



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL

OPTIMIZACIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD EN PROYECTOS DE
EDIFICACIÓN A TRAVÉS DE VALUE STREAM MAPPING EN LA
PARTIDA CRÍTICA DE MOLDAJES

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

FRANCISCO JAVIER ABARCA DEVIA

PROFESOR GUÍA:

ISABEL ALARCÓN GONZÁLEZ

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:

DAREN ARELLANO PÉREZ
EDGARDO GONZÁLEZ LIZAMA

SANTIAGO DE CHILE
2015

RESUMEN DE LA MEMORIA
PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL
POR: FRANCISCO ABARCA DEVIA
FECHA: MAYO 2015
PROF. GUÍA: ISABEL ALARCÓN
GONZÁLEZ

“OPTIMIZACIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD EN PROYECTOS DE EDIFICACIÓN A TRAVÉS DE VALUE STREAM MAPPING EN LA PARTIDAS CRÍTICA DE MOLDAJES”

En los proyectos de edificación se recurren a escasas herramientas de análisis de operaciones para optimizar sus procesos. No obstante, existen encargados de proyectos que consideran el análisis de operaciones como potentes herramientas capaces de generar acciones que mejoren el desempeño de sus proyectos.

Esta memoria consiste principalmente en abordar la optimización del proceso y del método constructivo para la productividad de moldajes de muros en proyectos de edificación a través del uso de mapas de cadena de valor (value stream mapping).

Los mapas de cadenas de valor (VSM) son una metodología de análisis y optimización que pueden modelar una situación futura dada una situación actual y posibles soluciones o mejoras para aumentar la eficiencia de las partidas que acarrear problemas.

Para lograr el objetivo de la memoria se realiza un levantamiento de datos de cuatro empresas del rubro de las inmobiliarias y/o edificación sobre sus indicadores de producción, identificando los pasos de cada proceso y en particular, determinando dónde se construye el valor para los clientes internos y externos, con el fin de detectar pérdidas y oportunidades de mejoramiento en sus procesos o métodos durante la realización de sus obras, de esta manera se obtienen datos cuantitativos sobre una de sus principales partidas críticas, como es el caso del moldaje de muros.

Con la obtención de estos datos de las empresas colaborantes, (Ingevec, LyD, Manquehue y Axis) se puede tener un indicador común entre ellas, para que con eso se pueda realizar una optimización de sus procesos de producción a través de un mapeo de cadenas de valor.

AGRADECIMIENTOS

A mis Padres, que siempre creyeron en mí y estuvieron ahí para apoyarme incondicionalmente durante todos estos años de carrera.

A mis hermanos, Seba y Cami, en especial al Seba, que sin duda alguna no fuera por sus consejos y llamados de atención en primer año, no estaría redactando estas frases.

A Jarita, Pablo, Pancho y Lete, por estar siempre apoyando y dando una palabra de aliento en los momentos más difíciles.

Al club de toby, por ser mis amigos desde niños, por tantas situaciones vividas juntas y agradecerles la lealtad.

A Sven y Cruz, por ser mis grandes amigos de carrera, sin ellos la tarea de terminar la carrera hubiese sido mucho más complicada.

A mi profesora guía y a todo el personal de GEPUC por brindarnos constante apoyo y las mejores condiciones para realizar la investigación.

A la Universidad de Chile, más que por entregarme una educación de calidad, por crear en mí una conciencia social y una nueva manera de ver la sociedad en donde todos somos iguales y en la cual todos debemos tener las mismas oportunidades.

A Prefabricados de Hormigón Grau, por siempre darme facilidades para la realización de esta memoria.

TABLA DE CONTENIDO

| | |
|------------------------------------------------------------------|----|
| 1. INTRODUCCIÓN | 6 |
| 1.1. PRESENTACIÓN DEL TEMA..... | 6 |
| 1.2. OBJETIVOS | 8 |
| 1.2.1. Objetivo General | 8 |
| 1.2.2. Objetivos Específicos..... | 8 |
| 1.3. METODOLOGÍA | 9 |
| 1.3.1. Etapas de levantamiento y de realización de los VSM..... | 9 |
| 1.3.2. Requerimientos realización VSM | 11 |
| 1.3.3. Métodos para el cálculo de valores asociados al VSM | 13 |
| 1.4. RESULTADOS ESPERADOS | 15 |
| 2. MARCO TEÓRICO..... | 16 |
| 2.1. FLUJO DE TRABAJO..... | 16 |
| 2.1.1. Especificación de valor | 16 |
| 2.2. FILOSOFIA LEAN..... | 17 |
| 2.2.1. Definición..... | 17 |
| 2.2.2. Contexto de aplicación..... | 18 |
| 2.2.3. Historia..... | 18 |
| 2.2.4. Principios..... | 20 |
| 2.3. CONCEPTO DE PÉRDIDA | 26 |
| 2.3.1. Clasificación de pérdidas | 27 |
| 2.3.2. Herramientas de diagnóstico y mejoramiento..... | 28 |
| 2.3.2.1. Encuesta de Diagnóstico y mejoramiento | 28 |
| 2.3.2.2. El muestreo de trabajo..... | 28 |
| 2.4. VALUE STREAM MAPPING | 29 |
| 2.4.1. Definición..... | 29 |
| 2.4.2. Pasos VSM..... | 32 |
| 2.4.3. Aprender a ver el Flujo de trabajo..... | 34 |
| 2.5. Actividad a analizar: Moldaje (Manual de Moldaje CCHC)..... | 35 |
| 2.5.1. Partes de un Moldaje | 35 |
| 2.5.2. Moldajes según forma de trabajo | 37 |

| | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|----|
| 2.5.3. | Desmoldantes | 38 |
| 2.5.4. | Mantenimiento y Limpieza..... | 39 |
| 3. | VSM EMPRESAS COLABORATIVAS | 40 |
| 3.1. | VSM Empresa A | 40 |
| 3.2. | VSM Empresa B..... | 48 |
| 3.3. | VSM Empresa C..... | 55 |
| 3.4. | VSM Empresa D | 61 |
| 3.5. | Tablas Resumen | 66 |
| 4. | DISCUSIONES, COMENTARIOS Y CONCLUSIONES | 67 |
| 4.1. | Consideraciones | 67 |
| 4.2. | Visión de futuro del proceso productivo | 69 |
| 5. | BIBLIOGRAFÍA..... | 72 |
| ANEXOS..... | | 74 |
| Anexo A: VSM Actual Constructora A | | 75 |
| Anexo B: Oportunidades mejoras Constructora A..... | | 76 |
| Anexo C: VSM futuro Constructora A | | 77 |
| Anexo D: VSM actual Constructora B..... | | 78 |
| Anexo E: Oportunidades Mejoras Constructora B..... | | 79 |
| Anexo F: VSM futuro Constructora B | | 80 |
| Anexo G: VSM actual Constructora C..... | | 81 |
| Anexo H: Oportunidades mejoras Constructora C..... | | 82 |
| Anexo I: VSM futuro Constructora C | | 83 |
| Anexo J: VSM actual Constructora D..... | | 84 |
| Anexo K: Oportunidades mejoras Constructora D..... | | 85 |
| Anexo L: VSM futuro Constructora D..... | | 86 |
| Anexo M: Cálculos Tiempos de ciclo, Takt Time y Porcentaje utilización personal | | 87 |

1. INTRODUCCIÓN

1.1. PRESENTACIÓN DEL TEMA

El auge en los últimos años de los proyectos relacionados con obras civiles, ya sean en infraestructura o edificación, ha tomado gran relevancia dentro del contexto país, por ello han ingresado al mercado nuevas empresas constructoras e inmobiliarias, cuyos objetivos como empresas son maximizar tanto sus utilidades como su rendimiento y así, hacerse competitivas en el mercado y por ende lograr un reconocimiento dentro del área en la que se desenvuelven.

La ineficiencia presente en sus métodos y procesos constructivos conllevan pérdidas cuantiosas en un corto y largo plazo, por lo que familiarizarse de la filosofía de Lean Construction puede ser una de las distintas formas de ir generando una mejora continua de sus actividades productivas. Con el avance del tiempo, se deben ir adecuando a las exigencias que el mercado impone, pues el hecho de presentar ineficiencias en sus procesos y poca confiabilidad en resultados de plazos y costos, conlleva a pérdidas que pueden producir situaciones inesperadas por los empresarios.

Sabido es que en el sector de la construcción los plazos de realización de obra y de entrega final, esporádicamente se cumplen a cabalidad, más bien se terminan pagando multas por atrasos reiterados debido a diversos factores, por ejemplo ineficiencias en la producción gatillado por una amplia gama de sucesos como problemas de recursos de mano de obra, de materiales, inoperancias en la ejecución de las actividades, condiciones ambientales, desinformación, entre otros factores.

Este trabajo de investigación tratará de evaluar cuantitativa y cualitativamente los costos que implican los problemas que surgen durante el transcurso de la realización de un proyecto de construcción. Para ello se ocupará una herramienta de análisis llamada Value Stream Mapping (VSM) o mapas de cadenas de valor, herramienta perteneciente a la Filosofía Lean Construction ampliamente utilizada en diversos sectores de la industria de bienes y servicios y que se aplicará al ámbito de la construcción, específicamente en el sector de edificación en altura, ya sea habitacional o comercial.

Las empresas constructoras a las que se le realizará esta investigación forman parte de un llamado “Grupo Colaborativo”, que son empresas que trabajan en conjunto con GEPUC (Centro de Excelencia en Gestión de la Producción de la Universidad Católica).

Dada una reunión con las diversas empresas del grupo colaborativo, se decidió en conjunto analizar la partida de moldajes de muros, dado que es uno de los procesos que genera mayores pérdidas y se buscará dado el VSM actual una posible solución óptima aplicable a la realidad de cada constructora que maximice los beneficios y minimice los costos asociados a tiempos y recursos y así lograr una adecuada interrelación entre las disciplinas involucradas en dicha partida.

El levantamiento de datos permitirá cuantificar de manera real la forma, tiempos y recursos propios del proceso. Dado el análisis y posterior validación por parte de los entes relacionados se propondrá un estado futuro mejorado, el cual tiene como fin la implementación de las mejoras propuestas y generar una mejora continua e iterativa del proceso.

Con el estudio a realizar se podrá corroborar el rendimiento actual del personal a cargo del moldaje y comparar a la vez con el rendimiento que las empresas esperan para poder cubrir su demanda dada las planificaciones iniciales. De este modo, se intenta optimizar la partida de moldaje tal que se pueda cubrir la demanda impuesta y evitar retrasos producidos por una mala programación, ejecución o distribución de tiempos y/o recursos.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo General

Optimizar el proceso constructivo de moldajes de muros en proyectos de edificación a través del uso de mapas de cadena de valor (Value Stream Mapping).

1.2.2. Objetivos Específicos

- Determinar estado actual, punto base para la comparación.
- Realizar mapa de valor en base a optimización de los procesos actuales (situación futura)
- Desarrollar una metodología práctica para la aplicación conjunta de análisis de operaciones de construcción, de manera de compartir la información minimizando el esfuerzo requerido por adquirirla, y generando una sinergia entre ambas técnicas para así obtener un mejor resultado en la optimización de las operaciones.
- Establecer un plan de coordinación de actividades interdisciplinarias para establecer un método efectivo, que asegure la reducción de costos y tiempo en la construcción y una coordinación entre disciplinas involucradas.
- Evaluar si los mapas de cadena de valor son un método eficiente para la industria de la construcción.

1.3. METODOLOGÍA

1.3.1. Etapas de levantamiento y de realización de los VSM

- Revisión del estado del arte: incluye una revisión bibliográfica en la cual se abordan problemáticas del rubro de la construcción, simulación y análisis de operaciones de productividad, construcción de modelos de optimización, estudio del VSM.
- Diseño de instrumentos para levantamiento de datos: definir el número de muestras o procesos, diseñar plantillas de toma de datos, indicadores a analizar, encuestas, etc.
- Levantamiento de datos: se realizará una toma de datos sobre el proceso de moldajes de cuatro empresas del área de la construcción con las que GEPUC trabaja para interrelacionar sus índices de productividad y de los procesos asociados a estos. La toma de datos consiste principalmente en bases de datos que posean las empresas acerca de la productividad de moldajes, entrevistas semi-estructuradas grupales o individuales con los encargados de la partida crítica mencionada con anterioridad, ya sean ingenieros a cargo, capataces, administradores de obra, supervisores, entre otros, confección de encuestas para llevar en detalle el avance diario de lo que se estudiará, seguimiento en terreno a través de registros de imágenes y toma de tiempos cronometrados de la duración de cada actividad que conforma el proceso, contraposiciones acerca de lo que se observa in situ versus la información entregada por cada constructora.
- Aplicación mapa flujo de valor: Con la información proporcionada por los encargados de cada obra sumada a los datos reales tomados en terreno se realizará el mapeo del estado actual del VSM. Junto con ello se detectarán las posibles pérdidas y donde es viable mejorar el proceso con el fin de optimizarlo. Dado las

proposiciones de mejoras se realizará el mapeo de un estado futuro optimizado en relación al proceso actual.

- Diseño de propuesta: Proposición de métodos de aplicación de la posible solución encontrada para la maximización de beneficios.
- Implementación propuesta: Dada una o más posibles soluciones, se verá la posibilidad de implementar dicha respuesta en alguno de los proyectos reales estudiados, esta metodología de implementación quedará en manos de cada constructora.
- De encontrarse la solución, se implementará una guía de uso conjunto con las actividades interrelacionadas para la optimización de la producción, con el fin de dejar una simulación de operaciones en escenarios futuros y así prever eventuales problemas que retarden la productividad, ya sea en tiempo, recursos, costos.

1.3.2. Requerimientos realización VSM

Para una adecuada investigación y realización del VSM se necesita de al menos 4 reuniones de coordinación con las empresas y miembros encargados de los proyectos.

Reunión 1

Objetivo: Presentación del tema a las personas que participan en el proceso de moldaje.

Participantes: Administradores de obra, Profesionales y supervisores de obra, Profesionales de Oficina Técnica, Capataz de moldaje, facilitadores, entre otros.

Reunión 2

Objetivo: Levantamiento del Mapa Actual del VSM.

Participantes: Administradores de obra, Profesionales y supervisores de Obra, Profesionales de Oficina Técnica, Capataz de moldaje, facilitadores, entre otros.

El levantamiento del estado actual se realiza mediante una actividad dinámica donde participan todos los involucrados en el proceso. Se anotan las actividades en post it y luego se van ordenando en una pizarra, con el fin de contrarrestar las opiniones de todos los participantes.

*Previo a la reunión 3 se procede a medir los tiempos efectivos en terreno de cada actividad.

La metodología para la medición de los tiempos de cada actividad que conforman el proceso se lleva a cabo de la siguiente manera.

Se procede a medir los tiempos de instalación del moldaje de muros de distintas dimensiones y geometría. Posterior a esto, se estandarizan a una modulación en particular y de ello se obtiene un tiempo promedio de cada actividad, (esto se explicará de manera más detallada en el punto 1.3.3.).

