



Monografía de compilación para optar por el título de Ingeniero Civil

Páginas

78

**FORMALETERÍA PARA LA CONSTRUCCION CON SISTEMAS
INDUSTRIALIZADOS**

FABIO ALEXANDER VARGAS VILLAMIZAR

**PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL, AMBIENTAL Y QUIMICA
FACULTAD DE INGENIERIAS Y ARQUITECTURAS**



**UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
PAMPLONA, junio de 2016**

	Monografía de compilación para optar por el título de Ingeniero Civil	Páginas	78
---	---	---------	-----------

**FORMALETERÍA PARA LA CONSTRUCCION CON SISTEMAS
INDUSTRIALIZADOS**

FABIO ALEXANDER VARGAS VILLAMIZAR, CÓD 1093'757.362

Monografía compilativa presentada para optar al título de

INGENIERO CIVIL

Director

MARCELINO MALDONADO TRIGOS

Ingeniero Civil

**PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL, AMBIENTAL Y QUIMICA
FACULTAD DE INGENIERIAS Y ARQUITECTURAS**



**UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
PAMPLONA, junio de 2016**

	Monografía de compilación para optar por el título de Ingeniero Civil	Páginas	78
---	---	---------	-----------

NOTA DE ACEPTACION

Firma del Presidente del Jurado

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Pamplona, Norte de Santander, 25 de Mayo de 2016

	Monografía de compilación para optar por el título de Ingeniero Civil	Páginas	78
---	---	---------	-----------

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por haberme dado la vida, la voluntad y la oportunidad de estudiar.

A familia, mis queridos padres Luis Vargas y Socorro Villamizar; y mi hermano Duban Vargas a quienes les estoy infinitamente agradecido por su orientación, enseñanza y apoyo constante. Sin ellos no sería posible la culminación de esta primera etapa en mi formación profesional.

También deseo agradecer a mis grandes amigos los cuales me enseñaron que la amistad es la esencia propia de la vida, los recuerdo siempre con mucho cariño, y donde quiera que yo este, siempre estarán ustedes conmigo.

	Monografía de compilación para optar por el título de Ingeniero Civil	Páginas	78
---	---	---------	-----------

Tabla de contenido

	Págs.
Introducción	10
1. Generalidades de la Monografía	11
1.1 Descripción del problema.....	11
1.2 Formulación del problema	12
1.3 Objetivos	12
1.3.1 Objetivo General.....	12
1.3.2 Objetivos específicos.....	12
1.4 Justificación.....	13
1.5 Alcance.....	14
2. Marco teórico	15
2.1 Antecedentes	15
2.2 Fundamentos Teóricos	20
2.2.1 Formaletería para la construcción con sistemas industrializados.....	20
2.2.1.1 <i>Encofrados de madera</i>	22
2.2.1.2 <i>Encofrados metálicos</i>	25
2.2.2 Tipos de formaleteras para la construcción con sistemas industrializados.....	26
2.2.2.1 <i>Sistema manoportable</i>	26
2.2.2.2 <i>Sistema túnel</i>	28
2.3 Factores endógenos y exógenos	31
2.3.1 Factores endógenos.....	31
2.3.2 Factores exógenos.....	31
2.4 Características de la formaletera para la construcción con sistemas industrializados	31
3. Metodología	35
3.1 Tipo de Investigación	35
3.2 Recolección de datos.....	36
4. Resultados.....	37

	Monografía de compilación para optar por el título de Ingeniero Civil	Páginas	78
---	---	---------	-----------

4.1 Formaleta sugerida para la construcción en sistemas industrializados	37
4.2 Identificación de factores endógenos y exógenos que inciden al usar formaletería en la construcción con sistemas industrializados.....	43
4.3 Diferencias que hacen distintiva la formaletería para la construcción con sistemas industrializados.....	47
4.3.1 Encofrado en madera	47
<i>4.3.1.1 Duración de los encofrados de madera</i>	<i>48</i>
<i>4.3.1.2 Precio encofrados de madera</i>	<i>48</i>
<i>4.3.1.3 Ventajas y desventajas del encofrado en madera.....</i>	<i>49</i>
4.3.2 Encofrado metálico.....	49
<i>4.3.2.1 Formaleta para losas</i>	<i>53</i>
<i>4.3.2.2 Formaleta para paredes.....</i>	<i>54</i>
<i>4.3.2.3 Formaleta metálica para muros y pilares.....</i>	<i>55</i>
<i>4.3.2.4 Formaletas o encofrados metálicos en disposición circular.....</i>	<i>56</i>
4.4 Construcción de un apartamento completo realizando uso del sistema mano-portable (formaleta metálica).	58
4.4.1 Proceso constructivo.....	59
4.5 Costos usando formaleta en madera y metálica	63
5. Aporte	66
6. Conclusiones.....	72
7. Recomendaciones	74
Bibliografía.....	76

	Monografía de compilación para optar por el título de Ingeniero Civil	Páginas	78
---	---	---------	-----------

Lista de Cuadros

	Págs.
<i>Cuadro No. 1.</i> Rentabilidad del sistema manoportable.....	42
<i>Cuadro No. 2.</i> Ventajas y desventajas del encofrado en madera.....	49
<i>Cuadro No. 3.</i> Accesorios que componen un módulo de una formaleta metálica.....	51
<i>Cuadro No. 4.</i> Pasos para la instalación de la formaletería metálica.....	52
<i>Cuadro No. 5.</i> Costos de un muro de 1m x 1m usando formaletería en madera y metálica...	64
<i>Cuadro No. 6.</i> Costos de un muro un muro o pared de 8 cm en madera y metálica.....	65
<i>Cuadro No. 7.</i> Análisis de costos.....	71

	Monografía de compilación para optar por el título de Ingeniero Civil	Páginas	78
---	---	---------	-----------

Lista de Figuras

	Págs.
Figura 1. Encofrados o formaletas en madera.....	23
Figura 2. Sistema manoportable para la construcción de viviendas unifamiliares de concreto....	27
Figura 3. Sistema manoportable para la construcción de viviendas multifamiliares de concreto.	27
Figura 4. Sistema túnel para la construcción de estructuras de concreto.....	28
Figura 5. Encofrado a túnel.....	30
Figura 6. Colocación de acero de refuerzo e instalaciones domiciliarias en sistemas industrializados de construcción.....	33
Figura 7. Sistema formaleta manoportable.....	38
Figura 8. Sistema manoportable para la construcción de viviendas multifamiliares de concreto.	39
Figura 9. Diseños arquitectónicos contruidos con formaletas.....	40
Figura 10. Ventajas de muros de concreto.....	41
Figura 11. Encofrado en madera.....	48
Figura 12. Formaletas metálicas para la construcción de viviendas industrializadas.....	50
Figura 13. Refuerzos internos en "U".....	50
Figura 14. Formaleta metálica para losas.....	54
Figura 15. Formaleta metálica para paredes.....	55
Figura 16. Formaleta o encofrado metálico para muros y columnas.....	56
Figura 17. Formaleta o encofrado metálico para muros circulares.....	57
Figura 18. Formaleta o encofrado metálico para para paredes curvilíneas	58
Figura 19. Paneles metálicos con un peso de 22kg por m ²	59
Figura 20. Cimentación y vaciado de placa	60
Figura 21. Colocación de módulos con malla electrosoldada entre dos formaletas.....	61

	Monografía de compilación para optar por el título de Ingeniero Civil	Páginas	78
---	---	---------	-----------

Figura 22. Montaje del encofrado con la malla.....61
 Figura 23. Colocación de instalaciones eléctricas y sanitarias.....61
 Figura 24. Encofrado listo para vaciar.....62
 Figura 25. Vaciado del concreto.....62
 Figura 26. Desencofrado y extracción de corbatas.....62
 Figura 27. Aplicación de masilla para dejar el muro listo para pintura.....63

Introducción

Con el fin de cumplir con el protocolo del programa de Ingeniería Civil de la Universidad de Pamplona, para optar al título de Ingeniero Civil, se presenta la presente monografía de compilación, la cual se realizó con el fin de identificar la formaletería o encofrado utilizada en el sistema constructivo industrializado; como respuesta al gran atraso en la construcción de viviendas en nuestro país.

Lo anterior, aprovechando que la formaletería para la construcción con sistemas industrializados en la actualidad, es una de las maneras más eficientes, económicas y seguras para construir especialmente edificaciones en serie.

Para ello, se tuvieron en cuenta estudios recientes realizados con el tema objeto de estudio, a nivel internacional y nacional, a fin de contribuir a dar respuesta efectiva, eficiente y económica al gran retraso de construcción de viviendas existente en el país.

El desarrollo de la presente monografía compilativa, contiene la descripción y formulación del problema, los objetivos generales y específicos, justificación y alcance, la argumentación temática, con su análisis o posición de los autores, la argumentación con su análisis del autor del desarrollo de instrumentos, conclusiones, recomendaciones y sus respectivos referentes bibliográficos.

1. Generalidades de la Monografía

1.1 Descripción del problema

Colombia tiene un gran crecimiento poblacional y un avanzado atraso de 100.000 viviendas por construir según el Ministro de Vivienda (Henao, 2015), debido a problemas internos entre ellos, de desplazamiento de las zonas rurales a los centros urbanos donde vemos el crecimiento de esta demanda de unidades habitacionales. Dicho atraso de viviendas por ejecutar especialmente en la construcción de edificaciones en serie, se da a conocer debido al proceso constructivo utilizado con sistema tradicional, que debido al grado de industrialización bajo, considerándosele como sistema constructivo artesanal, a pesar de que es estructuralmente estable y cumple con la norma sismo resistente (NSR-10, 2010), proporciona lentitud, retraso y por ende más inversión en todos sus procesos constructivos. Es por ello que, en la actualidad se busca acelerar los procesos constructivos, dando a conocer nuevos métodos que disminuyan tiempos y costos, especialmente en proyectos a gran escala. Todo, se debe al gran desconocimiento en términos económicos y rendimiento productivo de las implicaciones de usar formaletería para la construcción con sistemas industrializados.

Como solución a esta problemática se creyó oportuno realizar la monografía compilativa: formaletería para la construcción con sistemas industrializados, aprovechando la gran demanda que tiene este material hoy en la industria, por su versatilidad que ofrece ante los diversos usos

en todo tipo de proyectos como túneles, puentes, presas, viviendas, etc. También, a la posibilidad de obtener cada vez mejores resultados en cuanto a resistencia, durabilidad, economía y estética. Lo mejor es que estas aplicaciones pueden complementarse con otras tecnologías que aportan a la obtención de los resultados que se desean según las características del proyecto; es decir, “hay de todo para todos”.

1.2 Formulación del problema

¿Cuáles son los diferentes tipos de formaletería para la construcción de sistemas industrializados, que se han desarrollado para acelerar los procesos constructivos y así dar a conocer nuevos métodos que disminuyan tiempos y costos, especialmente en proyectos a gran escala?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General.

Realizar un estudio de la formaletería para la construcción con sistemas industrializados; que generen más rendimiento, menor costo e influya directamente en la apariencia y calidad de la superficie en cualquier tipo de construcción, especialmente en edificaciones con viviendas en serie.

1.3.2 Objetivos específicos.

- Recopilar la información necesaria para la identificación de la formaletería para la construcción con sistemas industrializados.

- Identificar los factores endógenos y exógenos que inciden al usar formaletería para la construcción con sistemas industrializados.
- Diferenciar las características que hacen distintiva la formaletería para la construcción con sistemas industrializados.

1.4 Justificación

Con el objeto de aminorar el atraso existente en los procesos constructivos por el acelerado crecimiento poblacional en Colombia e incrementar el conocimiento en términos económicos y rendimiento productivo, especialmente en proyectos a gran escala y en edificaciones con viviendas en serie; se presenta el estudio monográfico: Formaletería para la construcción con sistemas industrializados; aprovechando que, entre las principales funciones de las formaletas o encofrados, es dar al concreto la forma proyectada en el diseño, proveer estabilidad cuando el concreto se encuentra en estado fresco y asegurar la protección y la correcta colocación tanto del acero de refuerzo como de las instalaciones y sus accesorios; proteger al concreto en su edad temprana de golpes que puedan ocasionar problemas de resistencia, de la influencia de temperaturas externas y de la pérdida de agua, conservando la pasta, y la influencia directa en la apariencia y calidad de la superficie.

