



Escola Politècnica Superior  
d'Edificació de Barcelona

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

## **Máster Universitario en Gestión de la Edificación**

Trabajo final de máster

**Elaboración de un sistema de gestión de calidad para las construcciones hechas con moldes,  
a través de la aplicación de técnicas de Lean Construcción**

**Projectista/es:** Ing. Armando Jose Castillo Veras

**Director/s:** Victor Roig Segura - Kátia Gaspar

**Convocatòria:** Abril – Mayo 2018

Elaboración de un sistema de gestión de calidad para las construcciones hechas con moldes, a través de la aplicación de técnicas de Lean Construcción

## Resumen

La necesidad de esta investigación surge debido al aumento en las exigencias de calidad en la construcción de edificaciones. Esta investigación pretende, a partir de la aplicación de los principios de lean, mejorar el nivel de aplicación de los aspectos de calidad y tiempo en la construcción en el proceso constructivo por formaletas. El desarrollo de este se fundamenta en todas las partidas del proceso constructivo, en base a los tres mayores requerimientos por parte de un inversionista en cualquier proyecto que son calidad, tiempo y coste.

El método constructivo consiste en el método de construcción por formaletas, que no son más que encofrados metálicos los cuales pueden ser modelados al gusto del constructor, al ser un nuevo sistema introducido en la República Dominicana, se presentan diversos “problemas” durante el proceso constructivo, tanto en el área de estructura como de terminaciones. Para el promotor de la urbanización se exhiben graves problemas en tiempo, calidad y coste y para el consumidor final estos inconvenientes pueden conllevar a mala calidad de obra final, ya que algunos de los problemas mencionados pueden observarse a simple vista. Gracias a los datos analizados por el diagrama de Pareto en un levantamiento realizado en obra se observa como las incidencias en estructura predominan con un 48.66%. razón por la cual esta partida es el objetivo de este proyecto.

El modelo constructivo a evaluar se encuentra en Santo Domingo Republica Dominicana, el proyecto se encuentra ubicado en la calle Jacobo Majluta, es un proyecto de urbanización de construcción de viviendas de bajo costo, el proyecto constará con alrededor de 313 edificaciones todas de 4 niveles, y una totalidad de viviendas que supera las 3,600.

Para el análisis de este trabajo se optó por utilizar la cadena de flujo de valor (Value Stream Mapping) que es una herramienta presentada por Toyota Motor Company en el siglo XX para facilitar la implementación de los principios Lean en los procesos.

La propuesta consiste en optar por la compra de armaduras preformadas, es decir, el acero que viene doblado y cortado desde la fábrica, teniendo una garantía de calidad en la longitud de los cortes y el doblado del acero, aumento de tiempo de fraguado y además un ahorro del proceso de trabajo. Además, se sugiere la utilización de la tabla de inspección creada para la optimización mencionada anteriormente y que es indispensable a la hora de evaluar la obra luego de la aplicación de la medida anteriormente mencionada

Elaboración de un sistema de gestión de calidad para las construcciones hechas con moldes, a través de la aplicación de técnicas de Lean Construcción

## Indice

Resumen.....	2
Indice.....	3
Indice de figuras.....	5
Indice de tablas .....	6
1.0 Introducción .....	7
1.1 Objetivo General de la Investigación.....	9
1.2 Objetivos Específicos.....	9
1.3 Antecedentes .....	10
1.4 Justificación .....	13
1.4.1 Líneas de Balance .....	19
2. Marco teórico .....	24
2.1 Principios y herramientas de mapeo de flujo de valores.....	24
2.1.1 Beneficios del VSM.....	26
2.2 Herramientas de mapeo de flujo de valor .....	28
2.3 Asignación de flujo de valor en la industria manufacturera .....	29
2.3.1 Aplicación del VSM en la industria.....	29
2.3.2 Proceso de producción .....	30
2.4 Cadena de suministro en la industria y el VSM.....	31
2.5 VSM en la construcción.....	32
2.5.1 Proceso de soporte de construcción .....	34
2.6 Utilización de armaduras elaboradas en la construcción. ....	34
2.6.1 Uso de armaduras elaboradas en estructuras de hormigón .....	34
2.6.2 Armaduras elaboradas para Reducir los Desechos de Construcción .....	36

Elaboración de un sistema de gestión de calidad para las construcciones hechas con moldes, a través de la aplicación de técnicas de Lean Construcción

2.6.3 Comparación de los niveles de residuos entre las prácticas convencionales in situ y la prefabricación .....	38
3.0 Caso de estudio, Obra Fideicomiso de desarrollo inmobiliario de viviendas de bajo costo Juan Rafael .....	39
3.1.1 Modelo constructivo .....	40
4.0 Análisis de secuencia .....	47
4.1.1 Proceso de armado de muros y losas .....	47
4.1.3 Tabla resumen de tiempos .....	57
4.1.4 Mapa de VSM Actual .....	58
4.1.5 Calculo del tiempo de takt .....	59
5.0 Análisis de producto .....	60
5.1.1 Mapa VSM mejorado.....	63
5.1.2 Propuesta de mejora: Compra de acero pre-cortado .....	63
Tabla de inspección.....	65
6.0 Análisis de propuestas y conclusiones .....	67
Bibliografía .....	69
Anexos .....	73

Elaboración de un sistema de gestión de calidad para las construcciones hechas con moldes, a través de la aplicación de técnicas de Lean Construcción

## Indice de figuras

Ilustración 1 Gráfica de Pareto .....	15
Ilustración 2 Revisión para elemento estructural.....	16
Ilustración 3 Cortes y dobleces .....	16
Ilustración 4 Armado principal .....	17
Ilustración 5 Alineación del encofrado .....	17
Ilustración 6 Estado y condición del encofrado.....	18
Ilustración 7 Previsión de desmoldante .....	18
Ilustración 8 Reparaciones luego de desencofrado.....	18
Ilustración 9 Gráfica de líneas de balance .....	21
Ilustración 10 Herramientas usadas en VSM.....	25
Ilustración 11 Ubicación de proyecto .....	39
Ilustración 12 Proceso de cimentación .....	40
Ilustración 13 Proceso de armado de cimentación.....	41
Ilustración 14 Hormigonado de platea.....	41
Ilustración 15 Armado vertical .....	42
Ilustración 16 Fase de encofrado .....	42
Ilustración 17 Armado de losa .....	43
Ilustración 18 Fase de hormigonado .....	43
Ilustración 19 Continuación de armado .....	44
Ilustración 20 Revestimiento exterior.....	44
Ilustración 21 Revestimiento interior.....	45
Ilustración 22 Fase de colocación de pisos .....	46
Ilustración 23 Gráfico de Takt .....	59
Ilustración 24 Gráfico de Pareto del proceso de estructura .....	60
Ilustración 25 Problemas a solucionar .....	62

Elaboración de un sistema de gestión de calidad para las construcciones hechas con moldes, a través de la aplicación de técnicas de Lean Construcción

## Índice de tablas

Tabla 1 Costes de encofrado de acuerdo con su tipo de construcción.....	23
Tabla 2 Tipos de desperdicios.....	27
Tabla 3 Herramientas de la cadena de valor .....	28
Tabla 4 Porcentajes de desperdicio de obra, tomada de Cutting construction wastes by prefabrication .....	36
Tabla 5 Incidencia de causas en los desperdicios de acero tomada de Cutting construction wastes by prefabrication .....	37
Tabla 6 Tabla resumen de tiempos .....	57
Tabla 7 Tabla de tiempos agrupadas.....	58
Tabla 8 Tabla de tiempos modificada.....	63
Tabla 9 Procesos de valor añadido.....	63
Tabla 10 Procesos de soporte.....	64
Tabla 11 Tabla de inspección de obra de acero y hormigón.....	66

Elaboración de un sistema de gestión de calidad para las construcciones hechas con moldes, a través de la aplicación de técnicas de Lean Construcción

## 1.0 Introducción

El sector de la construcción es uno de los más dinámicos en la República Dominicana. La construcción es una industria que en el primer trimestre del año 2014 tuvo un crecimiento interanual de 14.6% con respecto al mismo trimestre del año pasado. Dicho incremento se debe a que actualmente existe un auge en la construcción privada, así como también en inversiones por parte del Gobierno en las que incurren las construcciones de escuelas (Diario Libre, 2013).

Por parte del sector privado, su principal área de enfoque es la vivienda, caracterizada por tener una demanda representativa en contraste con las demás áreas. Debido al aumento de la población en los últimos años, el sector construcción se ha visto en la posición de expandirse y satisfacer las necesidades de los usuarios. Esta expansión, la cual se conoce como verticalización, se puede notar de manera clara con la cantidad de edificaciones para viviendas construidas recientemente.

En vista de este crecimiento y aumento de la demanda, surge éste tema de investigación, el cual se enfoca en que, debido a los grandes volúmenes de demanda en el proceso de construcción de edificaciones de viviendas, es necesario un plan de mejora de los procesos de para evitar retrasos e ineficiencias en el proceso constructivo (Diario Libre, 2013; Banco Central de la República Dominicana, 2014).

Para la realización del estudio se escogió un modelo constructivo que actualmente tiene el mayor impacto en la construcción, el método de formaleas. La razón principal por la cual se escoge este método es porque actualmente se utiliza para la construcción de las nuevas urbanizaciones en República Dominicana, por siendo el que posee mayor consideración de sistematización y posibilidades para optimizar el sistema. Para el mismo se analizará minuciosamente el proceso de armado en el área de estructura, incluyendo en el armado de muros, colocación y encofrados y hormigonado.

La calidad en cuanto a obras de construcción se logra mediante el establecimiento de requisitos mínimos a ser cumplidos tanto en materiales como tiempo. Estos requisitos controlan los diferentes procesos que intervienen en las distintas partidas que conforman la edificación de una obra. A fin de analizar desde la perspectiva lean la calidad de estos y generar un plan de trabajo aplicable para la construcción por este método, se plantea la implementación del sistema de Lean

Elaboración de un sistema de gestión de calidad para las construcciones hechas con moldes, a través de la aplicación de técnicas de Lean Construcción

Construction como estudio de caso en la obra “Fideicomiso de desarrollo inmobiliario de viviendas de bajo costo Juan Rafael”.

Lean es una manera de crear valor para el cliente, es una metodología de creación de valor al eliminar el desperdicio. Esto se logra mediante la adopción de un pensamiento lean y la implementación de esos conceptos en el proceso de producción mediante la optimización del flujo de productos y servicios a través de toda la cadena de valores que fluye horizontalmente para entregar el producto final al cliente.

El término Lean acuñado a fines de la década de 1980 por la Compañía de Producción de Toyota, que se enfocaba en la eliminación de desperdicios se expandió para incluir flujos de trabajo mejorados, y llegó a conocerse como "Lean Manufacturing". En la actualidad, esto se está practicando en todo el mundo por todas las industrias manufactureras. Los principios de lean construction eventualmente hicieron su auge en la construcción y surgió como un aspecto moderno en la planificación de la construcción mediante la aplicación de los conceptos que abordan el valor en lugar del costo. Sirvió como un sistema de gestión predecible y robusto que beneficia a todos los participantes del proyecto haciendo que cada voz individual exprese mejores opiniones, se comprometa con esas opiniones y cumpla con esos compromisos. Esto ayuda a la mejora continua de los procesos que proporcionarán un proyecto de alta calidad y bajo costo para el cliente final. (Barathawaj, R.V., & Gunarani, 2017)



Elaboración de un sistema de gestión de calidad para las construcciones hechas con moldes, a través de la aplicación de técnicas de Lean Construcción

### 1.1 Objetivo General de la Investigación

Analizar el cumplimiento de los estándares aplicados a la metodología de lean construction en el proceso constructivo del área estructural, haciendo hincapié en el proceso de armado, encofrado y posterior hormigonado de la obra “Fideicomiso de desarrollo inmobiliario de viviendas de bajo costo Juan Rafael” obteniendo así, un plan de mejora para el tipo de construcción por formaletas en base a las técnicas lean.

Para el mismo, se analizará los siguientes escenarios:

- Análisis de secuencia: para mejoras posibles a partir de los datos obtenidos.
- Análisis de productos: mejoras o introducción de acuerdo en búsqueda de los resultados obtenidos

### 1.2 Objetivos Específicos

- Analizar el proceso técnico-constructivo.
- Identificar valores de lean aplicables en las partidas del proceso constructivo logrando encontrar oportunidades de mejora.
- Elaborar un plan de inspección que pueda ser aplicado dentro del proceso constructivo.

Elaboración de un sistema de gestión de calidad para las construcciones hechas con moldes, a través de la aplicación de técnicas de Lean Construcción

### 1.3 Antecedentes

Mediante el informe final del proyecto Tuning América Latina, se obtuvieron varios renglones en los que los ingenieros civiles son competentes, los que fueron identificados por varios grupos de universidades dentro del proyecto. Relacionados con la calidad, se tienen (Castillo, et al., 2008):

- Planificar y programar obras y servicios de ingeniería civil.
- Construir, supervisar, inspeccionar y evaluar obras de ingeniería civil.
- Administrar los recursos, materiales y equipos.
- Utilizar tecnologías de la información, software y herramientas para la ingeniería civil.
- Emplear técnicas de control de calidad en los materiales y servicios de ingeniería civil.

Con relación al sector de la construcción en la República Dominicana, éste es uno de los sectores más importantes de producción del país, con US\$ 2,650 millones generados al término del año 2010, los cuales representan el 5.9% del PIB. Y para el primer trimestre del año 2011, había presentado un 6.6% de incremento en el sector construcción (Abad, et al., 2011)

Como resultado, han surgido preguntas de cómo está el sector construcción en el Distrito Nacional: ¿Se está cumpliendo con un rendimiento adecuado?, ¿Se encuentran las variables de productividad y calidad en estado óptimo? Por consiguiente, se han visto en la necesidad de estudiar y clasificar la mano de obra, tomando en consideración la capacitación de éstos, basados en metodología y técnicas de observación para determinar el impacto producido en los factores de calidad, costos y tiempo de la mano de obra capacitada (Abad, et al., 2011)

Comprobaron que existe una relación entre capacitación y calidad, observando que a medida que exista una mayor capacitación en la mano de obra, mayor será la calidad de la obra o actividad realizada. Afirman que, con mano de obra especializada, se puede asegurar un buen empleo de conocimientos, dando como resultado un trabajo de calidad (Abad, et al., 2011)

Hacen referencia a Felipe Vallejo en su artículo “*Responsabilidad profesional en Construcción de Obras*”, diciendo: “Un liderazgo participativo fuerte, con un perfil adecuado, sea de individuos o de instituciones, es importante para impulsar el desarrollo de una iniciativa compleja como es un proyecto de construcción. Cuanto menos fluidos son los contextos institucionales, más relevante puede ser el rol de los líderes en la construcción de entornos adecuados”. Con esto, concluyen que

Elaboración de un sistema de gestión de calidad para las construcciones hechas con moldes, a través de la aplicación de técnicas de Lean Construcción

la supervisión por parte del encargado de obra influye en la cantidad de tiempo contributivo en la productividad, así como la calidad final del producto, que es influenciada por la capacidad, que está implicada en la calidad (Abad, et al., 2011)

En un estudio realizado en 2012 con el objetivo de identificar la importancia relativa percibida de un grupo de barreras para la mejora de la productividad de la construcción en República Dominicana, las cuales fueron descritas por profesionales experimentados de la construcción, buscando identificar la facilidad percibida con la que podrían superarse estas barreras, se concluyó que las barreras que afectan a la República Dominicana pueden dividirse en tres factores cruciales que son: productividad del proyecto, facilidad de superación procesos no productivos y criticidad de los valores anteriormente mencionados, y deducen que estos factores apuntan a una necesidad general a la mejora de la productividad. (Senior & Rodriquez, 2012)

También llegaron a la conclusión de que el amplio rango de valores de criticidad computados para cada barrera de la productividad del proyecto y facilidad de superación de cada factor parecen ilógicos desde la perspectiva de Lean Construction, por lo que es necesario enmarcar los problemas de administración de la construcción en un contexto Lean para un reconocimiento completo de lo apropiado de este método para resolverlos. (Senior & Rodriquez, 2012)

Aunque este estudio no abordó soluciones específicas de Lean Construction para los problemas planteados por las diversas barreras a la productividad, su metodología podría servir como base para futuras investigaciones en otros países en desarrollo. (Senior & Rodriquez, 2012).

La industria de la construcción ha sido criticada y comparada con la fabricación por publicaciones gubernamentales y la sociedad por la baja eficiencia de producción, la baja calidad, el desperdicio de recursos naturales y la alta tasa de accidentes de trabajo durante el proceso de producción y el rendimiento operativo por lo que para mejorar la calidad y la eficiencia, y reducir el desperdicio, la filosofía Lean Thinking se ha utilizado en la industria de la construcción desde los años 70 (Fontanini, et al., 2013). Se han logrado algunas atribuciones exitosas en la implementación de la construcción Lean: Conte y Gransberg por ejemplo, examinaron los principios utilizados en la aplicación de la construcción Lean por más de 20 empresas de construcción en Brasil. (Li, 2015).

Value Stream mapping o flujo de la cadena de valor (VSM) también se originó en el sistema de producción de Toyota. Las funciones de VSM son analizar y diseñar el flujo de material e

Elaboración de un sistema de gestión de calidad para las construcciones hechas con moldes, a través de la aplicación de técnicas de Lean Construcción

información necesarios para llevar un producto o servicio al consumidor final (Rother, Shook, & Jones, 2003). VSM se usó en fábricas que usan procesos de trabajo visual para encontrar desperdicios creados durante sus operaciones. también mejora las estrategias de trabajo al desarrollar una comprensión más profunda de los flujos de trabajo a través de sistemas completos y establecer una dirección estratégica para realizar mejoras y entregar valor a los usuarios finales (Martin & Osterling, 2013)

De acuerdo con Pasquilini & Zawislak, (2005) desde 1993 la filosofía de la producción lean y los principios de VSM se han aplicado a la construcción; sin embargo, su aplicación en la construcción se ha enfocado solo en áreas específicas, y sin un logro aceptable. Una revisión de estudios previos sobre la aplicación de VSM en la construcción muestra que se han centrado únicamente en macroprocesos como la cadena de suministro (Arbulu, Tommelein, Walsh, & Hershauer, 2003) o la entrega de proyectos (Matroianni & Abdelhamid, 2003) o en operaciones individuales como la fabricación de componentes (Alves, Tommelein, & Ballar, 2005) o trabajos de elaboración de elementos (Pasquilini & Zawislak, 2005). La aplicación de VSM en la construcción ha sido muy limitada en comparación con otras industrias. La manufactura, por otro lado, ha reportado importantes mejoras de flujo para sus organizaciones mediante la aplicación de VSM.