Junto con la medición de tiempos, se identifica el uso de recursos utilizado en cada partida, ya sean recursos humanos o de recursos asociados a materiales y planificaciones.

Reunión 3

Objetivo: Validación Estado Actual y Lluvia de ideas para un estado futuro mejorado

Participantes: Administradores de obra, Profesionales y supervisores de Obra, Profesionales de Oficina Técnica, Capataz de moldaje, facilitadores, entre otros.

En esta reunión se espera la validación por parte de la empresa del mapa del estado actual y/o sugerencias acerca de esta. La validación corresponde a comparar la productividad dada por el VSM actual versus el registro de avance y de productividad que posean y con ello validar la metodología de trabajo. Junto con la validación se pretende ver en conjunto los puntos donde se pueden mejorar y optimizar actividades que agregan valor y tratar de eliminar o reducir aquellas que son pérdida o que no agregan valor al producto final. También es posible tratar de cambiar la metodología del proceso por uno más eficiente y eficaz.

Reunión 4

Objetivo: Presentación del Estado Futuro, Plan de implementación y cierre de la investigación.

Participantes: Administradores de obra, Profesionales y supervisores de Obra, Profesionales de Oficina Técnica, Capataz de moldaje, facilitadores, entre otros.

Otros requerimientos necesarios para el levantamiento de datos son:

- Acceso a datos sobre avances de partidas reales vs programadas.
- Reunión con personal pertinente para conocimiento del flujo del proceso a medir.
- Encuestas detección de pérdidas (detenciones, demoras, frecuencia de perdidas).
- Mediciones tiempo procesos, Tiempos de ciclo, Recursos utilizados.

1.3.3. Métodos para el cálculo de valores asociados al VSM

Método para el cálculo de los tiempos de cada actividad que conforman el proceso para una modulación estandarizada.

X_k : dimensión de muro k medido en terreno

y: dimensión de muro estandarizado para análisis del VSM

t_{ik} : tiempo de ejecución de la actividad i para cada muro k medido

N: número de muros medidos

Tiempo de actividad i del ciclo de moldaje

$$t_{\text{actividad } i} = \frac{\sum_1^N \left(\frac{y \cdot t_{ik}}{X_k} \right)}{N} \quad (\text{ec. 1})$$

Tiempo de ciclo

$$t_{\text{ciclo moldaje}} = \sum_1^N t_{\text{actividad } i} \quad (\text{ec. 2})$$

Los tiempos que conforman el tiempo de ciclo corresponden a aquellas actividades que forman parte directamente del proceso productivo de moldaje, todas las demás actividades involucradas en el VSM que sirven de nexos y que intervienen indirectamente en el proceso no son incluidas para el cálculo del tiempo de ciclo.

Takt Time

Tiempo que debe transcurrir entre dos terminaciones de la unidad consecutivo con el fin de satisfacer la demanda.

$$\text{Takt time} = \frac{\text{Tiempo disponible}}{\text{Demanda}} \quad (\text{ec. 3})$$

Porcentaje Utilización Personal

$$\% \text{Utilización personal} = \frac{\text{Tiempo Presente en actividad } i}{\text{Tiempo disponible}} \quad (\text{ec.4})$$

Porcentaje tiempos que agregan valor

$$\% \text{TAV} = \frac{\sum \text{Tiempos actividades que agregan valor}}{\text{Tiempo ciclo}} \quad (\text{ec.5})$$

Porcentaje tiempos que Contribuyen al valor

$$\% \text{TCV} = \frac{\sum \text{Tiempos actividades que contribuyen al valor}}{\text{Tiempo ciclo}} \quad (\text{ec.6})$$

Porcentaje tiempos que no agregan valor

$$\% \text{TSV} = \frac{\sum \text{Tiempos actividades que no agregan valor}}{\text{Tiempo ciclo}} \quad (\text{ec.7})$$

Tiempos colaborativos indirectamente

$$T_c = \sum \text{Tiempos colaborativos indirectamente en el proceso} \quad (\text{ec.8})$$

1.4. RESULTADOS ESPERADOS

A través del estudio se busca generar una cartera de alternativas para testear una metodología de mejoramiento para la partida crítica asociada al proceso de moldaje de muros.

Luego del análisis de los datos a través del mapeo en estado actual y estado futuro, se espera la obtención de posibles alternativas para un mejoramiento de indicadores clave, para reducir los tiempos y costos que conlleva la producción y los procesos constructivos de la partida analizada y así poder concluir si la herramienta utilizada en el proceso de simulación (VSM) es posible aplicarla al rubro de la construcción para este proceso.

Obtener evidencia y recomendaciones acerca del impacto de la visión de producción en un proyecto de construcción.

Cuantificar beneficios de utilizar Value Stream Mapping.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. FLUJO DE TRABAJO

Un flujo se compone de transformaciones, inspecciones, esperas y movimientos (Koskela, 2000). De acuerdo a Womack y Jones (2003), un flujo de trabajo se refiere al movimiento de materiales, información y recursos a través de un sistema. Para crear un buen flujo de trabajo, la disponibilidad de materiales, la información y los recursos deben ser controlados durante todo el proceso de producción (Thomas et al, 2003). La reducción de la manipulación de materiales en el lugar y los plazos de entrega a través de una adecuada gestión de flujo de trabajo es una parte importante de la mejora de la industria de la construcción de la productividad (Ballard et a, 2003). Según Formoso et al. (2002), la eliminación de residuos es un enfoque para la mejora del flujo de trabajo dentro de la producción Lean¹.

2.1.1. Especificación de valor

Se entiende como valor a un producto específico (bien o servicio) que satisface las necesidades del cliente a un precio y en un tiempo determinado (Womack et al., 1994,1996a, 1996b, 1997). (Hines et al., 2000).

Especificar el valor es el primer paso crítico del pensamiento Lean, este proceso debe comenzar con un intento consiente de definir el valor preciso en términos de productos específicos, con funcionalidades específicas, ofertados a precios específicos a través del diálogo con los clientes.

¹ Simonsson, Björnfot, Erikshammar & Olofsson: 'Learning to see' the Effects of Improved Workflow in Civil Engineering Projects

2.2. FILOSOFIA LEAN

2.2.1. Definición

El término Lean es el nombre con el que se da a conocer en occidente al sistema de producción de Toyota. Su objetivo fundamental es la satisfacción del cliente mediante la entrega de productos y servicios de calidad que son lo que el cliente necesita y cuando lo necesita en la cantidad requerida al precio correcto y utilizando un mínimo de materiales, equipamiento, espacio, trabajo y tiempo.

Cliente se puede entender como aquellas personas o equipos de trabajo que consumen recursos y servicios brindados por otro llamado servidor.

Para lograrlo, los fundamentos del enfoque Lean son la eliminación del sistema de producción de todo aquello que no añade valor al cliente y el mayor aprovechamiento de la experiencia e inteligencia de las personas, a través de la polivalencia y de su participación en la mejora continua.

Así, lo primero que hay que determinar es precisamente cómo lograr esta satisfacción: qué es valor en términos del cliente. En cualquier proceso, añadirá valor toda aquella transformación del producto, servicio o actividad en algo que quiera el cliente.

Lean es más que un conjunto de herramientas y prácticas. Estas, emanan de una serie de principios que deben calar en la cultura de la organización antes que cualquier otra cosa. Lean implicará la transformación de la organización, comenzando precisamente por la adopción de sus principios.

2.2.2. Contexto de aplicación

En cuanto a su contexto de aplicación, podemos decir que lean es potencialmente aplicable a todas las áreas de una organización, aunque habitualmente se asocia al área de producción.

Por otra, respondiendo a qué tipo de productos y servicios ofrecen las organizaciones que adoptan Lean, se puede afirmar que su mayor difusión se da en el ámbito de la manufactura y que se ha aplicado con éxito en otros campos como el de la logística y distribución, construcción, así como van en aumento las referencias de nuevos escenarios, como su aplicación en la sanidad (lean Healthcare) o en la Administración Pública (Lean Government).

2.2.3. Historia

La filosofía Lean tiene su origen en los inicios del grupo Toyota, y a través de los años ha ido evolucionando en la forma de una serie de conceptos y principios en torno a dos ideas fundamentales:

- 1) Dar una gran relevancia al papel que ocupa el componente humano de la producción.
- 2) Un manifiesto espíritu de mejora continua.

A continuación se refieren algunos de los hitos que han marcado la historia de esta filosofía

1935. Los preceptos de la filosofía Toyota (Toyota precepts) fueron establecidos en 1935 en el 5º aniversario de la muerte del fundador del grupo Toyota, Sakichi Toyoda, como compendio de sus enseñanzas y reflejan el espíritu de la compañía.

50s. Durante los años 50, en los años de la reconstrucción tras la segunda guerra mundial, la industria japonesa en general y Toyota en particular tuvieron que enfrentarse a la dura tarea de poner en pie la industria de manufactura. Con una demanda limitada, sin posibilidad de recurrir a las economías de escala, en un escenario donde es complicado obtener financiamiento, complicaban más aún obtenerla.

El escaso mercado y la limitación de los recursos disponibles fueron el caldo de cultivo para un planteamiento más eficiente de producción capaz de dar respuesta a una situación

extremadamente adversa. En lo que a los procesos se refiere, se redefine la producción en base a una serie de ideas fundamentales para dar solución a los problemas expuestos:

Fabricar únicamente lo que se necesita: aquello para lo que hay un cliente. El inventario es dinero inmovilizado ocupando espacio, hay que evitarlo. Fundamento extensible a todas las etapas del proceso, cada paso debe producir exclusivamente lo que necesita el siguiente.

Eliminar aquello que no añade valor al producto: valor entendido en términos del cliente.

Detener la producción si algo va mal: para localizar la fuente del error inmediatamente y corregirlo para evitar su propagación, pasar del método de inspección a la producción cero-defectos. Así, los pilares de este sistema serán la producción **Just in Time** (producción de lo que se necesita, cuando se necesita...) y **Jidoka** (calidad inherente al propio sistema de producción), dentro de un clima de mejora continua y declarado respeto a las personas involucradas en el sistema.

70s. El éxito de las ideas aplicadas en base a este sistema revitaliza Toyota y se extienden por Japón a partir de los años 50. Su eficacia se da a conocer en occidente en la década de los 70 durante la crisis del petróleo, el sistema permite la adaptación de la producción para dar respuesta a un nuevo tipo de demanda más rápido y de manera menos traumática que sus competidores, acabando con el dominio que Ford y General Motors habían tenido hasta ese momento en la industria automóvil.

80s. En la década de los 80, Toyota y otras empresas japonesas exportan este concepto de producción a fábricas de Europa y América, comienza a extenderse fuera de Japón y su filosofía comienza a adaptarse más allá de la manufactura.

90s. En 1990 J.P. Womack y D.T. Jones documentan la experiencia Lean en Estados Unidos en su libro “The Machine That Changed the World”, exponiendo el impacto de esta filosofía en la industria del automóvil en el contexto económico mundial, en un estudio previo a esta publicación, acuñan el término Lean para referirse al sistema utilizado por Toyota.

1992. Se publican los 7 principios directores (Toyota Guiding Principles), como reflejo del tipo de empresa que Toyota pretende ser: su filosofía de gestión, valores y métodos que ha adoptado desde su fundación.

1996. Unos años más tarde, en 1996, Womack y Jones publican “Lean Thinking” que generaliza las lecciones aprendidas en su publicación anterior describiendo experiencias de implantación de Lean en otros sectores.

1997. Womack funda el Lean Enterprise Institute, organización sin ánimo de lucro cuyo objetivo es la promoción de la filosofía Lean a todos los niveles.

2001. Se crea el Manual de Estilo Toyota “Toyota Way”, un documento interno de la compañía donde se resume su filosofía e ideales, y en el que se identifican los dos pilares principales de esta filosofía “Respetar a las personas” y “Mejora continua”.

2004. Liker resume el Estilo Toyota en 14 principios que constituyen una hoja de ruta para la aplicación de los valores de la empresa por los todas las personas que forman parte de ella, en su trabajo cotidiano y en sus relaciones con los demás. Es notorio, que el éxito de esta filosofía durante las últimas dos décadas ha creado una gran demanda de conocimiento acerca de la misma y en consecuencia, se ha dado una pródiga investigación y la publicación de multitud de libros, artículos y todo tipo de recursos relacionados con esta materia. Así mismo, día a día crece su aplicación a nuevos escenarios más allá de la manufactura.

2.2.4. Principios

Los cinco principios del “Pensamiento Lean” identificados por J.P. Womack y D.T. Jones son los siguientes:

- 1) **Definir valor:** Desde el punto de vista del cliente, en términos de un producto en específico, de características específicas y ofertadas a un precio y plazo específico.

- 2) **Identificar la cadena de valor:** Eliminar desperdicios, encontrar los pasos necesarios y suficientes para dar el valor al cliente.
- 3) **Crear flujo:** Hacer que todo el proceso fluya suave y directamente de un paso que agregue valor a otro, desde la materia prima hasta el cliente.
- 4) **Producir el pull del cliente:** Una vez hecho el flujo, producir a la demanda real de los clientes, en lugar de producir según pronósticos.
- 5) **Perseguir la perfección:** Una vez que la empresa consigue los primeros cuatro pasos, intentar mejorar continuamente.

Para implementar estos principios del pensamiento Lean, existe una variedad de técnicas y herramientas, cuya aplicación combinada permitirá implantar con éxito un sistema lean. Las más relevantes son:

1. **Kanban:** es una forma de control y una de las bases de un sistema Pull. Es una autorización para producir o mover inventario. Si no hay Kanban, el sistema se detiene. Un Kanban puede ser un contenedor, una tarjeta, etc. Implica a un cliente y a un proveedor, y el objetivo es satisfacer las necesidades del cliente.
2. **Eliminación del Muda:** Muda es todo lo que es adicional a los equipos, materiales, componentes y personal mínimo imprescindible para la producción, Hay 7 tipos básicos de desperdicio, tal y como se representan en la figura 1. El desperdicio puede resultar de la sobreproducción, tiempos de espera, transporte, procesos, movimientos y defectos de producto. Estos mecanismos implican el trabajo en equipo y esta mejora del trabajo diario representa la forma de asegurarse de que el pensamiento Lean llegue a todos los trabajadores.