Además que, las formaletas para sistemas industrializados pueden ser de diversos materiales: acero, aluminio, madera e incluso plástico. Dependiendo de esto podrán utilizarse hasta en 1.500 ciclos con un adecuado almacenamiento y mantenimiento, así como la técnica utilizada para el desencofrado. Esto genera competitividad en costos, y lo convierte en un sistema eficiente y de

alto rendimiento en las construcciones. Se fabrican mediante procesos y equipos industriales con altos estándares de calidad.

En cierta forma al realizar este trabajo de compilación monográfica, se intenta dar a conocer las diferentes alternativas de formaletería que sirvan de apoyo y posibiliten una mejor difusión de los conocimientos de estos sistemas constructivos industrializados; tomando las fuentes de información ya disponibles y ampliando así sus contenidos; mostrando de manera general el aspecto constructivo enmarcado en la necesidad actual de producir unidades habitables en corto plazo, reduciendo los gastos de ejecución y mitigando el costo de obra; contribuyendo además a la solución de algunas limitaciones de la construcción tradicional y generado a su vez, una herramienta informativa y didáctica para la comunidad universitaria e interesados, con estrategia de fácil comprensión y análisis.

1.5 Alcance

Este documento está dirigido a profesionales y estudiantes de Ingeniería Civil, a fin de dar a conocer los diferentes tipos de formaletas o encofrados para sistemas industrializados, que pueden ser de diversos materiales: acero, aluminio, madera e incluso plástico; los cuáles ofrecen un sistema eficiente, y de alto rendimiento en las construcciones.

2. Marco teórico

2.1 Antecedentes

Debido a la poca información bibliográfica a nivel local con respecto al tema objeto de estudio; a continuación se presentan antecedentes bibliográficos a nivel internacional y nacional más recientes, que de una u otra forma sirvieron de aporte a la presente monografía compilativa.

Según Pesantéz (2014), en su tesis doctoral, “sistema constructivo con uso de formaletas para las viviendas solidarias “Miraflores” de la ciudad de Cuenca”, analiza la rentabilidad del sistema constructivo y lo compara con el método tradicional de encofrados de madera, tomando como referencia la construcción de una vivienda tipo solidaria “Miraflores”, en la ciudad de Cuenca, el cual es un proyecto de gran magnitud donde se ha implementado el sistema de formaletas, permitiendo a los constructores obtener una base de datos con especificaciones técnicas de cómo se desarrolla el sistema; además, de permitir conocer las ventajas y desventajas que el mismo presenta. De esta manera se puede hacer un análisis de costos comparativos entre el método tradicional y el de formaletas.

Mateo (2013), con su tesis doctoral “Influencia de los nuevos materiales y sistemas constructivos industrializados en el desarrollo de la fachada ligera, el caso de Alicante (1970-2000)”, busca demostrar cómo se produce la incidencia de las nuevas técnicas de construcción en la idea de materialización de la arquitectura contemporánea apoyándose en un método basado en

el estudio de casos y en entrevistas, encaminado a abordar en un futuro la enseñanza de la construcción desde la hipótesis de la historia de la construcción de forma local, permitiendo extrapolarlo de forma global. La tesis acomete nexos existentes entre los conceptos arquitectónicos planteados en las décadas de estudio (1970-2000) y las innovaciones constructivas asociadas, considerando las características específicas de los sistemas constructivos industrializados empleados en fachas y su aplicación a una serie de obras de arquitectura dentro de Alicante. La tesis aporta reflexión y mejor conocimiento de las arquitecturas realizadas con sistemas industrializados.

Núñez (2013), en la monografía “construcción de viviendas y ventajas económicas del sistema industrializado mano portable”, pensó en contribuir a solucionar el problema de desarrollo de población en Nicaragua, con un sistema industrializado para la construcción de casas que, sean rápido de construir, tengan confiabilidad estructural y de bajo costo. Dicha monografía describe la caracterización y explica los procesos constructivos del sistema mano portable. El presupuesto, el costo de construcción, el tiempo que se dilata en construir y la rentabilidad entre sistema de una vivienda de interés social ubicada en la residencial Villa Sandino; con los sistemas mano portable, Panel Covintec y Mampostería Confinada. Sirvió para analizar los tres objetivos de la presente monografía compilativa: recopilar información, reconocer el impacto de los factores endógenos y exógenos y diferenciar las características que hacen distintiva la formaletería para la construcción con sistemas industrializados.

Tucho (2012), en su tesis doctoral “optimización del ciclo de vida del edificio mediante la construcción sostenible industrializada en base acero”, plantea un cambio integral en la

metodología del proceso de la edificación desde su concepción y diseño, pasando por las fases de fabricación industrializada de los componentes, construcción en obra, fase y fin de uso del mismo. Con este nuevo enfoque se pretende que la construcción de viviendas sea más segura (la construcción tiene actualmente unos índices de siniestralidad muy altos en España), más eficiente y más sostenible, para conseguirlo se utiliza como material base el acero, lo que considera una reducción considerable del peso del edificio frente a los tradicionales de hormigón. El aporte de esta tesis doctoral a la presente monografía compilativa, alude en parte a diferenciar las características que hacen distintiva cuál tipo de formaletería para la construcción con sistemas industrializados es el adecuado.

Penades (2002), en sus informes para la construcción de edificios analiza algunos ejemplos sobre la prefabricación de edificios, desde el caso que se podría considerar como ideal, la prefabricación integral de viviendas en Japón hasta el análisis de algunas obras más o menos industrializadas realizadas en España. Estos informes contribuyeron a la recopilación de información.

Flórez (2013), en su trabajo de práctica “ventajas comparativas entre sistemas tradicionales e industrializados”, tiene como finalidad conocer y tener claro las diferencias expuestas frente a dos sistemas constructivos que impactan en nuestro país en la actualidad, donde se permite y se prevé sus ventajas, desventajas, la importancia de tener en cuenta cada uno a partir del modelo de construcción que se pretende proyectar, en cuanto a diseño arquitectónico, flexibilidad, manejabilidad, recursos económicos y de mano de obra.

González (2012), con la cibergrafía de “sistemas industrializados”, presenta las ventajas, viabilidad, clasificación y todos los diferentes sistemas industrializados utilizados en los procesos constructivos.

Molina (2008), en la monografía “metodología del sistema constructivo con formaleta metálica manoportable”, brinda una metodología en el armado de formaleta manoportable metálica y en madera, mostrando todos sus componentes: descripción técnica, características, accesorios, instalación, plataforma de trabajo, colocación del concreto, mantenimiento y limpieza, aplicaciones y ventajas de uso. Dentro del comparativo de los dos tipos de formaleta, se muestra que, con el uso de la formaleta metálica manoportable se disminuyen costos por menor tiempo de construcción en la estructura, da un acabado que no es necesario frisar o empañetar tanto en placas como en columnas y pantallas, estructuras más livianas por la disminución de estos frisos y mayor seguridad en los encofrados. Además de un equipo que no necesita torre grúa porque su peso es de 27kg aproximadamente por módulo 1,20X0,60, siendo un peso de óptima maniobrabilidad; al igual que es un equipo que no se deteriora tan rápido ya que puede llegar a tener hasta aproximadamente 1500 usos con su respectivo mantenimiento adecuado y desmolde.

Ruiz; Díaz y Bautista (2004), en la revista de ingeniería ISSN:0121-4993, nos presentan la “caracterización de mezclas de concreto utilizadas en sistemas industrializados de construcción de edificaciones”, describen como en los sistemas industrializados usados en la construcción de viviendas en concreto; la industrialización de dichos procesos constructivos permite construir, mediante el uso de formaleta metálica modulada, una unidad de vivienda tipo, con el principio de

rotación diaria de la formaleta que permite una velocidad de construcción con eficiente ocupación de personal.

De acuerdo a Botero, en su artículo publicado en febrero 22 de 2013 “la formaleta una pieza clave en la construcción de vivienda industrializada”, nos habla del sistema de muros de concreto, asociado a la tecnología del vaciado en sitio, y por ende, a la buena selección de formaletas; además opina que la respuesta de este sistemas es: productividad, industrialización del proceso, costos programados, economía y mejor desempeño en construcción en altura y generaliza que la solución para el sistema se puede acotar técnicamente como un encofrado de larga vida útil, mano portable, que ofrezca precisión dimensional, con excelente acople entre piezas y que ojalá permita fundir monólicamente los elementos verticales (columnas y muros) y los horizontales (losas y vigas).

Cárdenas (2015), en la monografía “Estudio de los nuevos sistemas de construcción en ingeniería civil”, nos presenta conceptos claros que se llevan a cabo en el proceso constructivo, clasificación de los procesos constructivos de acuerdo a su grado de industrialización, ventajas y desventajas y un cuadro comparativo del sistema constructivo Steel Framing, CA2D y sistema Tradicional.

Los antecedentes mencionados anteriormente, realizaron un aporte importante a la compilación monográfica, ya que a través de cada uno de ellos se pudieron seleccionar los tipos de formaletería que generaban más productividad y bajo costos en construcciones para sistemas industrializados y en edificaciones en serie.

2.2 Fundamentos Teóricos

En este ítems se describen los elementos teóricos existentes de forma sistemática, que permiten visionar claramente los objetivos de la presente monografía de compilación.

2.2.1 Formaletería para la construcción con sistemas industrializados.

El concepto de sistema industrializado para construcción de vivienda está asociado a los procesos que, mediante una adecuada planeación de actividades y presupuesto y una selección acertada de equipos y materiales, generan elevados rendimientos en obra y un mejor aprovechamiento de los recursos, al crear una especie de producción en serie, similar a los procesos repetitivos empleados en fábricas. (Revista de Ingeniería (2004) Vol.19. p. 60-73).

Según Mayagoitia & Ochoa (2011), “los sistemas de formaletas son fundamentales para la construcción de vivienda. Son uno de los principales factores para el rendimiento constructivo de cualquier tipo de proyecto e influyen directamente en la apariencia y calidad de la superficie”. Además opina que las formaletas son moldes que le dan forma al concreto y que dada la plasticidad del concreto las formas y los acabados que pueden crearse, abarcan una gran variedad que puede apreciarse en la arquitectura y en el mobiliario.

Las principales funciones de la formaleta son dar al concreto la forma proyectada en el diseño, proveer estabilidad cuando el concreto se encuentra en estado fresco, y asegurar la protección y la correcta colocación tanto del acero de refuerzo (en el caso del concreto armado), como de las instalaciones y sus accesorios; finalmente proteger al concreto en su secado de

golpes que puedan ocasionar problemas de resistencia, de la influencia de temperaturas externas y de la pérdida de agua, conservando a la pasta Las formaletas para sistemas industrializados pueden ser de diversos materiales: acero, aluminio, madera e incluso plástico. (Mayagoita; Ochoa et al., 2011).

Referente al diseño y construcción de encofrados la Norma (NSR-10), hace referencia a que el encofrado son los moldes que se arman alrededor de la estructura metálica, para posteriormente verter la mezcla del concreto recién preparada. Para realizar este molde se puede utilizar una gran cantidad de materiales, siempre y cuando cumplan con los requisitos que establece la norma colombiana de la construcción.

Los encofrados, dependiendo de su utilización y del material que se emplee, puede cumplir un número determinado de usos, por lo general los encofrados de un solo uso, son los que sirven para encofrar lugares a los que no se puede acceder con facilidad, mientras que los encofrados de 2 o más usos, son los que se pueden utilizar en varias ocasiones debido a que el proceso se repite; para lo cual se elaboran módulos o paneles desarmables para su fácil manipulación; es importante considerar, a la hora de construir, que estos deben ser rígidos, resistentes, estancos y limpios. Finalmente a la hora de su montaje deben quedar bien sujetos de forma que durante la colocación posterior del concreto no se produzcan movimientos, de igual manera después del tiempo de secado del concreto se debe desencofrar y para mayor facilidad se deben aplicar productos desencofrantes, además se sugiere la realización de puntas con diagonales para que los ángulos no estanquen la pieza; todo ello como indica la Norma (NSR-10).

Se desconocen la época y lugar exactos de la aparición del primer encofrado aunque posiblemente tuviera lugar en el neolítico con la aparición de la antigua técnica que consiste en construir muros con tierra arcillosa, compactada a golpes mediante pisadas, empleando un encofrado a base de tableros de madera. Este método sigue vigente hoy en día tanto en zonas rurales como para conservación del patrimonio arquitectónico. Además dice que cuando se habla de encofrado, es la creación de una formaleta que debe contener y soportar el concreto fresco durante su período de endurecimiento manteniendo la forma deseada. (Ozamiz: 2011).

