



Universidad Nacional
SAN LUIS GONZAGA



[Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional](http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0)

Esta licencia permite a otras combinar, retocar, y crear a partir de su obra de forma no comercial, siempre y cuando den crédito y licencia a nuevas creaciones bajo los mismos términos.

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



UNIVERSIDAD NACIONAL SAN LUIS GONZAGA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
UNIDAD DE INVESTIGACION

EVALUACION DE ORIGINALIDAD

N° 039 – 77723784

CONSTANCIA

El que suscribe, deja constancia que se la realizado el análisis con el software de verificación de similitud al documento **INFORME FINAL DE TESIS** cuyo título es:

**ANALISIS DE HERRAMIENTAS PARA EL CONTROL Y
MEJORA DE LA PRODUCTIVIDAD APLICANDO EL INFORME
SEMANAL DE PRODUCCION (ISP) Y EL MAPEO DE LA
CADENA DE VALOR (VSM) EN PARTIDAS DE MANO DE OBRA
DE ACERO, CASO “MODERNIZACIÓN ACERÍA ACEROS
AREQUIPA 2020”, ICA – PERÚ**

presentado por:


GUILLEN CORTEZ, ROSARIO DEL PILAR


Bachiller del nivel de **PREGRADO** de la Facultad de Ingeniería Civil. El resultado obtenido es **13% de similitud** por el cual se otorga el calificativo de **APROBADO**, según Reglamento para la evaluación de la Originalidad de los documentos de investigación.

Se adjunta al presente el reporte de evaluación con el software de verificación de originalidad.

Ica, 14 octubre de 2021


DAVID MOTTA HUAYANCA
Técnico Operador Tecnológico:


DR. ING. MARTIN BALMORON WILSON HUAMANCHUMO
Director de la Unidad de Investigación de la FIC





UNIVERSIDAD NACIONAL SAN LUIS GONZAGA DE ICA

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

**ANÁLISIS DE HERRAMIENTAS PARA EL CONTROL Y MEJORA DE LA
PRODUCTIVIDAD APLICANDO EL INFORME SEMANAL DE PRODUCCIÓN (ISP) Y
EL MAPEO DE LA CADENA DE VALOR (VSM) EN PARTIDAS DE MANO DE OBRA
DE ACERO, CASO “MODERNIZACIÓN ACERÍA ACEROS AREQUIPA 2020”,
ICA – PERÚ**

**TESIS PARA OPTAR POR EL TÍTULO EN
INGENIERÍA CIVIL**

BACH. GUILLÉN CORTEZ ROSARIO DEL PILAR

Asesor: Ing. Wilson Huamanchumo Martin Hamilton

ICA – PERÚ

2021

UNIVERSIDAD NACIONAL SAN LUIS GONZAGA DE ICA

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

**ANALISIS DE HERRAMIENTAS PARA EL CONTROL Y MEJORA DE LA PRODUCTIVIDAD APLICANDO EL INFORME SEMANAL DE PRODUCCION (ISP) Y EL MAPEO DE LA CADENA DE VALOR (VSM) EN PARTIDAS DE MANO DE OBRA DE ACERO, CASO “MODERNIZACIÓN ACERÍA ACEROS AREQUIPA 2020”,
ICA – PERÚ**

**TESIS PARA OPTAR POR EL TÍTULO EN
INGENIERÍA CIVIL**

ÁREA DE CONOCIMIENTO: INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: GESTIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN Y LA INNOVACIÓN TECNOLÓGICA EN PROCESOS CONSTRUCTIVOS EFICIENTES Y SOSTENIBLES.

BACH. GUILLÉN CORTEZ ROSARIO DEL PILAR

Asesor: Ing. Wilson Huamanchumo Martin Hamilton

AGRADECIMIENTOS

A mi familia, por su confianza en mí.

A las personas que me impulsaron en el proceso.

A mi universidad.

Muchas gracias.

INDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	3
INDICE DE CONTENIDO	3
RESUMEN	8
ABSTRACT	9
INTRODUCCIÓN.....	10
CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO.....	11
1.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	11
1.1.1. Antecedentes a nivel internacional	11
1.1.2. Antecedentes a nivel nacional	12
1.2. BASES TEÓRICAS DE LA INVESTIGACIÓN	13
1.2.1. Lean.....	13
1.2.2. Lean Production System.....	15
1.2.3. Lean Construction	17
1.2.4. Despilfarros	20
1.2.5. Fast Tracking	23
1.2.6. Gestión de la productividad en la construcción	24
1.2.7. El factor humano en la construcción	27
1.2.8. Herramientas para el control de la productividad	29
1.2.8.1. Curvas de productividad	29
1.2.8.2. Last Planner System (LPS)	30
1.2.9. Informe semanal de producción (ISP).....	36
1.2.9.1. Componentes del Informe semanal de producción.....	37
1.2.10. Herramientas para la mejora de la productividad	40
1.2.10.1. Formato A3	40
1.2.10.2. Diagrama de spaguetti.....	41
1.2.10.3. Nivel general de actividades (NGA).....	41
1.2.10.4. Cartas balance.....	42
1.2.10.5. Gemba walk.....	43

1.2.10.6.	First run study (FRS)	44
1.2.11.	Value Stream Mapping (VSM).....	45
1.2.11.1.	Pasos para graficar un Value Stream Mapping	46
1.2.11.2.	Indicadores de un Value Stream Mapping	52
1.3.	MARCO CONCEPTUAL.....	53
CAPITULO II: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN		56
2.1.	SITUACIÓN PROBLEMÁTICA.....	56
2.1.1.	Contexto del proyecto en estudio.....	56
2.2.	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	59
2.2.1.	Problema general	59
2.2.2.	Problemas específicos	59
2.3.	DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA.....	59
2.3.1.	Delimitación espacial o geográfica	59
2.3.2.	Delimitación temporal.....	60
2.3.3.	Delimitación social	60
2.3.4.	Delimitación conceptual.....	61
2.4.	JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN ..	64
2.4.1.	Justificación	64
2.4.2.	Importancia.....	64
2.5.	OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	66
2.5.1.	Objetivo general.....	66
2.5.2.	Objetivos específicos	66
2.6.	HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN	67
2.6.1.	Hipótesis general.....	67
2.6.2.	Hipótesis específicas	67

2.7.	VARIABLES DE INVESTIGACIÓN.....	67
2.7.1.	Identificación de variables.....	67
2.7.1.1.	Variables independientes	67
2.7.1.2.	Variables dependientes	68
2.7.2.	Operacionalización de variables	68
CAPÍTULO III: ESTRATEGIA METODOLOGICA		69
3.1.	TIPO, NIVEL Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	69
3.1.1.	Tipo de investigación	69
3.1.1.1.	Nivel de investigación	69
3.1.1.2.	Diseño de investigación	69
3.2.	POBLACION Y MUESTRA MATERIA DE INVESTIGACIÓN....	70
3.2.1.	Población de estudio	70
3.2.2.	Muestra de estudio	70
CAPÍTULO IV: TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN		72
4.1.	TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	72
4.1.1.	Técnica de recolección de datos para aplicar el ISP	72
4.1.2.	Técnica de recolección de datos para evaluar el VSM	73
4.2.	INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	73
4.2.1.	Instrumento de recolección de datos para aplicar el ISP.....	73
4.2.2.	Instrumento de recolección de datos para evaluar el VSM	75
4.3.	TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO DE DATOS, ANÁLISIS E	
INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS		76
4.3.1.	Lookahead planning	76
4.3.2.	Informe semanal de producción.....	78
4.3.3.	Value Stream Mapping.....	85

CAPÍTULO V: PRESENTACIÓN, INTERPRETACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	90
5.1. PRESENTACIÓN E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	90
5.1.1. Análisis de los resultados de la aplicación de ISP	90
5.1.2. Análisis de la evaluación de VSM	99
5.2. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	99
CAPÍTULO VI: COMPROBACIÓN DE HIPÓTESIS.....	103
6.1. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS GENERAL	103
6.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS ESPECÍFICA	103
CONCLUSIONES.....	104
RECOMENDACIONES.....	105
FUENTES DE INFORMACIÓN	106

RESUMEN

Una de las partidas más importantes en un proyecto de construcción es la instalación de acero de refuerzo por el costo que representa y por ser la actividad que inicia el tren de producción. La velocidad del armado e instalación de las estructuras de acero impactan directamente en el plazo de ejecución de obra.

A nivel nacional se está en proceso de industrialización de la partida acero mediante un servicio que lo entrega ya habilitado y listo para su colocación. Sin embargo, a la fecha existe muy poca investigación, estadísticas y/o datos sobre sus índices de productividad ni sobre los desperdicios que existen en esta cadena de procesos.

La situación problemática explicada ha sido identificada en la obra industrial “Modernización Acería Aceros Arequipa”. Por lo tanto, en esta investigación el objetivo es aplicar herramientas de control y mejora de la productividad: el Informe Semanal de producción (ISP) y Value Stream Mapping (VSM), a la partida de mano de obra de acero dimensionado.

Las técnicas de recolección de datos fueron la observación directa de los trabajos (siguiendo los lineamientos de gemba walk) y entrevistas diarias al personal de campo. Además, se diseñaron instrumentos adaptados al trabajo que se estudiaba. El tiempo de estudio fue de 12 semanas.

Se obtuvieron ratios de productividad, se identificaron los desperdicios existentes y su porcentaje respecto al lead time. Los resultados nos indican que existen posibilidades de mejora en el camino de la industrialización de la partida de acero.

Palabras clave: acero dimensionado, desperdicios, productividad, cadena de valor.

ABSTRACT

One of the most important items in a construction project is the installation of reinforcing steel because of the cost it represents and because it is the activity that starts the production train. The speed of assembly and installation of steel structures has a direct impact on the execution period of the work.

At the national level, the steel item is being industrialized through a service that delivers it already enabled and ready for placement. However, to date there is very little research, statistics or data on their productivity rates or on the waste that exists in this process chain.

The problematic situation explained has been identified in the industrial project “Modernization of Steel Steel Arequipa”. Therefore, in this research the objective is to apply productivity control and improvement tools: the Weekly Production Report (ISP) and Value Stream Mapping (VSM), to the dimensioned steel workforce item.

The data collection techniques were direct observation of the work (following the gemba walk guidelines) and daily interviews with field personnel. In addition, instruments adapted to the work being studied were designed. The study time was 12 weeks.

Productivity ratios were obtained, existing waste and its percentage with respect to lead time were identified. The results indicate that there are possibilities for improvement in the path of industrialization of the steel batch.

Keywords: dimensioned steel, waste, productivity, value chain.

INTRODUCCIÓN

Una de las principales falencias que presentan los proyectos de construcción es la baja productividad. Una de sus causas es el desconocimiento de metodologías y herramientas de gestión de producción y falta de confianza en su aplicación, eso genera que muchas empresas constructoras continúen trabajando de manera tradicional, sin confiabilidad en cumplimiento de plazos y costos.

En el proyecto en estudio, se detectó este problema, es por eso que en la presente tesis se aplicarán dos herramientas para analizar la productividad de una partida de instalación de acero dimensionado: el Informe Semanal de Producción como herramienta de control y el Value Stream Mapping como herramienta de mejora.

En el desarrollo de esta investigación encontrarán información detallada de cómo adaptar estas herramientas a su proyecto, el paso a paso para su aplicación y ejemplos de cómo interpretar los datos obtenidos con el fin de informar, explicar y explorar.

CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

1.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

La industria de la construcción es un sector con bajo grado de desarrollo en la mayoría de los países latinoamericanos, con un atraso significativo frente a naciones más desarrolladas (Serpell Bley, 2002). Uno de las principales causas es la poca predisposición a la innovación y el hecho de que no adapta la tecnología ni las herramientas desarrolladas en otros países para incrementar la productividad y disminuir los desperdicios.

Además, el boom inmobiliario que sucede o sucedió en distintos países del mundo, como España, permitía conseguir financiamiento para la construcción de forma fácil. Esto resultó ideal para ocultar la improductividad y la mala gestión de muchas empresas, ya que el sobrecoste que generaban en el proyecto se podía absorber con más financiación y/o subidas de precios. (Pons Achell, 2014)

Como consecuencia de lo expuesto, pocas empresas se preocupan por elevar sus niveles de productividad, por ende, son pocas las investigaciones realizadas.

En la revisión bibliográfica no se han encontrado antecedentes de investigaciones sobre la productividad de una partida de mano de obra de acero dimensionado en el mundo. No obstante, si se encontraron tesis que, al igual que ésta, adaptaban las herramientas en estudio a distintos tipos de proyectos.

1.1.1. Antecedentes a nivel internacional

En la tesis *“Aplicación de mapeo de cadenas de valor para la detección de pérdidas productivas y medioambientales esta tesis”* (Rosenbaum Videla, 2012), los autores aplican la herramienta de mapeo de cadena de valor en la construcción de una clínica. Su objetivo fue estudiar y proponer alternativas de solución para el problema de las pérdidas productivas y medioambientales existentes en la obra. La aplicación del VSM en terreno fue práctica y se comprueba que, eligiendo indicadores adecuados a medir, se puede adaptar exitosamente esta herramienta que es original del sector manufactura.

También elaboró mapas futuros de la cadena de valor de producción, haciendo factibles recortes de hasta un 40% en los tiempos del ciclo de producción de los elementos constructivos.

1.1.2. Antecedentes a nivel nacional

En el Perú se inicia el uso del acero en las construcciones a partir de la edificación de inmuebles de cada vez mayor altura, aproximadamente durante la década de 1920. Desde la fecha, en nuestro país, la mayoría de las tesis que estudian el acero de construcción tienen enfoque en lo estructural y no la productividad de su instalación, sea dimensionado industrialmente o no.

Existen investigaciones que aplican el Informe Semanal de Producción (ISP) y Value Stream Mapping (VSM) en obra, y aunque no estudien la partida de acero en profundidad, son útiles para el presente caso de estudio:

- En la tesis “*Aplicación de mapeo de cadenas de valor en la etapa de acabados en un edificio multifamiliar*” (Barbarán Vizcarra, 2018) se realiza un diagnóstico general y particular de cuatro partidas de acabados usando herramientas como el VSM y la técnica de los 5 por qué. Como conclusiones indica que el VSM es una herramienta eficiente para detectar las pérdidas de transformación y de flujo en una obra inmobiliaria.
- En la tesis “*Optimización de los procesos productivos utilizando Value Stream Mapping (VSM)*” (Villanueva Joaquín & Bustos Tirado, 2020) demuestran que la herramienta Value Stream Mapping puede ser adaptada al estudio de la ejecución de un edificio multifamiliar y que puede mejorar el flujo de los procesos constructivos de las siguientes estructuras: muros de ductilidad limitada, placas de ascensor, losas macizas. Como conclusión se presenta un cuadro resumen con las mejoras en los tiempos de producción que se conseguirían si se implementan las mejoras formuladas luego del análisis realizado del Value Stream Mapping actual.
- En la tesis “*Mejoramiento de la planificación operacional mediante la implementación de la filosofía Lean Construction*” (Toledo Santos, 2017), los autores aplican la herramienta last planner, la herramienta Informe Semanal de Producción y cartas balance a la construcción de un hospital con el fin de mejorar la planificación operacional.

Como se muestra en los resultados, durante las primeras muestras se presentan tiempos productivos menores al 50% lo cual es considerado como no aceptable; realizadas las observaciones y en coordinación con los últimos planificadores se procede a corregir y optimizar los procesos dentro de la ejecución de las actividades logrando ahora resultados por encima del 50%.

- En la tesis “*Metodologías y herramientas de gestión para la mejora continua de la productividad en la construcción*” (Ayala Vilela & Temoche, 2017), de tipo descriptivo, los autores describen metodologías y herramientas usadas con el fin de mejorar la planificación y el control de la producción, incrementar la productividad, cumplir con plazos y optimizar costos.

Una de las herramientas de gestión de producción usadas en ambas empresas es el Informe Semanal de Producción (ISP). Su correcto análisis permitió implementar procedimientos de mejora de desempeño, metodologías para el control y optimización de recursos, consolidación de los rendimientos y documentación de la productividad real constructivos del proyecto.

1.2. BASES TEÓRICAS DE LA INVESTIGACIÓN

1.2.1. Lean

Lean es una más que una filosofía de gestión que revolucionó el mundo de la industria. Lean es una sumatoria de filosofía, cultura y tecnología. (Alarcón Cárdenas, 2020)

Lean transforma una empresa en una organización de aprendizaje que busca la excelencia a través del desarrollo de las personas, que proporciona un método para hacer salir los despilfarros a la superficie de forma consistente para eliminarlos de forma implacable y que se basa en la adaptabilidad a las necesidades del cliente y de su definición de valor, lo que compone la base de todo el sistema lean.

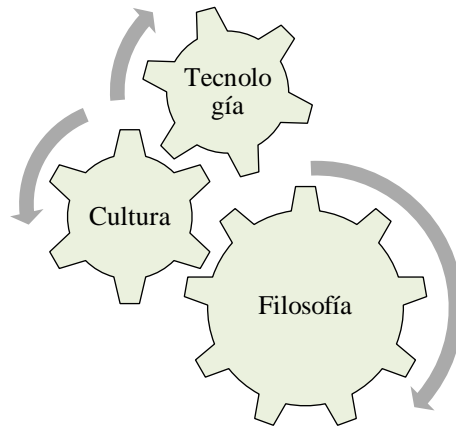


Figura 1. Elementos que conforman Lean.

La filosofía lean tiene 5 pasos (Jones & Womack, 2003):

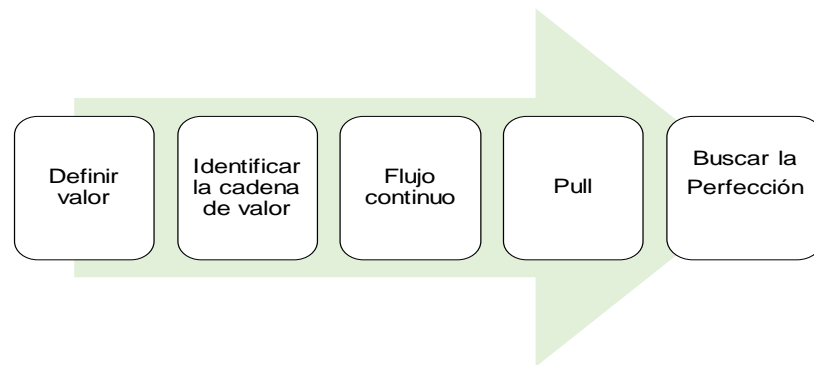


Figura 2. Pasos para implementar filosofía lean en una empresa.

Paso 1: Definir valor

El valor lo define el cliente y lo crea el productor. Este paso supone un cambio en el enfoque desde un punto de vista centrado en el interior de la empresa hacia un punto de vista centrado en el cliente.

Paso 2: Identificar la cadena de valor

Una cadena de valor trata de todas las acciones específicas requeridas para pasar un producto concreto desde su concepción, pasando por su producción hasta su entrega final, es decir todos los pasos concretos necesarios. Siempre que haya un producto/servicio para un cliente, hay una cadena de valor.

Paso 3: Flujo sin interrupciones

Una vez que hemos hallado lo que nuestros clientes definen como valor, hemos mapeado la cadena de valor completa a lo largo de toda la empresa y hemos eliminado los pasos que son despilfarros, hemos creado flujo continuo.

Paso 4: Pull

Es el cliente quien “tira” de la producción. Pull significa tirar y es lo que se implanta en procesos donde no se haya podido implantar flujo aún. O hay flujo o hay pull. El sistema pull se ha venido denominando como sistema Just in Time (JIT) confundiéndolo a veces con la filosofía Lean, el JIT es sólo una pieza del engranaje.

Paso 5: Buscar la perfección

Hallar la definición de valor por parte del cliente, definir las cadenas de valor, implantar flujo donde se pueda y donde no, implantar pull. Repetir este ciclo de forma indefinida es lo que podemos llamar buscar la perfección.

Uno de los principales requisitos para el seguimiento de la perfección es la transparencia, es decir que todos en la cadena de suministro puedan ver todo de forma que puedan proponer mejoras y nuevas y mejores formas de crear valor para el cliente.

1.2.2. Lean Production System

Lean Production System es la interpretación al inglés de lo que es el Toyota Production System (TPS). El TPS es una consolidación, realizada en los años 50 por Taiichi Ohno, de toda la innovación en la producción que sucedió en la empresa Toyota Motor Corporation durante veinte años.

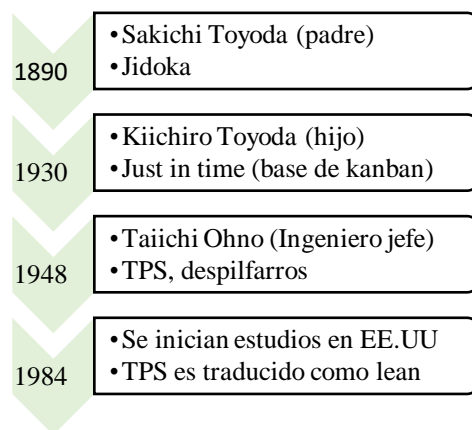


Figura 3. Origen de lean.

Cuando el sistema de producción en masa se expandía por el mundo, en Japón no había mercado suficiente para producir grandes cantidades de vehículos y así aprovechar las supuestas ventajas que este sistema ofrecía.

Taiichi Ohno estudio la situación y mediante la observación práctica, la prueba y el error, desarrolló un sistema de producción que doblaba o triplicaba el rendimiento de la producción en masa. El resultado fue el Toyota System Production, que luego de ser estudiado por el mundo se hizo conocido como lean production.

Ohno define la filosofía lean de la siguiente manera: “El objetivo es incrementar la eficacia de la producción eliminando los despilfarros de forma consistente e implacable. Esto, y el respeto a las personas, de la misma importancia, configuran la base de un sistema lean”.



Figura 4. Anillo de la improductividad. Adaptado del autor Taiichi Ohno (1998).

En 1984, el Massachusetts Institute of Technology, designa al profesor James Womack como investigador en jefe de la experiencia de producción de la empresa Toyota Motor Corporation.

En el año 1990 se publica un libro denominado “La máquina que cambió el mundo” que recoge los frutos de 5 años de esta investigación, en el que se acuña el término lean manufacturing.

En 1996, año de publicación de otro libro de Jim Womack y Daniel Jones llamado “Lean Thinking” se profundiza sobre algunos aspectos, pero la información aún es insuficiente para implantar la metodología.

En el año 1999 se publica sobre la herramienta Value Stream Mapping (VSM) en un workbook llamado “Learning to See”, de Mike Rother y John Shook. Ahora ya sí se disponen de las herramientas necesarias para comenzar el cambio desde los sistemas antiguos a lean.

