
 - **Soporte de Losa H>4.00m hasta <8.00m:** **S/. 9,95 + IGV**
 - **Soporte de Losa H>6.00m hasta <12.00m:** **S/. 12,75 + IGV**



VIGUETAS PREFABRICADAS: SOLUCIÓN PUNTAL INDIVIDUAL

El sistema LOSA PE es un encofrado muy económico y se utilizan puntales extensibles como elementos de soporte que pueden ser graduados a la altura requerida a través de los pines y tornillos de regulación.

El sistema permite mayor fluidez para el tránsito del personal ya que no posee elementos de unión entre puntales. Cada puntal puede cubrir un área de hasta 5m².



Alquiler mensual por m² de soporte de losa: S/ 7,71 + IGV

ENCOFRADO PARA VIGAS

a. Fondos de viga

- Incluye en el valor todos los siguientes elementos: paneles de losa, juego de cuñas.
- Para optimizar el uso de los encofrados para fondos de viga, se recomienda recuperar los paneles a los cuatro días del vaciado, manteniendo apuntalados los tercios de la viga.

Alquiler mensual por m² de fondos de viga: S/ 23,27 + IGV



b. Costados de viga

- Incluye en el valor todos los siguientes elementos: paneles de losa, juego de cuñas. esquineros internos esquineros externos, juego de cuñas, tirantes separadores 100% recuperables, tuercas mariposas.
- Los paneles de costados de viga pueden ser recuperados al día siguiente del vaciado.

Alquiler mensual por m² de laterales de vigas: S/ 25,47 + IGV

- En las vigas peraltadas perimétricas es recomendable aplomar el lateral de las vigas con el friso de la losa para mejorar el acabado tanto en



fachadas internas como en externas. Unispan brinda en forma opcional el sistema de aplome de laterales de viga:

Alquiler mensual por mL de aplome para laterales: S/ 6,93 + IG

Consumibles: únicamente botones y conos plásticos cuyo costo por metro cuadrado es **S/ 0,24 + IG**.

c. Soporte de vigas

- Incluye en el valor los siguientes elementos: gatas base, puntales, travesaños, gatas “J”, gatas “U”, canales metálicos, clips para canal, tubos de andamio y coplas giratorias.

Alquiler mensual por mL de soporte de vigas con alzaprimado (castillos):

Soporte h = 4,50m: S/ 21,08 + IG

Soporte h > 4,50m < 7,00m: S/ 35,20 + IG

Soporte h > 7,00m < 9,50m: S/ 70,41 + IG

d. Escuadra para vigas

- Las escuadras para vigas se emplean cuando se encofran los fondos y costados de viga con paneles de madera.
- En la mayoría de los casos no es necesario colocar tirantes a través de los costados de viga ya que las escuadras absorben las presiones de vaciado.
- Las escuadras tienen un mecanismo de fijación que permite asegurarlas a las vigas de soporte según el ancho de los fondos.

Alquiler mensual por m² de laterales de vigas: S/ 24,47 + IG