Elaboración de un sistema de gestión de calidad para las construcciones hechas con moldes, a través de la aplicación de técnicas de Lean Construcción

#### 1.4 Justificación

La necesidad de esta investigación surge debido al aumento en las exigencias de calidad en la construcción de edificaciones (Leguisamón Reyes, 2012). Este trabajo pretende, a partir de la aplicación de los principios de lean, mejorar el nivel de aplicación de los aspectos de calidad y tiempo en la construcción en el proceso constructivo por formaletas. El desarrollo de este se fundamenta en todas las partidas del proceso constructivo, en base a los tres mayores requerimientos por parte de un inversionista en cualquier proyecto que son calidad, tiempo y coste.

Además, se reconoce que cada vez más los proyectos de construcción requieren de un plan de calidad. Por esta razón, esta investigación servirá como guía para el desarrollo de un plan de inspección y calidad adaptado a la metodología de construcción por formaletas y basado en los principios de lean.

El modelo de construcción por formaletas ha sido tomado como objetivo del análisis de esta investigación debido su auge actual en la República Dominicana. Según datos de la presidencia del país más de 62,000 edificaciones serán construidas en todo el territorio nacional a partir del 2014, teniendo la característica principal de ser viviendas de bajo costo, lo que implica la utilización del método constructivo de formaletas.

Al ser un nuevo sistema introducido en la República Dominicana, se presentan diversos “problemas” durante el proceso constructivo, tanto en el área de estructura como de terminaciones. Para el promotor de la urbanización se exhiben graves problemas en tiempo, calidad y coste y para el consumidor final estos inconvenientes pueden conllevar a mala calidad de obra final, ya que algunos de los problemas mencionados pueden observarse a simple vista.

Desde el punto de vista del promotor, el ahorro de gastos innecesarios es fundamental a la hora de realizar un proyecto; es por ello por lo que la repetición de trabajos durante el proceso constructivo es indispensable, en el tiempo de construcción de urbanizaciones, errores repetidos durante toda la vida del proyecto pueden optimizarse, incrementando los beneficios y la calidad final del producto.

Con respecto a la pintura, el concreto puede presentar un desafío significativo para la aplicación adecuada de la misma para el revestimiento de superficies, un hecho que puede comprometer las importantes funciones de protección y mantenimiento que esta aporta a las superficies de concreto.

Elaboración de un sistema de gestión de calidad para las construcciones hechas con moldes, a través de la aplicación de técnicas de Lean Construcción

El valor (Value) en la construcción es un atributo proporcionado al cliente junto con su producto en términos de calidad, tiempo y costo. Debe ser la perspectiva principal a través de la cual se deben ver todos los proyectos de construcción. Agregar valor al proceso de construcción se considera como un objetivo principal para proporcionar la satisfacción del cliente. Debe incorporarse desde el comienzo del proyecto.

El flujo de valor (Value Stream) es el conjunto de acciones que se requieren para llevar un producto o servicio específico a través de los procesos desde el producto sin procesar hasta el cliente final. El valor en los procesos debe fluir suavemente como un río recto sin curvas pronunciadas. Por lo tanto, el producto llegará aguas abajo de la corriente ascendente sin perturbaciones. En realidad, fluir sin perturbaciones es una condición ideal. Esta condición puede hacerse efectiva hasta cierto punto con la ayuda de herramientas lean. (Barathawaj, R.V., & Gunarani, 2017)

La cadena de flujo de valor (Value Stream Mapping) es una herramienta ligera presentada por Toyota Motor Company en el siglo XX para facilitar la implementación de los principios Lean en los procesos. La estrategia Lean implica pensar y ver el proceso de flujo en la forma de transformarlo para mejoras continuas. La herramienta ayuda a visualizar sistemáticamente todo el proceso de producción e identifica los problemas y desperdicios que fluyen. Es una herramienta de lápiz y lápiz que ayuda a ver y comprender el flujo de material e información a medida que el producto se mueve a través de la corriente de valor. La correlación de Value Stream divide las actividades del proceso en actividades de adición de valor (VA) y de adición no de valor (NVA). Al mapear una vista holística de toda la secuencia, puede comprenderse eliminar los desperdicios acumulados entre los procesos y brindar oportunidades de mejora. (Barathawaj, R.V., & Gunarani, 2017)

El siguiente análisis fue realizado para la justificación del tema planteado, se tomaron datos concernientes a la calidad de obra, durante el proceso de construcción de la obra para poder establecer un punto de inicio en el proceso de mejora, para ello se realizó un diagrama de Pareto donde se puede observar la mayor causa del problema.

Para la toma de datos para la realización del diagrama de Pareto, se evaluaron las partidas de construcción de Estructuras, revestimientos de pared, revestimientos de pisos y revestimientos exteriores, y electricidad, se tomaron en cuenta la cantidad de incidencias encontradas durante y después del proceso teniendo la siguiente distribución.

Elaboración de un sistema de gestión de calidad para las construcciones hechas con moldes, a través de la aplicación de técnicas de Lean Construcción

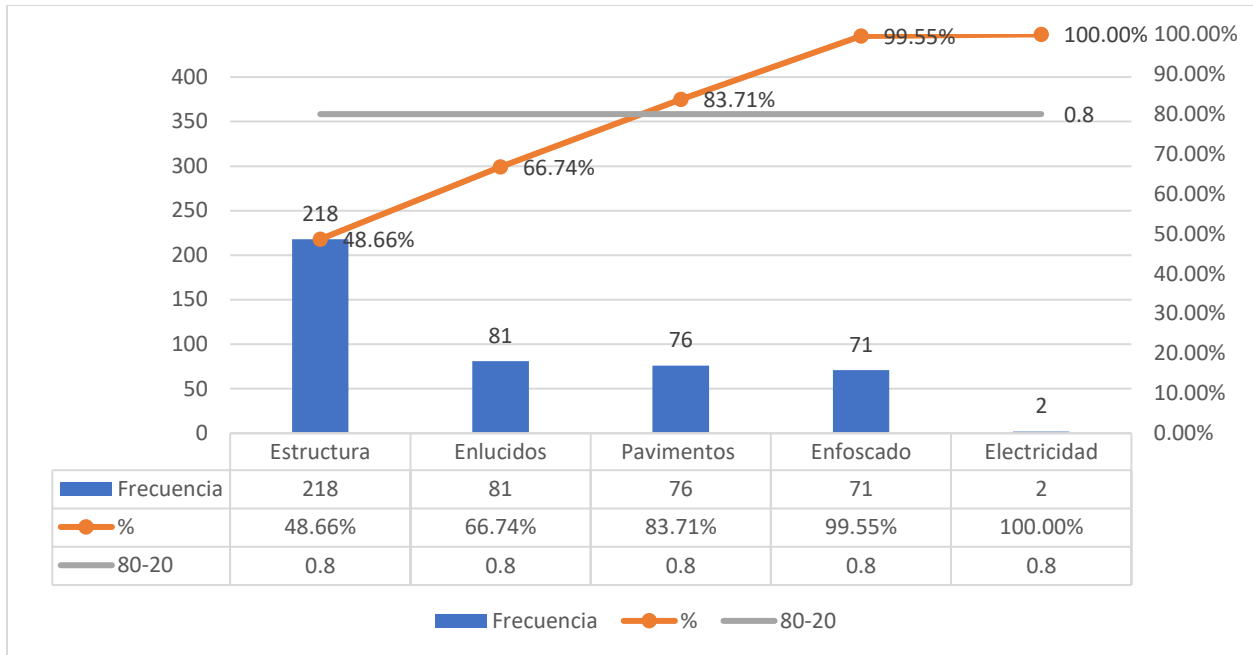


Ilustración 1 Gráfica de Pareto

Gracias a los datos proporcionados por el diagrama de Pareto se observa como las incidencias en estructura predominan con un 48.66%. razón por la cual esta partida es el objetivo de este proyecto.

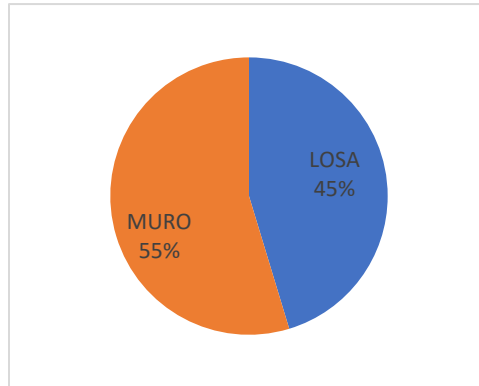
El actual estudio realizó una toma de datos in situ para así determinar los problemas que afectaban actualmente a la obra, la toma se hizo durante el proceso constructivo, realizando visitas a obra en cada parte del proceso, así como también luego del trabajo para revisar que dicho trabajo en su producto terminado estuvo correctamente realizado.

Para la toma de datos un técnico utilizó una plantilla electrónica la cual se completaba a la hora de cada visita, respondiendo a los problemas más comúnmente presentados, la plantilla utilizada consistía en preguntas objetivas sobre las distintas etapas del proceso constructivo.

Elaboración de un sistema de gestión de calidad para las construcciones hechas con moldes, a través de la aplicación de técnicas de Lean Construcción

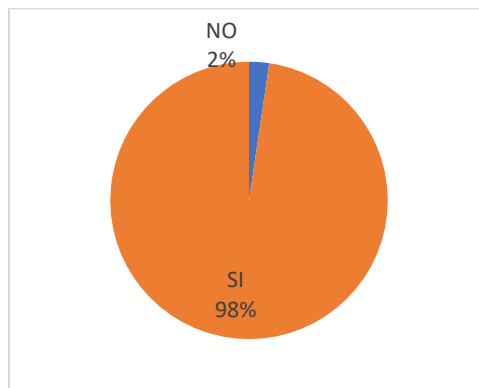
Los resultados fueron los siguientes

Las revisiones se hicieron tanto para muros y losas teniendo la siguiente división:



*Ilustración 2 Revisión para elemento estructural*

Los cortes de las varillas utilizadas en el armado debían concordar con los especificados en los planos estructurales para así satisfacer cada elemento estructural, para la evaluación de este apartado se tomaron distintas unas muestras de cada visita y se medían sus dimensiones y se comparaban con las dimensiones proporcionadas en los planos estructurales, en la obra presentaron la siguiente distribución:

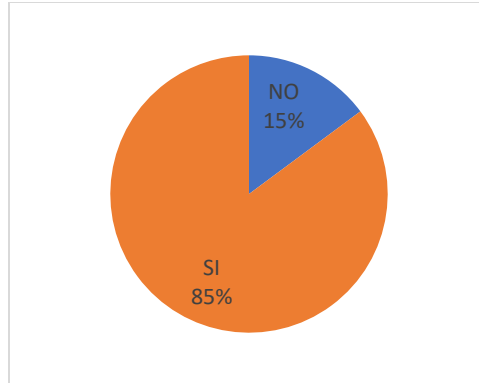


*Ilustración 3 Cortes y dobleces*

Para el armado principal se tomó en cuenta el evaluar el estado actual de armado y relacionarlo a las indicaciones proporcionadas por los planos estructurales, el criterio de evaluación para esta toma de datos consistía en la cantidad de varillas que faltasen o tuviesen errores de armado a la suma de 2 errores por inspección obtenía un NO como calificación

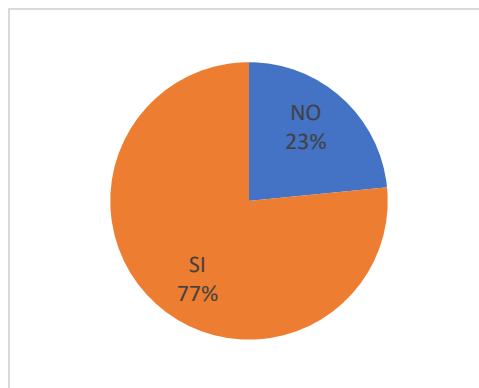


Elaboración de un sistema de gestión de calidad para las construcciones hechas con moldes, a través de la aplicación de técnicas de Lean Construcción



*Ilustración 4 Armado principal*

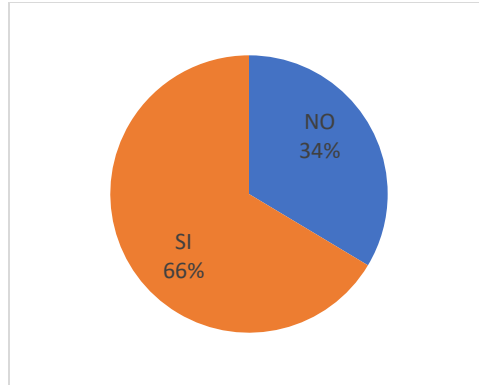
Para la alineación con el encofrado se tomó en cuenta la verticalidad de la malla, la cual debía asegurar un recubrimiento de 5 centímetros a ambos lados del encofrado, se evaluó las distancias entre los calzos, así como que tan ondulada se encontraba en el momento de la inspección.



*Ilustración 5 Alineación del encofrado*

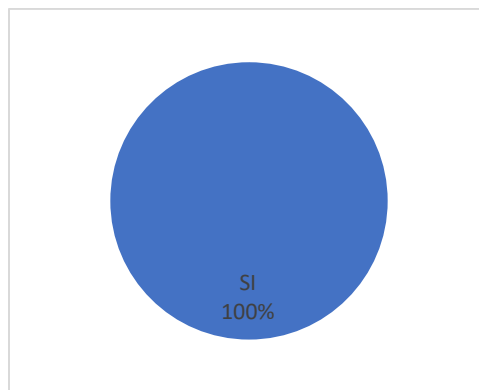
El estado y condición del encofrado en este caso, se medía la condición actual del encofrado a utilizar, condiciones de las paredes interiores del mismo, así también como la totalidad de las piezas a utilizar. El método de evaluación utilizado consistía en una opinión subjetiva del estado del encofrado el cual si presentaba las características anteriormente mencionadas obtenía un NO

Elaboración de un sistema de gestión de calidad para las construcciones hechas con moldes, a través de la aplicación de técnicas de Lean Construcción



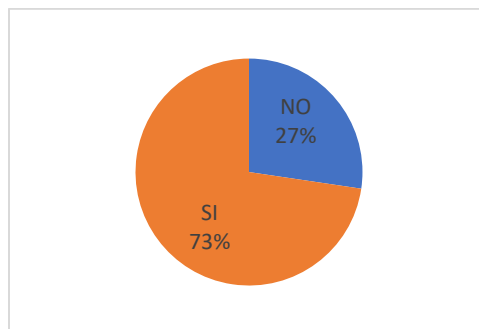
*Ilustración 6 Estado y condición del encofrado*

Para la comprobación del desmoldante, se comprobaba la utilización del mismo en las placas internas del encofrado, el mismo debía ser colocado previo a la puesta en colocación del acero correspondiente para obtener la calificación de SI



*Ilustración 7 Previsión de desmoldante*

Para este apartado se debía revisar la confección tanto los muros y losas una vez retirado el encofrado, los muros que presentasen cucarachas en sus estructuras de tal manera que afecten la integridad de los elementos estructurales hormigonados obtenían una calificación de “NO”



*Ilustración 8 Reparaciones luego de desencofrado*

Elaboración de un sistema de gestión de calidad para las construcciones hechas con moldes, a través de la aplicación de técnicas de Lean Construcción

#### 1.4.1 Líneas de Balance

Otra opción a tomar en cuenta en a la hora de acatar una partida en específico es ver y analizar las partidas anteriormente mencionadas es utilizando las líneas de balance.

La línea de balance se basa en la suposición subyacente de que la tasa de producción de una actividad es uniforme. En otras palabras, la tasa de producción de una actividad es lineal donde el tiempo se traza en un eje, generalmente horizontal, y las unidades o etapas de una actividad en el eje vertical.

La línea de equilibrio es un método para mostrar el trabajo repetitivo que puede existir en un programa de proyecto como una sola línea en un gráfico en lugar de una serie de actividades individuales en un gráfico de barras. Una línea de gráfico de equilibrio se puede utilizar para cualquier proyecto en el que existan varias actividades separadas pero comunes para llevar a cabo una actividad de larga duración. No son adecuados para actividades individuales de corta duración que se llevan a cabo de forma aislada a actividades similares en un proyecto. La técnica de programación líneas de balance fue creada por la empresa Goodyear Company a principios de la década de 1940 y fue desarrollada por la marina de los EE. UU. A principios de la década de 1950 para la programación y el control de proyectos repetitivos y no repetitivos

La tasa de producción de una actividad es la pendiente de la línea de producción y se expresa en términos de unidades por tiempo. El método de línea de balance manipula las estimaciones de la hora del trabajador y el tamaño óptimo de los equipos de trabajo para generar el diagrama. Las estimaciones de la hora del trabajador y el tamaño óptimo del equipo de trabajo generalmente se obtienen a través de la interacción directa con un planificador, el administrador del sitio o subcontratistas relacionados que conocen lo suficiente como para reflejar las condiciones reales de un proyecto y de sus actividades constitutivas. Una vez que se ha calculado el número de trabajadores y la tasa de producción esperada para cada actividad, se puede trazar el diagrama de líneas de balance trazando la cantidad de unidades que se producirán en función del tiempo. Dos líneas oblicuas y paralelas, cuya pendiente es igual a la tasa real de salida, denotarán los tiempos de inicio y final respectivamente de cada actividad en todas las unidades desde la primera hasta la última.