2.2.1.1 Encofrados de madera. Los encofrados de madera son revestimientos, hechos generalmente en el sitio, se utilizan láminas de madera aglomerada o contrachapada o tablas de madera tradicional (tornillo). Lo más usual en proyectos de viviendas es la utilización de formaleta de madera, pero se debe tener un estricto control en cuanto a la calidad, una pieza muy suave o muy rígida, no son convenientes ya que puede dar problemas durante la colocación del concreto o cuando se retire el encofrado. Además en los casos que se reutilice la formaleta se debe tener mucho control de la limpieza de esta para eliminar rastros de concreto de choreas anteriores o cualquier tipo de suciedad que pueda contaminar la mezcla. Además es conveniente mojar los encofrados de madera ya que estos tienden a absorber agua la cual es indispensable durante el proceso de fraguado. Ricouard (1980).

Además adiciona que la madera utilizada debe tener resistencia a la humedad, y que 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.



Fuente: Imagen Tomada del siGo: [hMp://www.formaesGbasymaderas.com/images/fotos/DSC04205.JPG](http://www.formaesGbasymaderas.com/images/fotos/DSC04205.JPG)

Figura 1. Encofrados o formaletas en madera

En la actualidad la madera se utiliza en forma de tableros, costillas, sopandas, etc... Se utilizan diferentes tipos de madera. En tablas, tablones y viguetas se utiliza el pino. Se emplea madera de pino, chopo o eucalipto en puntales de 5 a 15cm. Para aglomerados y contrachapados se utilizará madera tratada superficialmente con materiales que la vuelvan hidrófuga. Los aglomerados no trabajan a flexión, por lo que se debe cuidar su esfuerzo, a no ser que vayan acoplados a marcos metálicos (Somavilla, 2005).

Las piezas de los tablones deben colocarse a tope, sin unir los cantos y cada seis puestas deben cepillarse y limpiarse, pudiendo llegar por el uso hasta las 15 puestas, dependiendo

del empleo, mantenimiento y cuidado que se produzca. Las uniones se harán clavándolas, no introduciendo el clavo del todo para poder facilitar su desclavado y desencofrado. No se deben dejar clavos en la madera una vez desencofrada, porque presenta un inmediato riesgo; por ello los clavos deben dejarse sin clavar totalmente o bien utilizar clavos especiales que llevan dos cabezas.

Los tableros de contrachapeado y aglomerado se utilizan con encofrados de superficies planas (por ejemplo, en losas); las tablas o tabloncillos se emplearán en elementos lineales (costeros de vigas).

Cuando la formaleta se crea en madera esta debe ser humedecida antes de verter la mezcla de concreto para evitar que tome agua de este y por ende absorba concreto, imposibilitando que se pueda desencofrar después. Norma (NSR-10).

Hay que reconocer que el encofrado de madera es muchas veces mejor, más apto (e incluso insustituible) que el metálico. Uno de los pioneros en esa modernización que precisaba la técnica de los encofrados de madera fue el ingeniero diplomado Alemán Manfred Steidle-Sailer, de Sigmaringen, propietario de una empresa constructora y de un magnífico taller de carpintería, en el cual, en 1956, produjo la primera viga de madera encolada en celosía, que empleo inmediatamente en su citada empresa constructora, fundada por la familia Steidle en 1821.

2.2.1.2 Encofrados metálicos. Según Botero publicado en Junio (2013) en su libro de encofrados “los encofrados metálicos, como su nombre indica, está compuesto por cierto número de piezas rígidas, que sólo pueden adaptarse a una forma exclusiva”. De ahí su limitación, en cuanto a la multiplicidad de formas a dar con un solo elemento o tablero, tal como ya vimos en los encofrados de madera, que son susceptibles de emplearlos en diversidad de piezas, cortando, añadiendo, clavando, etc. En cambio, en el encofrado metálico, por su naturaleza, cada pieza sólo sirve APRA la clase de molde para la cual ha sido proyectada, no pudiendo aprovecharla, salvo alguna caso excepcional, en otro elemento distinto.

Además en Botero en su libro, relaciona las ventajas del encofrado metálico, entre ellas:

- En aquellas obras en donde la proliferación de un mismo tipo de piezas alcanza un número considerable, tal como en una construcción donde existan pilares de idénticas dimensiones y en gran número, los tableros metálicos ya preparados son insustituibles para la formación de los encofrados correspondientes.
- Su gran ventaja radica, no sólo en la facilidad y rapidez tanto en el encofrado como en el desencofrado, así como en las piezas moldeadas alcanzan unos paramentos lisos, bien cuidados, sino en que la duración de dicho encofrado es prácticamente ilimitada, ya que no se deforman ni deterioran por el uso.
- En cuanto a su manejo, es bien sencillo y aunque casi la sola observación del dibujo correspondiente es suficiente para comprender cómo se montan, vamos a dar una suscita

explicación sobre los mismos.

- Tanto las operaciones de encofrado y desencofrado como las de aplomado son rápidas y sencillas. Otra ventaja es la bondad de los paramentos. Salen pilares y caras limpias.

Entre las desventajas, se cita su inadaptabilidad a todo tipo de pilares, como sucede con la madera y a su mayor peso para el traslado y manejo.

2.2.2 Tipos de formaletas para la construcción con sistemas industrializados.

Según Silva (2013), “existen dos tipos de formaleta para la construcción con sistemas industrializados: manoportable y túnel. En ambos sistemas, los paneles unidos forman una estructura temporal autoportante, capaz de soportar presiones sin deformarse demasiado”. Sin embargo para la construcción de mobiliario se recomienda el uso del sistema manoportable ya que el tamaño de las piezas permite manejarlo fácil y rápidamente.

2.2.2.1 Sistema manoportable. Según Silva (2013), “están concebidos y diseñados para incrementar la producción en la construcción de vivienda en serie”. Además describe sus principales características, entre ellas:

- Están conformados por paneles de diferentes materiales. Son marcos de acero con bastidores de madera, acero, aluminio y ahora los de base de plástico, que unidos entre sí encofran la totalidad de cualquier proyecto, formando un molde que reproduce cualquier tipo de vivienda en cada vaciado que se realice.

- El tamaño de sus piezas permite manejarlos de forma manual, sin ayuda de grúa, permitiendo ahorros en la inversión de equipos de producción.
- Pueden operar en cualquier topografía, sin importar curvas o desniveles.
- Pueden producir el 100% de una vivienda cada 24 horas, con un grupo reducido de operarios que se capacitan rápidamente durante las primeras semanas de construcción.



Fuente: Forsa, 2016.

Figura 2. Sistema manoportable para la construcción de viviendas unifamiliares de concreto



Fuente: Forsa, 2016.

Figura 3. Sistema manoportable para la construcción de viviendas multifamiliares de concreto

Según la última actualización del Código de Construcciones Sismorresistentes, NSR-10, una de las maneras más eficientes de lograr un control de deriva (Movimiento relativo entre pisos)

adecuado, es el uso de muros estructurales, con el fin de dar a las estructuras mayor rigidez ante fuerzas horizontales (como las que impone un sismo).

2.2.2.2 Sistema túnel. Silva (2013), “el sistema túnel se basa en la utilización de formaletas de grandes dimensiones para realizar la fundida monolítica de muros y placas en concreto de una unidad estructural por ciclo diario de producción”. La unidad estructural y el ciclo diario a utilizar se determinan según los diseños arquitectónico y estructural, además de otros factores como las juntas constructivas, número de unidades por piso y elementos estructurales contiguos.

También describe que la formaleta se fabrica en acero y elementos rigidizadores, que unidos conforman el diseño final de fundida de los elementos a construir. Por sus dimensiones y peso, el sistema requiere el uso de elementos adicionales para su manipulación, entre los que se encuentran torregrúas y grúas móviles. Dado que el sistema se ensambla previamente, no requiere mano de obra sea de alta calificación, lo que representa una disminución importante en horas/hombre, y por ende, en el presupuesto final de la obra. Sus aplicaciones principales son en proyectos que tengan un número importante de repeticiones de la unidad básica estructural, por ejemplo viviendas, hoteles y cárceles, entre otros.



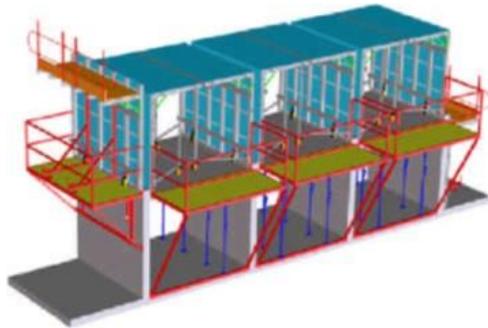
Fuente: Asocreto, 2011

Figura 4. Sistema túnel para la construcción de estructuras de concreto

Para el montaje del sistema túnel según Silva (2013) se requiere:

- Colocación de un medio túnel: Un medio túnel se coloca sobre sus puntales con rueda.
- Colocación de conductos y de tubos para las barras diwidag: Antes de poner el encofrado en su posición final tocando el tacón, todos los conductos de uso general y tubos para las barras diwidag se colocan en la malla y el encofrado respectivamente.
- Colocación del encofrado para el muro de terminación: Colocar el encofrado para el muro de terminación en el primer medio túnel y fíjese mediante las barras diwidag.
- Nivelación del encofrado: Los bulones roscados logran la nivelación final del encofrado túnel. Una plomada se proporciona para controlar la altura.
- Colocación del segundo medio túnel: El segundo medio túnel se sube con la grúa y se nivela.
- Colocación del encofrado para el muro de cierre: Colocar el encofrado para el muro de terminación en el segundo medio túnel.
- Fijación de encofrados: Se colocan las tuercas en las barras diwidag y se aprietan.
- Fijación de los dos medios túneles: Se unen los dos medios túneles mediante cierres.

- Fijación de la terminación de la losa: La aleta superior de la terminación de la losa se sitúa y se fija.
- Hormigonado: Se puede proceder con el hormigonado.



Fuente: Cortesía Formesan, 2016

Figura 5. Encofrado a túnel

En el desmontaje se debe tener en cuenta:

- Retirada de las barras diwidag y de las tuercas: Las barras diwidag y las tuercas se quitan.
- Retirada de las barras diwidag de los muros de terminación: Retirada de los cierres de la losa.
- Las terminaciones de la losa se liberan y se giran a la posición de desencofrado.
- Desencofrado de túneles: Cada mitad del encofrado túnel se baja mediante los husillos.
- Desplazamiento de los encofrados de túnel: El encofrado se desplaza manualmente hacia fuera sobre la plataforma de desencofrado y el arnés de elevación es asegurado para el desencofrado del túnel.
- Elevación del medio túnel: El encofrado se levanta mediante la grúa y se lleva a su siguiente planificación siguiendo el plan de obra del edificio.

- Apuntalamiento: El apuntalamiento, se realiza mediante dos filas de puntales telescópicos ajustables debajo de la losa que queda descubierta por el desencofrado de los túneles.
- Retirada de las terminaciones de muro: Las terminaciones de muro de la pared vertical se quitan.

2.3 Factores endógenos y exógenos

2.3.1 Factores endógenos.

Según OFDA, (2011) “es el factor interno de riesgo de un sujeto, objeto o sistema expuesto a una amenaza, que corresponde a su predisposición a ser dañado”.

2.3.2 Factores exógenos.

Se presentan como situaciones desfavorables a nivel externo, como amenazas que pueden poner en riesgo el cumplimiento de un proyecto u objetivo específico. Según OFDA, (2011) es el factor externo al sujeto, objeto o sistema expuesto, representado por la potencial ocurrencia de un suceso de origen natural o provocado por la actividad humana, que puede causar lesiones, muertes, daños materiales, interrupción de la actividad social y económica o degradación ambiental, en un lugar específico, con determinada intensidad y duración.

2.4 Características de la formaleta para la construcción con sistemas industrializados

En el proceso constructivo las características de la formaleta con sistemas industrializados se realiza en dos etapas cimentación y vaciado monolítico de muros y losas, en el cual se incluyen instalaciones eléctricas, hidráulicas y sanitarias, lo cual disminuye costos por reprocesos y

utilizando el sistema tradicional generalmente en tres etapas: cimentación, muros y losas. (Silva, 2013).