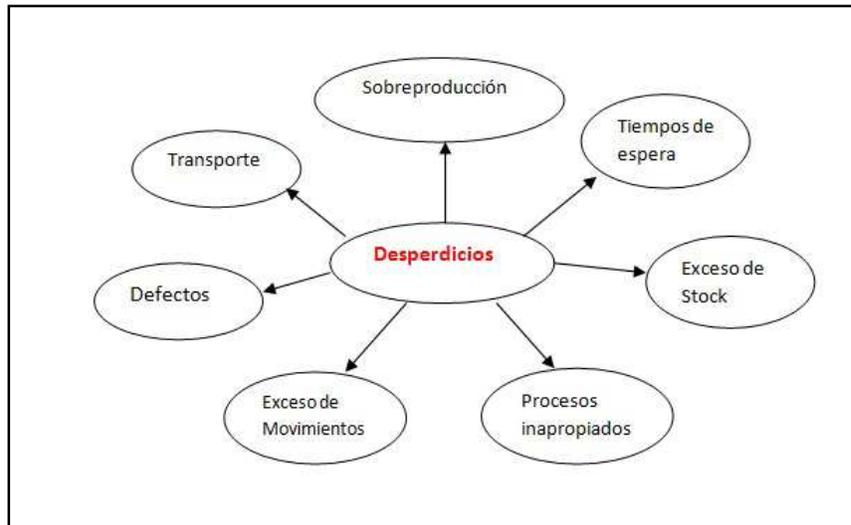


Figura 1. 7 tipos de desperdicios

3. **5s y control visual:** Representan los cimientos del hábito de mejora, lo cual ayuda a mantener un ambiente de trabajo organizado, ordenado, limpio y seguro.

Estas 5s son:

Seiri (Organización): Clasificación de los materiales según criterio necesario/innecesario.

Seiton (orden): poner en orden todos los materiales de trabajo en su ubicación predeterminada de forma que cualquier persona los pueda encontrar.

Seiso (limpieza): Mantener limpio el lugar de trabajo

Seiketsu (conservación): Mantener la conservación, el orden y la limpieza.

Shitsuke (Obediencia): Cumplir siempre y de manera correcta las reglas de modo que se transformen en hábitos

4. **Reducir las puestas a punto:** Tratar de conseguir que no haya que parar; y si no es posible, en hacer el tiempo e impacto en la producción sean los mínimos.

5. **Desarrollo de proveedores.** Establecer relaciones a largo plazo con pocos proveedores con los que se establece un vínculo continuo con el fin de crear beneficios mutuos y mayor confianza. Establecer un objetivo de entrega de componentes del 100% sin defectos, en el momento y lugar que se precisen en la cantidad exacta. Trabajar conjuntamente con ellos en vez de efectuar inspecciones y establecer sistemas de información conjuntos que eliminen las barreras de comunicación y permita compartir los problemas.
6. **Creación de un flujo continuo (One piece flow).** Supone crear un flujo continuo y pausado de los productos con el fin de evitar defectos de calidad e interrupciones del proceso. La idea consiste en disponer la maquinaria, las actividades y las personas de modo que permitan crear un flujo óptimo de producción armónico que minimice el movimiento y la acumulación de inventarios.
7. **Jidoka (automatización).** El control automático de defectos (Jidoka) consiste en la utilización de equipos productivos con mecanismos automáticos de retroalimentación que detectan los defectos y se detienen, lo que permite corregir el origen del error e impide que productos defectuosos sigan adelante. Se sigue el siguiente proceso: 1) Detectar la anomalía, 2) Parar, 3) Fijar o corregir la condición anormal y 4) Investigar la causa raíz e instalar las contramedidas. Se focaliza en entender el problema y asegurarse de que no vuelva a ocurrir. Previene la producción de piezas defectuosas y promueve el compromiso de aprender de los errores e investigar hasta el mínimo incidente. Se basa en el respeto a las personas que realizan el trabajo que son las más expertas en ese proceso. Cuando una máquina se para, se para toda la línea de producción y se hace visible a toda la organización a través de una señal (Andon).
8. **Andon.** Es un signo que el operario utiliza para señalar a sus compañeros y supervisores, una situación anormal en la línea de fabricación o montaje.
9. **Pokayoke.** Son mecanismos que se incorporan en el diseño de los productos y procesos para eliminar los errores

10. **Heijunka.** Consiste en el equilibrado o distribución del volumen de producción para que se ajuste a la demanda del cliente. Se basa en algunas técnicas o herramientas como los lotes pequeños, la reducción de tiempo de preparación, la sincronización de las operaciones, las líneas de producción en U, la multifuncionalidad de los operarios o en eliminar el desperdicio.

11. **Calidad.** Los defectos se evitan al controlar desde dentro el proceso por todos los empleados que se involucran en su mejora mediante el desarrollo de soluciones creativas y preventivas. Ya no se realizan inspecciones que no generan valor. Se basa en la filosofía de mejora continua (Kaizen), el trabajo en equipo, la información, las mejoras compartidas, y en considerar la calidad como una actitud de la que todo el personal es responsable.

12) **Diseño de células de fabricación.** Organización de los procesos en forma de células de trabajo cercanas con el fin de reducir transportes innecesarios y tiempos de espera.

13) **Mantenimiento Productivo Total.** El propio operario se encarga de las funciones básicas de mantenimiento liberando al personal de mantenimiento para focalizarse en tareas más preventivas. Los operarios se convierten en una pieza clave al responsabilizarse de la máquina y el proceso. De esta manera se maximiza la eficiencia del equipo, se mejora la habilidad de los operarios y se reducen los costes de fabricación gracias al continuo control de las máquinas a cargo de sus usuarios. Para muchos participantes resulta casi sorprendente descubrir que, muchas veces, sólo una fracción menor de lo que planifican se cumple. No es poco habitual que en muchos proyectos-en ciertos periodos- el cumplimiento de la planificación (PAC) sea del orden de un 20% o 30%². El problema de la planificación que tradicionalmente se realiza en el rubro de la construcción es que a pesar de que se sabe que las actividades no se cumplen, se planifica como si todas las actividades se fueran a cumplir, por lo que la productividad colapsa en cadena cuando alguna de ellas no se cumple.

² José Ramón Vilana Arto. Fundamentos del Lean Manufacturing. 2010-2011

La experiencia ha demostrado que si, sistemáticamente, se aumenta el nivel de cumplimiento de la planificación, es posible lograr un significativo aumento en la productividad y desempeño del proyecto, medido en indicadores tales como trabajo productivo, velocidad de avance y efectividad de plazos y costos.

La figura 2 muestra los aumentos de PAC logrados en implementación de sistemas de optimización de productividad en algunas empresas.

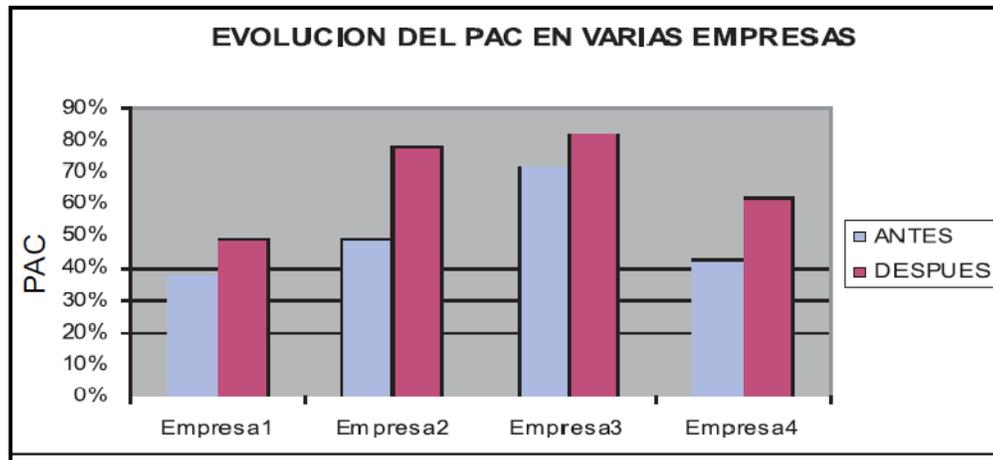


Figura 2. Mejoramientos de la confiabilidad de la planificación (PAC)

Los mejoramientos se logran por variados mecanismos incluidos en la implementación. El primero de ellos es uno de los principales y consiste en lograr el compromiso de los diversos actores que reciben las asignaciones de planificación. Un real compromiso con la planificación es fácilmente responsable de un 50% del mejoramiento potencial que se pueda lograr en la efectividad de la planificación.

Las causas de no-cumplimiento de la planificación generalmente provienen de distintos orígenes, como lo muestra la figura 3.

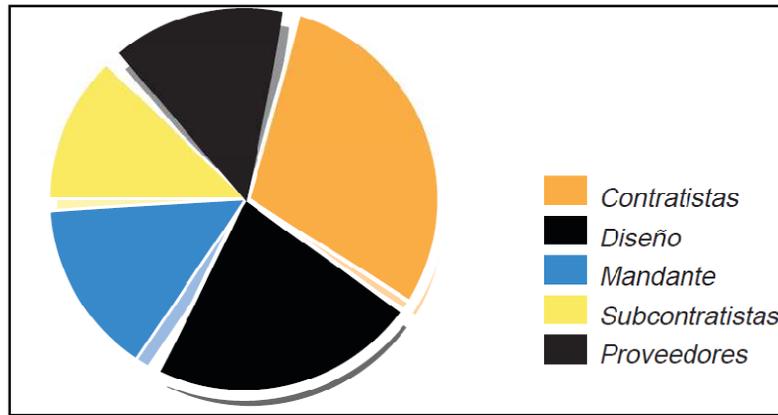


Figura 3. Orígenes de las causas de no-cumplimiento de la planificación

2.3. CONCEPTO DE PÉRDIDA

El enfoque de la nueva filosofía de producción supone un concepto ampliado de pérdida respecto al significado usual a la cual se está acostumbrado. Por ejemplo, la Toyota define pérdida como “todo lo que sea distinto de la cantidad mínima de equipos, materiales, piezas y tiempo laboral absolutamente esenciales para la producción”. Otra definición en términos similares es “todo lo que sea distinto de los recursos mínimos absolutos de materiales, máquinas y mano de obra necesarios para agregar valor al producto”.

En general, se define como “pérdidas” a aquellas actividades que produciendo un costo, ya sea directo o indirecto, no agregan valor ni avance a un proyecto. Estas pérdidas son medidas en función de sus costos, incluyendo el costo de oportunidad.

Existen otro tipo de pérdidas los cuales están relacionados con la eficiencia de los procesos, de los equipos y del personal. Usualmente existen otros tipos de pérdidas que están relacionados con la eficiencia de los procesos, de los equipos y del personal. Estas son más difíciles de identificar y medir, ya que es necesario conocer la eficiencia óptima que se puede alcanzar, lo que no es siempre posible.

2.3.1. Clasificación de pérdidas

Shigeo Shingo en su libro “Study of Toyota Manufacturing System” (1981) propone la siguiente clasificación de pérdidas:

1. Pérdidas por sobreproducción
2. Pérdidas por esperas
3. Pérdidas por transporte
4. Pérdidas por el sistema en si
5. Pérdidas por stocks
6. Pérdidas por operaciones
7. Pérdidas por defectos

George W. Plossl, en su libro “Managing in the New World of Manufacturing” (1991) agrega tres categorías adicionales:

8. Pérdidas por tiempo
9. Pérdidas por personas
10. Pérdidas por papeleo

Borcherding propuso en 1986 que las pérdidas de productividad, en construcciones grandes y complejas, se explican con el uso de cinco grandes categorías de tiempo improductivo:

1. Pérdidas por esperas (inactividad)
2. Pérdidas por traslado
3. Pérdidas por trabajo inefectivo
4. Pérdidas por trabajo lento
5. Pérdidas por rehacer trabajo.

2.3.2. Herramientas de diagnóstico y mejoramiento

Casi todas las categorías de pérdidas son invisibles dentro de los sistemas de control tradicional, sin embargo se propusieron nuevas herramientas de diagnóstico, medición y mejoramientos para este propósito. Encuestas de detención de capataces, métodos de muestreo del trabajo, registro de materiales y otras herramientas han sido adaptadas o desarrolladas para permitir la toma de decisiones para el mejoramiento de la productividad en la construcción. El principal objetivo de estas herramientas es reducir las demoras, interrupciones y mejorar el almacenamiento de recursos, la coordinación y planificación en el lugar de construcción.

2.3.2.1. Encuesta de Diagnóstico y mejoramiento

En un trabajo tendiente a identificar pérdidas en obras de construcción se generó una encuesta muy simple de usar que ha probado ser de gran utilidad como herramienta de comunicación entre los supervisores de una obra para generar su propio mecanismo de identificación y reducción de pérdidas. Las encuestas permiten identificar las pérdidas más frecuentes y las fuentes más frecuentes de pérdidas.

2.3.2.2. El muestreo de trabajo

El tradicional muestreo del trabajo presenta un enorme atractivo como herramienta de detección de pérdidas. Por medio de observaciones aleatorias es posible estimar, con una validación estadística, la forma en que se usa el tiempo de la mano de obra en una construcción. La información del muestreo destaca situaciones inusuales o variaciones bruscas en el uso del tiempo que ayudados por la comparación con estándares de la misma obra u obras similares permiten focalizar la atención en identificar las causas de las pérdidas detectadas.

2.4. VALUE STREAM MAPPING

2.4.1. Definición

Una definición simple y explicativa de lo que es un value Stream Map es: “La herramienta de gestión visual denominada Value Stream Map (VSM), es un útil de primera magnitud para la transición por etapas a una implantación Lean, dado que considera este flujo en su totalidad y lo representa, analiza y, por supuesto, mejora, etapa a etapa.

El VSM fue desarrollado por Toyota como parte de su sistema de producción, el sistema en el que se basa, por completo, el lean manufacturing. Al VSM Toyota lo llamo “Material and Information Flow Mapping”, y con él ha estado representado desde hace bastante tiempo, de forma muy visual, **la situación actual y la ideal a alcanzar**, incluyendo los grandes flujos: **el de materiales y el de información** (el tercer gran flujo, el del personal, no interviene en el VSM).

La enorme difusión que está teniendo esta herramienta en la actualidad, tuvo su inicio cuando Peter Hines y Rich Nick lo dieron a conocer en su artículo “The Seven Value Stream Mapping Tools” en 1997. Pero si Lean Manufacturing se basa en la consideración del flujo completo, desde el aprovisionamiento hasta el cliente se vale de las herramientas de gestión visual, El VSM, necesariamente ha de tener un papel muy importante”.