Actualmente, *lean production* es una filosofía de trabajo bajo el enfoque de la mejora continua y optimización de un sistema de producción cuyo objetivo es la eliminación de todo tipo de despilfarro y el incremento del valor del producto.

También implica una visión dual de la producción que está compuesta por conversiones y flujos. La eficiencia global de la producción es atribuible tanto a la eficiencia (grado de tecnología, habilidades, motivación, etc.) de las actividades de conversión realizadas, así como la eficiencia de las actividades de flujo a través de las cuales las actividades de conversión están enlazadas entre sí.

1.2.3. Lean Construction

Lean Construction es una nueva forma de producción. Abarca la aplicación de los principios y herramientas lean al proceso completo de un proyecto de construcción, desde su concepción hasta su ejecución y funcionamiento.

Es el profesor Lauri Koskela quien estudia la adaptación de la filosofía lean al sector construcción en su tesis doctoral presentada en la Universidad de Salford, Reino Unido, en el año 1992, titulada: “Investigación de una teoría de producción y su aplicación a la construcción”.

Posteriormente varios profesores de la Universidad de Berkeley en California, Estados Unidos, convergen en esta teoría y comienzan a desarrollar trabajos de aplicación de Lean Production System a la construcción. Ellos son: Glenn Ballard, Greg Howell, Will Lichtig y otros, a los que más adelante se une el profesor Luis Fernando Alarcón de la Pontificia Universidad Católica de Santiago de Chile.

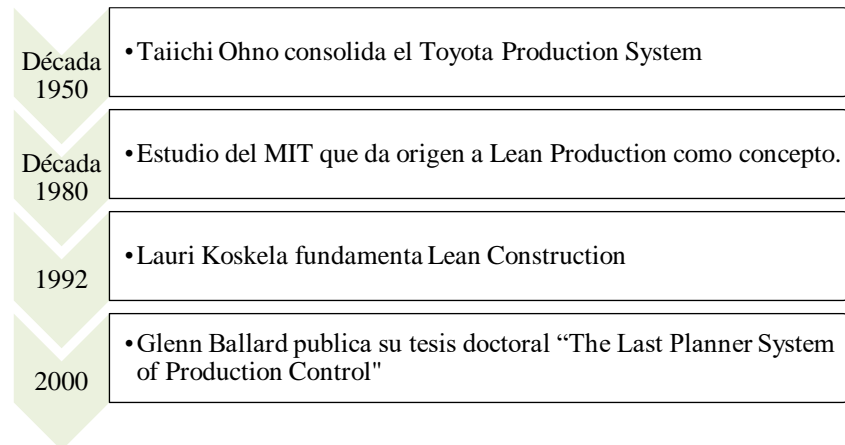


Figura 5. Resumen cronológico de Lean Construction.

La construcción lean es descrita por Koskela (1992) bajo el siguiente enunciado: “La producción es un flujo de materiales y/o información desde las materias primas hasta el producto final. En este flujo, el material es procesado (transformado), inspeccionado, permanece en espera o en movimiento. Estas actividades son inherentemente diferentes. El procesamiento representa el aspecto de transformación de la producción, en cambio, la inspección, el movimiento, y la espera representan el aspecto de flujo de la producción”.

Koskela estableció los fundamentos teóricos y desarrolló una teoría adaptada al ámbito de la construcción conocida como TFV (transformación-flujo-valor): la transformación de información o materias primas para agregar valor, por medio de un flujo de actividades buscando la máxima agregación de valor para el cliente tanto en el proceso y como en el producto final (control de la producción desde el punto de vista del cliente).

Una forma simple de visualizar esta teoría sería la siguiente: pegar ladrillos con mortero, transformando así materiales en m² de muro; hacer fluir el cemento, la arena, el agua, los ladrillos, las herramientas y el personal hasta el lugar donde se realiza la tarea; hacer que ese m² de muro sea económico, estético y seguro.

Las actividades de flujo se dividen en dos grupos: actividades contributivas, que son aquellas necesarias para generar valor, y las actividades no contributivas, que son desperdicios. Debemos enfocarnos en la reducción de las actividades contributivas, eliminación de las actividades no contributivas e incremento de las actividades de conversión.

El enfoque hacia la eliminación de las actividades no contributivas es muy importante porque los niveles de desperdicio en la construcción, en todo el mundo, son muy altos.

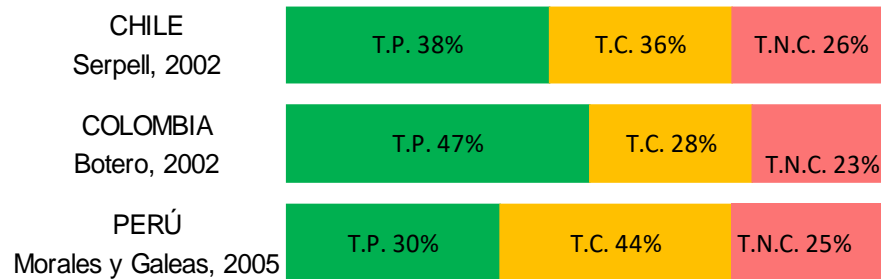


Figura 6. Muestreo de la distribución del trabajo en sector construcción de tres países de Sudamérica. Adaptado de (Orihuela, El Lean Construction en el Perú, 2011)

Diversos muestreos de los tipos de trabajo en la construcción, los cuales pueden ser productivo (TP), contributorio (TC) y no contributorio (TNC), nos dicen que alrededor de una tercera parte de la producción en una obra de construcción está compuesta por desperdicios. (Orihuela, El Lean Construction en el Perú, 2011)

La industria de la construcción se desarrolla en escenarios de alta incertidumbre donde los flujos de producción están sujetos a constantes interrupciones. Es por esto, que el control de la variabilidad y la continuidad de los flujos son protagonistas en el Lean Construction.

Lean Construction también cuestiona la creencia de que siempre debe haber una relación entre el tiempo, el coste y la calidad. Mayor calidad y mayor rendimiento no tiene porqué implicar mayor coste.

Existen una serie de herramientas lean enfocadas en el sector construcción que, sumadas a una sólida formación técnica sobre los conceptos de esta metodología y la implementación de nuevas tecnologías, son el punto de partida para generar cambios sobre los procesos de producción:

- Last Planner System es un sistema de control de la producción que se refleja en un documento consensuado y un compromiso de todos los participantes en cumplirlo (Ballard, 2000).
- Lean Project Delivery System (Ballard, 2013) en el que se definen los procesos de un proyecto de construcción como una consecución de fases entrelazadas en el que se va detallando progresivamente el

producto desde la definición a la puesta en marcha, pasando por las fases de diseño, suministro y ejecución.

- Target Value Design, es una práctica de gestión que hace que el coste objetivo sea quien decida el diseño. Utiliza objetivos de coste, planificación y entrega de valor como los criterios primarios para el diseño desde las fases más tempranas del proyecto.

1.2.4. Despilfarros

Se define como “despilfarros” 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.

Los despilfarros son barreras para lograr flujo continuo. Los encontramos en los flujos de materiales e información de una cadena de valor.

Los despilfarros son clasificados por lean de la siguiente forma:

- Mura: Palabra japonesa para “desequilibrio”. Variación de la demanda que hace que el flujo de trabajo sea desigual. (Lean Construction Institute, 2017). Esto genera irregularidades y variaciones en las condiciones de trabajo.
- Muri: Palabra japonesa para “sobrecarga”. Demanda excesiva en un sistema que hace que el sistema produzca más allá de su capacidad razonable (exceso de trabajo del personal y/o de maquinaria) resultando en problemas de seguridad y calidad. (Lean Construction Institute, 2017).
- Muda: Palabra japonesa que en español significa “sin valor agregado”. Se refiere a la actividad humana que consume recursos, pero no genera valor. (Lean Construction Institute, 2017). También se refiere a utilizar recursos superiores a los mínimos requeridos

Cuando se presenta algún tipo de mura, el sistema completo se desequilibra, generando muri y muda.

(Womack, 2006) nos recomienda estudiar la cadena de valor para identificar las causas que generan mura y muri. Una vez estudiado esto, será mucho más fácil abordar la eliminación de mudas. Hacerlo al revés no es recomendable pues sin descubrir las causas raíces la muda será eliminada solo de forma transitoria.

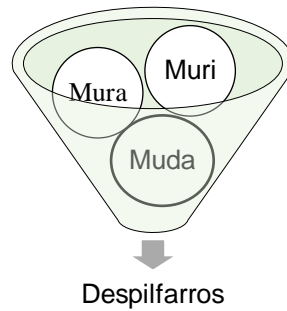


Figura 7. Tipos de despilfarros. Elaboración propia.

Taiichi Ono identificó 7 tipos de muda frecuentes en la industria automotriz que también pueden ser encontrados en la industria de la construcción: defectos, espera, transporte de mercancías, movimiento, inventario, sobreproducción, pasos innecesarios del proceso.

Koskela, en el 2004, presenta dos nuevos tipos de muda: making do, subestimar una tarea.

Liker y Meier, en el año 2000, identifican un décimo tipo de muda, que tiene que ver con perder las ideas que tienen los trabajadores. Los trabajadores son los que saben cómo se hace el trabajo, por lo tanto, si uno no los escucha se pierden muchas oportunidades de mejora.

Nuevos movimientos agregan un onceavo tipo de muda: los desperdicios arrojados al medio ambiente, como energía no aprovechada. (Marin Aravena, 2015)

Todo desperdicio tiene una fuente. Es importante reconocer el tipo de desperdicio y las fuentes asociadas, de esta manera se realiza la búsqueda de causas raíces y se elabora un plan de contingencia para su eliminación. (Centro de Excelencia en Gestión de la Producción, 2016) clasifica las fuentes de la siguiente manera:

- Gestión administrativa: Acciones de departamentos administrativos que no aseguran el cumplimiento del proyecto en términos de planificación, organización, dirección, coordinación, control, etc.
- Gestión de uso de recursos: Acciones de profesionales que no aseguran un eficiente uso de los recursos, ya sean materiales, mano de obra, maquinarias o equipos.
- Gestión de información: Acciones que no facilitan conocimiento e información requerida para la realización de actividades en obra.

Con el fin de eliminar los desperdicios: una vez identificadas las causas raíces, si se demuestra que sólo pueden provenir de un tipo de problema común, se puede utilizar el método de los 5 por qué, dado que el problema tiene una causa lineal. Si los desperdicios pueden provenir de múltiples fuentes, será necesario utilizar el método de Ishikawa para la identificación de la(s) fuente(s) de pérdida(s) y problema(s) específico(s) a tratar. (Centro de Excelencia en Gestión de la Producción, 2016)

Tabla 1.1. Tipos de desperdicio

	TIPO DE PÉRDIDA	DEFINICIÓN
TAIICHI ONO (1950)	ESPERAS O INACTIVIDAD	Interrupciones del trabajo o tiempo de inactividad por esperar recursos o información
	DEFECTOS O RETRABAJO	Actividad que requiere re-trabajo por errores u omisión.
	MOVIMIENTO	Movimientos innecesarios o ineficientes realizados por los TRABAJADORES durante su trabajo.
	TRANSPORTE	Transporte interno innecesario de los RECURSOS (materiales, maquinaria, datos) en la obra. Esto incluye trabajo administrativo.
	SOBREPROCESAMIENTO	Trabajo adicional no pagado por el cliente. Uso excesivo de materia prima, equipos, para producir.
	INVENTARIO	Inventarios excesivos, innecesarios o antes de tiempo que conducen a pérdidas de material (deterioro, pérdidas, robo y vandalismo), personal adicional para gestionar ese exceso de material.
	SOBREPRODUCCIÓN O PRODUCIR DE MÁS	Producir en exceso o ejecutar una actividad antes de que sea realmente necesaria. Más calidad de la requerida. Procesos duplicados.
KOSKELA (2004)	HACER POR HACER O MAKING DO	Improvisación por parte del personal. Es decir, ejecutar una tarea continúa aunque los elementos necesarios no estén disponibles.
	SUBESTIMAR UNA TAREA	Pensar que se requieren menos recursos y menos tiempo para ejecutar una tarea.
LIKER Y MEIER (2006)	TALENTO	Pérdida de oportunidades de mejora por no escuchar las ideas y propuestas de mejora de los trabajadores. Desaprovechar sus habilidades.
	DESPERDICIOS AL MEDIO AMBIENTE	Emissiones o energía desperdiciada que puede ser útil en otro proceso.