En un proyecto típico donde esto puede existir es un proyecto de viviendas o urbanización que consiste en varias viviendas donde se lleva a cabo el mismo tipo de trabajo, tales como

Elaboración de un sistema de gestión de calidad para las construcciones hechas con moldes, a través de la aplicación de técnicas de Lean Construcción

fundaciones, ladrillos, construcción de techos y oficios internos en cada vivienda. A diferencia de un Gráfico de barras, que muestra la duración de una actividad en particular, un Gráfico de línea de equilibrio muestra la tasa a la que se debe realizar el trabajo que compone todas las actividades para mantenerse dentro del cronograma, la amplia relación de un grupo de actividades para el grupo subsiguiente y si un grupo se está ejecutando tarde, tendrá un impacto en el siguiente grupo.

En este sentido, una línea de gráfico de equilibrio no muestra relaciones directas entre actividades individuales; muestra una relación de salida entre las diferentes operaciones en que una operación debe completarse a una tasa particular para que la relación subsiguiente proceda a la tasa requerida.

Se puede producir una línea de gráfico de balance usando unidades de trabajo, metros lineales, m<sup>2</sup> y m<sup>3</sup> o incluso los tres, cada uno para una operación diferente. A este respecto, se puede trazar la excavación mostrando la cantidad planificada de despojos excavados por día, se puede graficar mostrando la cantidad de pilotes que se construirán por día, se pueden trazar cimientos y superestructuras de concreto que muestren el número de derrames por semana. Incluso los trabajos mecánicos y eléctricos se pueden trazar en un gráfico de línea de equilibrio mostrando la longitud del medidor de la bandeja de cables, el trabajo de la tubería y el cable que se instalará por día o por semana. No existen reglas estrictas para producir una línea de gráfico de equilibrio para un proyecto y, como con todos los métodos en la planificación de proyectos, se requiere práctica para desarrollar la experiencia.

En el contexto de proyectos de construcción, la técnica línea de balance ofrece las siguientes ventajas:

- Permite a los gerentes de proyecto ver, en el medio de un proyecto, si pueden cumplir el cronograma si continúan trabajando como lo han estado haciendo.
- Expone los cuellos de botella del proceso, lo que permite al gerente del proyecto centrarse en los puntos responsables del deslizamiento.
- Ayuda a evitar muchos problemas de contratación y adquisición en cuestiones relacionadas con el flujo de mano de obra y el material utilizado durante la construcción.
- La programación de línea de balance tiene la capacidad de garantizar una transición sin problemas de equipos de una unidad a otra con un mínimo de conflictos y reducir el tiempo de inactividad de los trabajadores y equipos.

Elaboración de un sistema de gestión de calidad para las construcciones hechas con moldes, a través de la aplicación de técnicas de Lean Construcción

Para el proyecto a evaluar en esta investigación, se elaboraron las líneas de balance actuales, obteniendo los datos del levantamiento en campo del proceso constructivo en curso, el resultado fue el siguiente:

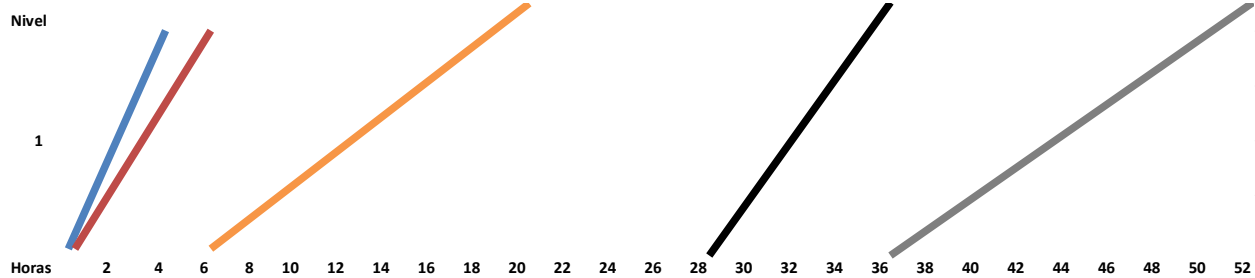
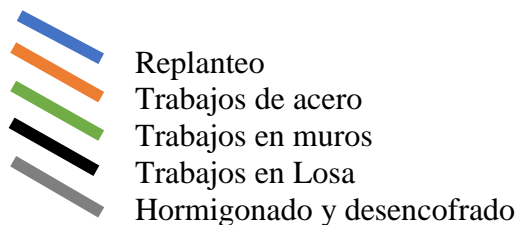


Ilustración 9 Gráfica de líneas de balance



Dado los inconvenientes presentados durante la evaluación del proceso de armado, encofrado y hormigonado de los distintos elementos estructurales en la obra estudiada, se ha decidido hacer hincapié en el proceso de armado en busca de reducción de las distintas causas que ocasionen dichas evaluaciones con alto nivel de incumplimiento. A continuación se describe el proceso de trabajo para la confección de un nivel estructural, teniendo en cuenta las distintas partidas observadas anteriormente.

Se debe tomar en cuenta la importancia del encofrado en el presupuesto total de obra ya que la construcción de un edificio de hormigón requiere encofrado para soportar las losas (encofrado horizontal), así como las columnas y las paredes (encofrado vertical). El encofrado se define como una estructura temporal cuyo propósito es proporcionar soporte y contención para concreto fresco hasta que pueda soportarlo. Moldea el concreto a la forma y el tamaño deseados, y controla su posición y alineación. Las formas de concreto son estructuras diseñadas que son necesarias para soportar cargas tales como concreto fresco, materiales de construcción, equipos, trabajadores. Los

Elaboración de un sistema de gestión de calidad para las construcciones hechas con moldes, a través de la aplicación de técnicas de Lean Construcción

formularios deben soportar todas las cargas aplicadas sin colapso o deflexión excesiva. (Awad, 1999)

El encofrado es el componente de mayor costo individual del marco estructural de un edificio de concreto. El costo del encofrado excede al del concreto o acero, y, en algunas situaciones, el encofrado cuesta más que el concreto y el acero combinados. Para algunas estructuras, dar prioridad al diseño del encofrado de un proyecto puede reducir los costos totales del cuadro hasta en un 25%. Este ahorro incluye costos directos e indirectos. Las eficiencias de encofrado aceleran el cronograma de construcción, lo que puede resultar en costos de interés reducidos durante la construcción y ocupación temprana de la estructura. Otros beneficios de la eficiencia del encofrado incluyen una mayor productividad en el lugar de trabajo, una mayor seguridad y una menor posibilidad de errores. (Peurifoy & Oberlender, 2011)

Cualquier tipo de trabajo es más eficiente si se realiza de forma repetitiva. El trabajo de línea de montaje en la industria de fabricación de automóviles es un buen ejemplo de lograr eficiencia y economía por repetición. Este mismo concepto se puede aplicar al diseño estructural de estructuras de hormigón. Repetir el mismo diseño de bahía a bahía en cada piso proporciona repetición para los trabajadores. De manera similar, repetir el mismo diseño de piso a piso desde los niveles inferiores hasta el techo brinda repetición que puede resultar en ahorros en materiales de formularios y en la eficiencia del trabajo necesario para levantar y eliminar formularios. (Peurifoy & Oberlender, 2011)

Elaboración de un sistema de gestión de calidad para las construcciones hechas con moldes, a través de la aplicación de técnicas de Lean Construcción

Tabla 1 Costes de encofrado de acuerdo con su tipo de construcción

Artículo	Énfasis en diseño permanente (pie2)		Énfasis en constructibilidad (pie2)		Incremento o decremento de precio
Encofrado Alquiler del encofrado, mano de obra, y equipamiento para levantar y remover el encofrado	5.25	51%	3.5	39%	-33.33%
Concreto Material permanente y mano de obra para colocar y terminar el hormigonado	2.85	27%	3	33%	5.26%
Acero Materiales, accesorios y mano de obra para la colocación de la armadura de acero del elemento	2.25	22%	2.5	28%	11.11%
Coste total	10.35	100%	9	100%	-13.04%

La velocidad de la construcción se define como la velocidad a la que se eleva la construcción de hormigón y se puede expresar en términos de cantidad de pisos erigidos por semana o por meses. La velocidad de construcción también se puede medir en términos de pulgadas o milímetros de concreto vertido por hora. Las operaciones de encofrado pueden controlar el ritmo de los proyectos de construcción. Un ciclo de encofrado más rápido desde la erección hasta la remoción permitiría una eliminación más rápida de apuntalamiento y resorción y un progreso general más rápido del proyecto. (Awad, 1999)

La calidad del concreto resultante está dictada por la calidad de los materiales de encofrado y la mano de obra. Muchos problemas relacionados con el concreto como decoloración, manchas y polvo se atribuyen al encofrado de concreto. Además, algunas superficies de hormigón deformadas se deben a sistemas de encofrado deformados causados por la reutilización repetitiva y el soporte inadecuado del encofrado. (Awad, 1999)

Elaboración de un sistema de gestión de calidad para las construcciones hechas con moldes, a través de la aplicación de técnicas de Lean Construcción

## 2. Marco teórico

### 2.1 Principios y herramientas de mapeo de flujo de valores

Tradicionalmente, Value Stream Mapping (VSM) se usa para examinar rápidamente los flujos de productos a través de un sistema de fabricación, desde el material crudo hasta el transporte. Sin embargo, debido a la naturaleza compleja de la fabricación y la expansión de las actividades comerciales día a día, están surgiendo nuevas herramientas de flujo de valor. En consecuencia, se ha creado una gran cantidad de herramientas y técnicas para satisfacer los objetivos distintivos y la reducción de desperdicios. Muchos estudios de investigación han mencionado el uso de simulaciones basadas en VSM como la metodología para mejorar un sistema de producción. La simulación ha desempeñado un papel importante en el desarrollo industrial en los últimos años. La simulación es una innovación en desarrollo y una herramienta de desarrollo también en áreas que no son de ingeniería, como atención médica, finanzas, agricultura y ergonomía, pero en la aplicación descrita en este estudio, el foco está en los sistemas de producción (Solding & Gullander, 2009).

En el estudio de Rother, el VSM no se limitaba solo a identificar desperdicios en un sistema, sino que también se podía usar para analizar y ayudar en el diseño de procesos, el rastreo del flujo de material y la documentación del flujo de información de un producto o familia de productos determinados.

VSM usa símbolos para representar un proceso claro y visual desde los requisitos del cliente hasta el logro final. Las siguientes tablas muestran los símbolos más comunes en la utilización del VSM, hay que destacar que los símbolos pueden variar dependiendo el usuario, pero aquí se listan los comúnmente usados:



Elaboración de un sistema de gestión de calidad para las construcciones hechas con moldes, a través de la aplicación de técnicas de Lean Construcción

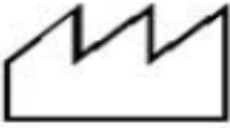
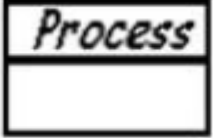
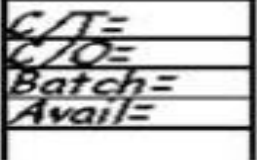
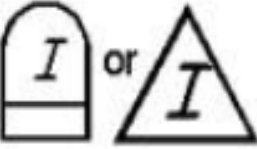

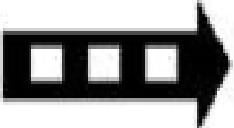
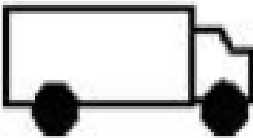

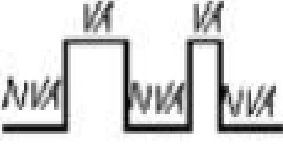
Figura	Descripción
	<p><b>Cliente/Proveedor:</b> Proveedor: Se coloca dentro del recuadro del mapeo en la parte superior izquierda., Cliente: Se coloca dentro del recuadro de mapeo en la parte superior derecha, indicando el flujo de información</p>
	<p><b>Caja de proceso:</b> operación maquina o departamento a través del cual fluye el material</p>
	<p><b>Caja de datos:</b> Se coloca debajo de la operación a realizar y contiene información importante y los datos requeridos para el análisis y aplicación del método</p>
	<p><b>Inventario:</b> Demuestran inventario en medio de los procesos, se anota la cantidad en la parte inferior</p>
	<p><b>Cargamentos o fletes de transportes.</b> Representa movimiento de materias primas desde proveedores hasta el lugar de la fábrica o el movimiento de embarque de productos terminados hacia el cliente</p>
	<p><b>Flecha de empuje:</b> Representa el empuje del material de una operación a otra o de un proceso al siguiente</p>
	<p><b>Cargamento externo:</b> Se refiere al transporte ya sea de servicio al cliente o bien del transporte de surtimiento de la materia prima</p>
	<p><b>Cargamento externo:</b> Se refiere al transporte ya sea de servicio al cliente o bien del transporte de surtimiento de la materia prima</p>
	<p><b>Valor agregado y valor no agregado:</b> En la parte inferior del mapa se colocan los tiempos: de valor agregado con los cuales se transforma el producto, en la parte superior y en la parte inferior se ubican los tiempos que no generan valor. Puede variar, pero es importante diferenciarlos</p>

Ilustración 10 Herramientas usadas en VSM

Elaboración de un sistema de gestión de calidad para las construcciones hechas con moldes, a través de la aplicación de técnicas de Lean Construcción

#### 2.1.1 Beneficios del VSM

En "Aprender a ver: asignación de flujo de valor para agregar valor y eliminar MUDA" escrito por (Rother, Shook, & Jones, 2003) y "Value Stream Mapping: Cómo visualizar el flujo de trabajo y alinear personas para la transformación organizacional", escrito por (Martin & Osterling, 2013) presentan los siguientes beneficios de Value Stream Mapping:

##### (1) Proporciona una vista holística de todo el flujo

Al mapear el flujo de valores, se puede lograr una mejor comprensión de todo el proceso. El acto de conectar partes separadas en un sistema más holístico ayuda al equipo a identificar tanto las funciones necesarias como las innecesarias, lo que permite que estas últimas sean eliminadas o modificadas para un mejor flujo del proceso. VSM también ayuda a descubrir cualquier posible problema de información que no se identifique fácilmente en el sistema del producto. La visualización de obras no visibles, como el intercambio de información, es importante para comprender cómo se lleva a cabo el trabajo.

##### (2) Identifica desperdicios

Aplicando VSM para mapear el estado actual del producto o servicio muestra procesos con valor añadido y sin valor añadido además de desperdicios de durante el proceso de producción. Además, el mapa de flujo de valor puede identificar claramente los siete tipos de desperdicios más comunes: Sobreproducción, Espera, Transporte, Procesamiento adicional, Inventario, Movimiento y Defectos, todos los cuales se resumen en la siguiente tabla.

Elaboración de un sistema de gestión de calidad para las construcciones hechas con moldes, a través de la aplicación de técnicas de Lean Construcción

<b>Desperdicio</b>	<b>Ejemplo</b>
Sobreproducción	El hormigón prefabricado se produce a un nivel superior al requerido por el propietario. esto lleva a desperdicio y un aumento en el inventario y el tiempo de espera
Tiempo de espera	El trabajo se retrasará debido a un equipo roto o mal tiempo
Transporte	Movimiento innecesario de información, producto o componentes de un lugar a otro
Extra procesamiento	Seguir el proceso con precisión para eliminar el costo potencial en la instalación o la reelaboración
Inventario	Los productos no utilizados esperan a un procesamiento posterior. una planificación deficiente aumentará el costo del sitio de trabajo y ocupará un valioso espacio de almacenamiento
Movimiento	el diseño deficiente del material producirá movimientos innecesarios por parte de los trabajadores en el sitio de trabajo
Defectos	Los materiales defectuosos y las máquinas dañadas pueden provocar un retrabajo y aumentar los costos

*Tabla 2 Tipos de desperdicios*

Elaboración de un sistema de gestión de calidad para las construcciones hechas con moldes, a través de la aplicación de técnicas de Lean Construcción

(3) Genera planes de mejora

Una vez que se identifican los desperdicios en el proceso de producción, el equipo puede comenzar a elaborar un plan de mejora utilizando conceptos lean para eliminar el desperdicio y agregar valor.

## 2.2 Herramientas de mapeo de flujo de valor

(Hines & Rich, 1997) realizaron un estudio que describe los siete VALSAT (Value Stream Mapping Analysis Tools) para el cual realizaron el estudio en términos de los siete desperdicios mencionados anteriormente. Las siete herramientas y sus relaciones se muestran en la siguiente tabla.

Las siete herramientas de la cadena de valor							
Desperdicios/Estructuras	Mapeo de las actividades del proceso	Matriz de respuesta a la cadena de suministros	Canalización de variedad de productos	Mapeo del filtro de calidad	Mapeo de la demanda amplificada	Punto de decisión de análisis	Estructura física
Sobre producción	L	M		L	M	M	
Tiempo de espera	H	H	L		M	M	L
Transporte	H						
Procesos inapropiados	H		M	L		L	
Inventario innecesario	M	H	M		H	M	L
Movimientos innecesarios	H	L					
Desperfectos	L			H			
Estructura en general	L	L	M	L	H	M	H

Tabla 3 Herramientas de la cadena de valor

H= Alto nivel de correlación y uso

M= Medio nivel de correlación y uso

L= Bajo nivel de correlación y uso

Elaboración de un sistema de gestión de calidad para las construcciones hechas con moldes, a través de la aplicación de técnicas de Lean Construcción

Las siete herramientas se utilizan para eliminar desperdicios potenciales y proporcionar una vista completa del flujo de valor en una configuración nueva y mejorada. El uso del método VALSAT es un método eficaz para seleccionar la mejor herramienta en diferentes pasos.

- La primera herramienta, *Mapeo de actividad de proceso*, se enfoca en crear soluciones para eliminar el desperdicio.
- La segunda herramienta, la *Matriz de respuesta de la cadena de suministro*, identifica las actividades que limitan el proceso para que estas actividades puedan ser objeto de eliminación o mejora.
- La tercera herramienta, *Canalización de variedad de productos*, ayuda al equipo a comprender cómo se producen los productos o servicios.
- La cuarta herramienta, *Mapeo de filtro de calidad*, identifica problemas relacionados con la calidad.
- La quinta herramienta, *Mapeo de la amplificación de la demanda*, muestra los cambios a lo largo de una cadena de suministro e identifica un sistema de apoyo a la decisión.
- La sexta herramienta, *Análisis del punto de decisión*, ayuda a identificar "el punto en la cadena de suministro donde el tirón real de la demanda informa el impulso impulsado por la previsión" (Hines y Rich, 1997).
- La séptima herramienta, *Estructura física*, ayuda a desarrollar una visión holística de la cadena de suministro, por ejemplo, comprender cómo funciona la industria y dónde podría mejorarse.