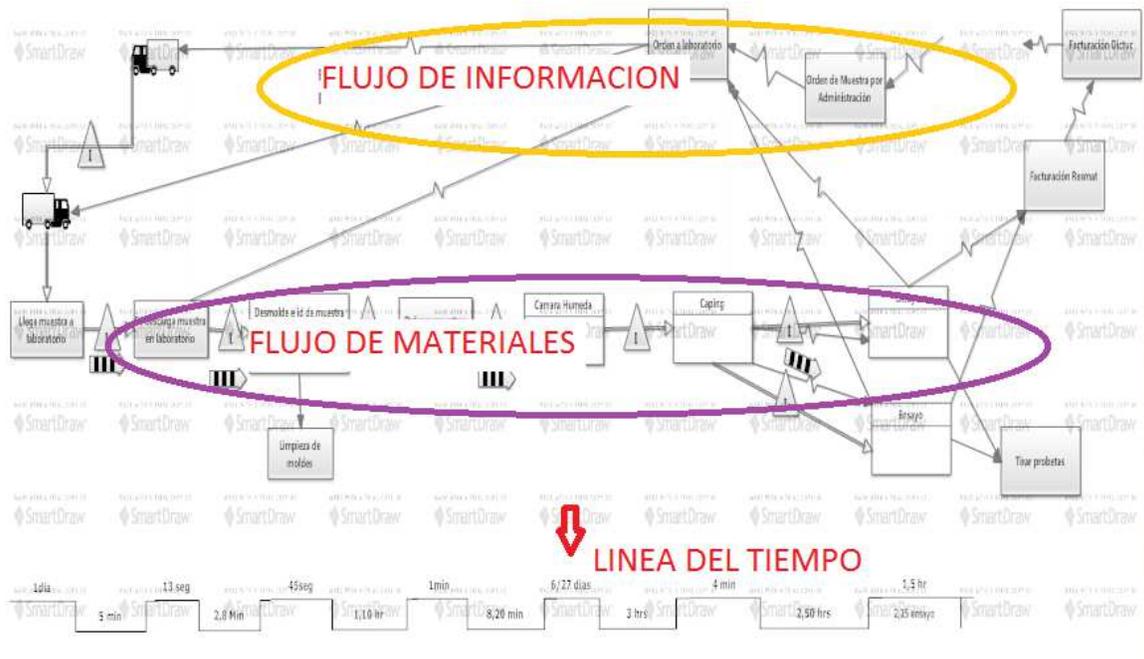


Figura 4. Representación de VSM con sus elementos característicos, VSM Actual. (Parte 1 de 3)



Figura 4. Representación de VSM con sus elementos característicos, Oportunidades de mejora. (Parte 2 de 3)

El mapeo de cadena de valor (VSM) es una potente herramienta que permite la representación gráfica del estado actual y futuro del sistema de producción, con el objetivo de que los usuarios tengan un mejor entendimiento de las actividades de desperdicio que necesitan ser eliminadas (Lovelley, 2001).

Según Vendan & K. (2010) “un sistema de manufactura opera con sincronización de las actividades paso a paso”. Los pasos de la implementación de la cadena de valor son los mostrados en la Figura 4.

2.4.2. Pasos VSM

Típicamente, para realizar mapeo del flujo de valor, se siguen una serie de pasos:

1. Seleccionar una familia de productos, entendida como un conjunto de productos que se producen de forma similar, tanto por los medios utilizados como el propio proceso.
2. Formar el equipo que participará en el análisis.
3. Representar los procesos de producción que se siguen para producir el producto, identificando una serie de valores clave para cada uno de ellos: tiempo de ciclo, número de operarios involucrados, etc.
4. Representar el flujo de material, cómo se mueve el material de un proceso a otro, identificando, si existen, los inventarios que se utilizan y su volumen, así como el flujo de materia prima que llega desde los proveedores y de la entrega del producto al cliente.
5. Representar el flujo de información entre los distintos actores involucrados, empresa (u otras unidades organizativas dentro de la misma si es necesario distinguirlas), proveedores, clientes, etc.
6. Calcular los Lead Time, del producto y del proceso

Lead Time es el tiempo que transcurre desde que se inicia un proceso de producción hasta que se completa, incluyendo normalmente el tiempo requerido para entregar ese producto al cliente.

El Mapa realizado permitirá visualizar la situación global del sistema de producción y ayudará a reconocer focos de desperdicio (sobreproducción, tiempos de espera, inventarios, etc.).

Conocidos estos, se debe realizar un mapa de cadena de valor a futuro, con un enfoque Lean, ajustando la producción a la demanda de manera eficiente.

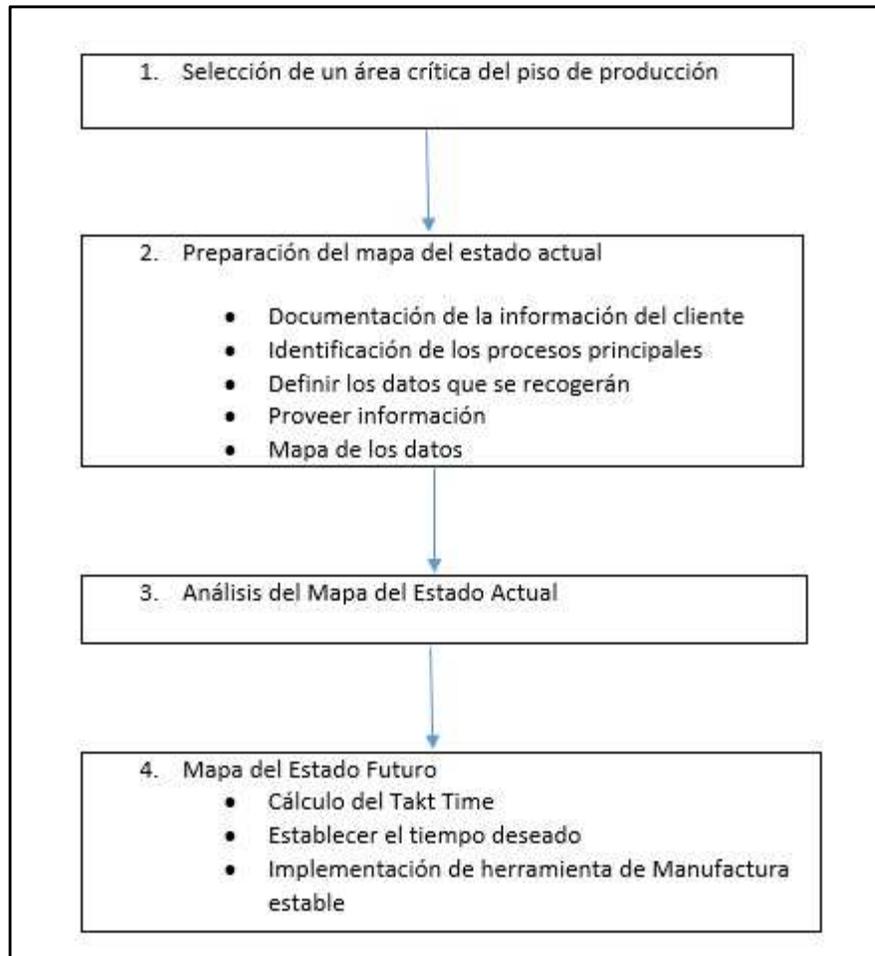


Figura 5. Pasos VSM

2.4.3. Aprender a ver el Flujo de trabajo

VSM se divide en el mapeo de la actual, y futuro estado ideal (Rother y Shook, 2004). Mapeo de la situación actual revela tanto valor y de las actividades que no añaden valor. El objetivo del estado futuro (escenario a-ser) estado es crear un flujo de valor donde cada proceso individual está conectado a un cliente por cualquiera de flujo continuo o un sistema de tracción. El estado ideal es una representación de la visión organización; un estado de luchar por, pero no necesariamente actualmente alcanzable debido a, por ejemplo, un nivel tecnológico bajo.

Para evaluar la aplicabilidad de la metodología VSM como una herramienta para mejorar la gestión de la construcción en el lugar, el efecto de la aplicación VSM se debe probar para las variables de proceso identificadas (El plazo de ejecución, Stock (o inventario) nivel, y el coste de fabricación). Primero un VSM del estado actual se realiza para identificar las causas que ocurren a los residuos. A continuación, se introducen mejoras prácticas que facilitan el flujo de trabajo y la respuesta del proceso se comprueba de nuevo. Por último, un estado ideal se arregla en el que las soluciones reactivas y proactivas para el flujo de trabajo (Edificabilidad, visualización y planificación de la producción) se implementan.

2.5. Actividad a analizar: Moldaje (Manual de Moldaje CCHC)

Un sistema de Moldaje es un conjunto de elementos dispuestos de forma tal que cumple con la función de moldear el hormigón fresco de la forma y tamaño especificado, controlando su posición y alineamiento dentro de las tolerancias exigidas.

Es una estructura temporal que soporta la carga propia, del hormigón fresco y de las sobrecargas de personas, equipos y otros elementos que se especifiquen.

Cabe mencionar que no existen Normas Chilenas de Moldajes, por lo que hoy se trabaja con las especificaciones, proyectos y diseño de los proveedores, basados en las normas de los países de origen de los equipos.

La Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones no reglamenta los moldajes.

2.5.1. Partes de un Moldaje

Panel: es una unidad que forma parte de una cara del Moldaje, que es estructuralmente autosuficiente y no requiere de refuerzos externos.

Conectores: son elementos de unión de paneles que dan forma a un Moldaje, son metálicos de fácil colocación y retiro.

Separadores: el separador es un elemento dimensionado, cuya función es mantener el espesor del muro previo al hormigonado.

Tensores: son elementos formados por una barra de fierro con fijaciones en sus extremos, cuya función es mantener la estabilidad de las caras del Moldaje durante el llenado de los muros, garantizando su espesor.

Alineadores: son elementos cuya función es alinear los distintos paneles y garantizar la continuidad en la unión de los paneles del Moldaje.

Aplomadores: son elementos que se unen a los paneles, cuya función es aplomar el Moldaje mediante un sistema regulable (mantener la posición determinada en el proyecto).

Ménsula de trabajo: Plataforma montada en los paneles del muro que genera una superficie de trabajo que consta de piso, barandas y rodapié.

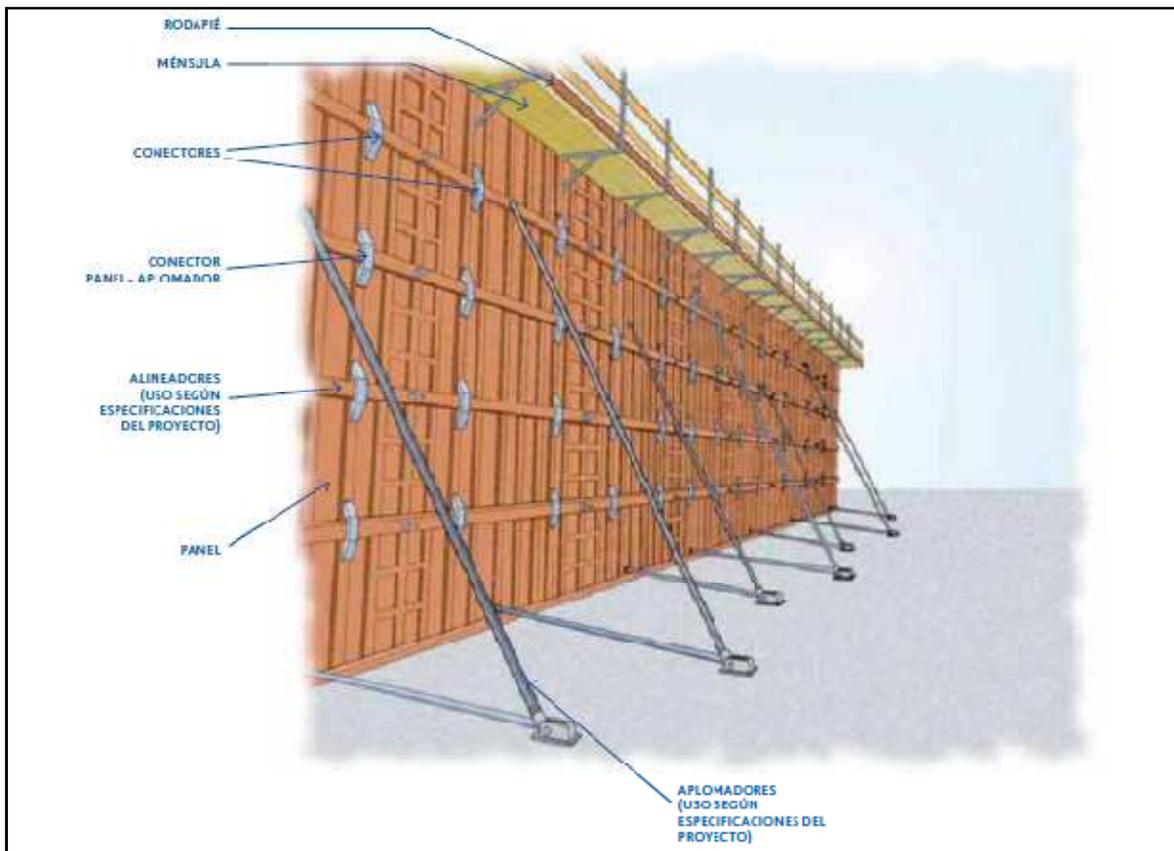


Figura 6. Partes de un moldaje de muro

2.5.2. Moldajes según forma de trabajo

2.5.2.1. Moldaje Manuportable

Se descimbran, se montan y transportan a mano, sin necesidad de equipos.

Son moldajes cuyas partes son livianas y se deben armar y desarmar completamente en cada uso. En ningún momento excede los límites de carga máxima definidos en la ley N° 20.001, la cual indica que la manipulación manual de cargas no deberá ser mayor a 50 kilos para hombres.

2.5.2.2. Moldaje manejable sólo con grúas

Se montan, descimbran y transportan sólo con grúas.

Éstos no necesariamente se desarman en cada oportunidad.

2.5.2.3. Moldaje autotrepante

Este sistema está basado en una gata hidráulica que permite movilizar moldajes de gran tamaño.

Este moldaje no requiere grúa para su uso y permite avanzar en forma discreta.

Este tipo de moldaje se está utilizando en el mundo de la construcción de edificios de gran altura.

2.5.2.4. Moldaje deslizante

Este sistema está basado en un anillo perimetral de doble cara de baja altura que permite hormigonar en forma continua. El moldaje utiliza gatas hidráulicas para su deslizamiento, esto por medio de pequeños impulsos que son controlados por dispositivos que garantizan la suavidad y el levantamiento uniforme de éste.

El hormigonado se hace progresivamente desde una plataforma de trabajo que se encuentra en el nivel superior de ambas caras del moldaje.

Este tipo de moldajes es utilizado en la construcción de torres de hormigón, silos, núcleos de ascensores y torres de control y vigilancia.

2.5.3. Desmoldantes

Son agentes químicos que se aplican en las superficies internas de los moldajes, cuya función es generar una capa antiadherente para evitar que el hormigón se adhiera a la superficie y facilite el descimbre.

Existen desmoldantes para moldajes con superficie de madera y metálica; los primeros son emulsiones en base a aceites y los segundos son agentes químicos que, además de cumplir con la función de desmoldante, son inhibidores de la corrosión.

Los desmoldantes se aplican con rodillo, brocha o pulverizadores, antes de su aplicación se debe verificar que la superficie del Moldaje esté seca y limpia.

Los desmoldantes deben mantenerse en lugares frescos y bajo techo, en estas condiciones se pueden almacenar en su envase original cerrado hasta la fecha indicada en la etiqueta del recipiente. Es posible que en algunos casos precipite, por lo que requiere de continuar la mezcla según instrucciones del fabricante.