1.2.5. Fast Tracking

Fast track (en español ejecución rápida) es un término derivado de informática. La sexta edición del libro PMBOK (Project Management Body of Knowledge) del PMI (Project Management Institute) define el fast tracking como una técnica de compresión del cronograma en la que actividades o fases que normalmente se realizan en secuencia se llevan a cabo en paralelo al menos durante una parte de su duración.

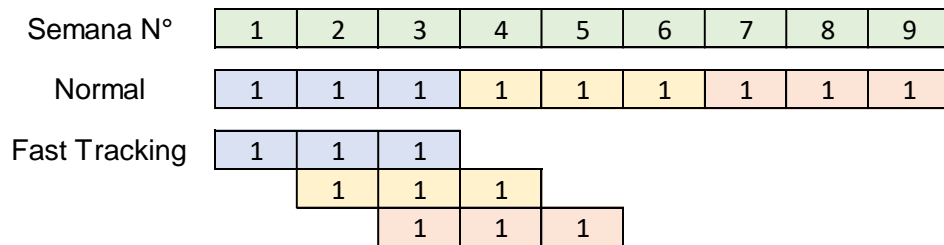


Figura 8. Compresión de cronograma mediante fast tracking.

Las técnicas de compresión del cronograma se utilizan para acortar o acelerar la duración del cronograma sin reducir el alcance del proyecto, con el objetivo de cumplir con las restricciones del cronograma, las fechas impuestas u otros objetivos del cronograma.

Actualmente, en construcción, llamamos proyecto fast track a un sistema de gestión de la construcción en el que el diseño del proyecto y la ejecución de la obra se realizan de manera solapada, superponiendo actividades que podrían realizarse en una secuencia rígida, produciéndose una considerable reducción del tiempo total. La variabilidad de los flujos en este tipo de proyectos es altísima.

El fast track construction se aplica en proyectos que tienen plazos de entrega muy reducidos y no son suelen ser económicos pues el uso intensivo de recursos tiende a incrementar el costo. Usualmente se aplica en plantas industriales, donde mientras más pronta sea su puesta en operación, más pronto el cliente recupera su inversión y verá las ganancias.

Uno de las más altas desventajas de este tipo de proyectos es que no se conoce el costo total del proyecto hasta que éste está terminado, la segunda es que si no se

tiene un buen manejo de las relaciones contratista-cliente se pueden generar tensiones internas en el trabajo debido a la presión sobre la contratista de cumplir la programación sin atrasos.

Como el factor tiempo es más importante que el factor costo, en un proyecto fast track el diseño se separa en paquetes de trabajo que a medida que se van culminando se van ejecutando. Estos paquetes de trabajo pueden ser especialidades, como obras civiles, o pueden ser frentes de trabajo, como la construcción de una nave de palanquillas en una planta de producción de acero.

Para poder ejecutar un proyecto fast track de manera exitosa es necesario tener en mente las siguientes premisas:

- Mantener comunicación constante, clara y eficaz con el cliente, sobre los plazos para la toma de decisiones. De igual manera con los contratistas y subcontratistas, para asegurar que todos entienden la importancia de su labor para el éxito del proyecto.
- Controlar completamente la cadena de suministros, los atrasos no son admisibles pues no existe holgura en el cronograma. Las herramientas lean son un gran soporte para lograrlo.
- Tener una política clara de gestión de cambios que permita soportar la gestión de los altos riesgos existentes.
- Considerar el trabajar en turno día y turno noche para prevenir retrasos en caso sea necesario realizar retrabajos.
- Asegurar la participación del diseñador a lo largo de la ejecución del proyecto. Es recomendable que el cliente designe al proyectista como administrador de proyecto, ya que es la persona que conoce más el proyecto y todos los temas que involucra. De esta forma se permite al contratista aclarar todos los temas que puedan estar poco claros conforme se va realizando la construcción.

1.2.6. Gestión de la productividad en la construcción

Existen factores que impactan negativamente en la productividad, generando desperdicios, así como también existen factores que impactan positivamente. Es parte del trabajo del equipo constructor identificar ambos tipos de factores.

Estudios realizados a empresas constructoras en Lima nos permite concluir que las empresas que ejercen un mayor y mejor nivel profesional de planificación en obra obtienen los mejores resultados de productividad. (Ghio Castillo, 2001)

Experiencias con empresas constructoras muestran un uso inadecuado de la planificación, tanto a largo como a corto plazo. La alta presión de trabajo y la dinámica intensa de las obras de construcción lleva a los profesionales y mandos intermedios a trabajar en función de lo inmediato, enfatizándose muchas veces aspectos que no son críticos para el cumplimiento de los objetivos del proyecto por no tener una base clara de comparación de como debiera ser el plan de trabajo del mismo. (Serpell Bley, 2002)

En algunos casos se realiza una planificación siguiendo métodos tradicionales y al final del día no se cumple. Algunos de los motivos son los siguientes (Ballard, 2000):

- La planificación tradicional se basa en la destreza del ingeniero a cargo de la programación de la obra.
- Se mide lo realizado contra lo programado en la obra, pero no se mide el desempeño de la habilidad y la destreza para planificar. Esto conlleva a que no se analicen los errores de la planificación y sus causas, y por lo tanto a que no se genere un aprendizaje.

La planificación tradicional sirve sólo para ordenar las tareas o cumplir con requisitos contractuales, pero no para reflejar rendimientos y productividad. También se ve desfasada al aplicarse en obras con entornos de alta incertidumbre, como en los proyectos fast track.

Otro factor negativo que impacta en la productividad es el uso de sistemas de control de costos que se limitan a comparar los costos reales con los costos presupuestados sin tener en cuenta los factores que influyen en ellos. Algunas de sus desventajas son:

- No medir la productividad real.
- No enfocar los problemas que impiden el incremento de la productividad.
- Esconder los problemas hasta que el impacto en la obra es muy alto y difícil de mitigar.

- Enfatizar la atención en los costos que sobrepasan el presupuesto sin aprovechar las oportunidades de ahorro que pueden existir en partidas que se mantienen debajo del presupuesto.

La posibilidad de medir la eficiencia de la gestión en obra prácticamente en tiempo real hace posible generar los cambios necesarios para mejorar la productividad porque permite conocer donde se encuentran los problemas y la escala de estos. Para iniciar la gestión de la productividad se puede iniciar con un enfoque en las partidas de mayor incidencia en el presupuesto, previo estudio, para luego extender las buenas prácticas a todo el proyecto.

Las etapas generales recomendadas para medir la productividad son:

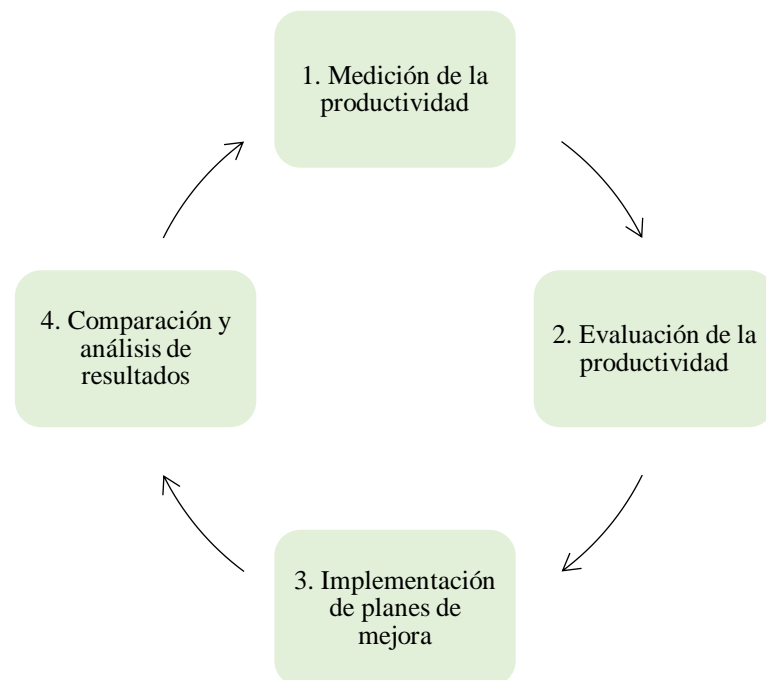


Figura 9. Ciclo de gestión de la productividad.

Es importante recalcar que el impacto global de las actividades de reducción de pérdidas dependerá fundamentalmente de la relevancia de la partida elegida. Por esto, antes de comenzar el procedimiento, debe tenerse en cuenta que la partida crítica seleccionada debe cumplir al menos con las siguientes condiciones (Centro de Excelencia en Gestión de la Producción, 2016):

- La partida debería tener un grado de avance de al menos un 25%, ya que en general, las partidas tienen un menor rendimiento en las etapas

iniciales, por lo que las mediciones iniciales pueden no ser representativas para posteriores análisis.

- La partida debería ser de carácter repetitivo para que pueda ser sujeta a mediciones subsecuentes que corroboren la efectividad de las medidas implementadas.
- La partida debe ser relevante dentro de la obra, lo cual excluye a tareas contributivas y de soporte. Por ejemplo, iniciativas tomadas en la instalación de obras provisionales puede no ser influyente sobre el desempeño global del proyecto.
- El horizonte de ejecución de la tarea debe ser tal que permita la realización de un ciclo de mejora continua. Tareas con un tiempo de ciclo muy largo dificultarán la mejora iterativa y tareas con un ciclo de vida muy corto pueden terminarse antes de culminar con la estandarización de las mejoras.
- La fecha estimada de fin no deberá ser menor a dos meses desde el inicio del estudio. Lo anterior, con el fin de contar con tiempo suficiente para realizar a lo menos un ciclo de mejora continua, incluyendo la medición de rendimientos en estado real y posterior a las intervenciones plasmadas en el plan de acción.

1.2.7. El factor humano en la construcción

Los problemas de cualquier empresa u organización se derivan de sus sistemas, procesos y métodos, y no necesariamente de sus trabajadores de forma individual. Los trabajadores lo hacen lo mejor que pueden y saben, pero ni siquiera sus más grandes esfuerzos pueden compensar los sistemas disfuncionales e inadecuados que tienen en marcha. (Buzón Quijada)

Las empresas suelen buscar los esfuerzos heroicos de personas extraordinarias para obtener el éxito de la empresa cuando deben centrarse en crear sistemas que de forma sistemática permitan alcanzar resultados excelentes con el trabajo ordinario de las personas. (Buzón Quijada)

La mano de obra es un factor variable en el sector construcción, por lo que requiere un análisis que combine conocimiento técnico y empatía ya que no solo son

personas capaces de realizar el trabajo, sino que también tienen motivaciones, preferencias, tiempos de concentración y energía limitados.