Algunas características que se identifican utilizando formaletas en sistemas industrializados son:

- Dovelas: sea cual sea el sistema a utilizar, en la obra se deben instalar los arranques respectivos del refuerzo de muros, denominados dovelas, y deben colocarse para que queden conectados directamente al refuerzo de la cimentación y se efectúe la adecuada transferencia de cargas al terreno. (Silva, 2013).
- Losa de transición: en estructuras verticales, en algunos casos se ha implementado porque permite la combinación del sistema aporticado tradicional para los sótanos, los cuales sirven para el parqueo de vehículos, y el sistema monolítico de concreto a partir del primer piso. En la estructura deben existir muros que garanticen la continuidad estructural desde la cimentación hasta el último nivel del edificio. (Silva, 2013).
- Muros y placas típicos: una vez se tiene la losa de cimentación de la estructura con sus respectivas dovelas, se procede a instalar las mallas de acero de los muros y las varillas de acero según el cálculo estructural. Para su instalación deben tenerse en cuenta varias recomendaciones como la ubicación (uso de corbatas de acero o distanciadores plásticos y tornillos de rosca rápida). (Silva, 2013).

A la formaleta debe aplicársele el desmoldante adecuado, que puede ser a base de agua y a base de aceite o polímeros. En la superficie del concreto terminado siempre quedarán residuos del desmoldante, por lo cual se recomienda lavarla antes de aplicar el acabado final. Cuando se utilizan desmoldantes a base de agua, el lavado debe hacerse con hipoclorito rebajado con agua. Cuando se usan desmoldantes a base de aceite, el lavado se realiza con agua y jabón. (Silva, 2013).

- Instalaciones eléctricas, hidráulicas y sanitarias: Se pueden realizar de dos formas: 1. Las instalaciones secundarias de cada vivienda quedan embebidas en los muros y en la losa de concreto. 2. Las bajantes o instalaciones primarias del edificio se realizan a través de buitrones o espacios dejados en la losa. Posteriormente estas zonas se recubren con muros de segunda etapa, contruidos en mampostería. (Silva, 2013).

También describe que los tubos deben quedar con el recubrimiento adecuado (mínimo 3 cm), y las cajas eléctricas deben asegurarse a la malla o acero de refuerzo o a la formaleta y deberán cubrirse para impedir el ingreso de concreto durante el vaciado.



Fuente: Asocreto, 2011

Figura 6. Colocación de acero de refuerzo e instalaciones domiciliarias en sistemas industrializados de construcción

- Vaciado del concreto: el concreto que se utiliza en estos sistemas debe seguir las especificaciones de las normas de sismorresistencia. En los sistemas industrializados el éxito de las formaletas y de su utilización está en la forma en que se lleve a cabo el vaciado del concreto, el cual debe seguir un plano instructivo determinado antes de iniciar el procedimiento, que debe ser concertado entre los ingenieros de obra, el proveedor de concreto y el técnico de la formaleta. (Silva, 2013).

Según el tipo de concreto que se utilice, deberá realizarse el proceso de vibrado (con vibrador de aguja para mezclas convencionales o vibrado externo con mazo de caucho para mezclas autocompactantes). Finalmente el concreto deberá curarse, el método más empleado para las losas es colocar un cordón de arena por todos los bordes e inundarla con agua. (Silva, 2013).

También describe que existen productos químicos que generan una capa impermeable y ni dejan escapar el agua requerida para la correcta hidratación del cemento.

- Desencofrado: se realiza cuando el concreto haya adquirido entre el 15 y el 20% de la resistencia a los 28 días. En un concreto de tipo industrializado esta resistencia se obtiene entre 8 y 10 horas después de colocado. En la actualidad, la calorimetría permite comprobar la resistencia mínima para el desencofre. Con unos sensores se miden los cambios de temperatura del concreto y se establece el momento en el cual ha adquirido los 15% o 20% de la resistencia últimos 28 días. (Silva, 2013).

3. Metodología

3.1 Tipo de Investigación

En el proceso de recolección de información para la elaboración de la monografía de compilación, de la formaletería para la construcción con sistemas industrializados, se utilizó como tipo de investigación; la investigación bibliográfica y documental (IBD), ya que garantizan la calidad de los fundamentos teóricos de dicha monografía.

Según Concepto.de (2015):

“La monografía de compilación es la que debe hacerse con mayor cuidado y experiencia, ya que se utiliza toda la fuente disponible sobre un tema para expresar la idea. Con toda la bibliografía, deberá hacerse una presentación que no podrá no tener criterios personales ya que sería una simple reproducción. Deberá abarcar toda la bibliografía para no repetir consideraciones que otros ya han hecho”.

Según Rodríguez U. (2013):

“La investigación bibliográfica y documental la define como un proceso sistemático y secuencial de recolección, selección, clasificación, evaluación y análisis de contenido del material empírico impreso

y gráfico, físico y/o virtual que sirve de fuente teórica, conceptual y/o metodológica para una investigación científica determinada”.

3.2 Recolección de datos

A parte del estudio bibliográfico documental, se realizó un estudio de campo en las empresas Formesan y Forsa, reconocidas a nivel nacional e internacional, las cuales permitieron recolectar información referente al tema de la formaletería, siendo el principal objeto de estudio. Dichas empresas con su gran trayectoria y experiencia en el suministro de encofrados metálicos de calidad para el vaciado de concretos, proporcionaron un aporte significativo y de apoyo a la monografía compilativa.

4. Resultados

4.1 Formaleta sugerida para la construcción en sistemas industrializados

Mediante la revisión bibliográfica y estudio de campo en las empresas Forsa y Formesan, se encontró que entre los sistemas de formaletas para la construcción en sistemas industrializados; el sistema mano portable (formaleta metálica), es el sistema sugerido por sus múltiples ventajas.

La formaleta metálica tipo mano-portable es un sistema industrializado modular manual especial para moldeado de concreto, de fácil manejo, multiusos, con medidas estandarizadas, que proporcionan uniformidad en superficies a la vista y seguridad de concretos estructurales, las conexiones entre módulos se realizan rápidamente con accesorios complementarios. Por su versatilidad puede ser usado en todo tipo de proyectos y está especialmente diseñada para las necesidades de la construcción moderna y las necesidades que actualmente y que siempre ha presentado nuestra sociedad. Con este sistema constructivo se disminuyen costos por el menor tiempo de construcción de la estructura, mayor seguridad en los encofrados y da un buen acabado.

Están concebidos y diseñados para incrementar la producción en la construcción de vivienda en serie.



Fuente: Cortesía Forsa, 2016

Figura 7. Sistema formaleta manportable

Entre las principales ventajas encontradas se enuncian:

- Están conformados por paneles de diferentes materiales. Son marcos de acero con bastidores de madera, acero, aluminio y ahora los de base de plástico, que unidos entre sí encofran la totalidad de cualquier proyecto, formando un molde que reproduce cualquier tipo de vivienda en cada vaciado que se realice.
- El tamaño de sus piezas permite manejarlos de forma manual, sin ayuda de grúa, permitiendo ahorros en la inversión de equipos de producción.
- Pueden operar en cualquier topografía, sin importar curvas o desniveles.
- Pueden producir el 100% de una vivienda cada 24 horas, con un grupo reducido de operarios que se capacitan rápidamente durante las primeras semanas de construcción.

- Cada panel de formaleta puede ser cargado por un obrero fácilmente, el peso de cada panel aproximadamente es: 9kg/m.
- Reutilización: 1.500 usos aproximadamente.
- Adherencia del concreto: Al ser plásticas no se necesita utilizar desencofrantes diariamente.
- Estabilidad: Resistente a altas temperaturas y no es inflamable.
- Mantenimiento: Cualquier residuo de concreto puede ser removido con agua solamente, no se requiere agentes químicos.
- Mínimos daños en sismos.
- Mayor rigidez de la estructura.



Fuente: Cortesía Forsa, 2016

Figura 8. Sistema manportable para la construcción de viviendas multifamiliares de concreto

Las principales ventajas arquitectónicas son:

- Permite la construcción de todo tipo de vivienda, desde el rango social, hasta el más alto nivel social ya que permite el uso de cualquier acabado y el manejo de espacios amplios y se adapta a cualquier diseño.
- Muros con menor espesor, mayor espacio en cada habitación; del orden de un 5% mayor que en otros sistemas.
- Permite la construcción de todo tipo de espacios incluyendo muros diagonales con giros a 135° , tanto al interior como en fachada.
- El sistema permite variar los espesores de muro de acuerdo a la determinación de los cálculos estructurales.



Fuente: Cortesía Forsa, 2016

Figura 9. Diseños arquitectónicos construidos con formaletas

Las ventajas constructivas son:

- Se necesita poca gente para el armado de la formaleta y la fundición a alta velocidad.

- No permiten la fuga de concreto al estar elaboradas por un polímero plástico.
- Todas las formaletas están conectadas entre ellas haciendo que sea una sola cimbra.
- Al tener un peso de 9 kg/m no daña la losa ni otra estructura previamente construida.
- Instalación de servicios simultáneamente con la estructura.
- Vaciados monolíticos de todos los muros, losas y elementos “no estructurales” como los muros de fachada, dinteles y sillares.
- Menores desperdicios de materiales.
- Menor cantidad de materiales y de actividades de obra a controlar.
- Menor cantidad de escombros a retirar.



Fuente: Cortesía Forsa, 2016

Figura 10. Ventajas de muros de concreto

Ventajas ecológicas:

- El sistema no consume madera ni en los tableros (fabricados en aluminio), ni en casetones para aligeramiento de losas (por ser macizas y de espesores mínimos).
- Se minimiza la generación de escombros o de bloques, regueros de mezclas de revoque y escombros resultantes de las canchas o regatas para la tubería.

La rentabilidad de usar formaleta manoportable es el factor que deben medir los constructores, y este se ve traducido en la reducción de costos de los siguientes subfactores enunciados en el siguiente cuadro.

Cuadro No. 1. Rentabilidad del sistema manoportable

Subfactores	Formaleta metálica	Formaleta de acero	Formaleta plástica
1. Velocidad de construcción, facilidad de ejecución	Se logra una vivienda completa al día-	Se requiere de dos días para una vivienda.	Se logra una vivienda completa al día.
2. Número de piezas por Mt ² de muro y losa	Paneles más grandes que disminuyen dramáticamente la cantidad de piezas necesarias por Mt ²	Paredes completas que se unen entre sí por medio de soldadura.	Mano de obra menos especializada, ya que el sistema es muy simple y de pocas piezas.
3. Costo de mano de obra: cantidad de personal en obra.	Mano de obra menos especializada, ya que el sistema es muy simple y de pocas piezas.	Mano de obra menos especializada, ya que el sistema es relativamente simple.	Mano de obra menos especializada, ya que el sistema es muy simple y fácil de unir los paneles entre sí
4. Costo de materiales	<ul style="list-style-type: none"> • Precisión en el presupuesto de materiales. • Mayor control del consumo de materiales • Poco desperdicio de materiales. • Requiere desencoframiento. • No requiere utilizar madera. • No requiere mucho apuntalamiento. 	<ul style="list-style-type: none"> • Precisión en el presupuesto de materiales. • Mayor control del consumo de materiales. • Poco desperdicio de materiales. • Requiere desencoframiento. • No requiere utilizar madera. • No requiere mucho apuntalamiento. 	<ul style="list-style-type: none"> • Precisión en el presupuesto de materiales. • Mayor control del consumo de materiales. • Poco desperdicio de materiales. • No requiere desencoframiento. • No requiere utilizar madera. • No requiere mucho apuntalamiento.
5. Acabados en la estructura (obra gris)	<ul style="list-style-type: none"> • Concreto la vista de muy buena apariencia. • Menos costo en los acabados, ya que deja un mejor terminado, sin panzas, ni texturas que ocultar. • Se mantienen las dimensiones y la geometría de la vivienda conservando los ángulos a 90°. 	<ul style="list-style-type: none"> • Concreto la vista de muy buena apariencia. • Mayor costo en acabados pues requiere más repello en la unión entre los paneles. • Se mantienen las dimensiones y la geometría de la vivienda conservando los ángulos a 90°. 	<ul style="list-style-type: none"> • Concreto la vista de muy buena apariencia. • Menos costo en los acabados, ya que deja un mejor terminado, sin panzas, ni texturas que ocultar. • Todas las piezas son fabricadas con el proceso de inyección, por lo tanto se garantiza cierres perfectos, perpendicularidad de superficies, dimensiones exactas y siempre iguales.