La aplicación del desmoldante es muy importante para la terminación del hormigón, y la aplicación con exceso no logra un mejor resultado.

2.5.4. Mantenimiento y Limpieza

La vida útil de los sistemas de Moldaje está relacionada con los cuidados en el uso y con la mantención y limpieza de los elementos que lo forman.

La limpieza después de cada uso, mediante un lavado a presión, es de gran importancia para mantener el buen estado de los elementos. Esta limpieza se debe realizar en obra al bajar los moldajes a su lugar de acopio después de cada uso.

La limpieza profunda y mantención de sellos y piezas se realiza normalmente en talleres de los proveedores en el caso de arriendos; para el caso de moldajes propios, es recomendable solicitar un servicio de mantención integral del Moldaje.

Se recomienda sellar los bordes de placas de terciado con pinturas en base a aceite con el fin de reducir la absorción de humedad y sellar cuando por requerimiento de la geometría se deban cortar.

En el caso que la placa de contacto sea metálica, se debe desabollar y soldar para reparar dichos moldajes.

3. VSM EMPRESAS COLABORATIVAS

3.1. VSM Empresa A

3.1.1. Contexto

Según datos proporcionados por la Constructora A, la producción de moldajes está por debajo de lo planificado a la fecha de la cual se obtuvieron los datos.

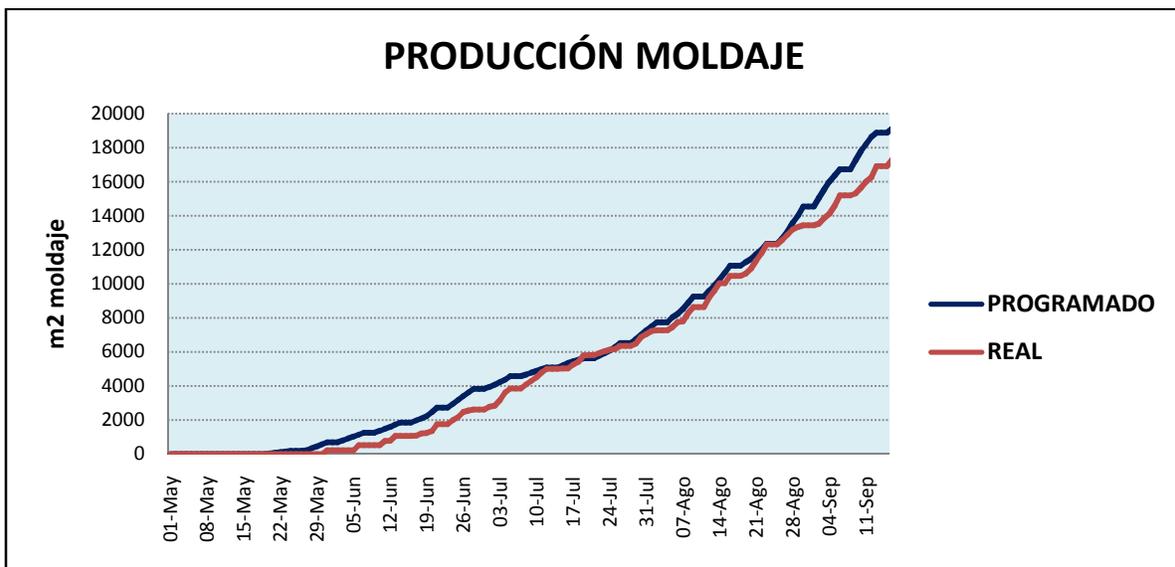


Gráfico 1. Producción Moldaje Constructora A

La diferencia de la cantidad de m² de Moldaje es según el control que se lleva de 1953 m² a la fecha.

Las variaciones en el rendimiento entre lo esperado y lo real puede deberse a una serie de factores, de los cuales podemos mencionar a manera de ejemplo motivos de fuerza mayor como detenciones por condiciones climáticas, problemas en el abastecimiento del proveedor de moldajes a la obra, falta de mano de obra, mínima optimización o ejecución deficiente del proceso en lo relacionado a la parte operativa.

Como este estudio corresponde a un análisis a través de un VSM en lo referido a la parte operativa, se medirá la eficiencia de la producción y si este posee acciones que no le agregan valor al producto y que producen pérdidas de diversa índole.

3.1.2. Antecedentes

Tipo Moldaje: Semi Pesado

Marca: Harsco

Capital Humano: 8 Personas (Subcontrato)

Demanda: 20 m²/persona/día (Ciclo arme y desarme)

Tiempo trabajo: 8 hrs/día

Producción: 150 m²/diarios (valor promedio aproximado)

Moldajes tipo: 3.3 m x 1.2 m 3.3 m x 0.9 m; 3.3 m x 0.6 m

Muros Medidos:

Dimensiones:

Muro 1: 4.8x3.3 m²

Muro 3: 3.9x8 m²

Muro 2: 1.2x3.3 m²

Muro 4: 3.9x6 m²

Muro Estandarizado: Corresponde a la estandarización de los tiempos de cada actividad para una modulación tipo de 3.3 m x 2.4 m.

El análisis del VSM se realizará en base al muro estándar (3.3 m x 2.4 m).

3.1.3. Mapa VSM actual

El mapa del estado actual para A se encuentra en el anexo A.

Las oportunidades de Mejoras se encuentran en el anexo B.

3.1.4. Resultados VSM actual

Del análisis del estado actual en base a los datos medidos en terreno se obtiene lo siguiente

T: 1.74 hrs (Muro estándar; Capital humano: 4 personas)

Takt time: 24 min

Tc: 26.3 min

Producción: 145.65 m²/día

18.2 m²/persona/día

% Utilización de personas: 42 %

Comparación con rendimiento planificado: 91%

Tiempos asociados al valor (Moldajes):



Gráfico 2. Tiempos asociados al proceso en relación al valor

3.1.5. Problemas detectados del proceso

Durante la toma y levantamiento de datos in situ, se observaron problemas de diversa naturaleza que producen demoras en el proceso productivo, los cuales son puntos esenciales para poder optimizarlos y/o eliminarlos si es que estos no agregan valor. Dentro de los problemas más recurrentes y notorios se pueden mencionar los siguientes:

- Movimiento interno excesivo referente a la grúa y al traslado de moldaje.
- Desorden en el lugar de trabajo y en los materiales a utilizar; en ausencia de piezas que son parte del moldaje, las personas deben recorrer el lugar buscando piezas, lo cual produce tiempos muertos y perdidos en los cuales se hace nada en relación al proceso.
- Falta de personal. Se observa que para ciertas actividades del proceso de moldajes, se ralentiza por falta de personal.
- Errores en la modulación. La modulación para cierto muro no corresponde a la que se trae para tapar la cara de un muro. De todos modos este no es un error muy común, pero que se produce en ocasiones.
- Descimbre. La actividad del descimbre se hace de forma lenta debido a diversos factores asociados al hormigón y/o al Moldaje en sí. Dentro de los problemas que podrían ocasionar la ralentización de esta actividad pueden ser un desmoldante de mala calidad, descimbre tardío que conlleva a que el Moldaje se adhiera al muro.
- Limpieza del Moldaje. El tiempo en limpiar los moldajes se vuelve excesivo, posiblemente a que este ya tenga mucho uso y su superficie ya no sea lo suficientemente pulida que se requiere.
- Excesiva cantidad de piezas del Moldaje. Moldaje poco óptimo.

3.1.6. Posibles soluciones

Para los tiempos muertos, actividades que no agregan valor y los procesos poco optimizados, las posibles soluciones a analizar son:

- Reducir el tiempo de descimbre.
- Habilitar cancha de modulación cerca de donde se pondrán los moldajes, evitando movimientos de la grúa que puedan ser demorosos.
- Reducir los tiempos de limpieza.
- Mejor planificación de los ciclos de Moldaje, con el fin de hacer muros mas repetitivos en lo posible, así disminuir los tiempos de modulación.
- Eliminar los tiempos muertos con una mejor planificación por parte del personal de Moldaje y de la grúa.

3.1.7. VSM Futuro

El VSM Futuro se encuentra en el anexo C.

3.1.8. Resultados VSM Futuro

Del análisis del estado futuro proyectado en base a las posibles mejoras del estado actual, se obtiene lo siguiente

T: 1.22 hrs (Muro estándar; Capital humano: 4 personas)

Takt time: 24 min

Tc: 18.4 min

Producción: 207.73 m²/día

25.96 m²/persona/día

% Utilización de personas: 57.3 %

Relación con rendimiento actual: 42.6% (+)

Tiempos asociados al valor (Moldajes):



Gráfico 3. Tiempos asociados al proceso en relación al valor

3.1.9. Registro fotográfico



Figura 7. Reunión etapa 1 VSM



Figura 8. Reunión etapa 1 VSM



Figura 9. Ideas VSM estado actual



Figura 10. Ideas VSM estado actual



Figura 11. Aplome de moldajes



Figura 12. Zona de acopio, limpieza y aplicación de desmoldante



Figura 13. Instalación puntales para aplome de moldaje

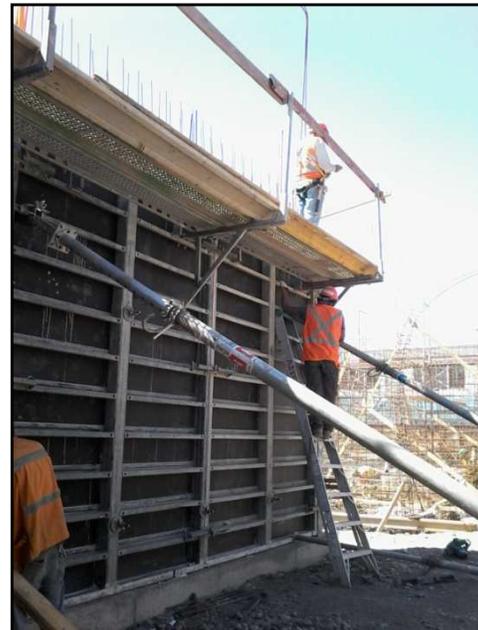


Figura 14. Instalación Plataforma de Hormigonado

3.2. VSM Empresa B

3.2.1. Contexto

Para el estudio del VSM, constructora B facilitó una edificación ubicada en el sector de Chicureo, Comuna de Colina, Región Metropolitana, Chile.

Esta obra consiste en un conjunto habitacional de 12 edificios bajo un total de 80 departamentos que van entre los 195 m² a 260 m².

3.2.2. Antecedentes

| | |
|-----------------|------------------------------------------------------------------------|
| Tipo Moldaje: | Semi Pesado |
| Marca: | Doka |
| Capital Humano: | 7 Personas (Subcontrato) |
| Demanda: | 20 m ² /persona/día (Ciclo arme y desarme) |
| Tiempo trabajo: | 9 hrs/día |
| Producción: | 98 m ² /diarios (valor promedio cada 10 días ³) |
| Moldajes tipo: | 3.3 m x 1.2 m; 3.3 m x 0.9 m; 3.3 m x 0.6 m |

Muros Medidos:

Dimensiones:

Muro 1: 2.7x3.6 m² + 2.7x2.5 m² (Muro en L)

Muro 2: 2.7x2.37 m² + 2.7x0.75 m² (Muro en L)

Muro 3: 2.7x3.3 m² + 2.7x1.7 m² (Muro en L)

Muro 4: 2.7x7 m²

³ Valor entregado por la empresa.

Muro Estandarizado: Corresponde a la estandarización de los tiempos de cada actividad para una modulación tipo de 2.7 m x 2.4 m.

El análisis del VSM se realizará en base al muro estándar (2.7 m x 2.4 m).

3.2.3. Mapa VSM actual

El mapa del estado actual para Manquehue se encuentra en el anexo D.

Las Oportunidades de Mejora se encuentran en el anexo E.

3.2.4. Resultados VSM actual

Del análisis del estado actual en base a los datos medidos en terreno se obtiene lo siguiente

T: 3.49 hrs (Muro estándar; Capital humano: 2.3 personas)

Takt time: 27 min

Tc: 37.1 min

Producción: 101.7 m²/día

14.5 m²/persona/día

% Utilización de personas: 77 %

Comparación con rendimiento planificado: 72.5 %

Tiempos asociados al valor (Moldajes):



Gráfico 4. Tiempos asociados al proceso en relación al valor

3.2.5. Problemas detectados del proceso

Dentro de las problemáticas visualizadas en terreno, dentro de las más destacadas podemos nombrar:

- Desorden: uno de los principales problemas que tenían los moldajeros era el gran desorden de las piezas y de herramientas, por lo que el solo orden de estos produce que esta actividad posea un tiempo que no agrega valor del orden de 45 min durante las mañanas.
- Colocación de dowell: solo una persona por muro de las dos destinadas a este trabaja en la colocación de dowell, esto debido a que solo se posee un taladro por grupo de trabajo. Mientras uno trabaja, la otra persona no realiza labor alguna.

- Limpieza: el proceso de limpieza no era el óptimo, posiblemente por problemas en el desmoldantes, pulido de la placa superficial del Moldaje y/o sobre uso de este.
- Modulación in situ: proceso poco eficiente debido al traslado de las personas de ciertos paneles y el apuntalamiento de cada una de las partes que conforman la modulación final.
- Descimbre: los moldajes se adherían en demasía al muro, ralentizando el proceso, posiblemente por dejar los moldajes un tiempo mayor al necesario.
- Planificación poco eficiente, tanto de los moldajes como del uso de la grúa.

3.2.6. Posibles soluciones

Para los tiempos muertos, actividades que no agregan valor y los procesos poco optimizados, las posibles soluciones a analizar son:

- Dowell: La disponibilidad de otro taladro podría reducir el tiempo a la mitad dado que ahora las dos personas destinadas por muro podrían trabajar en la colocación de los dowell.
- Limpieza: con una mejor aplicación del desmoldante y del uso de moldajes en mejores condiciones, el hormigón se adhiere en menor medida, haciendo que el tiempo de limpieza tienda a cero.
- Modulación: mejorar la planificación de los moldajes, con el objetivo de hacer ciclos más repetitivos y evitar una modulación mayor que requiera mayor tiempo y mayor movimiento de material.

- Descimbre: Descimbrar en el tiempo preciso para que no se produzca adherencia del Moldaje con el hormigón.
- Planificación más eficiente de la grúa

3.2.7. VSM Futuro

El VSM Futuro se encuentra en el anexo F.