La gestión del recurso humano que trabaja en la construcción generalmente presenta algunos problemas que afectan su desempeño, como los siguientes:

- Capacitación deficiente, lo que provoca problemas de calidad, lentitud en la ejecución de los trabajos, etc.
- Problemas importantes de seguridad en la obra, lo que impacta negativamente el desempeño de las personas.
- Falta de reconocimiento de la buena labor del recurso humano en las obras, lo que se traduce en poca motivación e insatisfacción con el trabajo.
- Responsabilizar a los trabajadores del logro de una alta productividad, sin reconocer que la influencia que ellos tienen sobre este es mínima, pues el peso mayor recae en la gestión de la misma.
- Fallas en la comunicación entre los distintos equipos de trabajo, entre ingenieros y obreros, entre empresa y obreros.

Es una práctica común en empresas constructoras pequeñas y medianas no incluir dentro de sus estrategias de mejora de productividad el trabajar con la motivación del personal, sufriendo como consecuencia alta rotación de personal, alto ausentismo, abandono de trabajo, disminución de rendimientos. Esto genera sobrecostos y pone en riesgo el cumplimiento de plazos de entrega.

Para incrementar la motivación de los trabajadores se puede armar un plan de trabajo que incluyan actividades como las siguientes:

- A través de encuestas identificar qué incentivos tienen valor para los trabajadores, de tal manera que se establezca un sistema de recompensas.
- Implementar reconocimientos públicos de alto desempeño laboral, semanal o mensualmente.
- Lograr que el trabajador se sienta identificado con la misión de la obra y valorado por la empresa mediante la entrega de cascos con sus nombres y el logo de la empresa, que en las charlas generales se compartan noticias relacionadas a los hitos de la obra.

El respeto a las personas es una de bases de la filosofía lean. Taiichi Ohno manifiesta que el respeto a las personas es tan importante como la eliminación constante del despilfarro. Las personas deben ser respetadas para poder conseguir el objetivo de identificar y eliminar el despilfarro para poder aumentar la productividad. Sin un equipo que se sienta respetado y sea desarrollado no se puede llevar a cabo la tarea de la mejora continua. (Buzón Quijada)

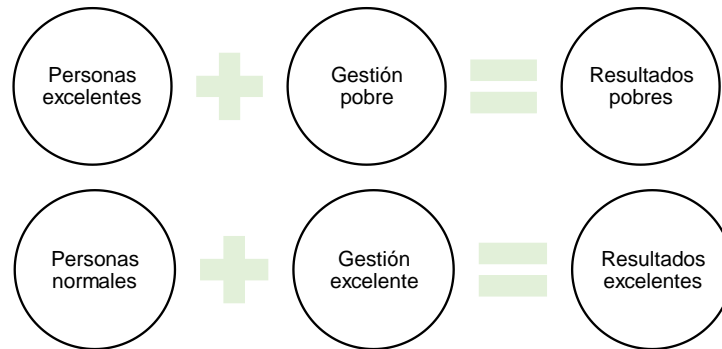


Figura 10. Relación entre personas, gestión y resultados.

1.2.8. Herramientas para el control de la productividad

1.2.8.1. Curvas de productividad

Las curvas de productividad son la representación gráfica de las variaciones en los ratios diarios de la mano de obra para una actividad en específico. En el eje de las abscisas se coloca los días y en el eje de las ordenadas se coloca los ratios obtenido en cada día de evaluación.

Nos permiten observar de manera más sencilla los resultados que nos arroja el Informe Semanal de Producción ya que grafica tanto el ratio real promedio y el ratio presupuestado, haciendo posible bosquejar tendencias de la mano de obra de una actividad.

Una curva que va en disminución significa que el ratio tiende a la mejora pues se obtiene debido a que se invierten cada vez menos horas hombre para obtener una unidad de producción.



Figura 11. Curva de productividad con rendimiento en mejora.

Para que las curvas de productividad tengan validez, deben ser acompañadas de un informe de los eventos saltantes atípicos que podrían generar picos o valles en las curvas, es decir, ratios altos o bajos que pudiesen ser aislados.

1.2.8.2. Last Planner System (LPS)

Last Planner System en español significa Sistema del Último Planificador, es una de las herramientas lean más utilizadas en la industria de la construcción. Fue desarrollada por Glenn Ballard desde 1992 y finalmente presentada en su tesis doctoral en el año 2000, 50 años después del inicio de lo que ahora conocemos como filosofía lean.

LPS es un sistema colaborativo y está basado en el compromiso para asegurar la certeza a la planificación.

Presenta las siguientes ventajas:

- Optimizar los recursos, reducir los costes y mejorar la productividad
- Proteger a la producción de la incertidumbre.
- Identificar tempranamente riesgos y oportunidades.
- Mejorar el ambiente de trabajo consiguiendo una mayor integración y conexión con otras empresas.
- Cada subcontratista se compromete a través de la metodología colaborativa.
- Alentar al equipo a comprender y eliminar las restricciones que impiden el trabajo.
- Entender las dependencias con las otras subcontratas.

Plantea que la brecha entre lo que debería hacerse y lo que finalmente se hizo se puede mejorar significativamente si obtenemos información confiable y en conjunto con los últimos planificadores (maestros de obra, subcontratistas, jefes de cuadrilla, etc.).

De esta forma podemos visualizar en un plazo intermedio lo que en la práctica se puede hacer, y luego en un plazo más inmediato, lo que con mucha más certeza se hará. (Orihuela & Ulloa, La planificación de obras y el sistema Last Planner, 2011) Así pues, LPS puede definirse como un método de control de producción diseñado para integrar “lo que debería hacerse” – “lo que se puede hacer” – “lo que se hará” – “lo que se hizo realmente” de la planificación y asignación de tareas de un proyecto. Su objetivo es entregar flujo de trabajo fiable y aprendizaje rápido. (Orihuela & Ulloa, La planificación de obras y el sistema Last Planner, 2011)

LPS integra herramientas como: la planificación maestra (plan maestro), planificación por fases, lookahead (en español significa mirar hacia adelante) o planificación intermedia, análisis de las restricciones, inventario de trabajo ejecutable (ITR), plan semanal de producción, porcentaje del plan completado (PPC) y causas de no cumplimiento (CNC).

Estas se implementan por niveles, teniendo la siguiente estructura:

i. Planificación Maestra y Planificación por fases

Se parte de la tradicional programación maestra de toda la obra, la cual se usa como un referente de hitos; luego baja a una programación por fases, por ejemplo: excavaciones, cimentación, casco, instalaciones de agua y desagüe, entubados eléctricos, etc. Esto es lo que DEBERÍA hacerse.

ii. Planificación intermedia o Lookahead

Después se abre una ventana de programación de tres a seis semanas denominada lookahead, donde se aplica el Análisis de Restricciones.

La cantidad de semanas de un lookahead depende de la capacidad del equipo de construcción de levantar las restricciones, mientras más efectivos sean, más semanas abarcará.

Se analiza lo que se PUEDE hacer.

iii. Análisis de Restricciones

El análisis de restricciones se divide en dos pasos:

- Identificar las restricciones, adelantándose a seleccionar las posibles causas que pudieran generar que una actividad no se realice.
- Listar las restricciones pendientes de levantamiento, asignarle un responsable y un plazo. Si alguna restricción listada no llega a levantarse en la fecha programada generará retrasos en la planificación. Aquí es donde el compromiso y la colaboración juegan un papel crucial.

Para identificar y analizar las restricciones, se puede iniciar evaluando los ocho principales flujos que existen en obra.

Tabla 2. Flujos para análisis de restricciones

	FLUJO	EJEMPLO
S	Seguridad	Condiciones seguras, EPPs suficientes
I	Información	Planos, especificaciones técnicas, RFIs
E	Espacio	Señalización, delimitación, circulación
M	Material	Calidad exigida
P	Personal	Cantidad necesaria, experiencia
R	Requisitos	Actividades previas liberadas, permisos
E	Equipos	Capacidad necesaria, repuestos, operador

iv. Inventario de Trabajo Ejecutable (ITR).

No todas las actividades libres de restricción pasan del lookahead a la planificación semanal, algunas pueden no ser prioritarias frente a otras reprogramadas. Estas actividades se consolidan en un Inventario de Trabajo Ejecutable (ITR).

El ITR agrupa asignaciones “de reserva” que se ejecutarán de emergencia para mantener la eficiencia de la labor en caso que las actividades que sí estaban planeadas no se pueden ejecutar o si el personal termina antes de lo previsto.

v. Programación Semanal

En esa etapa las actividades son planificadas con el máximo nivel de detalle antes de su ejecución. Es en esta instancia donde los últimos planificadores entran en juego activamente,

comprometiéndose a realizar avances definidos sobre cada una de las actividades en las que están a cargo.

La programación semanal es lo que finalmente se HARÁ. Sólo pueden entrar en la programación semanal aquellas asignaciones que se encuentren sin restricciones. Una asignación es una orden directa de trabajo y, por lo tanto, es el nivel más bajo de la planificación.

Se debe tener presente que muchas veces, a pesar de haber cumplido todos los pasos para llegar a una programación semanal liberada, pueden existir causas externas que lo afecten. Por eso es muy útil contar con un ITR para mantener un flujo continuo de actividades.

vi. Porcentaje de Planificación Completada (PPC)

Una vez realizados los trabajos (lo que se HIZO), los planificadores son retroalimentados con el Porcentaje de Planificación Completada (PPC) y con las Causas de No Cumplimiento (CNC).

Este indicador mide la confiabilidad de la planificación de la programación semanal.

El porcentaje de planificación completada se calcula a través de una fórmula:

$$PPC \text{ semanal} = \frac{n^{\circ} \text{ de actividades ejecutadas}}{n^{\circ} \text{ de actividades planificadas}} \times 100$$

El PPC meta de acuerdo con las diferentes investigaciones y lecciones aprendidas en la industria oscila entre 70% - 85%.

Asimismo, un PPC completo al 100% semana tras semana nos puede dar a entender que quizá estemos usando mucho más recursos y tiempo de los que demanda la realización de nuestras actividades. También nos puede indicar que estamos siendo muy “conservadores” al planificar las actividades, que la productividad con la que se planifica es inferior a la que realmente se alcanza en campo.

vii. Causas de No Cumplimiento (CNC)

Las Causas de No Cumplimiento son las razones por las que las actividades comprometidas no pudieron ser completadas o la razón por la que la meta comprometida por el Último Planificador no fue alcanzada. Estas deben ser reportadas por los Últimos Planificadores en las reuniones semanales, identificando su origen.

Es menester definir las CNC de forma clara y detallada debido a que muchas veces las CNC reportadas son superficiales, logrando identificar sólo el primer eslabón de la cadena de problemas; esto es necesario debido a que posteriormente las CNC deben ser analizadas por el equipo para lograr llegar a la identificación de la causa raíz.

Las CNC tienen como fin monitorear dónde está la causa del no cumplimiento de una actividad y en qué proceso. La data histórica de este indicador ayuda a mejorar el proceso de análisis de restricciones, incrementando el PPC del plan semanal.

Este indicador, junto al análisis de las PPC, ubican las debilidades de planificación y permiten su mejora.



Figura 12. Herramientas integradas en LPS.