## 2.3 Asignación de flujo de valor en la industria manufacturera

### 2.3.1 Aplicación del VSM en la industria

Hay cinco pasos básicos para aplicar VSM en diversas industrias:

- 1- El primer paso es definir la familia de productos
- 2- Luego dibujar un mapa de estado actual del producto.
- 3- Después, identificar los procesos sin valor agregado y con valor agregado
- 4- El equipo genera una lluvia de ideas y combina conceptos lean con el valor agregado para construir un mapa del estado futuro.

Elaboración de un sistema de gestión de calidad para las construcciones hechas con moldes, a través de la aplicación de técnicas de Lean Construcción

- 5- El último paso es implementar un plan de acción con un mapa detallado del proceso y un plan de flujo de valor anual que pueda lograr el estado futuro.

Para cumplir con los prerrequisitos agresivos y disminuir los costos, la fabricación se está inclinando hacia las técnicas de fabricación lean para reducir radicalmente el tiempo del ciclo y expandir el enfoque de su ventaja. Los efectos positivos de los estándares de Lean management en los ejercicios de fabricación se produjeron porque los estándares se han relacionado con el desarrollo de productos, la gestión de la cadena de suministro y las actividades de administración (Womack & Jones, 2002) VSM se puede agrupar en dos temas: proceso de producción y cadena de suministro

### 2.3.2 Proceso de producción

McDonald, M., Aken, & Rentes, (2002) describen una aplicación de VSM mejorada por simulación a una línea de productos en una planta de fabricación de productos de control de movimiento de ingeniería a pedido. Este estudio de caso ha demostrado que el análisis de simulación puede ser una parte valiosa e imperativa de VSM. En particular, como se encuentra en este caso, cuando hay complejidad del producto, pasos de procesamiento paralelos y un número distinto de movimientos utilizados en una línea de generación, una simulación puede ofrecer datos esenciales para complementar los obtenidos a partir del mapeo de estado futuro. Además, la simulación fomenta la visualización del proceso, creando un consenso mutuo sobre el proceso y dónde se pueden hacer cambios.

En lugar de simplemente utilizar el tradicional Value Stream Mapping, (Solding & Gullander, 2009) usan la simulación discreta de eventos (DES) para investigaciones de complejos sistemas de fabricación con varios productos; se presenta un plan complejo. Este documento introdujo un concepto para hacer mapas dinámicos de flujo de valor de un sistema usando simulación. Los mapas dinámicos de flujo de valores hacen que sea concebible analizar sistemas más complejos que con VSM tradicionales, y los resultados aún se pueden visualizar en un lenguaje que los coordinadores lean perciben. Uno o más productos se pueden visualizar al mismo tiempo y las ejecuciones de simulación y los resultados se comparan de inmediato, lo que ayuda a decidir la mejor solución.

Se realizó una investigación para estudiar los residuos en la línea de producción y sugerir un nuevo diseño teniendo en cuenta las técnicas de fabricación lean. Este artículo presenta un caso de estudio de un sistema de fabricación celular existente en una planta de

Elaboración de un sistema de gestión de calidad para las construcciones hechas con moldes, a través de la aplicación de técnicas de Lean Construcción

ensamblaje de productos electrónicos; la principal herramienta de mejora utilizada fue Value Stream Mapping (VSM). La principal preocupación en esta investigación fue el tiempo de entrega, que es más importante para cumplir con los requisitos del cliente para el producto. A partir del estudio de simulación, la herramienta VSM logró efectivamente sus destinos en los que identificar residuos y presentó una solución para los problemas. Es importante que el tiempo de entrega haya disminuido en más de la mitad con respecto a la práctica actual. Mientras tanto, la investigación demostró la utilización de modelos de simulación con las técnicas de secuencias de operaciones de Maynard (MOST) para reconocer el tiempo de carga y descarga.

#### 2.4 Cadena de suministro en la industria y el VSM

La gestión de la cadena de suministro recibe una atención considerable cuando enfrenta una competencia intensa en la industria manufacturera. Tratar con la corriente de materiales desde las fuentes de suministro hasta el cliente es un gran desafío para los gerentes de proyecto de hoy en día. Algunos países en desarrollo aplican Value Stream Mapping como una metodología para mejorar la cadena de suministro. Boonthonsatit & Jungthawan (2015) realizaron una investigación sobre la gestión de la cadena de suministro Lean basada en VSM. Según la investigación, la industria automotriz en Tailandia compitió extremadamente bien. Para aumentar la competitividad de la industria automotriz a lo largo de su cadena de suministro, el autor presentó la idea de la gestión eficiente como una gestión de cadena de suministro lean (LSCM). En el estudio de caso, la aplicación de VSM disminuyó el tiempo de producción en un 80%. También disminuyó la duración del proceso en un 21.3% y aumentó el valor en un 293.33%.

Sparks & Badurdeen (2014) combinan el Mapa de flujo de valor sostenible y la Simulación para evaluar el desempeño de la cadena de suministro en los países en desarrollo. La metodología SusVSM amplía la herramienta VSM para capturar la sostenibilidad. Sus-VSM mantiene las métricas económicas de VSM tradicional e incorpora métricas que abarcan aspectos ambientales y sociales para que las empresas puedan utilizar esta herramienta para evaluar la sostenibilidad dentro de una línea de fabricación. Este documento presenta una investigación para expandir la utilidad de Sus-VSM para suministrar redes de cadena. Se reconoce que las métricas evalúan la capacidad de administración financiera, ecológica y social para las redes de la cadena de suministro,

Elaboración de un sistema de gestión de calidad para las construcciones hechas con moldes, a través de la aplicación de técnicas de Lean Construcción

a la vez que mantienen la congruencia con el nivel de proceso Sus-VSM cuando es posible. Los símbolos visuales representan métricas en la cadena de suministro Sus-VSM para permitir a los usuarios distinguir las áreas donde la sostenibilidad puede progresar. El modelado de simulación de eventos discretos (DES) se usa para un escenario de caso para crear mapas de estado futuros, teniendo en cuenta una evaluación más rápida y la identificación de áreas de mejora para lograr un rendimiento de sostenibilidad ideal.

## 2.5 VSM en la construcción

En el proceso de construcción, los altos costos y el consumo de recursos innecesarios generan un desperdicio significativo y una gran insatisfacción del cliente. Sin embargo, las investigaciones indican que actualmente la industria se centra en las etapas de diseño y operación de los proyectos en lugar de en el proceso de construcción.

Se pueden citar tres estudios que han discutido cómo usar VSM para mejorar el proceso de construcción: (Pasquilini & Zawislak, 2005), Rosenbaum, Toledo y González (2014) y (Fontanini, et al., 2013)

Estos estudios aplicaron el VSM para definir una familia de productos. En el VSM de la construcción, los elementos estructurales como paredes, losas y columnas son la principal familia de productos analizados. A diferencia de un producto en fabricación, donde la cantidad de inventario se puede contar simplemente, las unidades en una obra en construcción son difusas y las unidades que fluyen a través del flujo de valor son diferentes.

Estos estudios seleccionaron la etapa de mampostería, para el mapa del estado de la situación actual, el tiempo de producción en toda la construcción es demasiado largo para recopilar en un solo día. Por lo tanto, se usa el tiempo promedio de una etapa. En el análisis del mapa de la situación actual, basado en un cronograma desarrollado a partir del contrato de obra, se puede calcular el tiempo de “*takt*”, que es el tiempo de trabajo efectivamente disponible dividido por la exigencia del cliente. Como resultado, el *takt* de construcción indicará el tiempo en que se debe trabajar un área, o el ritmo de producción de acuerdo con el contrato que establece la demanda del cliente. Con base en un análisis del mapa de la situación actual, se puede dibujar un mapa de estado futuro de la misma manera que en un contexto de fabricación.



Elaboración de un sistema de gestión de calidad para las construcciones hechas con moldes, a través de la aplicación de técnicas de Lean Construcción

Estos casos demuestran que VSM es una herramienta utilizada para identificar las fuentes de desperdicios ambientales y de producción, cuantificarlos y sugerir estrategias de reducción.

La aplicación VSM en construcción se ve obstaculizada por los siguientes factores:

- (1) Un elemento oculto esencial para un VSM eficaz es la repetición del proceso de producción.
- (2) VSM es una herramienta cuantitativa que utiliza una lista de datos para representar el estado actual del proceso y determinar el estado futuro. Sin embargo, la mayoría de las empresas de construcción no realizan un seguimiento completo de los procesos y datos de construcción.
- (3) Los conceptos / elementos clave utilizados en VSM, como el inventario, el tiempo de ciclo, el tiempo de *takt* y el tiempo de cambio, se definen en el contexto de fabricación; esto difiere del contexto de la construcción (Yu, Tweed, Al-Hussein, & Nasser, 2009). Por lo tanto, las modificaciones del VSM son necesarias debido a las diferencias entre fabricación y construcción (Pasquilini & Zawislak, 2005)

En un estudio realizado en la producción de la construcción de viviendas, el VSM se puede ver como una sola familia de productos, ya que se construyen siguiendo pasos de procesamiento similares y compartiendo los mismos subcontratistas, es decir, en una obra de construcción, las casas construidas no se mueven a lo largo de una línea de producción; Sin embargo, los trabajadores se mudan de una casa a otra por lo tanto, las operaciones realizadas por un equipo comercial se pueden ver como un flujo continuo.

En este caso, el proceso de producción de una casa se dividió en cinco etapas luego de considerar el tamaño del mapa de flujo de valor, las relaciones lógicas y la duración total de las actividades de construcción.

Estas cinco etapas son cimientos, lock-up, interiores y laterales, pre-finales y finales. Después de identificar la etapa de destino a mejorar, la cual resultó ser la etapa de cimentación el mapa de procesos utilizando la metodología del VSM resultó con una duración total de 65.5 días de trabajo por pieza realizada, además, cabe destacar que solo de valor añadido de los 65.5 días solo 11 días eran correspondían a añadir valor al proceso.

Elaboración de un sistema de gestión de calidad para las construcciones hechas con moldes, a través de la aplicación de técnicas de Lean Construcción

En su mapa de trabajos se puede observar tanto los tiempos de ciclo, trabajos realizados y todas sus operaciones, el mismo está en la tabla de anexos

El mapa de estado futuro se puede desarrollar después de un análisis del mapa del estado actual, durante el cual se identifican los desperdicios. El objetivo del mapa de estado futuro es eliminar la causa del desperdicio y mejorar el flujo de valor en un flujo sin problemas. Cuatro medidas se utilizan en el mapeo de estado futuro estableciendo un flujo de producción y sincronizándolo con el tiempo de takt; producción de nivelación en la tarea de marcapasos; trabajo de reestructuración y mejora de la fiabilidad operacional con la estandarización del trabajo; y gestión de calidad total para este estudio. Como resultado se obtuvo una duración total de trabajo de 38.5 días, es decir un ahorro de un 40% en el tiempo de trabajo total, el mapa de procesos mejorado para este estudio se puede visualizar en la tabla de anexos.

#### 2.5.1 Proceso de soporte de construcción

El proceso de soporte a la construcción se centra en la cadena de suministro de la construcción, la construcción es una industria fragmentada, con riesgos compartidos entre propietarios, diseñadores y contratistas, proveedores y vendedores. Esta fragmentación da como resultado mayores requisitos de coordinación en la cadena de suministro autónoma durante la construcción en comparación con otras industrias. La identificación y eliminación de desperdicios ocultos es el objetivo principal para aquellos que intentan mejorar el rendimiento del sistema, porque los expertos han demostrado que el desperdicio es omnipresente en las cadenas de suministro de la construcción (Li, 2015).

#### 2.6 Utilización de armaduras elaboradas en la construcción.

##### 2.6.1 Uso de armaduras elaboradas en estructuras de hormigón

El uso de armaduras elaboradas en estructuras de hormigón armado acorta el tiempo de programación de la construcción y reduce el costo total de construcción. Esto es importante tanto para propietarios privados como para el gobierno federal y contratistas de construcción. El armado previamente forjado es una alternativa a los sistemas de armado comunes para una construcción más fácil, más rápida y más confiable. (Shamsai, Prefabricated cage systems for reinforcing concrete members, 2006)

Elaboración de un sistema de gestión de calidad para las construcciones hechas con moldes, a través de la aplicación de técnicas de Lean Construcción

El tipo de sistema de armado afecta el costo total de la estructura porque afecta los siguientes costos: costo relacionado con ordenar y fabricar el armado

- Costo de preparar el encofrado
- Coste laboral
- Costo de mantenimiento estructural

Los posibles beneficios del armado de PCS incluyen:

1. Eliminar el costo de mano de obra para cortar, doblar y atar la barra de armado utilizada en la construcción tradicional de hormigón armado
2. Mejora del rendimiento estructural a través de la interacción mecánica mejorada entre el armado y el concreto.
3. Permitir la inspección del concreto después de que el miembro esté sujeto a condiciones extremas de carga como terremotos;
4. Eliminar algunas posibles debilidades y detallar los problemas inherentes a la construcción tradicional de hormigón armado. Por ejemplo, alivia la congestión de acero que se ve en muchos miembros estructurales reforzados convencionalmente, tales como cerca de las regiones de unión viga-columna o en los extremos de las paredes de cortante. En algunos casos, especialmente en marcos resistentes a momentos especiales, puede ser extremadamente difícil ensamblar la jaula de varillas debido a los exigentes requisitos de detalle
5. Facilidad de instalación en el sitio de construcción, y dado que no es necesario atar una caja de armado en el sitio, su uso mejora la seguridad de la construcción en el sitio
6. Reducir el tiempo total de construcción y los costos asociados
7. Permitir un alto grado de control de calidad porque la preparación del acero mediante métodos de corte precisos permite un espaciado de acero preciso en la construcción de concreto convencional, la mano de obra deficiente a veces conduce a problemas tal como el espaciado no uniforme o no uniforme del estribo (Shamsai, Whitlatch, & Sezen, Economic Evaluation of Reinforced Concrete Structures with Columns Reinforced with Prefabricated Cage System, 2007)

Elaboración de un sistema de gestión de calidad para las construcciones hechas con moldes, a través de la aplicación de técnicas de Lean Construcción

#### 2.6.2 Armaduras elaboradas para Reducir los Desechos de Construcción

De la encuesta realizada por Viviam Tam, C. M. Tam , John Chan y William NG a 30 ingenieros especializados en el área de la construcción civil y publica, encontraron que el encofrado de madera utilizado para el hormigonado in situ tiene el mayor potencial de reducción de desperdicios con un nivel de desperdicio evitable promedio de 58.2%. También se encontró que la opinión sobre la reducción de desechos para hormigonado in situ, encofrado de madera y albañilería es muy consistente en el sentido de que todos los encuestados abogaron por cierto grado de reducción de desperdicios.

Trades	Percentages of wastages of various activities that can be avoided						Average
	0%	1-20%	21-40%	41-60%	61-80%	81-100%	
	% of Interviewees						
In-situ concreting	0%	37%	11%	11%	30%	11%	43.4%
Timber formwork	0%	7%	15%	30%	26%	22%	58.2%
Bricklaying	0%	33%	11%	22%	19%	15%	44.4%
Plastering	4%	37%	11%	19%	22%	7%	38.2%
Screeding	11%	37%	11%	22%	15%	4%	32.1%
Tiling	4%	37%	11%	22%	11%	15%	39.2%
Rebar fixing	4%	33%	22%	19%	22%	0%	34.8%
Bamboo scaffolding	7%	22%	15%	19%	26%	11%	44.3%

Tabla 4 Porcentajes de desperdicio de obra, tomada de *Cutting construction wastes by prefabrication*

De hecho, la encuesta muestra que todas las actividades de construcción en estudio, es decir, hormigonado in situ, encofrado de madera, albañilería, enyesado, enrasado, alicatado, fijación de barras de armado y andamios, pueden disfrutar de un cierto potencial de reducción de residuos, dependiendo del grado de fabricación o el número de componentes de construcción prefabricados utilizados para los proyectos particulares y la naturaleza de los edificios. Se infiere que la elaboración de armaduras elaboradas es un método de construcción eficaz para la minimización de residuos. (Tam, Tam, K. W. Chan, & Ng, 2006)

Elaboración de un sistema de gestión de calidad para las construcciones hechas con moldes, a través de la aplicación de técnicas de Lean Construcción

<b>Partida</b>	<b>Causas</b>	<b>Menos notable</b>	<b>Parcialmente notable</b>	<b>Notable</b>	<b>Muy Notable</b>	<b>Extrem. Notable</b>	<b>Media</b>
<b>Trabajos de acero</b>	Cortado	19%	4%	50%	25%	2%	2.87
	Sobrepedido	30%	25%	25%	10%	10%	2.45
	Mano de obra deficiente	55%	10%	15%	10%	10%	2.1
	Cambio de diseño	32%	30%	23%	10%	5%	2.26

*Tabla 5 Incidencia de causas en los desperdicios de acero tomada de Cutting construction wastes by prefabrication*

De acuerdo con el extracto de la tabla sacada del estudio de Viviam Tam, C. M. Tam , John Chan y William NG se puede encontrar que la "mano de obra deficiente" se considera como la causa de menor importancia para el acero, pero esta aun asi conduce al desperdicio de dichos trabajos de acero. En el mismo estudio, estudiaron las distintas partidas del proceso constructivo y resultó que en hormigonado y albañilería, la "mano de obra deficiente" se considera la segunda causa importante con puntajes promedio ponderados de 3.55 y 2.95, respectivamente.