Cuadro No. 1. Rentabilidad del sistema manoportable (Continuación)

Subfactores	Formaleta metálica	Formaleta de acero	Formaleta plástica
6. Inversión inicial en equipos: número de usos del equipo.	<ul style="list-style-type: none"> • Se requiere inversión en equipo • Valor Mt² de formaleta: \$1.135.530 • 1.500 usos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Se requiere inversión en equipo • Valor Mt² de formaleta: \$767.250 • 500 usos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Se requiere inversión en equipo • Valor Mt² de formaleta: \$552.420 • 500 usos.
7. Diseño arquitectónico	<ul style="list-style-type: none"> • Proyectos simples y complejos. • Incluye todo los detalles arquitectónicos en el molde. 	<ul style="list-style-type: none"> • Proyectos simples sin detalles arquitectónicos. • Detalles arquitectónicos en una segunda etapa. 	<ul style="list-style-type: none"> • Proyectos simples sin detalles arquitectónicos. • Detalles arquitectónicos en una segunda etapa.

Fuente: Autor.

El valor Mt² de la formaleta fue un aporte de las empresas Formesan y Forsa.

4.2 Identificación de factores endógenos y exógenos que inciden al usar formaletería en la construcción con sistemas industrializados

Para el reconocimiento de los factores endógenos y exógenos que inciden al usar formaletería para la construcción con sistemas industrializados, se tuvo en cuenta el concepto presentado en el ítem acudió al estudio bibliográfico de Silva en el ítem 2.2, y los datos suministrados por las empresas Formesan y Forsa en el estudio de campo.

Entre ellos se encontró qué:

A nivel nacional el país tiene dificultades para implementar este tipo de construcción debido a la falta de vías adecuadas en altura para transportar grandes moles prefabricadas, y también, al factor cultural, porque el ciudadano del común no cree que una placa de 10 cm de ancho, base de

este sistema, tenga la resistencia suficiente para que su hogar sea seguro y duradero. (Beltrán, 2016).

La construcción con formaletería en sistemas industrializados es la única alternativa que tiene el país para solucionar sus planes de vivienda masiva, por las grandes ventajas de ahorro de tiempo de obra, que es del 30%, y por supuesto, por la considerable reducción en el valor del metro cuadrado construido. Todo esto con el propósito de luchar contra las construcciones informales, que en Bogotá, por ejemplo, asciende al 62% del total de las viviendas, las cuales además de ser inseguras para sus habitantes generan caos en la planeación de las ciudades”, (Beltrán, 2016).

Otra de las grandes ventajas de la formaletería en sistemas de construcción industrializada es que contribuye a la sostenibilidad de los proyectos gracias a la disminución en desperdicios de obra y a la reducción en el impacto ambiental, y por otra parte, porque emplea materiales que no emiten monóxido de carbono u otros gases tóxicos. (Beltrán, 2016).

Así mismo, asegura Beltrán (2016), que el país estuviera más industrializado si existiera más infraestructura, maquinaria y elementos constructivos. “El problema es que en Colombia, por lo menos en lo relacionado con vivienda, no hay una política clara, lo que existe es una política de financiación de vivienda, y eso repercute en que la empresa extranjera tema invertir en grandes infraestructuras habitacionales que podrían abaratar la construcción en el país”.

Entre otros factores identificados se enuncian:

Los factores endógenos representan una amenaza que los empresarios de construcción de vivienda que utilizan formaletas en sistemas industrializados no pueden controlar.

Los factores macroeconómicos tales como el PIB, la inflación, tasa de desempleo, políticas fiscales y regulatorias tienen un gran impacto en el desempeño constructivo con formaletas en sistemas industrializados.

Los factores que más influyen en la competitividad de las empresas de la construcción de vivienda que usan formaletas en sistemas industrializados son, en ese orden, el producto interno bruto, las políticas fiscales, las políticas cambiarias y la estabilidad macroeconómica del país.

Además se identificaron otros factores endógenos y exógenos que influyen al usar formaletería en la construcción en sistemas industrializados:

Factores que influyen en la localización:

- Medios y costos de transporte
- Cercanía de las fuentes de abastecimiento de los materiales
- Factores ambientales
- Cercanía del mercado
- Costo y disponibilidad de terceros
- Topografía de suelos
- Estructura impositiva y legal
- Disponibilidad de suministros (formaletería adecuada)

- Comunicaciones
- Posibilidad de desprenderse de desechos

Factores que intervienen en la durabilidad de la formaletería:

- Armadura: Corrosión: rigidez y funcionalidad
- Físico: resistencia y seguridad
- Químico-biológico: condiciones superficiales y aspecto.

A nivel ambiental los factores exógenos más notorios a nivel mundial, y que afectan el planeta es el calentamiento global, debido al uso exagerado y no reutilizable de recursos energéticos y la contaminación de la misma naturaleza, entre otros. Esto se ve representado en la manera como el ser humano transforma los materiales que adquiere de la oferta ecosistemita para hacer con ellos sistemas constructivos que sirven finalmente para su habitabilidad. Al hacer uso de algunos de estos materiales, se ha incurrido en la preocupante tendencia mundial de la insostenibilidad ambiental, debido a su uso incorrecto, o exagerado, a la contaminación que en sus procesos productivos se genera, y al consumo de energía y de material que en algunos casos no es renovable. Por estas razones, se debe conocer cuáles son los materiales que al ser transformados para construir una vivienda, son menos amables con el sistema ambiental, por lo tanto se deben proponer nuevas alternativas constructivas que armonicen con la complejidad sistémica de las dinámicas ambientales y que entren a hacer parte de un desarrollo diferente al capitalista: el desarrollo sostenible. Cuando se habla de consumo sostenible de materiales usados en una vivienda se hace referencia no solo una variable

como la ambiental sino todas aquellas que confluyen en la sostenibilidad de la misma vivienda, como lo es la técnica, la económica y la cultural.

Por poner un ejemplo, si un material tiene ventajas ambientales sobre otro y consume poca energía durante su constitución, pero es usado en una construcción que no tiene parámetros técnicos adecuados, entonces un sismo puede culminar con este material y hacerlo más insostenible en el tiempo que otro que consuma mayores volúmenes de energía pero que haga parte de una construcción sismo-resistente.

Pero a su vez, una tipología de vivienda puede tener materiales que cumplan con estos dos parámetros, y así componerse de materiales favorables en términos de consumo energético, estar técnicamente aprobados por un código técnico, pero si tiene un costo económico muy alto llega a ser de difícil acceso a la sociedad. O puede ocurrir que una vivienda cumpla con todo lo anterior, pero no sea aprobada por la aceptación de la cultura habitante.

4.3 Diferencias que hacen distintiva la formaletería para la construcción con sistemas industrializados

4.3.1 Encofrado en madera.

Los encofrados en madera son revestimiento para la obra falsa, hecho generalmente en el sitio, que para su fabricación se utiliza láminas de madera aglomerada o contrachapada o tablas de madera tradicional, la madera utilizada debe tener resistencia a la humedad, los encofrados de madera 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.

4.3.1.1 Duración de los encofrados de madera. Los encofrados en madera tienen una vida útil muy corta, muchos de ellos, su duración se limita a la obra misma, pero el material si es reciclable en si, por ejemplo, las tablas de madera, usada para vigas, columnas o bordes, una vez desencofrado el elemento, puede reciclarse para hacer otro encofrado.

4.3.1.2 Precio encofrados de madera. Decir un precio de un encofrado es difícil, ya que dependiendo de la forma del elemento gastara más por metro lineal o cuadrado según su forma, o será más fácil o más difícil de hacer, por lo tanto requerirá de más mano de obra o carpinteros especializados, en el caso de bóvedas, por ejemplo.

Para un precio aproximado debe tenerse en cuenta, la medida, el tipo de madera a utilizar, la forma y la mano de obra necesaria, además del tiempo para realizarlo.



Fuente: Forsa, 2016

Figura 11. Encofrado en madera

4.3.1.3 Ventajas y desventajas del encofrado en madera. Las ventajas y desventajas se relacionan en el cuadro siguiente.

Cuadro No. 2. Ventajas y desventajas del encofrado en madera

VENTAJAS	DESVENTAJAS
El encofrado de madera tradicional es barato, se trata de una formaleta muy económica para pequeñas construcciones.	Al usar muchos clavos o tornillos, se debilita la madera.
Fácil instalación	Al usar muchos clavos o tornillos, se debilita la madera.
Poco peso	En obras de gran envergadura puede retrasar el trabajo, al tener que fabricarse
Permite realizar encofrados para cualquier tipo de diseño.	Poca vida útil si no se tiene cuidado al retirar el encofrado.
Disponible fácilmente en la mayoría de los sitios, aún en zonas rurales.	
Buena resistencia.	
Aplicación de texturas para conseguir acabados diferentes.	

Fuente: Autor

4.3.2 Encofrado metálico.

Este tipo de encofrados se consigue fácilmente en el mercado y son fabricados por empresas especializadas como Formesan, Forsa, entre otras. Estos ejemplares ofrecen ventajas en acabado, velocidad de colocación y reducción de costos, cada vez que los usos necesarios son mayores; es decir, en proyectos medianos o grandes.

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.

El encofrado metálico posee como función primordial dar al hormigón la forma proyectada, proveer su estabilidad como hormigón fresco, asegurar la protección y la correcta colocación de las armaduras. También tiene como función proteger al hormigón de golpes, de la influencia de las temperaturas externas y reducir la pérdida de agua, ya que es el ingrediente más fluido de los tres elementos que lo componen (cemento, gravilla y agua).

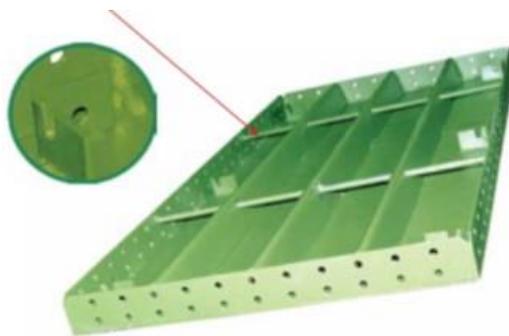


Fuente: Forsa, 2016

Figura 12. Formaletas metálicas para la construcción de viviendas industrializadas

Para el encofrado metálico se utilizan los siguientes refuerzos internos en U y banda laterales:

Los refuerzos internos, son perfiles en "u", y son los que conforman la estructura del panel o formaleta, ayudan a darles resistencia al panel y están ubicados de tal forma que no obstruyan la colocación de los pines en las esquinas de las formaletas.



Fuente: Formesan, 2016

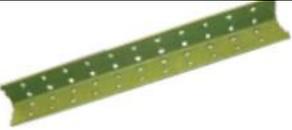
Figura 13. Refuerzos internos en "U"

Todas las formaletas o paneles tienen bandas laterales que dan seguridad al módulo para su armado, estas bandas tienen perforaciones dobles ubicadas a una distancia de 0,05 m entre sí alrededor de su perímetro, para facilitar la instalación de la chapeta, permitiendo así la unión entre los paneles en cualquier posición sea vertical u horizontal.