LPS también usa métricas como: porcentaje de cumplimiento restricciones (PCR), porcentaje de trabajo completado (PWC), índice de preparación de trabajo (TMR),

impacto de las causas de no cumplimiento (CNCI), índice de desempeño de programa (SPI), desviación de programa (DP). (Alarcón Cárdenas, 2020)

Tabla 3. Indicadores de LPS.

KPI	Método	Objetivo
PPC	Compromisos cumplidos sobre pactados	Qué tan buenas son nuestras promesas
PCR	Restricciones liberadas sobre planificadas	Qué tan efectiva es nuestra liberación de restricciones
PWC	Suma de avance tarea sobre compromiso	Cómo estamos cumpliendo nuestras metas
TMR	Tareas en ITE sobre tareas en lookahead	Cómo estamos preparando el trabajo
CNCI	Avance faltante sobre avance comprometido	Qué problemáticas son las más relevantes
SPI	Avance real acumulado sobre planificado	Cómo estamos cumpliendo el programa
DP	Delta de avance sobre avance planificado	Cuánto es nuestro atraso o adelanto

Fuente: Adaptado de (Alarcón Cárdenas, 2020)

Todo lo mencionado se sostiene en obra mediante reuniones semanales que generalmente son llevadas a cabo generalmente los días jueves. No se recomienda que se realicen los lunes ya que muchas restricciones de esa semana son levantadas ese día.

En estas reuniones se realizan las siguientes actividades:

- Se determina el PPC de la semana anterior y se discuten las CNC.
- Se revisa el cumplimiento del levantamiento de restricciones de la presente semana de trabajo según lo acordado en la reunión semanal anterior.
- Se revisa el lookahead vigente y se define la programación de la siguiente semana.
- Se analizan las restricciones de las actividades programadas para la siguiente semana y se asignan a los responsables de su cumplimiento.

LPS no reemplaza los métodos de planificación mediante redes y caminos críticos, sino que es un buen complemento que permite manejar la variabilidad de la planificación (Marin Aravena, 2015).

LPS ejemplifica el concepto de control preventivo porque busca que los eventos sucedan según el plan, distante del concepto tradicional de control de proyectos que se enfoca en la corrección una vez sucedidos los hechos.

En muchos proyectos solo se aplican algunas herramientas como lookahead y el cálculo del PPC, siendo útiles. Sin embargo, Es imprescindible recalcar que la efectividad de aplicar este sistema es mayor si se respetan e implementan todos los niveles de planificación.

1.2.9. Informe semanal de producción (ISP)

El Informe Semanal de Producción es una herramienta peruana utilizada para realizar seguimiento y control a la productividad mediante partidas de control.

Esta herramienta se completa diariamente hasta obtener un reporte semanal que diagnostica el estado del proyecto en términos de progreso físico y progreso de horas hombre.

El uso del ISP nos permite:

- Registrar el progreso físico y progreso de horas hombre para las valorizaciones.
- Identificar problemas en la productividad.
- Consolidar data para tomar decisiones y acción sobre los indicadores negativos.
- Registrar la productividad real de procesos constructivos críticos para retroalimentar a la organización.
- Realizar proyecciones en plazos y costos del proyecto.
- Cuantificar las mejoras en la productividad una vez implementadas las acciones correctivas.
- Soportar solicitudes de mayores costos al cliente por pérdida de productividad.

Es necesario diseñar un flujo de información confiable para elaborar el informe semanal de producción (Ayala & Temoche, 2017):

- i) Generación de información: La información de producción, mano de obra, equipos y materiales (a través de reportes diarios) proviene del personal de campo.

- ii) Validación de información: Los ingenieros de producción deben revisar y validar la información proporcionada por personal de campo.
- iii) Procesamiento de información: Una vez que la información que proviene de campo sea validada, otras áreas deberán procesar y reportar a Control de Proyectos la información necesaria para elaborar y consolidar el ISP. Administración de obra reporta la información sobre mano de obra, almacén reporta sobre materiales y oficina técnica reporta el metrado ejecutado.
- iv) Consolidación de información: Una vez que las áreas reporten esta información, Control de Proyectos debe consolidar y reportar el ISP, utilizando el formato diseñado para el proyecto.

1.2.9.1. Componentes del Informe semanal de producción

No existe un formato único de ISP, éste se ajustará al nivel de control, envergadura, complejidad y tiempo del proyecto. El ISP puede ser estructurado mediante fases o frentes, partidas de control o actividades.

En su forma más básica se compone de la siguiente información: datos del proyecto (verde), datos de la producción semanal (rojo), datos acumulados (amarillo) y proyecciones (azul).

- Fase o Frente: Son la división macro de cómo se va a ejecutar la obra. Dependiendo del tipo de obra se elegirá un criterio específico como: ubicación, uso, especialidad, disciplina, entre otros.
- Partida de control: Es la agrupación de actividades o partidas afines que se desean controlar a través de una estructura de control diseñada para cada proyecto. Las actividades que conforman una partida de control pueden tener la misma unidad o utilizar las unidades equivalentes cuando se tienen diferentes unidades. El ratio de la partida de control se calcula a partir de la división de la sumatoria de HH de todas las actividades a incluir entre la sumatoria de los metrados de todas las actividades a incluir (luego de haber hallado las unidades equivalentes).

- Actividad: Asignaciones dadas al personal obrero que son realizadas con el fin de agregar valor al proyecto. Estas forman parte de las estructuras presupuestales.
- Unidad: Es la unidad de la partida de control. Las actividades a incluir en la partida de control deben tener la misma unidad que ésta.
- Previsión del presupuesto meta (I): Contiene la información del presupuesto meta como metrado total, horas hombres totales y el ratio meta.

El ratio meta determina cuál es la cantidad máxima de horas hombre que podemos invertir para producir una unidad del producto, es calculado y comprometido por el equipo. Con este indicador se realiza el control semanal de productividad.

Tabla 4. Formato ISP: Datos del proyecto.

Partida de Control	Unidad	Prevision Presupuesto Meta (I)		
		Metrado	HH	Ratio
FÓRMULAS		1	2	2/1

- Días de semana: Contiene la información semanal de producción como metrado diario, horas hombres reales diarias y el ratio diario. Se deben detallar todos los días de trabajo.
- Presente semana (II): Contiene la información acumulada de la semana. El metrado es la sumatoria del metrado ejecutado cada día, las horas hombre es la sumatoria de las horas hombre reales de cada día de la semana, el ratio es la división de las horas hombre entre el metrado.

Aquí es importante monitorear que el ratio semanal no exceda el ratio meta.

Tabla 5 Formato ISP: Datos semanales de producción.

Lunes			Domingo			Presente Semana (II)		
09/12/2019			15/12/2019					
Metrado	HH	Ratio	Metrado	HH	Ratio	Metrado	HH	Ratio
a	b	b/a	m	n	n/m	3	4	4/3

- Acumulado anterior (III): Contiene la información acumulada hasta antes de la semana en estudio.

- Acumulado actual (IV): Contiene la información acumulada incluida la semana en estudio.
- Saldo actual (V): Muestra el metrado faltante por ejecutar, el ratio que es un estimado determinado por el planificador (en base a su juicio de experto o datos históricos) con el cuál es probable se ejecute el metrado faltante, las horas hombre es una cantidad de horas estimadas para ejecutar el metrado faltante.

Tabla 6 Formato ISP: Datos acumulados.

Acumulado Anterior (III)			Acumulado Actual (IV=II+III)			Saldo Actual (V=I-IV)		
Metrado	HH	Ratio	Metrado	HH	Ratio	Metrado	HH	Ratio
5	6	6/5	7 = 3+5	8 = 4+6	8/7	9 = 1-7	10 = 9*11	11

- Proyección al término (VI): Muestra la proyección de la cantidad de horas hombre y el ratio con el que finalmente se ejecutaría la actividad.

Aquí es importante monitorear que el ratio proyectado no exceda el ratio meta, porque esto implicaría pérdidas de dinero.

Tabla 7 Formato ISP: Proyección al término.

Proyección al término (VI=IV+V)		
Metrado	HH	Ratio
12 = 7+9	13 = 8+10	14 = 13/12

Estos datos permiten calcular indicadores de valor ganado como el SPI (Índice de Desempeño del Cronograma) y CPI (Índice de Desempeño del Costo).

Estos indicadores son usados para determinar si a la fecha de corte un proceso se encuentra dentro del costo previsto y dentro de la fecha programada prevista, también para analizar las tendencias en costo y plazo.

1.2.10. Herramientas para la mejora de la productividad

1.2.10.1. Formato A3

El formato A3 es una herramienta lean desarrollada por la empresa Toyota Motor Corporation como ayuda visual para plantear propuestas de mejora y su seguimiento. La idea es comunicar esta información en una sola hoja de un tamaño de 297×420 milímetros.

Esta herramienta de resolución de problemas está fundamentada en el Ciclo de Deming (PDCA). Crea un procedimiento visual de trabajo, en equipo, para disminuir las pérdidas asociadas a la partida, a través de la solución de las causas raíces identificadas.

Un formato A3 no tiene una estructura establecida, pero suele contar con los siguientes campos:

Tabla 8. Campos de una tarjeta A3.

TITULO	RESPONSABLE
1. CONTEXTO	5. CONTRAMEDIDAS PROPUESTAS
Definir las dimensiones del problema, problemáticas específicas y potenciales impactos.	Ser propuestas exclusivamente para los factores determinados como controlables y relevantes en la etapa de análisis.
2. SITUACION ACTUAL	6. PLAN
Estado actual del problema y los aspectos relacionados con éste.	Debe tener responsables, un plan, que incluya acciones y fechas comprometidas
3. META/OBJETIVOS	7. SEGUIMIENTO
Los objetivos deben estar asociados a las dimensiones del problema, deben ser cuantificables y su alcance debe ser medible.	La primera parte establece indicadores de los objetivos, la segunda parte establece un proceso y plazo de seguimiento de las mejoras esperadas, la tercera parte establece cuándo y cómo establecer una iteración de mejora.
4. ANÁLISIS	
Se analiza la recopilación de información de terreno, los indicadores y se buscan las causas raíces.	

1.2.10.2. Diagrama de spaguetti

El diagrama de spaguetti es una representación visual del flujo físico y de los materiales, las personas e información que viajan en un proceso.

Este flujo que se representa con líneas que asemejan a un spaguetti, es usado en la industria para medir principalmente un tipo de desperdicio: el movimiento innecesario de trabajadores o de materiales.

Para realizar este diagrama la primera acción es medir un ciclo de trabajo completo de una persona para no perder ningún detalle.

Cuando está definido cuál es el proceso de trabajo que será medido, realizar los siguientes pasos:

- Dibujar el layout del lugar de análisis en una hoja, que usaremos durante todo el relevamiento.
- Escribir la hora de inicio y de fin del análisis al margen de la hoja.
- Para cada movimiento de la persona: dibujar una línea que marca el recorrido de la persona en el layout preparado, contar el número de pasos de cada movimiento y escribirlo cerca de la línea.
- Dibujar líneas diferentes para ida y vuelta.
- Al final: Anotar la hora de fin, sumar el número de pasos.
- Calcular la distancia total de movimiento, teniendo en consideración que un paso de una persona media mide más o menos 80cm.

1.2.10.3. Nivel general de actividades (NGA)

El nivel general de actividades es un estudio de tiempos y movimientos en toda una obra o de un frente de trabajo. Mide en porcentajes el trabajo productivo, el trabajo contributorio (TC) y el trabajo no contributorio (TNC). Su principal enfoque es sobre el TC y el TNC para disminuirlos, además, nos da una pista sobre en qué partida es más útil aplicar la carta balance.