Estos explican la importancia de la mano de obra en estos oficios, diciendo que la calidad de estos oficios se basa en el rendimiento de los trabajadores, mejorar la calidad de los trabajadores mediante capacitación, certificación y desarrollo de habilidades es esencial para reducir el desperdicio de construcción. También dicen que los daños durante el transporte en albañilería es la principal causa de desperdicio, el cual puede se puede reducir o eliminar. (Tam, Tam, K. W. Chan, & Ng, 2006)

Analizando las barras de acero, se puede decir que la reducción del desperdicio en barras de armado se considera moderada, sin embargo, la varilla corrugada es menos preocupante en la minimización de desechos, ya que puede ser reciclable. Para el acero en general, las principales causas de desperdicio de la construcción son cortes, sobre pedido, daños durante el transporte, pérdidas durante la instalación, mala ejecución y cambio de diseño, y concluyen que se pueden reducir de manera efectiva mediante la adopción de las armaduras elaboradas.

Elaboración de un sistema de gestión de calidad para las construcciones hechas con moldes, a través de la aplicación de técnicas de Lean Construcción

2.6.3 Comparación de los niveles de residuos entre las prácticas convencionales in situ y la prefabricación

En su estudio Viviam Tam, C. M. Tam , John Chan y William NG utilizaron para la comparación la realización de una encuesta a base de cuestionario para evaluar los niveles de desperdicio de los diferentes métodos de construcción. Utilizando treinta y un proyectos de construcción con comercios in situ convencionales y actividades de armaduras elaboradas.

En la encuesta se evaluaron los niveles promedio de desperdicio para varios oficios de la construcción para los dos grupos de proyectos que adoptaron intercambios convencionales in situ y actividades de armaduras elaboradas, concretamente: hormigonado, fijación de barras de armado, albañilería, paneles de yeso, enlucido, nivelado y alicatado.

De acuerdo con los autores antes mencionados que los proyectos de viviendas privadas reflejan los mayores niveles de desperdicio, especialmente para el armado de acero, que pueden reflejar las estructuras de construcción no estandarizadas que dan como resultado diferentes tamaños de encofrados, reforzamientos y trabajos de ladrillos / bloques que generan mayores niveles de desperdicio de material. Como resultado muestran que las utilidades de armaduras elaboradas tienen un ahorro de reducción de desperdicio de un 76%

Además, sus resultados muestran que el desperdicio en encofrados, revoques y pavimentos para proyectos de viviendas privadas es mucho mayor que el de proyectos de viviendas públicas. Para el diseño de vivienda pública estandarizada, la adopción de prefabricación es más común. Por lo tanto, se puede inferir que la prefabricación puede ayudar a minimizar los desechos de la construcción de manera efectiva; la magnitud de la cual depende del nivel de utilización de las armaduras elaboradas.

Concluyeron que la adopción de las armaduras elaboradas puede reducir efectivamente los desechos de la construcción. El encofrado de madera se identifica como el que tiene el mayor potencial de ahorro, mientras que otras operaciones húmedas, como el hormigonado, el enladrillado, el enlucido, la nivelación, el embaldosado, la fijación de barras de armado y el andamiaje también pueden reducir el desperdicio (Tam, Tam, K. W. Chan, & Ng, 2006)

Elaboración de un sistema de gestión de calidad para las construcciones hechas con moldes, a través de la aplicación de técnicas de Lean Construcción

### 3.0 Caso de estudio, Obra Fideicomiso de desarrollo inmobiliario de viviendas de bajo costo Juan Rafael

El modelo constructivo a evaluar se encuentra en Santo Domingo Republica Dominicana, el proyecto se encuentra ubicado en la calle Jacobo Majluta, es un proyecto de urbanización de construcción de viviendas de bajo costo, creado bajo la figura de un fideicomiso, el proyecto constará con alrededor de 313 edificaciones todas de 4 niveles, y una totalidad de viviendas que supera las 3,600.



Ilustración 11 Ubicación de proyecto

Elaboración de un sistema de gestión de calidad para las construcciones hechas con moldes, a través de la aplicación de técnicas de Lean Construcción

Las viviendas serán distribuidas en 4 tipos de edificaciones, de la siguiente manera, Tipo F, 135 edificaciones, Tipo I, 103 edificaciones, Tipo Imod, 30 edificaciones y Tipo J, 45 edificaciones. Cada edificio levantado en este proyecto utilizara el mismo método constructivo.

La distribución de los edificios así también como las descripciones de cada tipo de edificación se encuentra en la planimetría anexa a esta investigación.

### 3.1.1 Modelo constructivo

#### **Fase de cimentación**

Una vez el terreno está preparado para el inicio de la construcción, empieza la edificación de la obra. Para ello es necesario la construcción de una platea de cimentación, esta se cava de manera manual, debido a la complejidad y profundidad de las canaletas de cimentación.

La platea tiene un área de alrededor 210 metros cuadrados por edificación en superficie. Las canaletas de cimentación variarán de acuerdo con el tipo de muro que corresponda en cada parte del área a trabajar, pero oscilan entre los 70 centímetros y 40 centímetros.



*Ilustración 12 Proceso de cimentación*

#### **Fase de armado de platea**

Una vez terminada la excavación del terreno, se procede a colocar una lámina plástica previo a la colocación del armado para evitar la pérdida de humedad del concreto al estar en contacto con el terreno.



Elaboración de un sistema de gestión de calidad para las construcciones hechas con moldes, a través de la aplicación de técnicas de Lean Construcción

Los armados de acero correspondientes a cada muro y zapata son previamente elaborados en obra por una cuadrilla de trabajo, haciendo todo el armado correspondiente previo a la terminación de la excavación.

La colocación del acero se hace de manera manual, cargando cada conjunto de acero individualmente desde la jaula de armado hasta la excavación de muro correspondiente, estos son colocados con calzos plásticos para asegurar el recubrimiento.

Una vez colocado el acero correspondiente a las canaletas de muro, debe colocarse a lo largo de cada canaleta un trozo de malla electrosoldada de 50cm de altura y 20cm dentro de la canaleta doblado a su vez en un ángulo de 90 grados, este trozo de malla electrosoldada corresponde al anclaje del muro. El plano estructural en anexo 2.



*Ilustración 13 Proceso de armado de cimentación*

### **Fase de Vaciado de hormigón**

El vaciado del hormigón corresponde a un hormigonado convencional de camión y autobomba de concreto y compactado mediante vibradores.



*Ilustración 14 Hormigonado de platea*

Elaboración de un sistema de gestión de calidad para las construcciones hechas con moldes, a través de la aplicación de técnicas de Lean Construcción

### **Fase de armado vertical**

Una vez pasados los 7 del hormigonado, se procede a colocar el hormigón en la platea, dicho armado se encuentra previamente cortado y doblado. Consiste en un armado vertical de varillas y mallas electrosoldadas siguiendo el plano estructural correspondiente.



*Ilustración 15 Armado vertical*

### **Fase de colocación de encofrado metálico en muros**

Para poder colocar las formaletas en el lugar correspondiente, un técnico designado debe modelar cada muro de construcción y de losa. El modelado consiste en colocar las piezas de aluminio de diferentes tamaños unidas entre sí por pernos de acero, formando la pared deseada, teniendo en cuenta los elementos de armado, y huecos de ventanas y puertas.

El encofrado metálico (formaletas) previamente modelado, se coloca sobre la platea, este se sitúa sobre cada hilera de malla electrosoldada correspondiente.



*Ilustración 16 Fase de encofrado*

Elaboración de un sistema de gestión de calidad para las construcciones hechas con moldes, a través de la aplicación de técnicas de Lean Construcción

### **Armado de losa**

La losa correspondiente al vaciado, la cual previamente tiene colocado tanto el armado vertical como la colocación de formaletas verticales y horizontales, se le procede a colocar el armado de la losa siguiendo las especificaciones correspondientes, para el mismo se utilizan calzo a plásticos para garantizar el recubrimiento deseado.



*Ilustración 17 Armado de losa*

### **Hormigonado**

El proceso de hormigonado se establece una vez se ha colocado la última parte del encofrado, se realiza mediante bombeado y camiones mezcladores



*Ilustración 18 Fase de hormigonado*

### **Armado niveles 2-4**

El proceso de armado y hormigonado es idéntico al proceso descrito anteriormente, utilizando se las mismas pautas constructivas utiliza das en el lado idéntico de los muros y lisas consiguientes. Cabe destacar que algunas modificaciones en cuanto al armado son necesarias y realizadas en los niveles consiguientes.



Elaboración de un sistema de gestión de calidad para las construcciones hechas con moldes, a través de la aplicación de técnicas de Lean Construcción



*Ilustración 19 Continuación de armado*

### **Revestimiento de paredes exteriores**

Una vez terminada la confección de toda la obra gris de la edificación se procede a enfoscar todo el exterior del edificio manualmente, un grupo de industriales se encarga de tarea aplicando el mortero a la pared deseada



*Ilustración 20 Revestimiento exterior*

### **Colocación de enlucido en yeso**

Esta actividad inicia una vez el edificio de encuentra en el nivel 2, aplicando una mezcla de yeso y cemento, siendo aplicado de manera manual en cada pared, garantizando su verticalidad y dimensión. El albañil designado solo debe enlucir la altura de la pared en un 75% dejando el restante 25% para cuando se termine la colocación de pisos.

Elaboración de un sistema de gestión de calidad para las construcciones hechas con moldes, a través de la aplicación de técnicas de Lean Construcción



*Ilustración 21* Revestimiento interior

### **Colocación de pisos**

La colocación de pisos empieza con el barrido y limpieza de la superficie de los apartamentos, y una vez limpiada se procede a mezclar la arena y el cemento para formar un mortero el cual será colocado en la superficie de la losa.

Para la colocación del mortero es necesaria la nivelación del pavimento, para el cual se miden las alturas necesarias para que el nivel quede totalmente horizontal. Una vez colocado y nivelado el mortero se espera que este fragüe y endurezca por 48 horas para la posterior colocación de la cerámica de piso.

Para la colocación de la cerámica, se utiliza un pegamento a base de cemento que se coloca tanto en la baldosa de cerámica como en la superficie de mortero que facilita la adhesión de ambos elementos la técnica más difundida es la de extender los adhesivos con llana dentada; se aplica el adhesivo sobre la superficie a revestir con una capa de un espesor de 3 mm. y luego se pasa la llana dentada peinando la superficie, la separación de las cerámicas se logra utilizando separadores de plástico de 3 milímetros.

El rejuntado no se inicia hasta que endurece el adhesivo. De otra manera, apurando tiempos, pueden modificarse las posiciones de las piezas y perjudicar la adhesión lograda.

Elaboración de un sistema de gestión de calidad para las construcciones hechas con moldes, a través de la aplicación de técnicas de Lean Construcción



*Ilustración 22 Fase de colocación de pisos*

### **Aplicación de pintura.**

La aplicación de pintura consiste, de 2 capas con sellado de posibles huecos la cual se hace en todo el edificio

### **Colocación de ventanas**

Las ventanas son prefabricadas a la medida por un contratista externo el cual se encarga de instalarlas por pedidos una vez los trabajos de pintura, enlucidos y cerámicas de todo el edificio estén terminados.

### **Colocación de mobiliario de carpintería y cerrajería**

Las puertas y cerrajerías son prefabricadas a la medida por un contratista externo el cual se encarga de instalarlas por pedidos una vez los trabajos de pintura, enlucidos y cerámicas de todo el edificio estén terminados.

Elaboración de un sistema de gestión de calidad para las construcciones hechas con moldes, a través de la aplicación de técnicas de Lean Construcción

### **Instalaciones eléctricas**

Las instalaciones eléctricas se hacen de acuerdo con el diseño, dimensionamiento y cálculo de la instalación eléctrica de un edificio destinado a viviendas, determinado así por sus características constructivas y materiales a utilizar, todo ello justificado por los medios técnicos, para la puesta en servicio de la nueva instalación eléctrica de baja tensión en el edificio

### **Instalaciones sanitarias**

Las instalaciones sanitarias se hacen de acuerdo con el diseño, dimensionamiento y cálculo de la instalación sanitarias de un edificio destinado a viviendas, determinado así por sus características constructivas y materiales a utilizar, todo ello justificado por los medios técnicos, para la puesta en servicio de la nueva instalación sanitaria del edificio

## 4.0 Análisis de secuencia

### 4.1.1 Proceso de armado de muros y losas

Dado el gran auge mencionado anteriormente del impacto del encofrado en las edificaciones se desglosará minuciosamente el proceso de encofrado y levantamiento de estructural, buscando optimizar el procedimiento para eliminar los posibles desperdicios encontrado actualmente en la obra.

Para cada parte del proceso serán detallados los siguientes:

- **Tiempo de Ciclo (T/C):** Tiempo que tarda una unidad o parte en salir de un proceso u operación.
- **Tiempo de montaje o cambio (T/M):** Es el tiempo que se tarda en cambiar de un tipo de producto a otro tipo de producto.
- **Operarios:** Número de personas necesarias para operar el proceso.

Elaboración de un sistema de gestión de calidad para las construcciones hechas con moldes, a través de la aplicación de técnicas de Lean Construcción

#### 4.1.2 Proceso constructivo de un nivel

##### 1. Replanteo de muros

El replanteo de muros se hace una vez se tiene el concreto del nivel inferior listo para trabajar sobre él, se utilizan un marcador que consiste en un hilo de lana cubierto de pintura roja el cual se marca a 5 centímetros de cada lado de la malla donde corresponde un muro, la malla que se encuentra visible corresponde a la malla del nivel inferior que se utiliza para solapar la malla correspondiente al nivel de trabajo, el ancho total es de 10 centímetros entre ambas caras del encofrado

- *Tiempo de Ciclo (T/C):* 240 Minutos
- *Tiempo de Cambio de modelo:* 24 Horas
- *Operarios:* 2

##### 2. Cortado de varilla

Se empieza a trabajar el cortado de varillas, las mismas se cortan en su mayoría en una longitud de 3 metros para los armados longitudinales del armado, también se cortan en otras longitudes según el plano estructural (ventanas, armados adicionales y puertas), estas se cortan manualmente en una cortadora y se van apilando para su posterior uso.

- *Tiempo de Ciclo (T/C):* 60 Minutos
- *Tiempo de Cambio de modelo:* 24 Horas
- *Operarios:* 4

##### 3. Doblado de varilla

Se empieza a trabajar el doblado de varillas previamente cortadas, se doblan manualmente por un industrial del área siguiendo las especificaciones de los planos estructurales y se van apilando para su posterior uso.

- *Tiempo de Ciclo (T/C):* 60 Minutos
- *Tiempo de Cambio de modelo:* 24 Horas
- *Operarios:* 4



Elaboración de un sistema de gestión de calidad para las construcciones hechas con moldes, a través de la aplicación de técnicas de Lean Construcción

#### **4. Traslado de varilla a lugar de armado**

El traslado se hace manualmente por peones, desde la jaula de armado a lugar de trabajo.

- *Tiempo de Ciclo (T/C):* 20 Minutos
- *Tiempo de Cambio de modelo:* 24 Horas
- *Operarios:* 3

#### **5. Colocación y amarre de Varillas**

Las varillas se colocan en continuación a las ubicadas en el nivel anterior, siguiendo el plano estructural y amarradas con alambre de acero. Se tienen en consideración las puertas y ventanas de la planta estructural.

- *Tiempo de Ciclo (T/C):* 120 Minutos
- *Tiempo de Cambio de modelo:* 24 Horas
- *Operarios:* 8

#### **6. Traslado de malla a lugar de des enrollamiento**

La malla electrosoldada la cual se provee en rollos se almacena en una jaula designada y es llevada manualmente haciéndola rodar hasta el lugar de trabajo o es llevada por un montacargas, al cual se le carga el rollo manualmente si las condiciones del suelo no permiten el rodaje del mismo.

- *Tiempo de Ciclo (T/C):* 60 Minutos
- *Tiempo de Cambio de modelo:* 24 Horas
- *Operarios:* 4

#### **7. Desenrollado de malla**

Una vez llevada al lugar de trabajo la malla es desenrollada manualmente por los peones de turno empujándola en contra de la dirección de enrollamiento y se extiende en toda su longitud o la permitida por el espacio disponible.

- *Tiempo de Ciclo (T/C):* 45 Minutos

Elaboración de un sistema de gestión de calidad para las construcciones hechas con moldes, a través de la aplicación de técnicas de Lean Construcción

- *Tiempo de Cambio de modelo:* 24 Horas
- *Operarios:* 4

### **8. Pisado de malla para garantizar horizontalidad**

La malla desenrollada es pisada por peones para asegurar su horizontalidad.

- *Tiempo de Ciclo (T/C):* 60 Minutos
- *Tiempo de Cambio de modelo:* 24 Horas
- *Operarios:* 4

### **9. Cortado de malla**

Teniendo la malla desenrollada, extendida y aplanada se procede al corte de la misma según las especificaciones estructurales, los trozos cortados son puestos uno encima del otro para su posterior utilización, el corte de la malla electrosoldada se hace por un peón utilizando una cortadora

- *Tiempo de Ciclo (T/C):* 60 Minutos
- *Tiempo de Cambio de modelo:* 24 Horas
- *Operarios:* 4

### **10. Doblado de malla**

Una vez teniendo la malla cortada lo trozos los cuales se les debe hacer un corte de 90 grados para las esquinas son doblados por un operario manualmente, levantando la malla hasta el lugar especificado y doblando la misma en la medida deseada.

- *Tiempo de Ciclo (T/C):* 60 Minutos
- *Tiempo de Cambio de modelo:* 24 Horas
- *Operarios* 4

Elaboración de un sistema de gestión de calidad para las construcciones hechas con moldes, a través de la aplicación de técnicas de Lean Construcción

### **11. Colocación de malla**

La malla se coloca en continuación de los arranques de malla previamente puestos del nivel o platea inferior, las mismas se amarran a las varillas ya colocadas anteriormente, este amarre se hace con un alambre de acero, para la colocación de la malla se verifican las especificaciones estructurales para armados adicionales y se tiene en cuenta la ubicación de puertas y ventanas.