3.2.8. Resultados VSM Futuro

Del análisis del estado futuro proyectado en base a las posibles mejoras del estado actual, se obtiene lo siguiente

T: 2.18 hrs (Muro estándar; Capital humano: 4 personas)

Takt time: 27 min

Tc: 23.2 min

Producción: 162.8 m²/día

23.26 m²/persona/día

% Utilización de personas: 93.6 %

Relación con rendimiento actual: 60.41 % (+)

Tiempos asociados al valor (Moldajes):



Gráfico 5. Tiempos asociados al proceso en relación al valor

3.2.9. Registro fotográfico



Figura 15. Ideas VSM estado actual

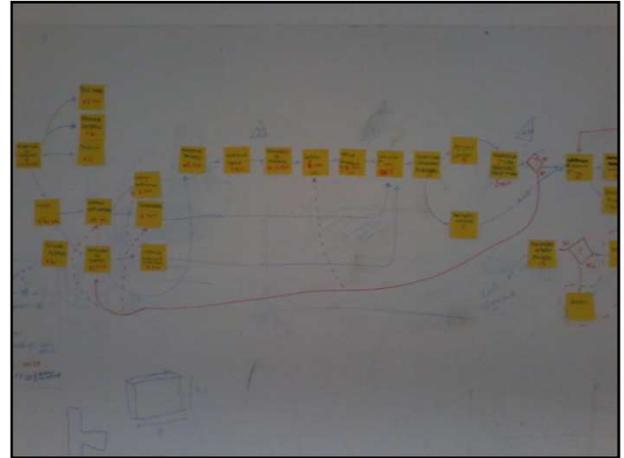


Figura 16. Ideas VSM estado actual



Figura 17. Aplomo de moldaje



Figura 18. Zona de acopio de moldajes

3.3. VSM Empresa C

3.3.1. Contexto

Dentro de las obras que se encuentra realizando Constructora C, el estudio del VSM asociado a Moldaje se realiza en el proyecto inmobiliario “Conjunto Vicuña Mackenna”, ubicado en el sector céntrico de Santiago, Región Metropolitana, Chile.

3.3.2. Antecedentes

| | |
|-----------------|-----------------------------------------------------------|
| Tipo Moldaje: | Pesado |
| Marca: | Alsina |
| Capital Humano: | 6 Personas (Subcontrato) |
| Demanda: | 20 m ² /persona/día (Ciclo arme y desarme) |
| Tiempo trabajo: | 9 hrs/día |
| Producción: | No se tienen registros sobre producción en Ingevec |
| Moldajes tipo: | 2.7 m x 1.2 m; 2.7 m x 0.9 m; 3.3 m x 0.6 m |
| Muros Medidos: | |
| Dimensiones: | |
| Muro 1: | 2.7x9 m ² + 2.7x2.8 m ² (Muro en T) |
| Muro 2: | 2.7x6.6 m ² + 2.7x6 m ² (Muro en T) |

Muro Estandarizado: Corresponde a la estandarización de los tiempos de cada actividad para una modulación tipo de 2.7 m x 2.4 m.

El análisis del VSM se realizará en base al muro estándar (2.7 m x 2.4 m).

3.3.3. Mapa VSM actual

El mapa del estado actual para Ingevec se encuentra en el anexo G.

Las Oportunidades de Mejora se encuentran en el anexo H.

3.3.4. Resultados VSM actual

Del análisis del estado actual en base a los datos medidos en terreno se obtiene lo siguiente

T: 2.29 hrs (Muro estándar; Capital humano: 3 personas)

Takt time: 27 min

Tc: 31.8 min

Producción: 101.86 m²/día

16.97 m²/persona/día

% Utilización de personas: 71.2 %

Comparación con rendimiento planificado: 84.8 %

Tiempos asociados al valor (Moldajes):



Gráfico 6. Tiempos asociados al proceso en relación al valor

3.3.5. Problemas detectados del proceso

Dentro de las problemáticas visualizadas en terreno, dentro de las más destacadas podemos nombrar:

- Descimbre: Cada vez que se debe modular una cara de un muro se debe descimbrar, existe una escases de stock de moldajes en el sector de acopio.
- Grúa: Existe una gran dependencia de esta, pueda que exista una planificación deficiente o que simplemente no la tengan. Por ello se producen tiempos muertos asociados a la espera de la grúa para poder trasladar moldaje.
- Dowell: En la instalación de estos solo ocupan a una persona, debido a la falta de herramientas como el taladro.
- Orden: Piezas de los moldajes desordenadas y el lugar de trabajo presenta por lo general una zona poco limpia y con muchos materiales en el suelo que dificultan la actividad.

3.3.6. Posibles soluciones

Para los tiempos muertos, actividades que no agregan valor y los procesos poco optimizados, las posibles soluciones a analizar son:

- Descimbrar con mayor frecuencia para poder tener más moldajes en stock, así la dependencia de la grúa para el proceso de modulación sería más baja.
- Realizar una planificación del uso de la grúa. En caso de que exista, mejorarla y/o optimizarla.
- El proceso de instalación de Dowell podría aumentársele el capital humano, es decir, que en vez de una persona lo realicen dos y así el tiempo disminuiría a la mitad.

- En el ámbito de los trabajadores, que se comprometan a mantener un orden en el lugar de trabajo, tanto en la limpieza del sector como en el orden de las herramientas.

3.3.7. VSM Futuro

El VSM Futuro se encuentra en el anexo I.

3.3.8. Resultados VSM Futuro

Del análisis del estado futuro proyectado en base a las posibles mejoras del estado actual, se obtiene lo siguiente

T: 1.5 hrs (Muro estándar; Capital humano: 4 personas)

Takt time: 27 min

Tc: 20.8 min

Producción: 155.52 m²/día

25.92 m²/persona/día

% Utilización de personas: 81.5 %

Relación con rendimiento actual: 52.74 % (+)

Tiempos asociados al valor (Moldajes):



Gráfico 7. Tiempos asociados al proceso en relación al valor

3.3.9. Registro fotográfico



Figura 19. Reunión etapa 1, ideas VSM estado actual



Figura 20. Reunión etapa 1, ideas VSM estado actual

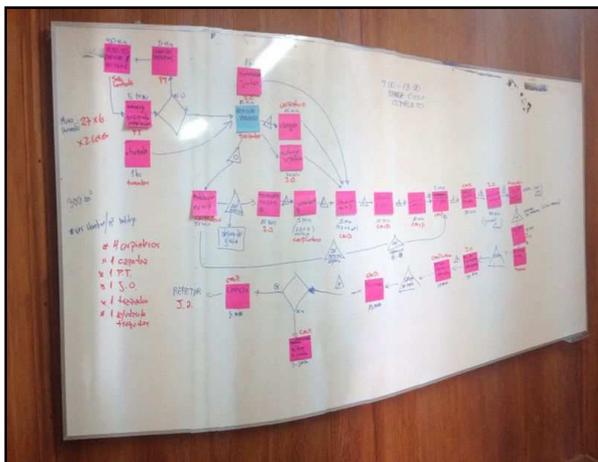


Figura 21. Reunión etapa 1, ideas VSM estado actual

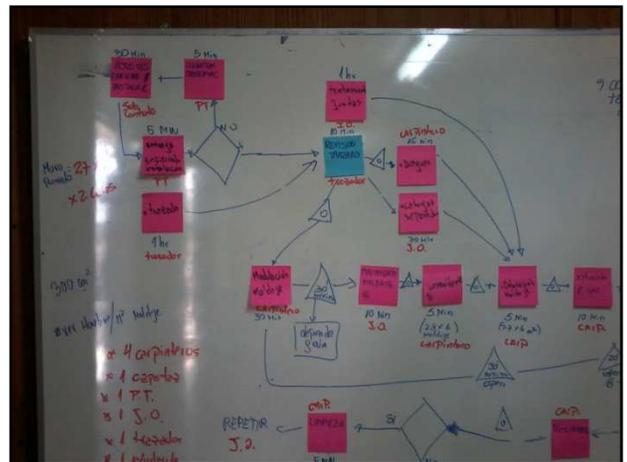


Figura 22. Reunión etapa 1, ideas VSM estado actual



Figura 23. Plataforma de hormigonado



Figura 24. Aplome moldajes



Figura 25. Instalaciones, enfierradura



Figura 5. Puntales y aplome de moldaje

3.4. VSM Empresa D

3.4.1. Contexto

La investigación de VSM en moldajes se realizará en la construcción de nuevas dependencias de la Clínica Dávila, ubicada en la comuna de Recoleta, Región Metropolitana, Chile.

3.4.2. Antecedentes

Tipo Moldaje: Liviano

Marca: EFCO

Capital Humano: 8 Personas (Subcontrato)

Demanda: 13 m²/persona/día (Ciclo arme y desarme)

Tiempo trabajo: 8 hrs/día

Producción: 9.1 m²/persona/día (Promedio)

Moldajes tipo: 2.4 m x 0.6 m

Muros Medidos:

Dimensiones:

Muro 1: 3.6 m x 2.4 m

Muro 4: 2.4 m x 1.5 m

Muro 2: 3.6 m x 7.2 m

Muro 3: 3.6 m x 2.4 m

Muro Estandarizado: Corresponde a la estandarización de los tiempos de cada actividad para una modulación tipo de 3.6 m x 2.4 m.

El análisis del VSM se realizará en base al muro estándar (3.6 m x 2.4 m).

3.4.3. Mapa VSM actual

El mapa del estado actual para Ingevec se encuentra en el anexo J.

Las Oportunidades de Mejora se encuentran en el anexo K.

3.4.4. Resultados VSM actual

Del análisis del estado actual en base a los datos medidos en terreno se obtiene lo siguiente

T: 5.81 hrs (Muro estándar; Capital humano: 2 personas)

Takt time: 36.92 min

Tc: 40.34 min

Producción: 95.17 m²/día

11.89 m²/persona/día

% Utilización de personas: 69.5 %

Comparación con rendimiento planificado: 91.4 %

Tiempos asociados al valor (Moldajes):



Gráfico 8. Tiempos asociados al proceso en relación al valor

3.4.5. Problemas detectados del proceso

Dentro de las problemáticas visualizadas en terreno, dentro de las más destacadas podemos nombrar:

- Preparación tensores: el proceso de preparación en sí es lento, dado que deben limpiar los pasadores, cortar las fundas y engrasarlas, además de la gran cantidad de tensores que se requieren. A modo de ejemplo para un muro de 2.4 m x 0.6 m se requieren 12 tensores.
- Revisión moldajes: Existen dos revisiones antes de aprobar la colocación de la plataforma de hormigonado y por ende el posterior hormigonado. Cada una de estas revisiones tiene un tiempo asociado considerable, lo cual podrían acelerarse el tiempo de espera entre ambas revisiones.
- Tiempos muertos: existen tiempos muertos o perdidos debido a problemas en la planificación y coordinación.

3.4.6. Posibles soluciones

Para los tiempos muertos, actividades que no agregan valor y los procesos poco optimizados, las posibles soluciones a analizar son:

- Para el caso de los tensores, se podrían tener preparados al momento de comenzar el proceso de instalación, el tiempo que se emplea en el proceso es considerable por lo que se podría tener a personas, distintas a los carpinteros, que se dediquen solo a la preparación de estos y así esta actividad no entraría en el análisis del proceso.
- Mayor autocontrol en la realización del proceso, así se podría evitar y/o eliminar una de las dos revisiones.
- Mejorar la planificación de las actividades que inciden en el proceso con el fin de evitar esperas. Por ejemplo, la instalación de andamios para sobrealtura, tiempo de espera en que se realice la revisión.

3.4.7. VSM Futuro

El VSM Futuro se encuentra en el anexo L.

3.4.8. Resultados VSM Futuro

Del análisis del estado futuro proyectado en base a las posibles mejoras del estado actual, se obtiene lo siguiente

T: 3.37 hrs (Muro estándar; Capital humano: 4 personas)

Takt time: 36.9 min

Tc: 23.4 min

Producción: 164 m²/día

20.5 m²/persona/día

% Utilización de personas: 79.5 %

Relación con rendimiento actual: 72.41 % (+)

Tiempos asociados al valor (Moldajes):



Gráfico 9. Tiempos asociados al proceso en relación al valor

3.4.9. Registro fotográfico

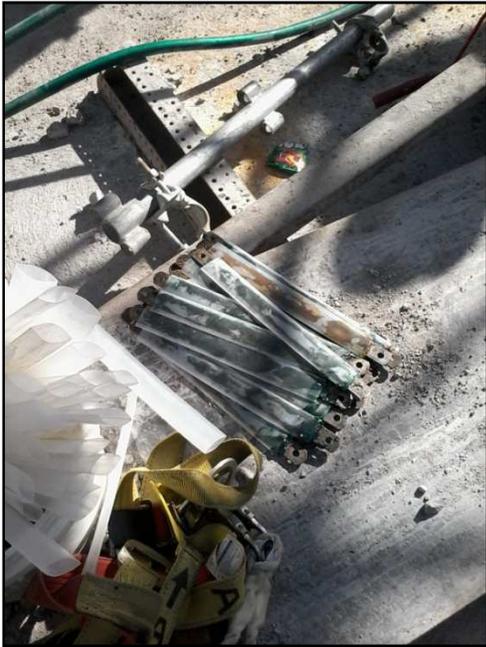


Figura 27. Tensores del moldaje



Figura 28. Personal en faena (Carpintero)



Figura 29. Modulación terminada

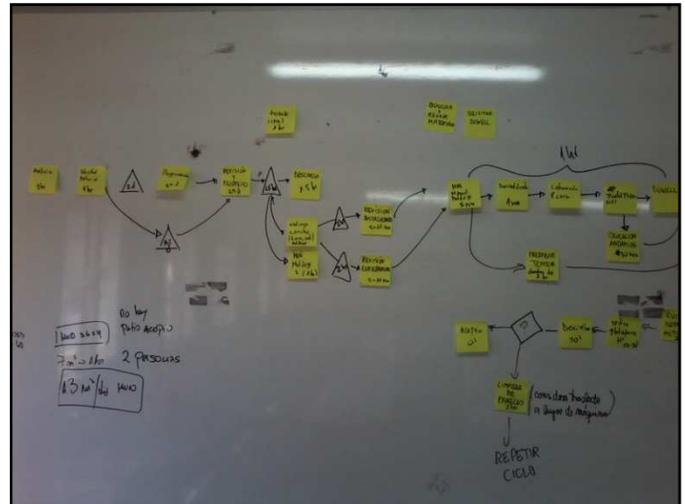


Figura 30. Propuestas VSM Actual

3.5. Tablas Resumen

Tabla 1. Comparación de rendimientos

| Constructora | Rendimiento esperado* | Rendimiento VSM Actual* | Rendimiento VSM Futuro* |
|--------------|-----------------------|-------------------------|-------------------------|
| A | 20 | 18.2 | 25.96 |
| B | 20 | 14.5 | 23.26 |
| C | 20 | 16.97 | 25.92 |
| D | 13 | 11.89 | 20.5 |

*valores en m²/persona/día

Tabla 2. Cuadro resumen tiempos asociados al valor

| Constructora | VSM Actual | | | VSM Futuro | | |
|--------------|------------|--------------|-------------|------------|--------------|-------------|
| | % Agrega | % Contribuye | % No agrega | % Agrega | % Contribuye | % No agrega |
| A | 26 | 52 | 22 | 46 | 50 | 4 |
| B | 48 | 21 | 31 | 57 | 37 | 6 |
| C | 35 | 37 | 28 | 45 | 50 | 5 |
| D | 54 | 20 | 26 | 53 | 34 | 13 |

Tabla 3. Comparación porcentajes utilización personal

| Constructora | % Utilización Personal | |
|--------------|------------------------|------------|
| | VSM Actual | VSM Futuro |
| A | 42% | 57,3% |
| B | 77,0% | 93,6% |
| C | 71,2% | 81,5% |
| D | 69,5% | 79,5% |

Tabla 4. Relación cantidad trabajadores y horas de trabajo con la producción diaria en estado actual y la proyección a futuro.

| Constructora | n° trabajadores | Horas/día | m ² /día VSM Actual | m ² /día VSM Futuro |
|--------------|-----------------|-----------|--------------------------------|--------------------------------|
| A | 8 | 8 | 145,65 | 207,73 |
| B | 7 | 9 | 101,7 | 162,8 |
| C | 6 | 9 | 101,86 | 155,52 |
| D | 8 | 8 | 95,17 | 164 |

4. DISCUSIONES, COMENTARIOS Y CONCLUSIONES

4.1. Consideraciones

Los procesos constituyentes de una obra civil implican una gran cantidad de actividades interrelacionadas entre sí. Cada una de estas actividades posee un recurso y un tiempo propio, las cuales dependiendo de la calidad y la forma de la ejecución, son más o menos eficientes en el avance requerido. Visualizar estas actividades dentro de un proceso no es una tarea sencilla, para ello, la filosofía Lean Construction ayuda a perseguir el mejoramiento continuo de procesos a través de herramientas que permiten a que la tarea de levantar y seguir un proceso sea menos engorrosa. Dentro de las herramientas de Lean Construction se encuentra el Value Stream Mapping o Mapeo de la cadena del valor. En esta investigación se utilizó esta herramienta en el seguimiento de un proceso crítico dentro de la ejecución de obra gruesa de una edificación como es el caso de moldaje, específicamente el moldaje de muros.