La persona designada para realizar la medición debe recorrer toda la obra observando los trabajos tomando tiempos de las actividades que identifica. Si la obra no es muy extensa, puede situarse en un punto fijo.

El total de medidas debe ser por lo menos 384 mediciones lo que nos asegura un porcentaje de confiabilidad de 95%. Para tener una data significativa para evaluar se pide un mínimo de 5 NGA. (Serpell Bley, 2002)

La data se procesa para obtener cuadros resúmenes y diagramas que servirán para analizar la incidencia de las diferentes actividades que se vienen realizando en la obra.

NIVEL GENERAL DE ACTIVIDAD N°1

FECHA: _____ HORA INICIO: _____ HORA FIN: _____

	Partida	TP	TC					TNC					
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	Partida observada N°1												
2	Partida observada N°2												
3													
4													
5													
6													
7													
8													
9													
10													
11													
12													
13													
14													
15													
16													
17													
18													
19													
20													
21													
22													
23													
24													
25													
26													
27													
28													
29													
30													
31													
32													
33													
34													
35													
36													
37													
38													
39													

Trabajo Contributorio	
1	Actividad 1
2	Actividad 2
3	
4	
5	

Trabajo No Contributorio	
6	Actividad 3
7	Actividad 4
8	
9	
10	

Figura 13. Ejemplo de formato de NGA. Elaboración propia.

1.2.10.4. Cartas balance

La carta de balance o carta de equilibrio de una cuadrilla es un gráfico de barras verticales, que tiene una ordenada de tiempo, y una abscisa en la que se indican los recursos (operarios, oficiales, peones) que participan en la actividad que se estudia (por ejemplo, encofrado de columnas), asignándole una barra vertical a cada recurso. Generalmente se realiza cuando el nivel general de actividad de la obra arroja valores negativos.

El objetivo de esta técnica es analizar la eficiencia del método constructivo empleado y la composición de la cuadrilla de trabajo, más que la eficiencia de los obreros, de modo que no se pretende conseguir que trabajen más duro sino en forma más inteligente. Las vías para mejorar la eficiencia del grupo de trabajo que materializa las actividades de interés son la reasignación de tareas entre sus miembros y/o la modificación del tamaño del grupo que conforma la cuadrilla. La información se recoge mediante la observación directa. Conviene realizar no menos de tres muestreos, y en días distintos. La frecuencia aconsejada de muestreo es de un minuto, con no menos de treinta observaciones (30 minutos) en total, o las que sean necesarias para observar dos ciclos seguidos completos. Tener en cuenta que una persona difícilmente puede muestrear el trabajo consecutivo de más de ocho personas (Serpell Bley, 2002).

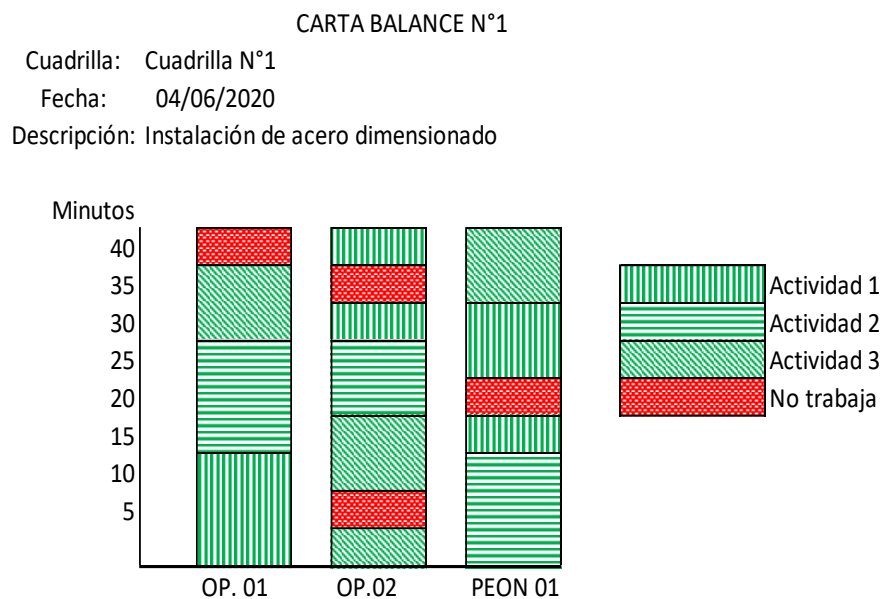


Figura 14. Ejemplo de carta balance. Elaboración propia.

1.2.10.5. Gemba walk

La palabra "Gemba" es un término japonés que significa el verdadero lugar donde se crea el valor y el trabajo real se realiza. (Marin Aravena, 2015)

Esta herramienta consiste en realizar caminatas en obra, orientada principalmente a alentar a los gerentes y mandos medios a observar los procesos de trabajo en campo con el fin de obtener un mejor entendimiento de sus operaciones y mayor compromiso con las propuestas de eliminación de desperdicios.

Hacer gembu walk implica lo siguiente:

- Ir a verlo por sí mismo para comprender a fondo la situación.
- Solucionar los problemas y mejorar los procesos yendo a la fuente y observando por sí mismo, verificando los datos en lugar de teorizar según lo que otros o la pantalla del ordenador le están diciendo.
- Pensar y hablar basándose en datos verificados en persona.

1.2.10.6. First run study (FRS)

First Run Study es una herramienta para mejora de procesos, basada en la metodología del ciclo PDCA. En esta creamos un escenario previo al trabajo real en el cual evaluaremos una actividad en específico a la cual se le aplicará factores ambientales similares a los que se tendrán en el trabajo real, de tal forma de poder obtener información del desempeño de esta actividad.

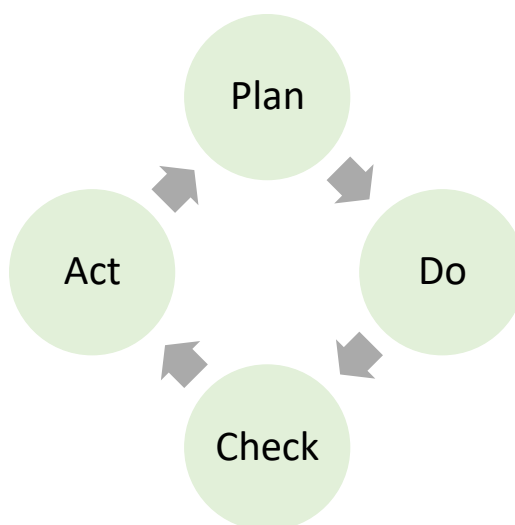


Figura 15. Ciclo de Demming en el que se basa FRS.

Con la aplicación de First Run Study recolectamos datos de producción como ratios y rendimiento de una actividad de la cual no tenemos mucha información histórica. Esta información debe validarse de manera colaborativa con el equipo de producción.

A partir de esta información se puede evaluar mejoras en temas de producción, seguridad, calidad, costos estimados, tiempos, etc, de dicha actividad. Por ejemplo, se puede conseguir comprobar que una cuadrilla de un oficial y un

operario es suficiente para una actividad que planificábamos ejecutar con dos operarios, esto significa ahorro de dinero.

1.2.11. Value Stream Mapping (VSM)

Value Stream Mapping es una herramienta gráfica de evaluación de los flujos de materiales e información de la cadena de valor de un producto o servicio que tiene como fin mejorarla hasta lograr que estos sean continuos. Esto se logra identificando y disminuyendo los despilfarros.

Pero, ¿qué es la cadena de valor? (Rother & Shook, 1999) la definen como un conjunto de acciones (tanto de valor agregado como de las que no agregan valor) que se necesitan para mover un producto a través de los principales flujos esenciales para cada uno de ellos. Esta cadena se inicia desde el momento en el que el cliente hace el requerimiento del producto hasta que lo recibe.

Las principales utilidades de implementar VSM se resumen en:

- Mostrar el enlace entre el flujo de información y el flujo de materiales.
- Facilitar la comunicación proporcionando un lenguaje común, facilitando visualizar las decisiones que se deben tomar y el debate alrededor de ellas.
- Identificar las fuentes de despilfarros y los cuellos de botella.
- Disminuir los desperdicios. La implementación de VSM permite visualizar anomalías en el proceso y permite destacar los costos ocultos para disminuirlos.
- Reducir los plazos de entrega. Una mejor visión y análisis de procesos te permiten una mejor planeación, reduciendo los tiempos de entrega.
- Reducir de los costos de producción gracias a la mejora de procesos evitando tiempos muertos (por maquinaria caída) y mano de obra desocupada.
- Mejorar calidad ya que el producto es controlado en cada proceso.

Existen diferentes formatos de diagramas de flujo que pueden ser usados para elaborar un VSM: diagramas tortuga, diagramas pulpo y diagrama SIPOC. Este último es el más utilizado.

La herramienta VSM es como un plano para la puesta en práctica de la filosofía lean, resumida en una hoja A-4 o A-3, que nos permite observar todos los procesos sin necesidad de leer notas extensas.

Existen dos momentos al aplicar el VSM:

- En un primer momento obtenemos un VSM inicial que representa la situación real y nos ofrece la visión necesaria para trazar las mejoras posibles.
- En un segundo momento, luego de analizar el mapa, obtenemos un VSM futuro o deseado, que refleja cuál será la situación a la que podemos llegar luego de implementar las mejoras acordadas.

Debemos recordar que no se puede alcanzar un flujo de valor sin pérdidas, por lo tanto, la labor de aplicar VSM en una empresa es un ciclo de mejora continua.

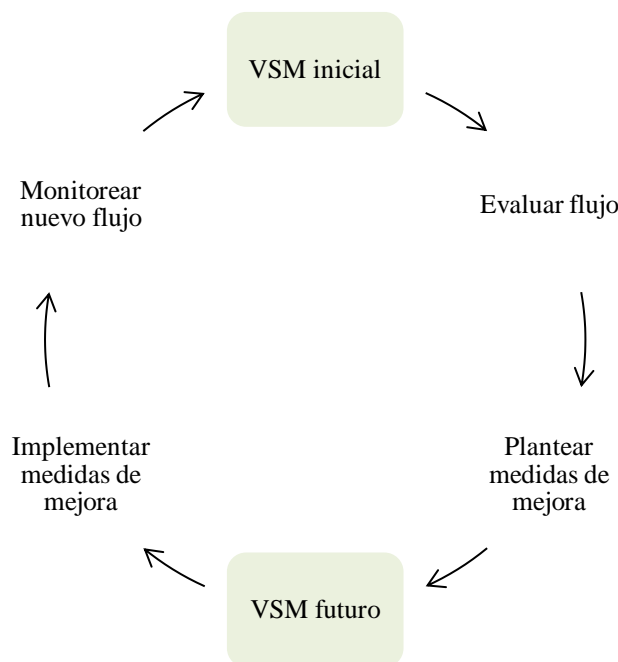


Figura 16. Ciclo de mejora continua de VSM. Elaboración propia.

Para la aplicación de esta herramienta se necesita un gerente de la cadena de valor (Rother & Shook, 1999) quién conoce y comprende completamente los flujos en estudio. Esta persona es la encargada de mapearla y llevar a cabo la implantación de las mejoras diseñadas.

El gerente de la cadena de valor debe ser alguien con la autoridad para atravesar las fronteras que existen entre las áreas que intervienen en los flujos. Debe reportar directamente a un alto mando para que tenga el poder para hacer los cambios necesarios (kaizen).