- *Tiempo de Ciclo (T/C):* 180 Minutos
- *Tiempo de Cambio de modelo:* 24 Horas
- *Operarios:* 8

### **12. Colocación de tuberías eléctricas y sanitarias**

Durante la colocación de mallas empieza la colocación de las tuberías tanto eléctricos como sanitarias, los industriales van colocando sus respectivas tuberías mientras se van terminando los tramos de armado de acero, los mismo siguen los planos sanitarios, eléctricos y estructurales.

- *Tiempo de Ciclo (T/C):* 120 Minutos
- *Tiempo de Cambio de modelo:* 24 Horas
- *Operarios:* 4

### **13. Cortado de huecos de ventana**

Teniendo la malla levantada, colocada en su respectivo lugar y amarrada a las varillas se procede al corte de ventanas, las ventanas son replanteadas previamente en el replanteo por lo que es fácil su corte, este corte lo hace un industrial con una cortadora.

- *Tiempo de Ciclo (T/C):* 40 Minutos
- *Tiempo de Cambio de modelo:* 24 Horas
- *Operarios:* 3

Elaboración de un sistema de gestión de calidad para las construcciones hechas con moldes, a través de la aplicación de técnicas de Lean Construcción

#### **14. Colocación de armado adicional de malla**

Utilizando los trozos de malla adicional que se tienen de los cortes de las ventanas, se colocan en los puntos de mayor esfuerzo del armado

- *Tiempo de Ciclo (T/C):* 30 Minutos
- *Tiempo de Cambio de modelo:* 24 Horas
- *Operarios:* 2

#### **15. Colocación de armado adicional de varillas**

Teniendo ya todo el acero colocado, se procede a la colocación de varillas adicionales que corresponden a las indicaciones de los planos estructurales.

- *Tiempo de Ciclo (T/C):* 40 Minutos
- *Tiempo de Cambio de modelo:* 24 Horas
- *Operarios:* 2

#### **16. Colocación de calzos**

Los calzos son colocados cada metro en toda la longitud de la malla, los calzos pueden ser de mortero confeccionados insitu en la obra, o de plástico y son colocados por un ayudante de obra.

- *Tiempo de Ciclo (T/C):* 30 Minutos
- *Tiempo de Cambio de modelo:* 24 Horas
- *Operarios:* 1

#### **17. Revisión y corrección de acero**

Al terminar el armado tanto de las mallas como varillas, un técnico externo, un técnico interno y un industrial hacen una revisión formal del armado completo, en búsquedas de errores cometidos en el armado, los errores encontrados son corregidos es el momento.

- *Tiempo de Ciclo (T/C):* 20 Minutos
- *Tiempo de Cambio de modelo:* 24 Horas
- *Operarios:* 2

Elaboración de un sistema de gestión de calidad para las construcciones hechas con moldes, a través de la aplicación de técnicas de Lean Construcción

### **18. Aplicación de desencofrante en muros**

El encofrado el cual se encuentra al lado del punto de utilización se le es aplicado un desencofrante, el mismo se encuentra en cubetas y se le introduce un mapo y se procede a la aplicación del mismo en las caras internas del encofrado.

- *Tiempo de Ciclo (T/C):* 60 Minutos
- *Tiempo de Cambio de modelo:* 24 Horas
- *Operarios:* 2

### **19. Colocación de encofrado en muros**

Los paneles de encofrado son colocados en su lugar correspondiente según el modelado previamente establecido, las piezas son llevadas a su lugar por ayudantes de obra manualmente y son posteriormente fijadas con pernos por industriales.

- *Tiempo de Ciclo (T/C):* 300 Minutos
- *Tiempo de Cambio de modelo:* 24 Horas
- *Operarios:* 15

### **20. Aplicación de desencofrante a losa**

El encofrado el cual se encuentra al lado del punto de utilización se le es aplicado un desencofrante, el mismo se encuentra en cubetas y se le introduce un mapo y se procede a la aplicación del mismo en las caras internas del encofrado.

- *Tiempo de Ciclo (T/C):* 60 Minutos
- *Tiempo de Cambio de modelo:* 24 Horas
- *Operarios:* 2

Elaboración de un sistema de gestión de calidad para las construcciones hechas con moldes, a través de la aplicación de técnicas de Lean Construcción

### **21. Colocación de encofrado de losa**

Los paneles de encofrado son colocados en su lugar correspondiente según el modelado previamente establecido, las piezas son llevadas a su lugar por ayudantes de obra manualmente y son posteriormente fijadas con pernos por y apoyadas en los puntales.

- *Tiempo de Ciclo (T/C):* 120 Minutos
- *Tiempo de Cambio de modelo:* 24 Horas
- *Operarios:* 15

### **22. Colocación de puntales**

Puntales son colocados para la losa de forma convencional.

- *Tiempo de Ciclo (T/C):* 120 Minutos
- *Tiempo de Cambio de modelo:* 24 Horas
- *Operarios:* 4

### **23. Colocación de varillas**

Varillas son colocadas en forma de cuadrícula para asegurar una base para la colocación de la malla, además son colocadas las varillas estructurales que exigen los planos estructurales

- *Tiempo de Ciclo (T/C):* 60 Minutos
- *Tiempo de Cambio de modelo:* 24 Horas
- *Operarios:* 8

### **24. Colocación de mallas**

La malla es colocada sobre la cuadrícula de varillas asegurándose de seguir las exigencias de los planos estructurales, además de la malla horizontal es necesario la utilización de mallas de arranque de muros

- *Tiempo de Ciclo (T/C):* 90 Minutos
- *Tiempo de Cambio de modelo:* 24 Horas
- *Operarios:* 8

Elaboración de un sistema de gestión de calidad para las construcciones hechas con moldes, a través de la aplicación de técnicas de Lean Construcción

## **25. Colocación de tuberías eléctricos y sanitarias**

Durante la colocación de mallas empieza la colocación de las tuberías tanto eléctricos como sanitarias, los industriales van colocando sus respectivas tuberías mientras se van terminando los tramos de armado de acero, los mismo siguen los planos sanitarios, eléctricos y estructurales.

- *Tiempo de Ciclo (T/C):* 120 Minutos
- *Tiempo de Cambio de modelo:* 24 Horas
- *Operarios:* 4

## **26. Colocación de calzos**

Los calzos son colocados cada metro en toda la longitud de la malla, los calzos pueden ser de mortero confeccionados insitu en la obra, o de plástico y son colocados por un ayudante de obra.

- *Tiempo de Ciclo (T/C):* 30 Minutos
- *Tiempo de Cambio de modelo:* 24 Horas
- *Operarios:* 1

## **27. Revisión y corrección de acero**

Al terminar el armado tanto de las mallas como varillas, un técnico externo, un técnico interno y un industrial hacen una revisión formal del armado completo, en búsquedas de errores cometidos en el armado, los errores encontrados son corregidos es el momento.

- *Tiempo de Ciclo (T/C):* 40 Minutos
- *Tiempo de Cambio de modelo:* 24 Horas
- *Operarios:* 2

Elaboración de un sistema de gestión de calidad para las construcciones hechas con moldes, a través de la aplicación de técnicas de Lean Construcción

## **28. Hormigonado**

El proceso de hormigonado se establece una vez se ha colocado la última parte del encofrado, calzos y se ha revisado el acero, se realiza mediante bombeado y camiones mezcladores.

- ***Tiempo de Ciclo (T/C):*** 150 Minutos
- ***Tiempo de Cambio de modelo:*** 24 Horas
- ***Operarios:*** 6



Elaboración de un sistema de gestión de calidad para las construcciones hechas con moldes, a través de la aplicación de técnicas de Lean Construcción

#### 4.1.3 Tabla resumen de tiempos

Se realizó una toma de datos en campo, tomando el tiempo de cada actividad citada anteriormente obteniendo los siguientes datos:

<b>Proceso de Armado de Muros y Losas</b>	<b>Tiempo (Minutos)</b>
Replanteo de Muros	240
Cortado de Varilla	60
Doblado de Varilla	60
Traslado de Varilla a Lugar de Armado	20
Colocación y Amarre de Varillas	120
Des enrollamiento de Malla	25
Pisado de Malla P/ Horizontalidad	60
Cortado de Malla	60
Doblado de Malla	60
Colocación de Malla	180
Colocación de Tuberías Eléctricas y Sanitarias	120
Cortado de Huecos de Ventanas	40
Colocación de Armado Adicional de Malla	30
Colocación de Armado Adicional de Varillas	40
Colocación de Calzos	30
Revisión de Acero	20
Corrección de Acero	20
Aplicación de Desmoldante/ Desencofrarte	120
Colocación de Encofrado en Muros	300
Colocación de Puntales	120
Aplicación de Desmoldante en Losa	60
Colocación de Encofrado de Losa	120
Colocación de Varillas	60
Colocación de Mallas	90
Colocación de Tuberías Eléctricas y Sanitarias	120
Colocación de Calzos	30
Hormigonado	150

*Tabla 6 Tabla resumen de tiempos*

Elaboración de un sistema de gestión de calidad para las construcciones hechas con moldes, a través de la aplicación de técnicas de Lean Construcción

#### 4.1.4 Mapa de VSM Actual

Dada la cantidad de procesos citados anteriormente, se realizaron agrupaciones de trabajos similares o que correspondían al mismo fin, con el objetivo de simplificar y tener un mayor entendimiento del VSM.

La tabla resumida posee los siguientes datos:

<b>Nombre de actividad</b>	<b>Tiempo (Minutos)</b>
Replanteo de muros	240
Cortado y doblado de acero	60
Traslado de acero a lugar de armado	20
Trabajos de malla	205
Colocación de acero y cortado de huecos	400
Colocación de tuberías eléctricas, sanitarias y calzos	150
Revisión y correcciones de acero muro	20
Aplicación de desmoldante en muros	120
Colocación de encofrado en muros	300
Colocación de puntales	120
Aplicación de desmoldante en losa	60
Colocación de encofrado en losa	180
Colocación de acero	210
Colocación de tuberías eléctricas, sanitarias y calzos	150
Revisión y correcciones de acero	40
Hormigonado	150

*Tabla 7 Tabla de tiempos agrupadas*

Para la elaboración del VSM se tomaron en cuenta todos los tiempos útiles, y elaborando el gráfico tomando en cuenta las actividades consecutivas, calidad del proceso, tiempo de trabajo, traslados.

Se tomó en cuenta la recepción del material ya que influye en el proceso constructivo así también como el control de obra que se manifiesta en cada proceso establecido.

En total se obtuvieron 17 actividades a estudiar, el tiempo total de valor añadido se obtuvo con la suma de cada valor ubicado dentro del cajón y el tiempo de no valor añadido se obtuvo sumando los valores ubicados encima del cajón.

Elaboración de un sistema de gestión de calidad para las construcciones hechas con moldes, a través de la aplicación de técnicas de Lean Construcción

#### 4.1.5 Calculo del tiempo de takt

Con el fin de la mejora del proceso dentro del cuadro de la construcción, es necesario el cálculo del tiempo de takt anteriormente mencionado en el cuerpo del proyecto.

$$\text{Tiempo de takt} = \frac{\text{Tiempo disponible de un turno}}{\text{Requerimientos}}$$

El tiempo disponible de un turno en el proyecto actual es de 48 horas o 2880 minutos

El requerimiento del proyecto es de un armado horizontal y uno vertical por día dando lugar a un nivel total de hormigonado

Por lo que le tiempo de takt queda como:

$$\text{Tiempo de takt} = \frac{2880 \text{ Minutos}}{1 \text{ Nivel}} = 2,880$$

Dado que al comparar la tabla de tiempos con el tiempo de takt no existe cuello de botella en cuanto a tiempo es recomendable buscar otra manera de mejorar el proceso actual.

Para un análisis visual de la incidencia del tiempo de takt y la determinación de un potencial cuello de botella evaluando cada proceso evaluado se obtiene el siguiente grafico de tiempo critico referenciando el tiempo de takt como una línea negra sobre el grafico. Para las actividades representadas en el grafico, se tomaron en cuenta los tiempos de solape entre ellas. Se evaluara el proceso por partes, tomando en cuenta el armado de la medicion del edificio que es edificio de 150m2,

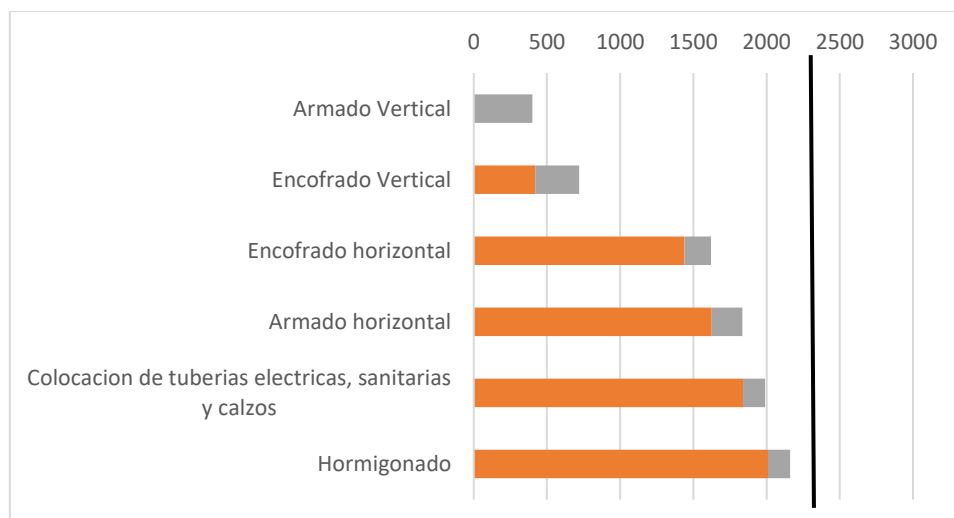


Ilustración 23 Gráfico de Takt

Elaboración de un sistema de gestión de calidad para las construcciones hechas con moldes, a través de la aplicación de técnicas de Lean Construcción

Como puede verse en la gráfica, ninguna actividad está cercana a tener un posible cuello de botella.

## 5.0 Análisis de producto

Para el análisis del problema se asumirá la calidad del hormigón como aprobada.

Para el análisis del problema se ha realizado un diagrama de Pareto a la partida de armado y encofrado teniendo como resultado

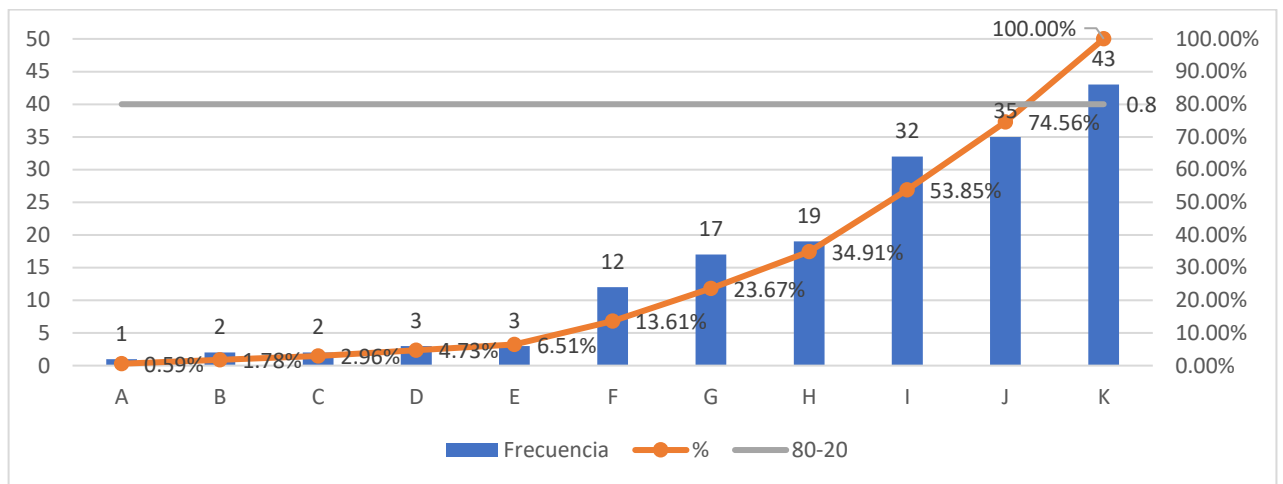


Ilustración 24 Gráfico de Pareto del proceso de estructura

Siendo

- A** Colocación de puntales de seguridad
- B** Calidad y manejo del acero
- C** Colocación de instalaciones eléctricas y sanitarias
- D** Cortes y dobleces de acero
- E** Calzos que aseguren el recubrimiento
- F** Empalmes de acero
- G** Colocación de armado adicional
- H** Colocación de armado principal
- I** Alineación con respecto al encofrado
- J** Reparaciones luego de hormigonado
- K** Estado y condición del encofrado

El diagrama de Pareto refleja 2 características muy importantes las cuales tienen la mayor cantidad de observaciones, estas son el estado y condición del encofrado, y las reparaciones luego del hormigón.

Elaboración de un sistema de gestión de calidad para las construcciones hechas con moldes, a través de la aplicación de técnicas de Lean Construcción

El desarrollo de la siguiente propuesta de mejora ira relacionado a la prevención de ocurrencia de dichos dos factores, el estado del encofrado influye en muchos aspectos dentro de la construcción, como se mencionaba anteriormente el encofrado es una de las partidas con mayor influencia en el presupuesto de obra, y su estado debe ser el optimo para un mejor aprovechamiento de las tareas subsecuentes al hormigonado. Cada tarea del proceso de construcción depende de un buen hormigonado por lo que si al vaciar un muro, este queda torcido todas las tareas subsecuentes como, colocación de enlucidos, colocación de pavimentos, puertas, ventanas y demás, quedarían afectados por dicho problema, no obstante dentro del encofrado, es decir, el armado que se coloca dentro de cada cara del mismo tiene una importancia alta, debido a que muchos problemas del encofrado pueden surgir por la mala colocación del acero dentro del mismo, la existencia de imperfecciones del vaciado como agujeros, huecos debajo de ventanas y demás es afectado por la mala colocación del acero. Una mala colocación del acero puede obstruir el paso del hormigón ocasionando agujeros que afectan tanto visual como estructuralmente al elemento a construir.

Para la mejora del proceso constructivo en cuanto a la calidad del producto se refiere se ha decidido optar por la mejora del estado del encofrado y la implementación de armaduras elaboradas.