Es importante hacer la distinción entre el moldaje de muros y el moldaje de losas, ya que el método constructivo y los elementos a utilizar son totalmente distintos, por lo que el análisis del VSM realizado no aplica a ambas situaciones.

Para la planificación del tiempo requerido se debe estimar un rendimiento del personal acorde al tipo de trabajo, a la dificultad de éste y a las condiciones en que se trabaja. Por ello cada constructora fija un rendimiento acorde a los puntos mencionados. En el caso del moldaje, se fija un rendimiento diario en base a los metros cuadrados que cada persona debe realizar con el fin de satisfacer la demanda.

La tabla 1 (inciso 3.5), se comparan los rendimientos actuales dados la metodología que utilizan analizado vía VSM, el rendimiento esperado por la constructora y el dado un VSM Futuro.

En la tabla 1 se puede observar que de las 4 constructoras analizadas, ninguna satisface la demanda impuesta por la planificación realizada en un principio. Las causas a esta situación según el análisis en particular que se realizó a cada VSM son de variada índole. Entre las causas transversales a todas las obras estudiadas se pueden mencionar la falta de planificación respecto a la utilización de la grúa, produciendo tiempos de espera considerables para el

movimiento del moldaje desde un lugar de acopio o descimbre al lugar de instalación. Otra causa transversal es el desorden del personal en relación a los materiales a utilizar. Corregir este punto es vital si se quiere agilizar y optimizar el proceso, ya que el desorden de piezas provoca que el trabajo no se genere de manera continua y que produzca detenciones con el fin de buscar elementos constitutivos del moldaje. El descimbre por lo general provoca demoras, dado que al no descimbrar en el tiempo correspondiente y dejar los moldajes más tiempo del requerido adosado al muro ya hormigonado, estos generan una mayor adherencia y por ende, se dificulta el proceso del retiro de paneles, retrasando otros procesos que requieren de la utilización de la grúa.

En relación a la clasificación de los tiempos del proceso, desglosados en “Tiempos que agregan valor”, “Tiempos que contribuyen al valor” y “Tiempos que no agregan valor”, a modo de resumen se presentó la tabla 3 en el punto 3.5.

De los resultados se puede extraer que el mayor porcentaje de incidencia en los tiempos corresponden a aquellos que “Contribuyen al Valor” y un alto porcentaje se lo llevan las actividades que “No Agregan Valor”, por ello al momento de analizar las soluciones para poder optimizar los procesos se debieron atacar esos puntos, es decir, tratar de eliminar o reducir las actividades que no agregan valor y también optimizar y/o reducir aquellas actividades que contribuyen. De ese modo se lograron disminuir considerablemente lo que “No agrega valor” y aumentar el porcentaje de incidencia de actividades que “Agregan valor”.

La tabla 3 (3.5), muestra el porcentaje de utilización de las personas en el proceso productivo, las mejoras realizadas al proceso actual producen un aumento en este valor, teniendo a la mano de obra un menor tiempo de ocio y un mayor tiempo utilizado, maximizando su funcionalidad.

La factibilidad en la realización del proceso y su relación con el porcentaje de utilización del personal existente, depende de una serie de factores que influyen directa e indirectamente en el desempeño y en el cumplimiento del objetivo final. Una buena distribución de personal en función del material existente y de la cantidad de trabajo a realizar es una tarea primordial si se quiere aumentar el índice de ocupación del tiempo de trabajo, por ello, una buena interrelación entre las personas encargadas de instalar moldaje y aquellos que distribuyen las funciones a desempeñar debe ser un punto importante en relación a optimizar la producción, es decir, si ambas partes no interactúan y no conocen a cabalidad lo que se está o debe hacerse, el objetivo

final no se cumplirá como lo deseado. Conocer los procesos, saber sus ventajas y desventajas es un paso hacia una visión de futuro en el mejoramiento de los métodos y procesos productivos, no solo en moldaje, sino que esto se puede extender a una visión macro.

Los costos económicos tangibles que conlleva llegar a un estado futuro mejorado están fuera del alcance de esta investigación, debido a la imposibilidad de acceder a datos concretos de los precios que manejan las empresas, lo que sí es posible mencionar es que los beneficios económicos son variables ya que dependen en gran medida de la incidencia que pueda tener la mano de obra y de los materiales.

En el tiempo, los valores de mano de obra y materiales varían de acuerdo a las fluctuaciones del mercado, dado esto si la mano de obra tiene un mayor precio, influirá de mayor manera en el costo final del producto, moldaje en este caso. Lo mismo ocurre con las materias primas, herramientas y principalmente el arriendo del moldaje. Al mejorar los tiempos de producción de los ciclos de moldaje, el periodo de arriendo y el tiempo de la contratación de personal disminuirán de tal manera que se reducirían estos gastos, teniendo siempre en cuenta las variaciones de los precios de mercado que puedan sufrir estos.

4.2. Visión de futuro del proceso productivo

Llevando estos comentarios generalizados y transversales a la filosofía Lean y su herramienta el Value Stream Mapping, una manera de verlos sería:

“Tratar de desarrollar flujo continuo cada vez que sea posible” (Alves & Tommelein, 20005)

Esta idea se podría plasmar en los moldajes, tratando de que en ningún momento se encuentren dispersos en la obra, es decir, que la planificación sea tal que en el momento preciso en que se sacan de una partida, deben ser utilizados en otra, maximizando los tiempos de utilización, disminuyendo la cantidad de tiempo que deberían usarse y disminuyendo tiempo de inventario, optimizando el espacio/Layout de la obra.

“How to do VSM”

Uno de los aspectos principales que se pudo extraer y que se analizó al momento de armar el VSM actual, es medir la eficiencia del proceso, vale decir, cuánto tiempo con relación al tiempo total se está agregando valor y de cara al VSM futuro proponer recomendaciones que apunten a mejorar ese ratio.

En promedio de las constructoras se está agregando valor en un 40.75% del tiempo, indicador que es bajo si se quiere realizar un proceso eficiente. Por lo que para la realización de VSM futuro, se trató de atacar y apuntar a optimizar estos procesos y reducir o eliminar los que no agregan valor al producto final.

“Análisis de la aplicabilidad de VSM en el rediseño de sistemas productivos”.

En una primera instancia se habla de que al seleccionar el proceso debe ser un proceso que trabaje en serie de piezas o productos concretos. Se resalta esto porque justamente es difícil de lograr en la industria de la construcción y sería muy útil enfocar con una mirada crítica el VSM futuro a alguna aproximación estandarizada, al menos en parte, del proceso. Por ejemplo, conocer todo el proceso de moldajes de la edificación y particionarla en bloques iguales, repetibles, etc.

Dentro de los principales inconvenientes que se presentaron durante todo el transcurso de la investigación fue la coordinación con las empresas, debido a la disponibilidad que ellos poseían para la realización de las distintas reuniones. Coordinar a todas las personas que tienen relación al proceso a la misma vez es complejo tomando en cuenta la gran cantidad de trabajo que se demanda en la construcción, sea de cualquier índole.

La metodología de realización del VSM, en el cual se desglosa el proceso en actividades interrelacionadas y secuenciadas entre sí para una modulación estandarizada, la cual posee recursos y tiempos asociados arroja resultados similares a los registros que se tienen en las empresas, por lo que esta metodología fue validada por las partes participantes ya que no se escapa de la realidad.

Conocer el significado y entender a lo que se refiere la filosofía Lean, genera en las personas el tratar de mejorar sus proceso de manera continua basándose en los principios que esta filosofía persigue. La finalidad de todo esto es avanzar hacia procesos optimizados, sin pérdidas y con

un flujo continuo que agregue el mayor valor posible al proceso. Cambiar las metodologías de trabajo para avanzar hacia el óptimo es un proceso a largo plazo, debido a que en el caso de moldajes las personas tienen un papel importante y cambiarles la mentalidad o modificarles su manera de trabajar es algo que se debe ir puliendo de a poco ya que todo cambio de manera repentina puede provocar tanto éxitos como fracasos. Por ello la incorporación de estas metodologías deben ser incluyentes de todas las partes, tanto como obreros como profesionales, debe ser un trabajo mancomunado y de mutuo acuerdo, donde las relaciones interpersonales y el diálogo debe ser una constante.

5. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Arleroth Jens- Kristensson Henrik. Waste in Lean Construction. Sweden, 2011
- [2] Roberto J. Arbulu-Iris D. Tommelein. Value Stream Analysis of construction.
- [3] Briceida Noemi López Cuevas-Tijuana B.C. Mapeo de la cadena de valor (VSM) como estrategia de reduccion de costos. 2013
- [4] Rodrigo Hanemann Ortiz, Oscar González Benavides. Value Stream Mapping aplicado al sector servicios.
- [5] Anthony J Donatelli, Gregory A. Harris. Combining value stream mapping and discrete event simulation. University of Alabama in Huntsville
- [6] O.Salem, E. Zimmer. Application of lean manufacturing principles to construction.
- [7] Peter simonsson, Anders Bjornfot, Jarkko Erikshammar. Learning to see' the Effects of Improved Workflow in Civil Engineering Projects.
- [8] Luis Fernando Alarcón Cárdenas. Identificación y Reducción de Pérdidas en la Construcción: Herramientas y Procedimientos. Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago, 2001.
- [9] Luis Fernando Alarcón Cárdenas. Mejorando la Productividad de Proyectos con Planificaciones más Confiables. Pontificia Universidad Católica de Chile, 2002.
- [10] Ibon Serrano Lasa. Análisis de la aplicabilidad de la técnica Value Stream Mapping en el rediseño de sistemas productivos. Girona, 2007.
- [11] Carlos Samaniego, Ariovaldo Denis Granja, Flavio Picchi. Integración de la gestión de fabricación y montaj de elementos de concreto pre-fabricados in situ, utilizando conceptos de Lean Thinking. Facultad de Ingeniería Civil, Arquitectura y Urbanismo, Universidad Estatal de Campinas, 2006.
- [12] José Ramón Vilana Arto. Fundamentos del Lean Manufacturing. 2010-2011.

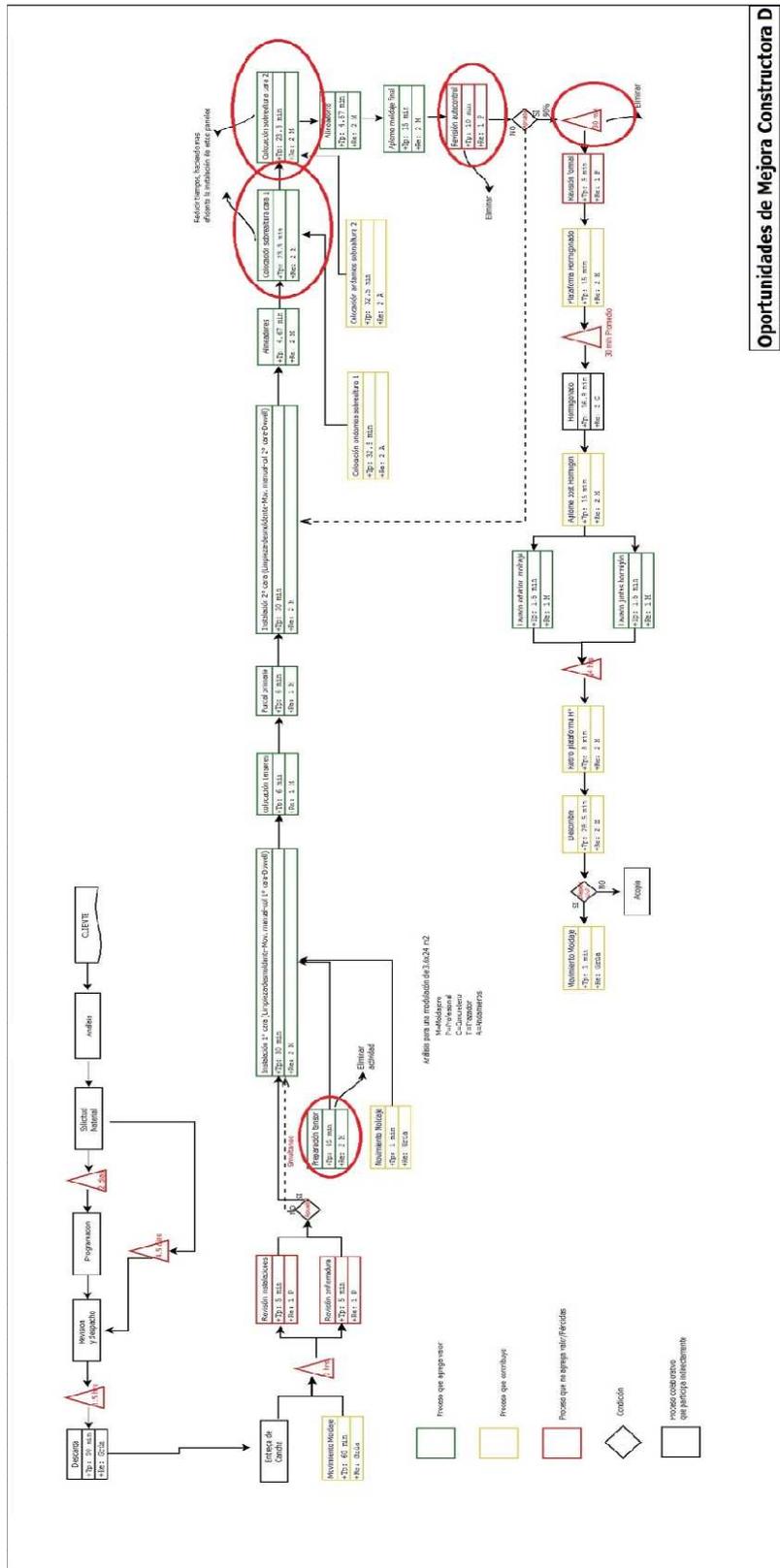
[13] Pablo Lara Castillo. Estudio de Optimización de Costos y Productividad en la Construcción de Viviendas de Hormigón. Universidad de Chile. Noviembre, 2007.