Cuadro No. 3. Accesorios que componen un módulo de una formaleta metálica

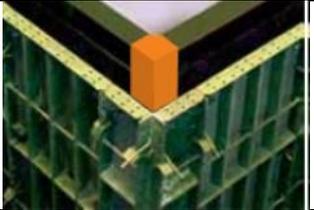
Nombre del Accesorio	Accesorio
<p>Pin chapeta: es un accesorio utilizado para fijar la corbata distanciadora y los paneles simultáneamente, ahorrando tiempo de armado</p>	
<p>Chapeta: es un accesorio para alinear y unir los paneles o formaletas entre sí. Transmite carga entre ellos y deben colocarse siempre en la perforación interna de la banda lateral para mejorar el cierre entre módulos.</p>	
<p>Pin: es un elemento de fijación entre el molde o formaleta y la corbata, cuando esta pasa a través del concreto, también ayuda a la alineación de las caras de los paneles o formaleta y a transferir carga entre ellos</p>	
<p>Mordaza: es un accesorio utilizado para fijar rápidamente el alineador al panel o formaleta dándole a esta la alineación requerida.</p>	
<p>Tubos alineadores: a medida que se va encofrando los moldes, se deben ir colocando los tubos alineadores, los cuales se sujetan a las mordazas, esto para lograr alineamiento y plomo de los muros.</p>	
<p>Corbatas (distanciadores): son los elementos que actúan como separadores de las formaletas o moldes, nos garantizan el espesor de los muros, son colocados después de fijar los paneles con las chapetas y extraídos después de cada vaciado antes o después de desencofrar, están diseñados para mantener el espesor de los muros. Detalle de instalación de corbatas con pines, vista del alineador sujetado con las mordazas.</p>	

Cuadro No. 3. Accesorios que componen un módulo de una formaleta metálica (Continuación)

<p>Ángulos: son elementos que tienen como función unir los vértices externos de los muros o columnas.</p>	
<p>Las rinconeras internas: son elementos que tienen como función la unión de paneles o formaletas para muros adyacentes, se usa también para unir los paneles de muros y placa o losa.</p>	

Fuente: Datos suministrados por Formesan, 2016 y diseño Autora

Cuadro No. 4. Pasos para la instalación de la formaletería metálica

Pasos para la instalación de formaletería metálica	Moldes
<p>1. Instale las rinconeras internas en las esquinas de la vivienda.</p>	
<p>2. Fije la rinconera formando escuadra y para tener estabilidad coloque una formaleta a cada uno de los lados, incrustando chapetas o pinchapetas por las perforaciones de las bandas laterales. (5 chapetas x módulo a 1.20 m de alto.)</p>	
<p>3. Instale la corbata por la ranura de la formaleta ajustándola y asegurándola con los pines o pasadores al panel.</p>	
<p>4. Después de asegurar la formaleta a las rinconeras, continúe encofrando simultáneamente exterior e interiormente como lo indica el plano de encofrado respetando las medidas indicadas y repitiendo los anteriores pasos.</p>	

Cuadro No. 4. Pasos para la instalación de la formaletería metálica (Continuación)

<p>5. A medida que se va encofrando la formaleta, se debe ir colocando los tubos alineadores los cuales se sujetan a las mordazas, esto para lograr alineamiento y plomo de los muros.</p>	
<p>6. Verifique verticalidad y alineamiento del encofrado antes de vaciar el concreto.</p>	
<p>7. Asegurarse de la correcta instalación de los accesorios antes del vaciado.</p>	
<p>8. Para vaciar muro y placa monolíticamente en una sola operación, se instala la rinconera de placa con el fin de conectar las formaletas o páneles de muros con los páneles de placa o losa, para su respectivo vaciado.</p>	

Fuente: Datos suministrados por Formesan, 2016 y diseño Autora

A continuación se presentan los diferentes tipos de formaleta metálica.

4.3.2.1 Formaleta para losas. Vigas entrecruzadas para encofrados de losa, que apoyadas en las vigas dispensan apuntalamiento, vencen vanos de 1,30m hasta 5,55m, y pueden ser usadas en conjunto con estrados y chapas galvanizadas o con perfiles metálicos y madera prensada.



Fuente: Forsa, 2016

Figura 14. Formaleta metálica para losas

4.3.2.2 Formaleta para paredes. La formaleta o encofrados para paredes disminuyen notablemente los costos de producción y montaje, asegurando de igual forma calidad y satisfacción en todos los aspectos. Existe una variedad de encofrados que se ajustan a cada medida. También se encuentran encofrados para paredes verticales o longitudinales que permite la realización de muros o cualquier otra construcción. Ambos cuentan con un armazón de caja de acero de 10 cm de grosor y una capa múltiple fenólica de madera finlandesa de 18 mm que permite unos acabados lisos perfectos. Estos encofrados para paredes se unen entre sí a través de mordaza alineadora o clavija y con las barras roscadas reutilizables y placas, lo cual asegura un terminado perfecto y estanqueidad al momento de vertido del hormigón.

También existen encofrados para paredes específicamente de edificios residenciales e industriales. Es una estructura metálica de perfil de 12 cm que se adapta a cada exigencia, asegurando siempre calidad y buena presentación. De igual forma son estructuras metálicas con casetones ensamblados en sentido vertical y horizontal, y en general unas características similares al encofrado anterior, con ligeras diferencias en lo que se refiere a sus medidas, y que se adapta siempre a múltiples necesidades constructivas, y genera, de este modo, satisfacción y

máxima calidad. Los casetones de los módulos de acero pueden fácilmente combinarse con los de los módulos de aluminio a través de accesorios de unión como la mordaza alineadora o clavija y cuña.



Fuente: Formesan, 2016

Figura 15. Formaleta metálica para paredes

4.3.2.3 Formaleta metálica para muros y pilares. La formaleta o encofrado en muros y pilares se realiza con tableros modulares de varios anchos (25, 50, 75 y 90 cm), y con alturas de 0'6 a 3m, dos angulares diferentes para las esquinas interiores y exteriores y unas barras que se utilizan como pasantes sobre el ancho del muro (protegidas por un tubo de PVC para poder recuperarlas). Dichas barras están tensadas por un tornillo de apriete conocido como mariposa.

El secreto estriba en el sistema de enganche entre los tableros mediante un elemento de cosido, la cuña o chaveta, y los suplementos que permiten la realización de rinconeras, esquinales, etc., y así resolver la creación de muros escalonados, con cortes a voluntad (foto 1), el paso de tubos o el encofrado de suelos inclinados



Fuente: Formesan, 2016

Figura 16. Formaleta o encofrado metálico para muros y columnas

4.3.2.4 Formaletas o encofrados metálicos en disposición circular. Formaletear o encofrar muros circulares, sea con radio pequeño, entre 3 y 5 m, o con un radio mayor de 5 metros, es una tarea compleja: un problema es conseguir su nivelación vertical; también es difícil contrarrestar la presión del hormigón o prever la aparición de momentos creados por la misma forma alabeada, pudiendo provocar el vuelco imprevisto de todo o parte del conjunto, por lo que son necesarios tensores y puntales repartidos por el encofrado.

Este encofrado resiste a una presión del hormigón fresco hasta 150 kN/m². Los encofrados son disponibles en 3 tamaños distintos, todos sobreponibles, permitiendo alcanzar la altura requerida. La sobreposición ocurre trámite los anillos con un perno que constituyen también el punto de toma del accesorio de levantamiento. La plataforma de servicio certifica seguridad y una ventaja decisiva para reducir los plazos de las operaciones de empleo del encofrado.

Gracias a la balastrada de protección integrable, es posible trabajar en seguridad sobre cada semiplataforma de servicio.



Fuente: Formesan, 2015

Figura 17. Formaleta o encofrado metálico para muros circulares

El encofrado circular para paredes curvilíneas, a rayo variable (rayo mínimo interior 3,00 m) se compone de diferentes bastidores en acero con perfil de 11 cm y panel multicapa (100% abedul) espeso 18mm tratado con fenol 220 gr/m² a ambos lados.

Los módulos vienen suministrados rectilíneos y luego son regulados durante las obras, adaptando los rayos de curvatura por medio de los dados de regulación presentes en la parte posterior del panel y mediante la utilización de unas guías de control, que verifican la correcta curvatura.

Los módulos son sobreponibles hasta una altura máxima de 7,50 m. El sistema de encofrado circular se puede acoplar tanto en horizontal cuanto en vertical, preservando las mismas características tipológicas y constructivas de los encofrados a bastidor. La utilización de los mismos accesorios garantiza la compatibilidad entre los distintos sistemas.



Fuente: Formesan, 2015

Figura 18. Formaleta o encofrado metálico para para paredes curvilíneas

4.4 Construcción de un apartamento completo realizando uso del sistema mano-portable (formaleta metálica).

A continuación se pueden observar las ventajas de este método de construcción basado en hechos reales y comprobados por el personal de trabajo de la empresa constructora Formesan y su maestro en obras Julio Hernando Castro, quien ha realizado las obras pioneras de este sistema de construcción, como lo fueron Carrefour y Home Center.

Para la construcción de un apartamento, se utilizó formaletería metálica, con un peso de 1m^2 de 50kg aproximado, lo que permite que un solo operario pueda maniobrar los paneles y sus accesorios y haciéndolos manportables en su operación, facilitando la secuencia de armado y desencofre.



Fuente: Forsa, 2016

Figura 19. Paneles metálicos con un peso de 22kg por m²

Con este sistema se pueden realizar los trabajos de colocación del refuerzo, instalaciones, formaleta y fundida del concreto en un solo día, dejando un tiempo adecuado para que el concreto fragüe y se pueda repetir el mismo proceso al día siguiente.

4.4.1 Proceso constructivo.

En el proceso constructivo se instalaron los encofrados de forma manual por un bajo número de operarios.

Para ello, los encofrados disponen de manijas y herramientas que facilitan su manipulación.

La cara principal o fono tiene la función de dar el acabado al concreto sea liso o texturizado, según la necesidad de la obra.

En sus extremos, tiene ranuras para facilitar la colocación de las corbatas que garantizan el espesor de los muros.

Para el proceso constructivo se tuvo en cuenta:

- Cimentación.
- Vaciado placa de cimentación.
- Instalación de malla electro soldada.
- Colocación de instalaciones eléctricas y sanitarias
- Colocación de la formaleta de muros
- Colocación de la formaleta de placa
- Instalación de aceros de placa (malla).
- Vaciado del concreto en muros y placas
- Desencofrado de formaleta al día siguiente.



Fuente: Formesan, 2016

Figura 20. Cimentación y vaciado de placa

Primero se tienen las pantallas y las columnas ya vaciadas que son la estructura del edificio y luego se traza todo el apartamento.

Segundo se colocan los módulos junto con la malla electrosoldada que es la que hace las veces de estructura del muro.



Fuente: Formesan, 2016

Figura 21. Colocación de módulos con malla electrosoldada entre dos formaletas



Fuente: Formesan, 2016

Figura 22. Montaje del encofrado con la malla



Fuente: Formesan, 2016

Figura 23. Colocación de instalaciones eléctricas y sanitarias

Queda formaleteado todo el apartamento y luego se procede a vaciar.



Fuente: Formesan, 2016

Figura 24. Encofrado listo para vaciar



Fuente: Formesan, 2016

Figura 25. Vaciado del concreto



Fuente: Formesan, 2016

Figura 26. Desenformado y extracción de corbatas



Fuente: Formesan, 2016

Figura 27. Aplicación de masilla para dejar el muro listo para pintura

4.5 Costos usando formaleta en madera y metálica

En el siguiente cuadro se presentan los recursos y costos utilizados para la construcción de una columna de 1m x 1m, muro o pared de 8 cm, y concreto, malla electrosoldada y argamasa con formaletería en madera y metálica.

Cuadro No. 5. Costos de un muro de 1m x 1m usando formaletería en madera y metálica

Costos usando formaletería en madera				Costos usando formaletería metálica			
<p>Construcción de una columna de 1m x 1m usando formaleta en madera: Para elaborar una columna de este tipo se necesita un oficial y un ayudante que se demoran medio día para armar el hierro y medio para formaletear, y vaciándola se demoran medio día con otro ayudante más.</p> <p>Costos: Para elaborar una columna de este tipo se necesita un oficial y un ayudante que se demoran medio día para armar el hierro y medio para formaletear, y vaciándola se demoran medio día con otro ayudante más.</p>				<p>Construcción de una columna de 1m x 1m usando formaleta metálica. Para elaborar una columna de 1m x 1m se necesita un oficial y un ayudante que se demoran medio día para armar el hierro. Con estas formaletas un oficial y dos ayudantes, formaletean en 48 minutos y vacean la columna en el mismo medio día.</p> <p>Costos. Para formaletear una columna de este tamaño se necesita 16 módulos de 0,5m x 1,2m, 16 alineadores, 48 mordazas, 96 chapetas, un cuartón de madera de 4" x 2"x 3 m que cuesta \$ 8.000 y una libra de clavos de acero de 4", que cuesta \$5000. Costo aproximado: \$ 13.000. Como el tiempo de este trabajo es un día y 48 minutos, es decir, 1.033 días se tiene:</p>			
Item	Tiempo (Días)	Valor Día	Subtotal	Item	Tiempo (Días)	Valor Día	Subtotal
Valor oficial	1.5	\$22.190	\$33.285	Valor oficial	1.033	\$22.190	\$22.922
Valor ayudante 1	1.5	\$15.580	\$23.370	Valor ayudante 1	1.033	\$15.580	\$16.100
Valor ayudante 2	0.5	\$15.580	\$ 7.790	Valor ayudante 2	0.033	\$15.580	\$ 515
Total nómina			\$64.445	Total nómina			\$39.537
Valor materiales			\$123.000	Valor materiales			\$13.000
Total valor de la columna			\$187.445	Total valor de la columna			\$52.537
<p>El ahorro en pesos entre las dos formas de construcción es de \$ 134.907</p> <p>NOTA: En los costos no se tiene en cuenta el valor del concreto, del hierro ni del revoque porque es igual para cualquiera de los dos procedimientos.</p>							