Dicha mejora se aplicará y se verá reflejada en los siguientes parámetros ya que su incidencia se reduciría al mínimo por los factores anteriormente mencionados en el cuerpo del trabajo.

Elaboración de un sistema de gestión de calidad para las construcciones hechas con moldes, a través de la aplicación de técnicas de Lean Construcción

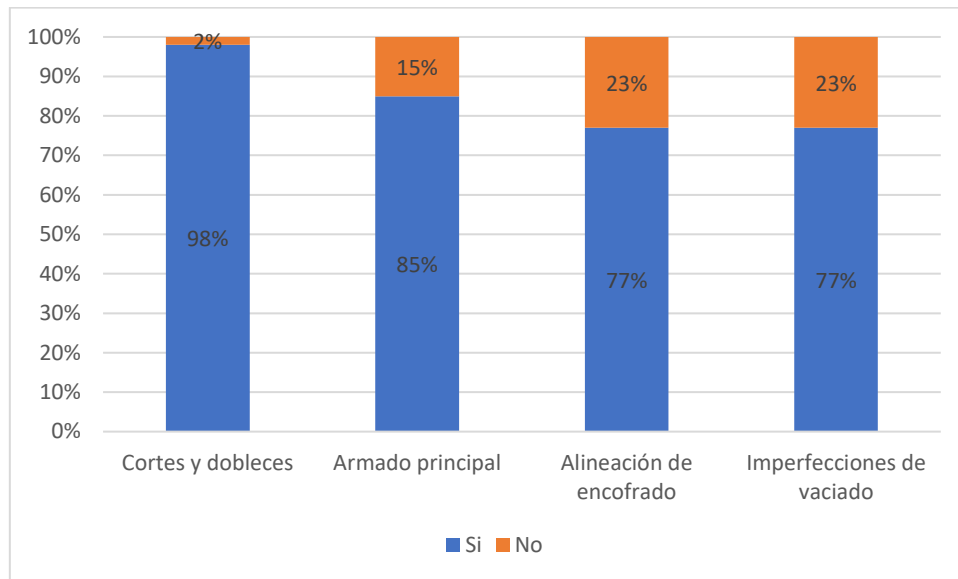


Ilustración 25 Problemas a solucionar

Elaboración de un sistema de gestión de calidad para las construcciones hechas con moldes, a través de la aplicación de técnicas de Lean Construcción

### 5.1.1 Mapa VSM mejorado

#### 5.1.2 Propuesta de mejora: Compra de acero pre-cortado

Dada la propuesta citada anteriormente la consiste en optar por la compra de acero pre-cortado, es decir, el acero llega a la obra estando doblado y cortado desde la fábrica, teniendo una garantía de calidad en la longitud de los cortes y el doblado del acero.

Al realizar un VSM para ver los efectos de la mejora del producto en el cambio de secuencia de los procesos, la lista de procesos queda resumida en las siguientes actividades

<b>Proceso de Armado de Muros y Losas</b>	<b>Tiempo (Minutos)</b>
Replanteo de muros	240
Traslado de acero a lugar de armado	20
Colocación de acero y cortado de huecos	400
Colocación de tuberías eléctricas, sanitarias y calzos	150
Revisión y correcciones de acero	45
Aplicación de desmoldante en muros	120
Colocación de encofrado en muros	300
Colocación de puntales	120
Aplicación de desmoldante en losa	60
Colocación de acero	210
Colocación de encofrado en muros	180
Colocación de tuberías eléctricas, sanitarias y calzos	150
Revisión y correcciones de acero	45
Hormigonado	150
Fraguado	540
Desencofrado	150

*Tabla 8 Tabla de tiempos modificada*

Los siguientes procesos son considerados como procesos de valor añadido

<b>Proceso de Armado de Muros y Losas</b>	<b>Tiempo (Minutos)</b>
Colocación de acero y cortado de huecos	400
Colocación de acero horizontal	210
Colocación de tuberías eléctricas, sanitarias y calzos	150
Hormigonado	150

*Tabla 9 Procesos de valor añadido*

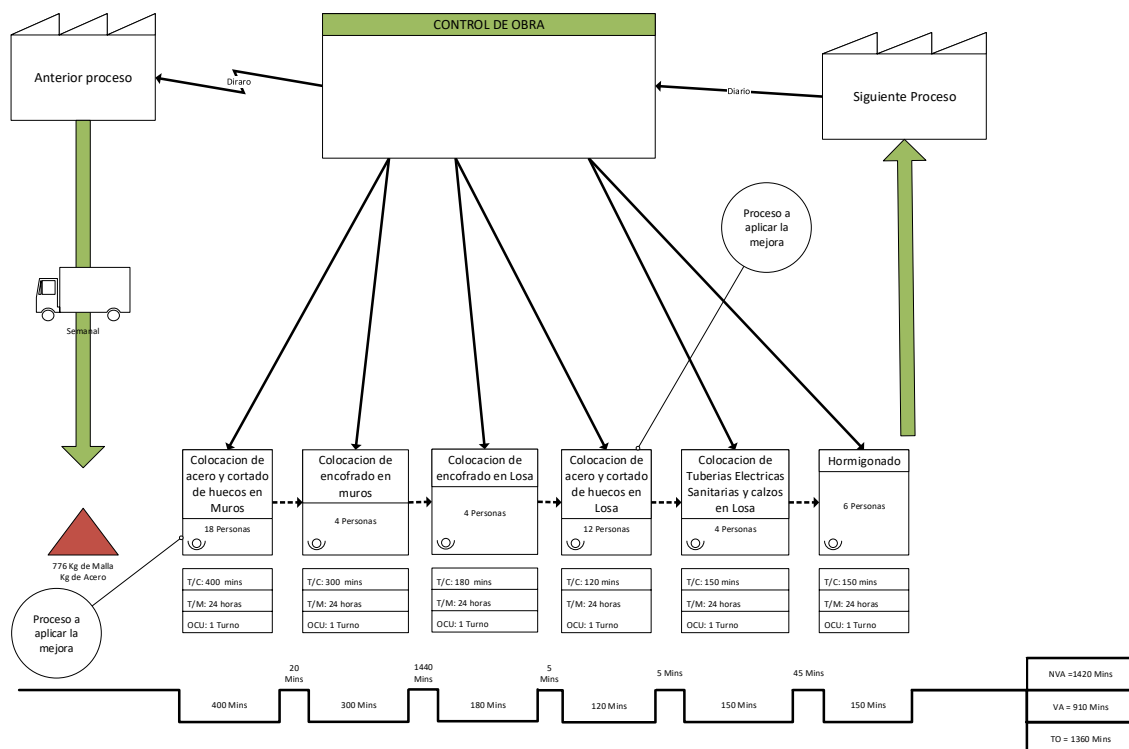
Elaboración de un sistema de gestión de calidad para las construcciones hechas con moldes, a través de la aplicación de técnicas de Lean Construcción

Los siguientes procesos son considerados como procesos de soporte

Proceso de Armado de Muros y Losas	Tiempo (Minutos)
Replanteo de muros	240
Traslado de acero a lugar de armado	20
Revisión y correcciones de acero	45
Aplicación de desmoldante en muros	120
Colocación de encofrado en muros	300
Colocación de puntales	120
Aplicación de desmoldante en losa	60
Colocación de encofrado en losa	180
Revisión y correcciones de acero	45

Tabla 10 Procesos de soporte

A continuación, se muestra el VSM:



La propuesta intenta atacar las colocaciones de acero, tratando de reducir el tiempo de colocación, dada la propuesta se pueden observar que los siguientes parámetros de calidad no se verían afectados ya que, al mejorar la calidad del acero, las distintas observaciones de calidad serían mínimas.



Elaboración de un sistema de gestión de calidad para las construcciones hechas con moldes, a través de la aplicación de técnicas de Lean Construcción

### Tabla de inspección

Como objetivo de la investigación, se ha elaborado una tabla de inspección la cual es recomendable utilizar una vez aplicada la medida de mejora, la tabla cuenta de 3 partes fundamentales para el cumplimiento de los parámetros que serán evaluados en la construcción de obra civil y la aprobación de la actividad a realizar, como modo de utilización se recomienda utilizarse de la misma manera que las utilizadas anteriormente en el mismo orden y seguimiento anterior, es decir, para cada actividad se realizara la toma de datos correspondiente a ese nivel y la misma será realizada por un ingeniero de calidad el cual tiene como tarea llevar el control periódico de esta toma de datos, así también como las correcciones de los problemas encontrados a la hora de la elaboración de la ficha como son problemas de acero, colocación de tuberías entre otros, cabe destacar que, la tabla que se proporciona a continuación es diferente a la anteriormente utilizada en el proyecto y que incluye distintos parámetros los cuales se adecuan al método constructivo propuesto.

Para completar la tabla se debe seguir el apartado que se debe evaluar en el momento y compararlo con los requerimientos del proyecto, para el apartado de revisión previa es necesario que cada muro este correctamente replanteado, esto es verificable con la medición aleatoria de diversos puntos del replanteo para confirmar su cumplimiento. Para la revisión de acero, cada cuadro de acero debe cumplir a su totalidad con el plano estructural, de este no cumplir, será marcado en la casilla “no”, así también como el estado de los encofrados teniendo en cuenta las distintas áreas a evaluar. En el apartado de revisión de hormigonado, se recomienda tomar el cuenta el tiempo

Elaboración de un sistema de gestión de calidad para las construcciones hechas con moldes, a través de la aplicación de técnicas de Lean Construcción

<b>Tabla de inspeccion de armaduras</b>				
<b>Fecha</b>				
<b>Edificio</b>				
<b>Nivel</b>				
<b>Criterio</b>	<b>Cumple</b>		<b>Observaciones</b>	<b>Fecha de toma de datos</b>
	Si	No		
<b>Revisión previa</b>				
<b>1. COMPROBACIONES DE REPLANTEO Y GEOMÉTRICAS</b>				
Comprobación de cotas, niveles y geometría.				
Comprobación de tolerancias admisibles.				
<b>Revisión de acero</b>				
<b>1. ARMADURAS</b>				
Tipo, diámetro y posición.				
Almacenamiento.				
Tolerancias de colocación.				
Recubrimientos y separación entre armaduras. Utilización de separadores y distanciadores.				
<b>2. ENCOFRADOS</b>				
Estanquidad, rigidez y textura.				
Tolerancias.				
Posibilidad de limpieza, incluidos fondos.				
Geometría y contra flechas.				
<b>Revisión de hormigonado</b>				
<b>1. TRANSPORTE, VERTIDO Y COMPACTACIÓN</b>				
Tiempos de transporte.				
Condiciones de vertido: método, secuencia, altura máxima, etc.				
Compactación del hormigón.				
Acabado de superficies.				
<b>2. CURADO</b>				
Método aplicado.				
Plazos de curado.				
Protección de superficies.				

Tabla 11 Tabla de inspección de obra de acero y hormigón

Elaboración de un sistema de gestión de calidad para las construcciones hechas con moldes, a través de la aplicación de técnicas de Lean Construcción

## 6.0 Análisis de propuestas y conclusiones

El estudio de caso ha analizado la aplicabilidad del mapeo de flujo de valor (VSM) en la confección de un nivel de vivienda de un edificio donde dicho trabajo se lleva a cabo de manera repetitiva en todo el proyecto debido a la cantidad de viviendas que este posee.

En cuanto a la eliminación de los desperdicios que conducen a la elaboración del mapeo de flujo de valor del proceso, parece que al menos existe la posibilidad de identificar los desperdicios para fines administrativos. Ya que aunque no se ha podido optimizar el flujo de procesos dada su secuencia, el mismo fue optimizado para mejorar la calidad del producto logrando paralelamente el mejoramiento de su secuencia.

Al comprar el armadura elaborada y este ser llevado al sitio de trabajo, se ha podido asumir que existiría una reducción de tiempo en el proceso de confección de un nivel en un margen de alrededor del 15-20% para el cliente. Además de las reducciones sustanciales de los problemas que más atacan a la calidad del hormigonado, citándolos de lo anteriormente mencionado estos se serian: Cortes y dobleces, Errores en el armado principal, Alineación del armado dentro del encofrado y las imperfecciones del hormigonado.

Se debe adoptar una planificación adecuada por parte del contratista para hacer que los materiales estén fácilmente disponibles en el sitio de trabajo, sin que estas demoren las actividades según la planificación de obra. No obstante, a la mejora de la calidad de producto final mediante la implementación de esta medida, el tiempo de fraguado del hormigón ha sido aumentado en un 20% aproximadamente, esto debido a la reducción de tiempo producida por la optimización del proceso de armado. El aumento del tiempo de fraguado garantiza una reducción de costos por parte del hormigón ya que la utilización de acelerantes de fraguado será mucho menor, además, que la resistencia del mismo sería superior.

Como objetivo de esta investigación, se ha elaborado una tabla de inspección y se recomienda su utilización para la mejora del proceso de armado y hormigonado de la obra, dicha tabla cuenta con todas las partidas relacionadas a la mejora del proceso constructivo citado anteriormente, la tabla en si es una herramienta muy útil a la hora de hacer la nueva toma de datos ya que dará a conocer el estado en el que se encuentra el

Elaboración de un sistema de gestión de calidad para las construcciones hechas con moldes, a través de la aplicación de técnicas de Lean Construcción

proyecto, y mostrara claramente si la solución aplicada es válida y cumple con el propósito para la que fue creada.

Como se menciona anteriormente, la utilización de esta tabla es exclusiva del departamento técnico, ya que requiere de conocimientos de aplicación de métodos constructivos para su correcta aplicación, la tabla podrá dar a conocer los resultados necesarios para su posterior comprobación de la aplicación del método y optimización general del proyecto, por lo que una rigurosa implementación y la misma es necesaria.

Cabe destacar que se ha de realizar un posterior análisis económico a la implementación de dicha medida para verificar su posible implementación en la obra además de un análisis realizado al aumento del tiempo de fraguado con respecto a la resistencia y viabilidad económica. Además de profundizar en la propuesta, realizando una prueba in situ con toma de datos para la comprobación de la implementación de dicha medida.

El modelo del mapeo del flujo de valor depende de información cuantitativa, es por ello que solo proporciona tanta información como los datos que se ingresan en ella, una de las adversidades de la elaboración de esta investigación fue la dificultad de obtención de datos por lo que un análisis exhaustivo con datos tomados in situ y al instante es sugerido.

Elaboración de un sistema de gestión de calidad para las construcciones hechas con moldes, a través de la aplicación de técnicas de Lean Construcción

## Bibliografía

- Abad, A., Abreu, M., Cruz, D., Guzmán, J., Matos, M., Patnella, A., & Sosa, B. (2011). *Estudio de Capacitación de la mano de obra de carpintería, albañilería, varillero y su implicación en los factores: rendimiento, productividad, y calidad del sector Construcción en Santo Domingo*. Santo Domingo: Instituto Tecnológico de Santo Domingo.
- Alves, T. D., Tommelein, I., & Ballar, G. (2005). *Value stream mapping for make-to-order products in a job shop environment. Paper presented at the Construction Research Congress 2005: Broadening Perspectives - Proceedings of the Congress*.
- Arbulu, R., Tommelein, I., Walsh, K., & Hershauer, J. (2003). *Value stream analysis of a re-engineered construction supply chain. Building Research and Information*.
- Awad, S. H. (1999). *Concrete formwork systems*. Madison.
- Banco Central de la República Dominicana. (2014). *Informe de la Economía Dominicana Enero-Diciembre 2013*. Santo Domingo: Banco Central de la República Dominicana.
- Barathawaj, R., R.V., S., & Gunarani, G. I. (2017). *LEAN CONSTRUCTION: VALUE STREAM MAPPING FOR RESIDENTIALS CONSTRUCTION*. International Journal of Civil Engineering and Technology (IJCIET).
- Boonsthonsatit, K., & Jungthawan, S. (2015). *Lean supply chain management-based value stream mapping in a case of thailand automotive industry*. International Conference on Advanced Logistics and Transport.
- Castillo, Y., Pérez, N., Pimentel, R., Rodríguez, L., Sánchez, J., & Tavares, R. (2008). *Fortalezas y Debilidades de los Ingenieros Civiles Egresados del INTEC en la Gestión de la Construcción al 2007*. Santo Domingo: Instituto Tecnológico de Santo Domingo.
- Diario Libre. (22 de Septiembre de 2013). *El Polígono Central, 50 años después*. Obtenido de [http://www.diariolibre.com/sociedad/2013/09/22/i403175\\_polgono-central-aos-despus.html](http://www.diariolibre.com/sociedad/2013/09/22/i403175_polgono-central-aos-despus.html)

Elaboración de un sistema de gestión de calidad para las construcciones hechas con moldes, a través de la aplicación de técnicas de Lean Construcción

Fontanini, P. S., Milano, C. d., Fujimoto, A., Lintz, R. C., Gachet-Barbosa, L., & Jacintho, A. E. (31 de March de 2013). Concrete slab value stream mapping of brazilian residential buildings - A lean construction study case. Paper presented at the 4th International Conference on Manufacturing Science and Engineering. *ICMSE 2013*, págs. 829-834.

Hines, P., & Rich, N. (1997). *The seven value stream mapping tools. International Journal of Operations & Production Management.*

Leguisamón Reyes, F. A. (2012). *Estudio de la calidad en la entrega de las obras de vivienda en la República Dominicana.* Tesis de Máster, Universitat Politècnica de Catalunya, Escola Tècnica Superior d'Enginyers de Camins, Canals i Ports de Barcelona, Cataluña.

Li, Y. (2015). *VALUE STREAM MAPPING (VSM) IN CONSTRUCTION AND MANUFACTURING INDUSTRY. A STRUCTURED LITERATURE REVIEW AND COMPARATIVE ANALYSIS.* Texas A&M Univerty.

Martin, K., & Osterling, M. (2013). *Value stream mapping: how to visualize work and align leadership for organizational transformation.* New York: McGraw-Hill.