[14] Mike Rother, John Shook. Learning to See. The Lean Enterprise Institute Brookline, Massachusetts. 1999.

[15] Cámara Chilena de la Construcción. Manual de Moldajes. Enero, 2014.

ANEXOS

Anexo K: Oportunidades mejoras Constructora D



Oportunidades de Mejora Constructora D

Anexo M: Cálculos Tiempos de ciclo, Takt Time y Porcentaje utilización personal

Constructora A

Estado actual

$$T_{cme} := 1.74 \text{ hr}$$

Tiempo ciclo muro estandarizado

$$\text{Demanda} := 20 \text{ m}^2$$

Demanda diaria por persona

$$H_d := 8 \text{ hr}$$

Horas disponibles para trabajar

$$A_m := 15.84 \text{ m}^2$$

Área muro estándar por ambas caras

$$n_1 := 4$$

Número de personas que trabajan por cada muro

$$m_1 := H_d \cdot \frac{A_m}{T_{cme}} = 72.828 \text{ m}^2$$

m2 que realiza un equipo de n1 personas

$$n_2 := 8$$

Total de carpinteros encargados de moldaje de muros

$$m_2 := m_1 \cdot \frac{n_2}{n_1} = 145.655 \text{ m}^2$$

m2 total diarios

$$M_u := \frac{m_2}{n_2} = 18.207 \text{ m}^2$$

m2 que realiza una persona

$$T_c := \frac{(H_d) \cdot m^2}{M_u} = 26.364 \text{ mir}$$

Tiempo de ciclo para 1 m2

$$TT := \frac{H_d \cdot m^2}{\text{Demanda}} = 24 \text{ mir}$$

Takt Time

$$\left| \begin{array}{l} \text{"Optimizar"} \text{ if } TT < T_c \\ \text{"Óptimo"} \text{ otherwise} \end{array} \right. = \text{"Optimizar"}$$

$$T_u := 43.8 \text{ min}$$

Tiempo el cual se encuentra todo el capital humano utilizado

$$T_t := 104.4 \text{ mir}$$

Tiempo total ciclo

$$PU := \frac{T_u}{T_t} = 41.954\%$$

% Utilización de personas

Estado Futuro

$$T_{cme} := 1.22 \text{ hr}$$

Tiempo ciclo muro estandarizado

$$\text{Demanda} := 20 \text{ m}^2$$

Demanda diaria por persona

$$H_d := 8 \text{ hr}$$

Horas disponibles para trabajar

$$A_m := 15.84 \text{ m}^2$$

Área muro estándar por ambas caras

$$n_1 := 4$$

Número de personas que trabajan por cada muro

$$m_1 := H_d \cdot \frac{A_m}{T_{cme}} = 103.869 \text{ m}^2$$

m2 que realiza un equipo de n1 personas

$$n_2 := 8$$

Total de carpinteros encargados de moldaje de muros

$$m_2 := m_1 \cdot \frac{n_2}{n_1} = 207.738 \text{ m}^2$$

m2 total diarios

$$M_u := \frac{m_2}{n_2} = 25.967 \text{ m}^2$$

m2 que realiza una persona

$$T_c := \frac{(H_d) \cdot \text{m}^2}{M_u} = 18.485 \text{ mir}$$

Tiempo de ciclo para 1 m2

$$TT := \frac{H_d \cdot \text{m}^2}{\text{Demanda}} = 24 \text{ mir}$$

Takt Time

$$\left| \begin{array}{l} \text{"Optimizar"} \text{ if } TT < T_c \\ \text{"Óptimo"} \text{ otherwise} \end{array} \right. = \text{"Óptimo"}$$

$$T_u := 41.92 \text{ min}$$

Tiempo el cual se encuentra todo el capital humano utilizado

$$T_t := 73.2 \text{ min}$$

Tiempo total ciclo

$$PU := \frac{T_u}{T_t} = 57.268\%$$

% Utilización de personas

Constructora B

Estado Actual

$$T_{cme} := 3.49 \text{ hr}$$

Tiempo ciclo muro estandarizado

$$\text{Demanda} := 20 \cdot \text{m}^2$$

Demanda diaria por persona

$$H_d := 9 \text{ hr}$$

Horas disponibles para trabajar

$$A_m := 12.96 \text{ m}^2$$

Área muro estándar por ambas caras

$$n_1 := 2.3$$

Número de personas que trabajan por cada muro

$$m_1 := H_d \cdot \frac{A_m}{T_{cme}} = 33.421 \text{ m}^2$$

m2 que realiza un equipo de n1 personas

$$n_2 := 9$$

Total de carpinteros encargados de moldaje de muros

$$m_2 := m_1 \cdot \frac{n_2}{n_1} = 130.779 \text{ m}^2$$

m2 total diarios

$$M_u := \frac{m_2}{n_2} = 14.531 \text{ m}^2$$

m2 que realiza una persona

$$T_c := \frac{(H_d) \cdot \text{m}^2}{M_u} = 37.162 \text{ mir}$$

Tiempo de ciclo para 1 m2

$$TT := \frac{H_d \cdot \text{m}^2}{\text{Demanda}} = 27 \text{ mir}$$

Takt Time

$$\left| \begin{array}{l} \text{"Optimizar"} \text{ if } TT < T_c \\ \text{"Óptimo"} \text{ otherwise} \end{array} \right. = \text{"Optimizar"}$$

$$T_u := 161.2 \text{ min}$$

Tiempo el cual se encuentra todo el capital humano utilizado

$$T_t := 209.4 \text{ min}$$

Tiempo total ciclo

$$PU := \frac{T_u}{T_t} = 76.982\%$$

% Utilización de personas

Estado Futuro

$$T_{cme} := 2.18 \text{ hr}$$

Tiempo ciclo muro estandarizado

$$\text{Demanda} := 20 \cdot \text{m}^2$$

Demanda diaria por persona

$$H_d := 9 \text{ hr}$$

Horas disponibles para trabajar

$$A_m := 12.96 \text{ m}^2$$

Área muro estándar por ambas caras

$$n_1 := 2.3$$

Número de personas que trabajan por cada muro

$$m_1 := H_d \cdot \frac{A_m}{T_{cme}} = 53.505 \text{ m}^2$$

m2 que realiza un equipo de n1 personas

$$n_2 := 9$$

Total de carpinteros encargados de moldaje de muros

$$m_2 := m_1 \cdot \frac{n_2}{n_1} = 209.366 \text{ m}^2$$

m2 total diarios

$$M_u := \frac{m_2}{n_2} = 23.263 \text{ m}^2$$

m2 que realiza una persona

$$T_c := \frac{(H_d) \cdot \text{m}^2}{M_u} = 23.213 \text{ mir}$$

Tiempo de ciclo para 1 m2

$$TT := \frac{H_d \cdot \text{m}^2}{\text{Demanda}} = 27 \text{ mir}$$

Takt Time

$$\left| \begin{array}{l} \text{"Optimizar"} \text{ if } TT < T_c \\ \text{"Óptimo"} \text{ otherwise} \end{array} \right. = \text{"Óptimo"}$$

$$T_u := 122.4 \text{ min}$$

Tiempo el cual se encuentra todo el capital humano utilizado

$$T_t := 130.8 \text{ min}$$

Tiempo total ciclo

$$PU := \frac{T_u}{T_t} = 93.578\%$$

% Utilización de personas

Constructora C

Estado Actual

$$T_{cme} := 2.29 \text{ hr}$$

Tiempo ciclo muro estandarizado

$$\text{Demanda} := 20 \cdot \text{m}^2$$

Demanda diaria por persona

$$H_d := 9 \text{ hr}$$

Horas disponibles para trabajar

$$A_m := 12.96 \text{ m}^2$$

Área muro estándar por ambas caras

$$n_1 := 3$$

Número de personas que trabajan por cada muro

$$m_1 := H_d \cdot \frac{A_m}{T_{cme}} = 50.934 \text{ m}^2$$

m2 que realiza un equipo de n1 personas

$$n_2 := 6$$

Total de carpinteros encargados de moldaje de muros

$$m_2 := m_1 \cdot \frac{n_2}{n_1} = 101.869 \text{ m}^2$$

m2 total diarios

$$M_u := \frac{m_2}{n_2} = 16.978 \text{ m}^2$$

m2 que realiza una persona

$$T_c := \frac{(H_d) \cdot \text{m}^2}{M_u} = 31.806 \text{ min}$$

Tiempo de ciclo para 1 m2

$$TT := \frac{H_d \cdot \text{m}^2}{\text{Demanda}} = 27 \text{ min}$$

Takt Time

$$\left| \begin{array}{l} \text{"Optimizar"} \text{ if } TT < T_c \\ \text{"Óptimo"} \text{ otherwise} \end{array} \right. = \text{"Optimizar"}$$

$$T_u := 97.8 \text{ min}$$

Tiempo el cual se encuentra todo el capital humano utilizado

$$T_t := 137.4 \text{ min}$$

Tiempo total ciclo

$$PU := \frac{T_u}{T_t} = 71.179\%$$

% Utilización de personas

Estado Futuro

$$T_{cme} := 1.5 \text{ hr}$$

Tiempo ciclo muro estandarizado

$$\text{Demanda} := 20 \cdot \text{m}^2$$

Demanda diaria por persona

$$H_d := 9 \text{ hr}$$

Horas disponibles para trabajar

$$A_m := 12.96 \text{ m}^2$$

Área muro estándar por ambas caras

$$n_1 := 3$$

Número de personas que trabajan por cada muro

$$m_1 := H_d \cdot \frac{A_m}{T_{cme}} = 77.76 \text{ m}^2$$

m2 que realiza un equipo de n1 personas

$$n_2 := 6$$

Total de carpinteros encargados de moldaje de muros

$$m_2 := m_1 \cdot \frac{n_2}{n_1} = 155.52 \text{ m}^2$$

m2 total diarios

$$M_u := \frac{m_2}{n_2} = 25.92 \text{ m}^2$$

m2 que realiza una persona

$$T_c := \frac{(H_d) \cdot \text{m}^2}{M_u} = 20.833 \text{ min}$$

Tiempo de ciclo para 1 m2

$$TT := \frac{H_d \cdot \text{m}^2}{\text{Demanda}} = 27 \text{ min}$$

Takt Time

$$\left| \begin{array}{l} \text{"Optimizar"} \text{ if } TT < T_c = \text{"Óptimo"} \\ \text{"Óptimo"} \text{ otherwise} \end{array} \right.$$

$$T_u := 73.4 \text{ min}$$

Tiempo el cual se encuentra todo el capital humano utilizado

$$T_t := 90 \cdot \text{min}$$

Tiempo total ciclo

$$PU := \frac{T_u}{T_t} = 81.556\%$$

% Utilización de personas

Constructora D

Estado Actual

$$T_{cme} := 5.81 \text{ hr}$$

Tiempo ciclo muro estandarizado

$$\text{Demanda} := 13 \cdot \text{m}^2$$

Demanda diaria por persona

$$H_d := 8 \text{ hr}$$

Horas disponibles para trabajar

$$A_m := 17.28 \text{ m}^2$$

Área muro estándar por ambas caras

$$n_1 := 2$$

Número de personas que trabajan por cada muro

$$m_1 := H_d \cdot \frac{A_m}{T_{cme}} = 23.793 \text{ m}^2$$

m2 que realiza un equipo de n1 personas

$$n_2 := 8$$

Total de carpinteros encargados de moldaje de muros

$$m_2 := m_1 \cdot \frac{n_2}{n_1} = 95.174 \text{ m}^2$$

m2 total diarios

$$M_u := \frac{m_2}{n_2} = 11.897 \text{ m}^2$$

m2 que realiza una persona

$$T_c := \frac{(H_d) \cdot \text{m}^2}{M_u} = 40.347 \text{ min}$$

Tiempo de ciclo para 1 m2

$$TT := \frac{H_d \cdot \text{m}^2}{\text{Demanda}} = 36.923 \text{ min}$$

Takt Time

$$\left| \begin{array}{l} \text{"Optimizar"} \text{ if } TT < T_c \\ \text{"Óptimo"} \text{ otherwise} \end{array} \right. = \text{"Optimizar"}$$

$$T_u := 242.2 \text{ min}$$

Tiempo el cual se encuentra todo el capital humano utilizado

$$T_t := 348.6 \text{ min}$$

Tiempo total ciclo

$$PU := \frac{T_u}{T_t} = 69.478\%$$

% Utilización de personas

Estado Futuro

$$T_{cme} := 3.37 \text{ hr}$$

Tiempo ciclo muro estandarizado

$$\text{Demanda} := 13 \cdot \text{m}^2$$

Demanda diaria por persona

$$H_d := 8 \text{ hr}$$

Horas disponibles para trabajar

$$A_m := 17.28 \text{ m}^2$$

Área muro estándar por ambas caras

$$n_1 := 2$$

Número de personas que trabajan por cada muro

$$m_1 := H_d \cdot \frac{A_m}{T_{cme}} = 41.021 \text{ m}^2$$

m2 que realiza un equipo de n1 personas

$$n_2 := 8$$

Total de carpinteros encargados de moldaje de muros

$$m_2 := m_1 \cdot \frac{n_2}{n_1} = 164.083 \text{ m}^2$$

m2 total diarios

$$M_u := \frac{m_2}{n_2} = 20.51 \text{ m}^2$$

m2 que realiza una persona

$$T_c := \frac{(H_d) \cdot \text{m}^2}{M_u} = 23.403 \text{ min}$$

Tiempo de ciclo para 1 m2

$$TT := \frac{H_d \cdot \text{m}^2}{\text{Demanda}} = 36.923 \text{ min}$$

Takt Time

$$\left| \begin{array}{l} \text{"Optimizar"} \text{ if } TT < T_c \\ \text{"Óptimo"} \text{ otherwise} \end{array} \right. = \text{"Óptimo"}$$

$$T_u := 160.7 \text{ min}$$

Tiempo el cual se encuentra todo el capital humano utilizado

$$T_t := 202.2 \text{ min}$$

Tiempo total ciclo

$$PU := \frac{T_u}{T_t} = 79.476\%$$

% Utilización de personas