Fuente: Datos suministrados por Formesan, 2016 y diseño Autora

Cuadro No. 6. Costos de un muro un muro o pared de 8 cm en madera y metálica

Costos usando formaletería en madera	Costos usando formaletería metálica																																						
<p>Método tradicional (Ladrillo, Pega, Revoque, Estuco): Con este método un contratista pegador de ladrillo deja un promedio de 8 m² de muro listo para revocar, y un contratista revocador hace un promedio de 15 a 20 m² de muro terminado y listo para pintar en un día laboral de 8 horas.</p>	<p>Formaleta metálica (Concreto, malla electrosoldada y argamasa). Con esta formaleta, 3 oficiales y 11 ayudantes colocan hierro, formaletean y vacean un promedio de 80 m² en un día laboral de 8 horas, y 5 ayudantes tardan 2 horas de trabajo al día siguiente para desformaletear y quedar el muro listo para aplicar la agramasa (masilla y cemento). El contratista que aplica la agramasa realiza de 70 a 80 m² por día. El concreto que se utiliza en muros tiene una relación de 3 bultos de cemento de 50 kg, 4 carretillas de gravilla y 4 carretillas de arena.</p>																																						
<p>Costos:</p>	<p>Costos.</p>																																						
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Item</th> <th>Valor</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Valor m² del contratista de pega de ladrillo</td> <td>\$5.000</td> </tr> <tr> <td>Valor m² del contratista de revoque</td> <td>\$4.500</td> </tr> <tr> <td>Valor m² del contratista de estuco</td> <td>\$1.500</td> </tr> <tr> <td>Valor del ladrillo (16 ladrillos por m²) (\$450x16)</td> <td>\$7.200</td> </tr> <tr> <td>Valor del material de pega de ladrillo por m² (medio bulto de cemento y 15 paladas de arena)</td> <td>\$10.250</td> </tr> <tr> <td>Valor del material de revoque por m² (medio bulto de cemento y 15 paladas de arena)</td> <td>\$10.250</td> </tr> <tr> <td>Valor del material de estuco (yeso, caolín y cemento) por m²</td> <td>\$3.000</td> </tr> <tr> <td>Valor materiales por m²</td> <td>\$20.450</td> </tr> <tr> <td>Total valor del muro antes de pintura por m²</td> <td>\$41.700</td> </tr> </tbody> </table>	Item	Valor	Valor m ² del contratista de pega de ladrillo	\$5.000	Valor m ² del contratista de revoque	\$4.500	Valor m ² del contratista de estuco	\$1.500	Valor del ladrillo (16 ladrillos por m ²) (\$450x16)	\$7.200	Valor del material de pega de ladrillo por m ² (medio bulto de cemento y 15 paladas de arena)	\$10.250	Valor del material de revoque por m ² (medio bulto de cemento y 15 paladas de arena)	\$10.250	Valor del material de estuco (yeso, caolín y cemento) por m ²	\$3.000	Valor materiales por m ²	\$20.450	Total valor del muro antes de pintura por m²	\$41.700	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Item</th> <th>Valor</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Valor de los 3 oficiales: (1 x 22190) x 3</td> <td>\$66.570</td> </tr> <tr> <td>Valor de los 11 ayudantes: (1 x 15580) x 11</td> <td>\$171.380</td> </tr> <tr> <td>Valor de los 5 ayudantes: (0,375 x 15580) x 5</td> <td>\$5.843</td> </tr> <tr> <td>Valor de los 80 m² por día del contratista de la agramasa: (80 x \$2000)</td> <td>\$160.000</td> </tr> <tr> <td>Valor de la agramasa (Macilla y cemento) para los 80 m²</td> <td>\$128.000</td> </tr> <tr> <td>Valor de los 80 m² de malla electrosoldada.</td> <td>\$360.000</td> </tr> <tr> <td>Valor de los cuarterones de madera de 4" x 2" y los clavos de acero de 4"</td> <td>\$250.000</td> </tr> <tr> <td>Valor de 1m³ de concreto promedio con transporte, consumo de agua, energía y pérdidas</td> <td>\$100.000</td> </tr> </tbody> </table>	Item	Valor	Valor de los 3 oficiales: (1 x 22190) x 3	\$66.570	Valor de los 11 ayudantes: (1 x 15580) x 11	\$171.380	Valor de los 5 ayudantes: (0,375 x 15580) x 5	\$5.843	Valor de los 80 m ² por día del contratista de la agramasa: (80 x \$2000)	\$160.000	Valor de la agramasa (Macilla y cemento) para los 80 m ²	\$128.000	Valor de los 80 m ² de malla electrosoldada.	\$360.000	Valor de los cuarterones de madera de 4" x 2" y los clavos de acero de 4"	\$250.000	Valor de 1m ³ de concreto promedio con transporte, consumo de agua, energía y pérdidas	\$100.000
Item	Valor																																						
Valor m ² del contratista de pega de ladrillo	\$5.000																																						
Valor m ² del contratista de revoque	\$4.500																																						
Valor m ² del contratista de estuco	\$1.500																																						
Valor del ladrillo (16 ladrillos por m ²) (\$450x16)	\$7.200																																						
Valor del material de pega de ladrillo por m ² (medio bulto de cemento y 15 paladas de arena)	\$10.250																																						
Valor del material de revoque por m ² (medio bulto de cemento y 15 paladas de arena)	\$10.250																																						
Valor del material de estuco (yeso, caolín y cemento) por m ²	\$3.000																																						
Valor materiales por m ²	\$20.450																																						
Total valor del muro antes de pintura por m²	\$41.700																																						
Item	Valor																																						
Valor de los 3 oficiales: (1 x 22190) x 3	\$66.570																																						
Valor de los 11 ayudantes: (1 x 15580) x 11	\$171.380																																						
Valor de los 5 ayudantes: (0,375 x 15580) x 5	\$5.843																																						
Valor de los 80 m ² por día del contratista de la agramasa: (80 x \$2000)	\$160.000																																						
Valor de la agramasa (Macilla y cemento) para los 80 m ²	\$128.000																																						
Valor de los 80 m ² de malla electrosoldada.	\$360.000																																						
Valor de los cuarterones de madera de 4" x 2" y los clavos de acero de 4"	\$250.000																																						
Valor de 1m ³ de concreto promedio con transporte, consumo de agua, energía y pérdidas	\$100.000																																						
<p>(Este valor fue suministrado por el personal financiero de Formesan). Para vaciar los 80 m² de muro de 8 cm de espesor, se necesitan 6.4 m³ de concreto 6,4 x \$100000 _____ \$ 640.000 Total nomina: _____ \$ 403.793 Valor materiales: _____ \$1.378.000 TOTAL DEL VALOR DE CONSTRUCCION DE 80 m² DE MURO DE 8 cm: _____ \$ 1.781.793 TOTAL DEL VALOR DE CONSTRUCCION DEL MURO DE 8 cm POR m²: _____ \$ 22.272 AHORRO POR m² DE MURO DE 8 cm LISTO PARA PINTAR: _____ \$ 19.427 NOTA: Los precios como el del cemento, pago de nómina respecto del salario mínimo, consumo de servicios públicos, desperdicios de concreto en la obra y desgaste de herramienta son costos variables, y vigentes del año 2016.</p>																																							

Fuente: Datos suministrados por Formesan, 2016 y diseño Autor

5. Aporte

De acuerdo a la recopilación bibliográfica y estudio de campo a través de las empresas Forsa y Formesan, se identificaron los factores endógenos y exógenos y se conocieron las diferentes características que tienen los dos tipos de sistemas mano-portable y túnel; se presentan las siguientes sugerencias como aporte para la realización de construcciones utilizando formaletas en los sistemas industrializados.

En primer lugar se sugiere que se utilice el sistema mano-portable (formaleta metálica); ya que es un sistema que permite fundir muros y un día después, en ocasiones el mismo día se pueden fundir los muros y placas al mismo tiempo, esto hace que el sistema formaleta metálica se realice en una sola operación. En esta operación se pueden dejar en la placa y los muros todas las instalaciones eléctricas, hidráulicas, sanitarias y de gas, haciendo que no sea necesario regatear los muros para las instalaciones eléctricas.

En el manejo del equipo no necesita una mano de obra especializada, esto hace que se posibilite una rápida asimilación de la mecánica de armado por parte del personal encargado de la obra, esto hace que en los acabados sean de calidad lisos y con texturas, el sistema industrializado hace que se tenga un menor desperdicio de material, se obtiene menor tiempo en la ejecución de la obra y se adapta a cualquier diseño por la variedad de medidas de los módulos. En la planeación de obra se debe calcular las ventajas económicas que

se tienen con el sistema monolítico, se debe hacer un análisis al adquirir el alquiler o al comprar la formaleta metálica, se debe hacer una proyección de costos de alquiler Vs. El costo financiero de la inversión.

Se debe adquirir el mejor juego de paneles para que los tiempos de no uso del equipo sea menor; o sea el costo del alquiler por m² de contacto incluyendo todos los accesorios por cada día está en un aproximado de \$ 1.100 IVA incluido; esto quiere decir que para armar una pantalla de 3 x 2.4 x 0.1 vale aproximadamente \$ 16.368, y el friso de este elemento seria de 14.4 m² a \$6.000 esto es a todo costo, vale \$ 86.400, esto es más el costo del friso de los metros lineales.

De esta manera se calcula el valor de la formaleta para incluirlo en el presupuesto de la obra.

La formaleta metálica por ser modular y resistente, este sistema de encofrado permite que se pueda utilizar constantemente en proyectos de características diversas, esto hace que se logre un alto aprovechamiento de todos los componentes como tal; su tamaño y peso hace que sea manipulado por una persona y reduzca costos en obra y por sus características es de fácil almacenamiento, en espacios reducidos.

La formaleta metálica es indicada para la construcción de vivienda de interés social en altura, a la hora de la gerencia un proyecto de este tipo, permitiendo generar una planificación en cuanto al manejo del control de tiempo-costo-calidad, viéndose reflejado en el ahorro considerable de los gastos administrativos, financieros, producción y supervisión.

Se recomienda, que cada vez que se deba iniciar un piso o una cimentación se debe hacer lo más nivelada que se pueda para un mejor encofrado de las formaletas, se debe hacer una buena demarcación de la estructura proyectada sobre el piso o la cimentación, con su marcación correcta se procede al ensamble de las formaletas, los paneles se debe hacer una verificación de plomo para que estén bien nivelados los muros y no vayan a quedar desplomados.

En las pantallas o muros largos, las mismas deben tener las mismas medidas de esta manera es posible colocar las corbatas a través de los aberturas de los paneles ya que estas ranuras están en la misma ubicación.

Al instalar los ductos de las instalaciones a la malla de refuerzo, se deben realizar de manera cuidadosa, para que en el proceso de la fundida, el concreto desplace o dañe los muros.

En los tubos hidrosanitarios, cajas eléctricas, se deben tapar las posibles entradas de concreto con papel u otro material para evitar que se tapen y posteriormente se dañen.

Se debe estar haciendo una verificación constante en el proceso de armado del encofrado, se debe verificar el plomo, escuadras y la nivelación de la formaleta ya encofrada.

En muros se debe tener en cuenta que los espesores sean de 10 a 20 cms. Se deben instalar mínimo tres corbatas por cada formaleta, según lo requiera el plano de modulación; en otros espesores como 25 a 40 cms., se deben instalar como mínimo 5 corbatas por cada módulo armado o encofrado.

Cuando se arma una columna de más de 40 x 40 cms., debe colocársele como mínimo 3 corbatas en el sentido más corto, esto hace que los módulos no se abran.

Cuando se arman muros con un espesor mayor o igual a 30cms., se deben hacer unos templetos anclados al piso, esto se hace para evitar que la formaleta se desplace del piso y haga que el muro se desnivele.

En el encofrado cuando hay muros interferidos por un vano y para el alineamiento de la formaleta, siempre que se pueda se debe colocar alineadores que intersecten o pasen de un lado al otro del vano.

En el momento que se vaya a fundir la estructura, las superficies de contacto con las formaletas, debe estar cubiertas con desmoldante, esto hace que evite su adherencia al concreto y se pueda hacer desencofrado fácil; antes que se vacíe el concreto es necesario que se verifique que la ubicación del refuerzo sea la propuesta para la estructura.