Matroianni, R., & Abdelhamid, T. (2003). *The challenge: The impetus for change to lean project delivery. 11th Conf. of Int. Group for Lean Construction, In Proc.,.*

McDonald, T., M., E., Aken, V., & Rentes, A. F. (2002). *Utilizing Simulation to Enhance Value Stream Mapping: A Manufacturing Case Application.* International Journal of Logistic Research and Applications: A Leading Journal of Supply Chain Management.

Oficina Nacional de Estadística. (2010). *Informe General IX Censo Nacional de Población y Vivienda 2010* (Vol. 1). Santo Domingo: Oficina Nacional de Estadística. Recuperado el 7 de enero de 2015, de <http://censo2010.one.gob.do/index.php?module=uploads&func=download&fileId=429>

Elaboración de un sistema de gestión de calidad para las construcciones hechas con moldes, a través de la aplicación de técnicas de Lean Construcción

Pasquilini, F., & Zawislak, P. (19 de July de 2005). Value stream mapping in construction: A case study in a brazilian construction company. Paper presented at the 13th International Group for Lean Construction Conference. págs. 117-125.

Periódico Hoy. (28 de noviembre de 2013). *Reclamos por vicios y defectos de construcción son recurrentes en Proconsumidor*. Obtenido de Periódico Hoy: <http://hoy.com.do/reclamos-por-vicios-y-defectos-de-construccion-son-recurrentes-en-proconsumidor/>

Peurifoy, R. L., & Oberlender, G. D. (2011). *Formwork concrete structures*. Mcgraw Hill.

Rother, M., Shook, J., & Jones, W. &. (2003). *Learning to See: Value Stream Mapping to Add Value and Eliminate MUDA*. 3rd edition. Cambrigde: Lean Enterprise Institute.

Senior, B. A., & Rodriquez, T. (2012). *ANALYZING BARRIERS TO CONSTRUCTION PRODUCTIVITY IMPROVEMENT IN THE DOMINICAN REPUBLIC*. Santo Domingo.

Shamsai, M. (2006). *Prefabricated cage systems for reinforcing concrete members*. Ohio: Ohio State University.

Shamsai, M., Whitlatch, E., & Sezen, H. (2007). *Economic Evaluation of Reinforced Concrete Structures with Columns Reinforced with Prefabricated Cage System*. 2007: Ohio State University.

Solding, P., & Gullander, P. (2009). *Concepts for simulation based value stream mapping*. Paper presented at the 2009 Winter Simulation Conference.

Sparks, D., & Badurdeen, F. (2014). *Combining sustainable value stream mapping and simulation to assess supply chain performance*. . IIE Annual Conference and Expo 2014.

Tam, V., Tam, C., K. W. Chan, J., & Ng, W. (2006). *Cutting construction wastes by prefabrication*. Griffith University: International Journal of Construction Management.

Elaboración de un sistema de gestión de calidad para las construcciones hechas con moldes, a través de la aplicación de técnicas de Lean Construcción

Womack, J., & Jones, D. (2002). *From lean production to lean enterprise*. Harvard Bussines Review.

Yu, H., Tweed, T., Al-Hussein, M., & Nasser, R. (2009). *Development of lean model for house construction using value stream mapping*.



Elaboración de un sistema de gestión de calidad para las construcciones hechas con moldes, a través de la aplicación de técnicas de Lean Construcción

## Anexos

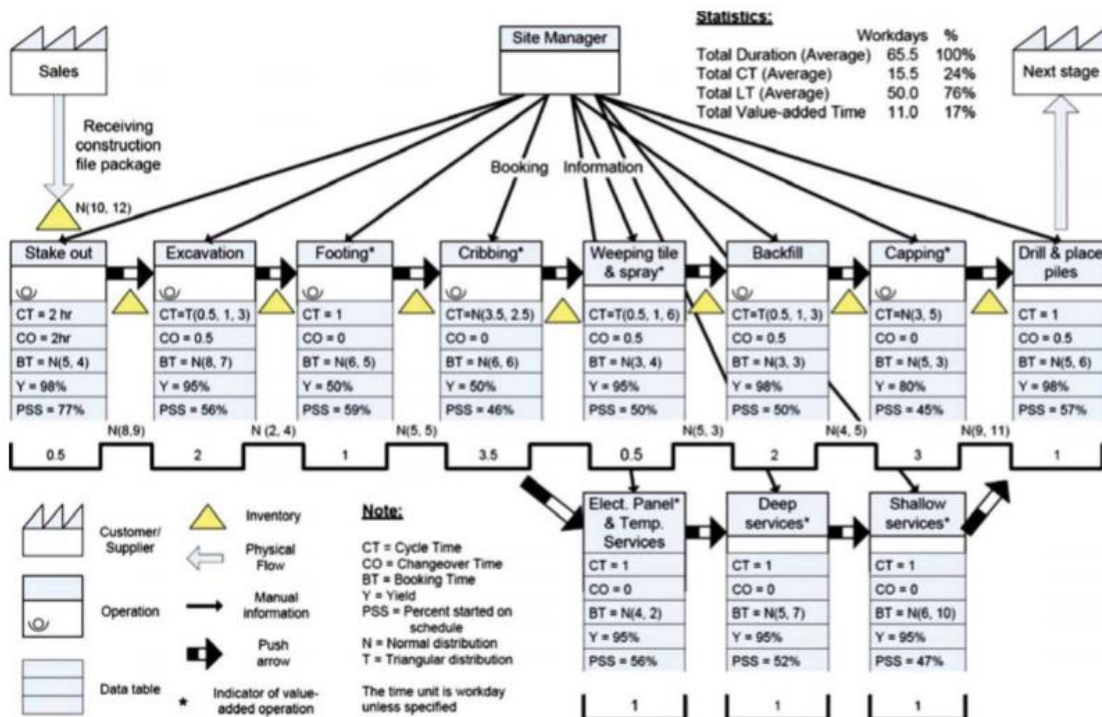


Figure 1. Current-State Map of Home Building Process (stage 1). Reprinted from Yu et al. (2009).

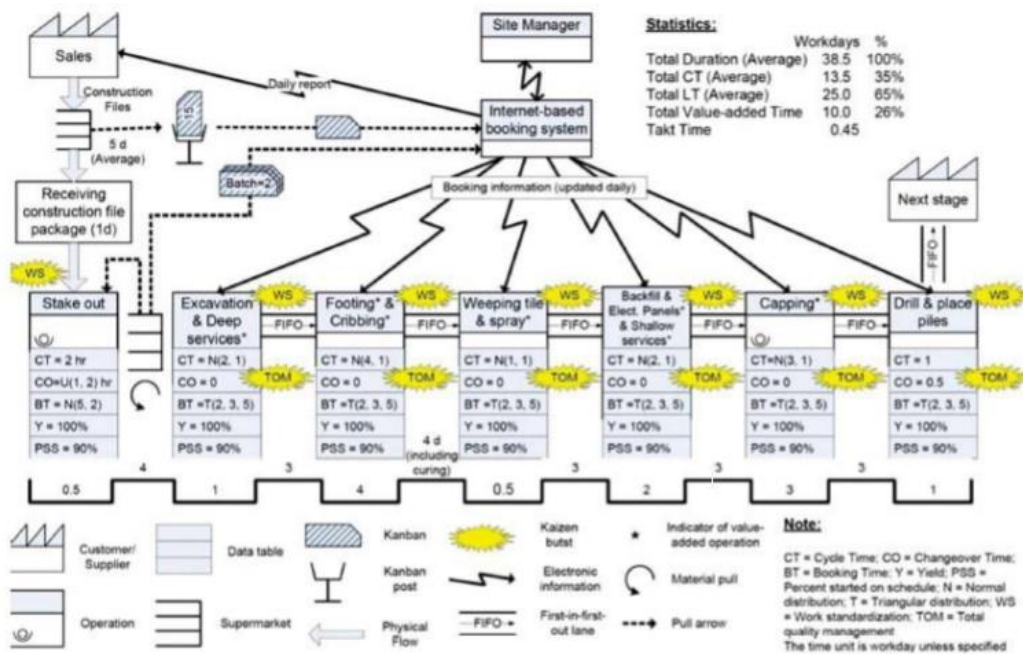


Figure 2. Future-State Map of Home Building Process (stage 1). Reprinted from Yu et al. (2009).

**13. ALINEACIÓN \***

adecuada dentro y sobre el encofrado.  
*Mark only one oval.*

- SI  
 NO

**14. Calzos que aseguren el RECUBRIMIENTO \***

del acero. Suficientes, firmes, y bien ubicados.  
*Mark only one oval.*

- SI  
 NO

**15. Colocación de INSTALACIONES \***

eléctricas y de plomería.  
*Mark only one oval.*

- SI  
 NO

## ENCOFRADO

---

**16. ESTADO Y CONDICIÓN \***

de la madera o moldes.  
*Mark only one oval.*

- SI  
 NO

**17. Previsión de DESMOLDANTE \***

*Mark only one oval.*

- SI  
 NO

**18. PUNTALES DE SEGURIDAD. \***

*Mark only one oval.*

- SI  
 NO

## DESENCOFRADO

---

**19. REPARACIONES \***

por defectos de hormigonado luego de desencofrar.  
*Mark only one oval.*

- SI  
 NO

20. **CORRECCIONES** \*

---

---

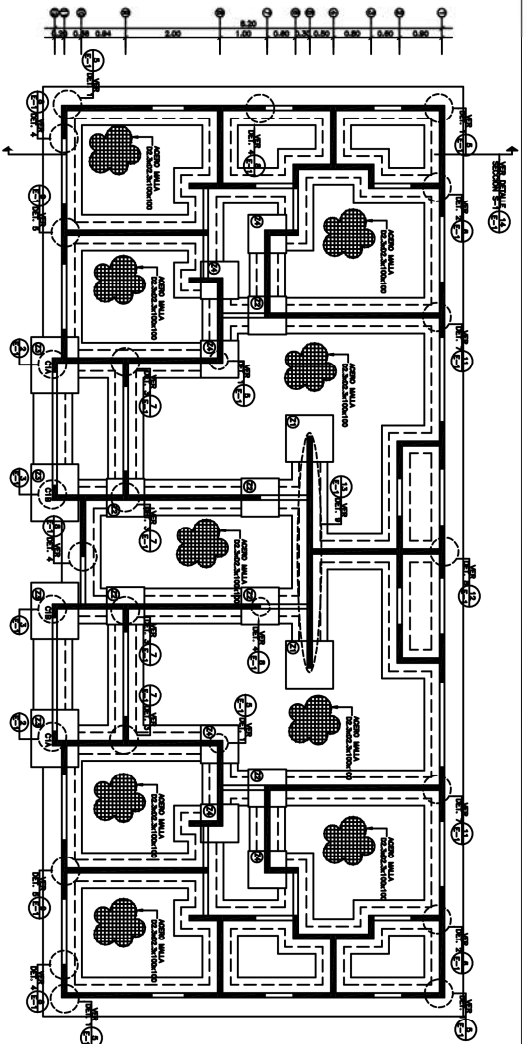
---

---

---

---

Powered by  
 Google Forms

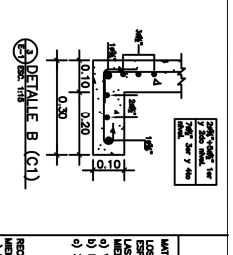
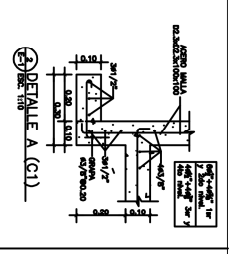
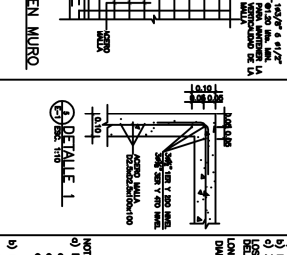
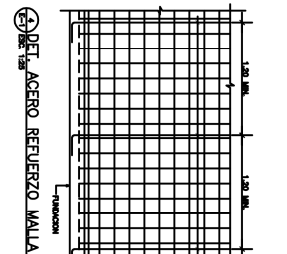
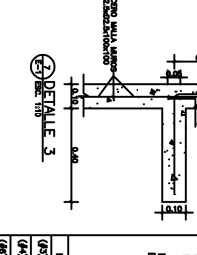
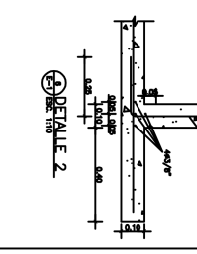
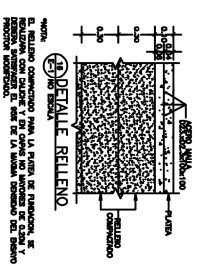


PLANTA ESTRUCTURAL DE FUNDACIONES.

NOTA: PARA REPLICAR USAR LOS PLANOS ARQUITECTONICOS.

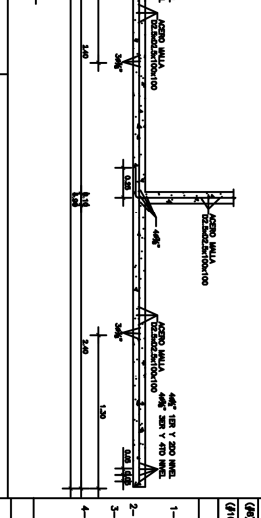
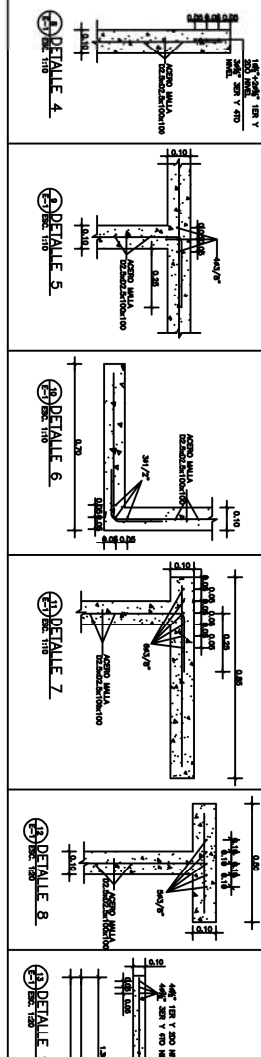
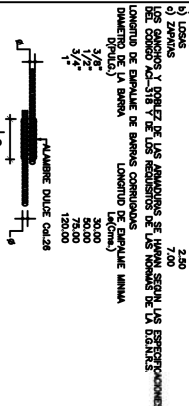
LEYENDA DE MUROS

[Symbol]	MURDO DE CIMENTACION
[Symbol]	MURDO DE FUNDACION MURDO O COLUMNAS
[Symbol]	MURDO PERIMETRICO

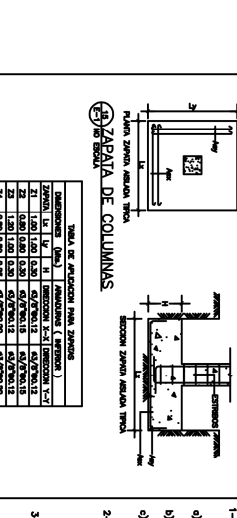
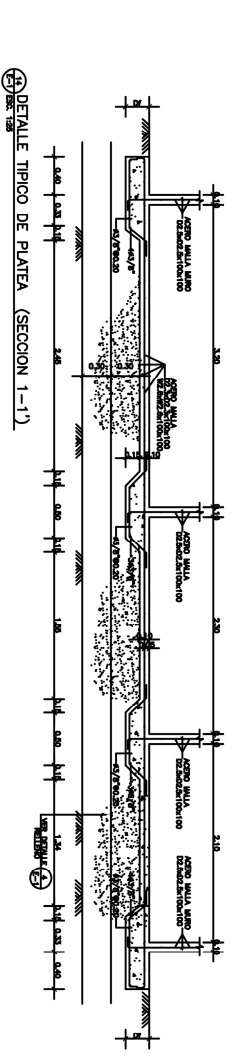


ESPECIFICACIONES GENERALES

MATERIALES:  
 1) CEMENTO: PORTLAND TIPO I, 4000 PSI.  
 2) ACERO: BARRAS DE ACERO TIPO 60, 4000 PSI.  
 3) RELENDO: CEMENTO PORTLAND TIPO I, 4000 PSI.  
 4) MORTAR: CEMENTO PORTLAND TIPO I, 4000 PSI.  
 5) ARENILLA: ARENILLA DE PLAYA, 20 MESH.  
 6) MADERA: MADERA DE PINE, 2x4, 2x6, 2x8, 2x10, 2x12.  
 7) MADERA: MADERA DE PINE, 4x4, 4x6, 4x8, 4x10, 4x12.  
 8) MADERA: MADERA DE PINE, 6x6, 6x8, 6x10, 6x12.  
 9) MADERA: MADERA DE PINE, 8x8, 8x10, 8x12.  
 10) MADERA: MADERA DE PINE, 10x10, 10x12.  
 11) MADERA: MADERA DE PINE, 12x12.



NOTAS GENERALES SOBRE FUNDACIONES:  
 1- EL ESPESOR DEBEN SER DE 12" O MAYOR.  
 2- EL RELENDO DEBEN SER DE 12" O MAYOR.  
 3- EL MORTAR DEBEN SER DE 12" O MAYOR.  
 4- LA ARENILLA DEBEN SER DE 20 MESH O MAYOR.  
 5- LA MADERA DEBEN SER DE 2x4, 2x6, 2x8, 2x10, 2x12, 4x4, 4x6, 4x8, 4x10, 4x12, 6x6, 6x8, 6x10, 6x12, 8x8, 8x10, 8x12, 10x10, 10x12, 12x12.



NOTAS GENERALES SOBRE COLUMNAS:  
 1- EL ESPESOR DEBEN SER DE 12" O MAYOR.  
 2- EL RELENDO DEBEN SER DE 12" O MAYOR.  
 3- EL MORTAR DEBEN SER DE 12" O MAYOR.  
 4- LA ARENILLA DEBEN SER DE 20 MESH O MAYOR.  
 5- LA MADERA DEBEN SER DE 2x4, 2x6, 2x8, 2x10, 2x12, 4x4, 4x6, 4x8, 4x10, 4x12, 6x6, 6x8, 6x10, 6x12, 8x8, 8x10, 8x12, 10x10, 10x12, 12x12.