En el vaciado del concreto, siempre en la fundición de muros se debe usar vibrador de aguja de 35 mm, para extraer el aire del concreto, así como golpear la formaleta con martillo o mazo de caucho con el fin de obtener una superficie de perfecto acabado.

Una vez terminada la fundida dentro del encofrado se debe realizar una última revisión de niveles, plomado y verticalidad de los muros; de esta manera se hacen las correcciones pertinentes por si algo se desnivele en la fundida, este proceso se hace manual.

En el proceso del desencofrado, está la clave en la conservación de las características de fabricación de los paneles, por lo tanto se deben usar las herramientas adecuadas como el martillo extractor para retirar el encofrado, de esta manera se cuenta con la posibilidad de engancharse a los paneles, lo que hace su extracción más efectiva y rápida en el proceso de desencofrar.

Cuando se tiene una placa maciza de 0.10 o 0.20 mts., y se tenga el tiempo inicial de fraguado de las losas, se puede retirar el encofrado siempre y cuando se deje por lo menos una cercha metálica apoyada sobre gatos comunes, para que soporten cada una de las luces de la estructura durante el tiempo restante de curado del concreto, esto permite que la placa pueda resistir sin ningún problema la cantidad de cargas vivas o de cargas muertas, de la obra en pleno desarrollo.

Al concluir toda las extracciones de las corbatas se retiran las fundas de las corbatas y se debe resanar con mortero los orificios, para poder lograr un acabado homogéneo y dejarlo listo para pañetar y estucar, este proceso de desencofrado es la clave en la conservación de las características de fabricación de los paneles, entonces se deben usar las herramientas adecuadas para lograr este fin.

Como aporte importante se realizó un análisis de costos de la construcción de 1.000 viviendas hechas en 26 meses, con datos suministrados por la empresa Forsa, presentando un ahorro en total del 22% en costo directo, el 42% de ahorro en gastos indirectos y administración y un 18% en mano de obra. Todo ello se resume en el siguiente cuadro.

Cuadro No. 7. Análisis de costos

ITEMS	POR VIVIENDA (Moneda Local: Peso Chileno)	TOTALES (Moneda Local: Peso Chileno)
Análisis del Equipo		
Valor Equipo	\$ 157,514	\$ 157,514,296
Curado de Formaleta	\$ 64	\$ 63,776
Desmoldante Formaleta y ACPM	\$ 17,546	\$ 17,545,506
Lavado de formaleta - Hidrolavadora	\$ 11,269	\$ 11,269,456
Mantenimiento Formaleta	\$ 34,579	\$ 34,579,021
Pérdida de accesorios - Desperdicio	\$ 1,575	\$ 1,575,143
Transporte Equipo	\$ 16,444	\$ 16,444,493
Cambio de madera		
Concretos	\$ 1,580,453	\$ 1,580,452,661
Acero de Refuerzo	\$ 1,467,243	\$ 1,467,243,195
H.M., Separadores, Puntales, Angulos para Portaleador, Yumbolon, Antiso y Viruta	\$ 81,251	\$ 81,251,274
Mano de Obra		
M.O Contratista - Colocación Acero, Armado Formaleta, Vaciado de Concreto y Desarme Formaleta	\$ 503,302	\$ 503,302,262
Repellos y Resanes - M.O y Materiales	\$ 8,536	\$ 8,536,250
Mano de Obra adicional en Estructura	\$ 0	\$ 0
Costo Total	\$ 3,879,777	\$ 3,879,777,333
Costo por m2 de Area Construida		\$ 48,497
Volumen de concreto / Vivienda - Molde (m3)		27.83

Fuente: Diseño autor con datos suministrados por Forsa.

6. Conclusiones

De acuerdo a los objetivos presentados se concluye que:

La recolección de datos bibliográficos como de campo a través de las empresas Formesan y Forsa, permitió la compilación de toda la información, para así identificar en primer lugar, el tipo de formaleta más rentable y segura, viéndose reflejado en el ahorro considerable de los gastos administrativos, de producción, mano de obra y financieros; siendo éste sistema el mano-portable (formaleta metálica), ya que además de los mencionado anteriormente, logra procesos ordenados, rápidos y progresivos, mantiene inventarios más equilibrados, contribuye a una construcción limpia y ecológica, aumentando la productividad y rentabilidad del constructor.

Las formaletas mano-portables (metálicas), con un solo juego se adapta a cualquier tipo de proyecto ya sea de vivienda, edificios, bodegas, penitenciarías, entre otros.

La estructura del sistema mano-portable, son más livianas porque los acabados que da la formaleta metálica elimina los frisos en las placas y muros.

Además se identificaron los factores endógenos y exógenos como la falta de vías adecuadas para transportar grandes cantidades de formaleta metálica mano-portable para edificaciones en serie.

Entre otros factores endógenos y exógenos identificados se encontró la falta de conocimiento y el factor cultural, ya que ciudadano del común no cree que una placa de 10 cm de ancho, base del sistema de formaleta metálica mano-portable, tenga la resistencia suficiente para la construcción de su vivienda; y los factores macroeconómicos tales como el PIB, la inflación, tasa de desempleo, políticas fiscales y regulatorias tienen un gran impacto en el desempeño constructivo con formaletas en sistemas industrializados.

Otro factor endógeno relevante que afecta al usar formaletería en los procesos constructivos con sistemas industrializados, se encuentra el reemplazo de la mano de obra, ya que permite mayor rendimiento en obras, generando un gran número de desempleo a nivel nacional.

Dentro de las diferentes características que hacen distintiva la formaleta para la construcción con sistemas industrializados, se conoció que el sistema de formaleta metálica (mano-portable), en referencia con la formaleta de madera, es un equipo que no se deteriora tan rápido, porque tiene una vida aproximadamente de 1.500 usos aconsejados, dependiendo del mantenimiento adecuado se le haga. Además es un más rápido, más fácil y más rentable, 3,5% ahorro de hormigón, un 18% de ahorro en mano de obra, 70% de ahorro en resanes y correcciones de la estructura, 42% en ahorro en gastos indirectos y administrativos y 22% en ahorro total de un proyecto de 1,000 viviendas construido en 26 meses.

7. Recomendaciones

Utilizar el sistema mano-portable (formaleta metálica) para la construcción de edificaciones en serie o más de 60 casas debido a su reutilización, ya que las formaletas tienen un periodo de utilización de 400 usos aproximadamente.

Se recomienda solicitar el manual del procedimiento constructivo con el sistema mano-portable, ya que puede estar sujetos a algunos cambios de colocación de formaletas y accesorios de sujeción, debido a los diferentes sistemas que ofrece cada empresa en el mercado.

El costo de los materiales está regido con los costos establecido por empresas durante el año 2016. Estos costos pueden variar con el tiempo y las duraciones están regidas con la norma NSR-10.

Para futuros estudios, se sugiere que se realice un estudio de mercado para observar el precio de la vivienda de interés social construido con el sistema manoportable (formalettería metálica), contra otras viviendas de esta misma índole construida con cualquier otro sistema constructivo para observar sus semejanzas o diferencias que pueden tener entre ellas con el fin de ver la varianza que existe en el mercado de la construcción.

Se recomienda que se continúe este trabajo con las siguientes generaciones de estudiantes de ingeniería civil, utilizando costos indirectos, para obtener el beneficio/costo, el TIR, entre otros, para un completo estudio económico.

Bibliografía

- Beltrán, Francisco. (2016). Colombia, rezagada en la construcción industrializada. Reporte realizado por a la obra maestros el 12 de mayo. Disponible en:
<http://maestros.com.co/agenda/colombia-rezagada-en-la-construccion-industrializada/>
- Bianchini, A. (1921). Encofrados y enfagados metálicos. Ingenieros: Barcelona.
- Botero R., Román. (2013). Encofrados. Universidad Nacional de Colombia. Cátedra universitaria: Sede Medellín.
- Botero, Ivan (2013). Sistema de Muros de Concreto en la Construcción de Vivienda. La formaleta una pieza clave en la construcción de vivienda industrializada. Cali. Disponible en: <http://blog.360gradosenconcreto.com/sistema-de-muros-de-concreto-en-la-construccion-de-vivienda/>
- Concepto.de (2015). Monografía. Disponible en: <http://concepto.de/monografia/#ixzz4B0j8INZ8>
- Departamento de Desarrollo Regional y Medio Ambiente Secretaría Ejecutiva para Asuntos Económicos y Sociales Organización de los Estados Americanos. (1991). Desastres, Planificación y Desarrollo: Manejo de Amenazas Naturales para Reducir los Daños. Washington D.C. Disponible en:
<http://www.oas.org/dsd/publications/unit/oea57s/oea57s.pdf>
- Formesan. (2016). Catálogo técnico comercial. Obtenido de
<http://www.formesan.com.co/assets/catalogo-formesan-2013.pdf>
- Forsa plast. (2016). Catálogo técnico. Obtenido de
https://issuu.com/ricardozambrano/docs/catalogo_forsa_2010
- Henao, L. (15 de Marzo de 2015). *Ministro de Vivienda. Periódico el Tiempo*. Obtenido de
<http://www.eltiempo.com/economia/sectores/planes-vivienda-en-colombia/15318555>

Hopsa (2012). Guía de Precios, (114), pp. 1-23.

López De Prado, R. (2000). *Métodos de investigación bibliográfica*. Obtenido de <http://www.geocities.com/zaguan2000/metodo.html#metodo>

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010). Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10). República de Colombia.

Normas APA. Sexta actualización. <http://www.javeriana.edu.co/cuadrantephi/pdfs/8.pdf>

Rodríguez U., M. (19 de Agosto de 2013). *Acerca de la investigación bibliográfica y documental*. Obtenido de <https://guiadetesis.wordpress.com/2013/08/19/acerca-de-la-investigacion-bibliografica-y-documental/>

Rocouard, M. J. (1980). Encofrados. Cálculo y aplicaciones en edificaciones y obras civiles. Editores técnicos asociados S.A., España. 275 p. Disponible en: https://books.google.com.co/books?id=UugxQVfpe64C&printsec=frontcover&source=gb_s_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false

Uribe, J. (2016). Impacto de los proyectos de construcción de viviendas en serie. *El Tiempo*, pág. Principales.

DANE. (2015). *Indicadores de estructura demográfica basado en proyecciones de población, 2015*. Obtenido de <https://geoportal.dane.gov.co/v2/?page=elementoEstimaciones>

Henao, L. (15 de Marzo de 2015). *Ministro de Vivienda. Periódico el Tiempo*. Obtenido de <http://www.eltiempo.com/economia/sectores/planes-vivienda-en-colombia/15318555>

Hurtado Figueroa, O. (2015). *Sistemas constructivos industrializado, información complementaria*. Cúcuta: SENA.

López De Prado, R. (2000). *Métodos de investigación bibliográfica*. Obtenido de <http://www.geocities.com/zaguan2000/metodo.html#metodo>

Mayagoitia, F., & Ochoa Rojas, F. (2011). *Construcción de viviendas con sistemas industrializados de muros en concreto*. Bogotá: Asocreto.

NSR-10. (26 de Marzo de 2010). *Reglamento Colombiano de construcción Sismo-resistente*. Obtenido de Diario Oficial: <http://camacol.co/informacion-tecnica/nsr-10>.

Normas APA. Sexta actualización. <http://www.javeriana.edu.co/cuadrantephi/pdfs/8.pdf>

Osorio Cardona, Jhon Freddy. (2011). Consumo sostenible de los materiales usados en la construcción de vivienda. Maestría en medio ambiente y desarrollo. Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales. 176 p.

Ozámiz, A. (2011). “El noble oficio de la construcción” video para la Fundación Laboral de la Construcción.

Protección, U. (. (2015). *Análisis del sector 2015-2016*. Obtenido de http://www.unp.gov.co/la-unp/Documents/DA_PROCESO_16-18-4629464_211001041_18141311.pdf

Rodríguez U., M. (19 de Agosto de 2013). *Acerca de la investigación bibliográfica y documental*. Obtenido de <https://guiadetesis.wordpress.com/2013/08/19/acerca-de-la-investigacion-bibliografica-y-documental/>

Silva, Omar Javier (2011). Formaletas para la construcción con sistemas industrializados. Bogotá. Disponible en: <http://blog.360gradosenconcreto.com/formaletas-para-la-construccion-con-sistemas-industrializados/>

Uribe, J. (2016). Impacto de los proyectos de construcción de viviendas en serie. *El Tiempo*, pág. Principales.