1.2.11.1. Pasos para graficar un Value Stream Mapping

Antes de comenzar a elaborar el VSM, debemos definir cuál será nuestro ámbito de actuación, nuestras fronteras. Empezamos reconociendo a nuestros proveedores y a nuestros clientes. Si es la primera vez que estudiamos la cadena de valor, se recomienda no incluirlos ya que lo hace más complejo. (Buzón Quijada)

También se recomienda empezar mapeando una sola actividad entre todas las que se realizan para familiarizarnos con el esfuerzo que requieren y los beneficios que se pueden obtener. (Rother & Shook, 1999)

Para la selección de la actividad a mapear se pueden emplear los siguientes criterios:

- Buscar actividades que pasan por similares procesos de operación.
- Estudiar las actividades con altos precios unitarios ya que si logramos mayor productividad obtendremos mayores ingresos al valorizarla.
- Elegir la actividad con mayor riesgo de incumplimiento en la ruta crítica.
- Estudiar aquella cadena de valor sobre las que sí se pueda actuar porque aplicar VSM sin implementar mejoras es un trabajo inservible.

Los pasos para implementar la herramienta Value Stream Mapping son los siguientes:

Gemba walk

Una vez elegida la partida a estudiar se inician caminatas (gemba walk) observando el trabajo del personal obrero, desde el trabajo de retirar material del almacén hasta que el área de calidad apruebe el producto, con la finalidad de entender bien los trabajos y planificar la forma de recolección de datos.

Este recorrido debe realizarse con una visión neutra, de descubrimiento de la realidad de la cadena de valor.

Definir formato y simbología.

No existe un estándar de símbolos a usar en un VSM, por lo tanto, podemos elegir algunos de los ya conocidos o crear nuevos, lo que necesitemos para explicar mejor el proceso. Podemos usar flechas, rectángulos, triángulos, círculos, con información dentro.

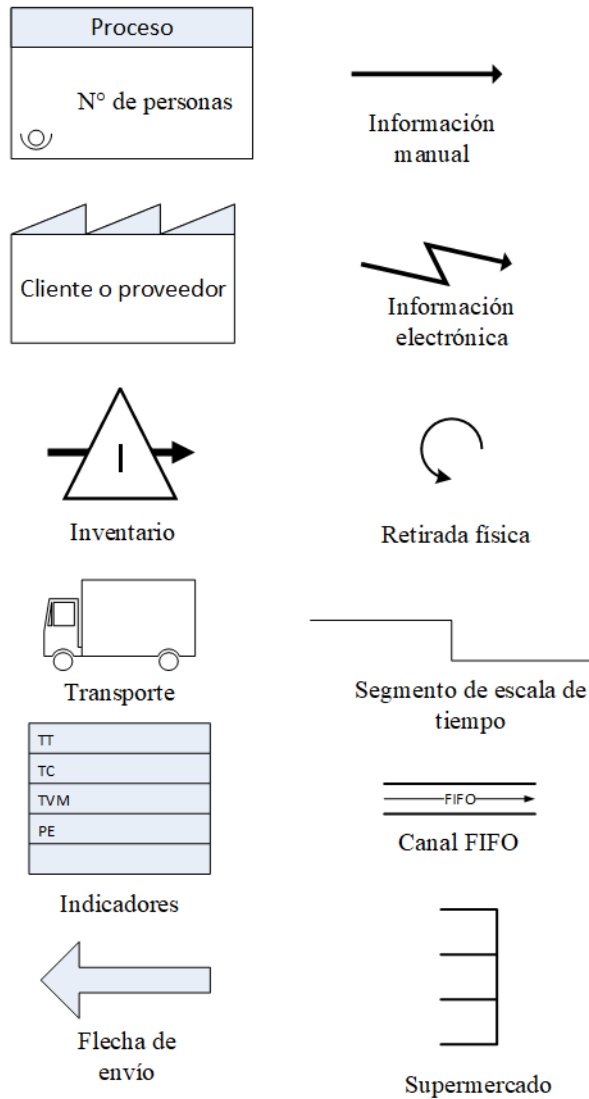


Figura 17. Ejemplos de símbolos usados en un VSM.

Dibujar los flujos

Dibujar el estado actual del proceso con lápiz y papel cada vez que recorramos la zona de producción. Es recomendable hacerlo de forma tradicional y evitar usar tecnología salvo que podamos comprobar con la experiencia que nos puede ayudar, pero esta decisión debería posponerse hasta que nuestro nivel de conocimiento y experiencia sea mayor.

Se recomienda dibujar la ruta desde el final hasta llegar a la materia prima. Esto nos aportará ventajas importantes como permitirnos ver si hay algún tipo de pull en marcha, como se comunican las órdenes de producción a través de la cadena y qué y cada cuanto es lo que pide el cliente.

El mapa debe representar fielmente tanto el recorrido de cada unidad de producto a través del flujo de valor como el de la información que circula entre el control de producción (interno) y los proveedores, clientes o entes reguladores.

En este proceso se recogen los indicadores cuantitativos del proceso en estudio. Tener presente que el objetivo es comprender más que medir con extrema precisión.

En el proceso de dibujar el estado actual de la cadena de valor surgirán ideas para el estado futuro. Se recomienda anotarlas pero no enfocarse en encontrarlos todavía.

(Rother & Shook, 1999) nos dan los siguientes pasos para realizar el dibujo del VSM actual:

El flujo del material se dibuja en la mitad inferior del mapa y fluye de izquierda a derecha. El flujo de información se dibuja en la mitad superior, de derecha a izquierda, surgiendo desde el cliente hasta llegar al proveedor.

Sobre el flujo de materiales:

- Iniciamos dibujando al cliente al final de la cadena con un símbolo que lo represente y debajo colocamos una casilla de datos.
- Dibujamos el proceso previo a la entrega del producto en una casilla. Cada casilla dibujada representa un proceso del flujo de materiales. Colocar la cantidad de personas que trabajan en cada proceso.
- Dibujar una casilla de datos debajo de cada proceso e ir anotando los indicadores apropiados para describir el proceso.
- A medida que se recorra el flujo de materiales se encontrarán puntos donde éste se acumula, o sea, se generan inventarios. Asignarle un símbolo en el mapa y anotar la cantidad y el tiempo.
- A continuación, si aplica, dibujar el proceso de transporte (como camiones o trenes) del producto hasta el cliente. Generalmente una flecha ancha representa la entrega de los productos terminados.
- Ahora, en el extremo izquierdo, debemos dibujar a los proveedores de la materia prima. Utilizaremos un icono de transporte y la flecha ancha para representar el movimiento del material hasta nuestra planta u obra.

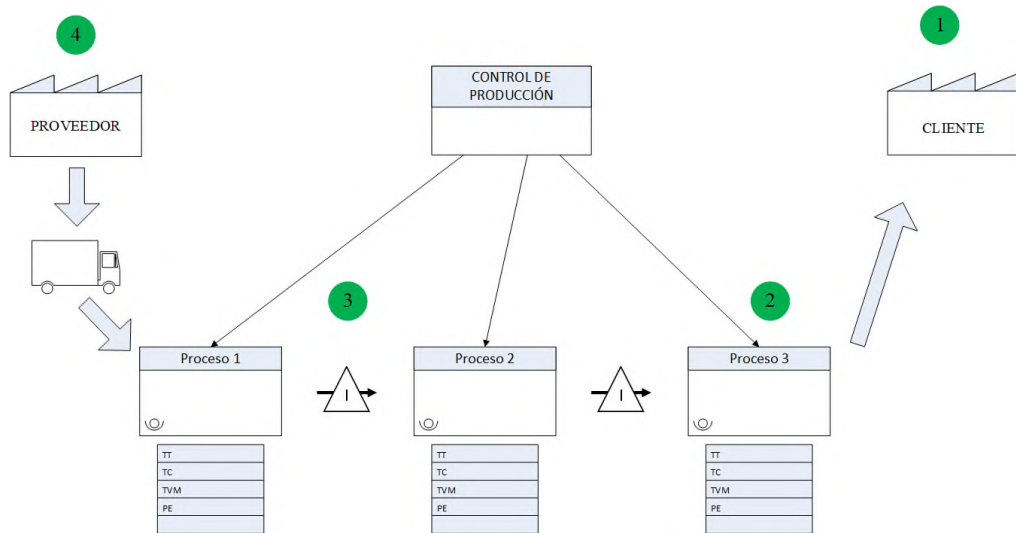


Figura 18. Pasos para dibujar el flujo de materiales de un VSM.

Sobre el flujo de información:

- Inicie representando el área de logística dentro de la casilla de control de producción ya que esta área consolida, procesa y comunica a cada proveedor lo que debe producir y cuándo llegar a obra.
- Conecte esta área con el proveedor mediante una flecha que represente flujo de información, ya sea en papel o mediante algún medio electrónico. Detalle la frecuencia de los pedidos de materia prima.
- De igual forma, conecte esta área con el cliente mediante una flecha que represente flujo de información, ya sea en papel o mediante algún medio electrónico. Detalle la frecuencia de a entrega de los productos al cliente.

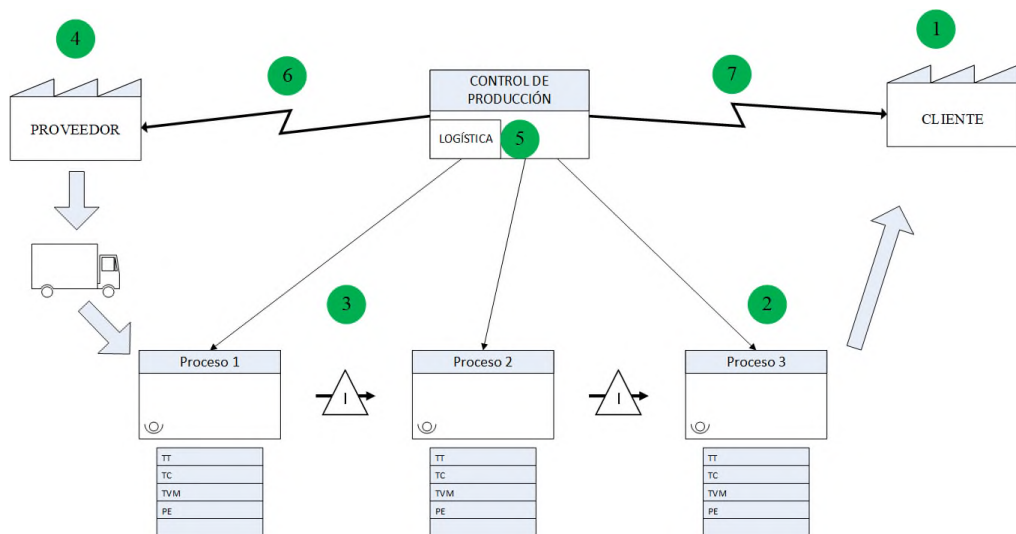


Figura 19. Pasos para dibujar el flujo de información de un VSM

Luego de acompañar los dibujos con los indicadores que se obtienen de la observación de las operaciones, podemos sintetizar el estado actual de la cadena de valor.

Ahora debemos dibujar una línea de tiempo por debajo de las casillas de los procesos y los triángulos de inventarios para calcular el plazo de entrega de la producción.

Dibujar el VSM futuro o deseado

El primero paso es calcular el takt time (takt es una palabra alemana que es español significa compás). La importancia del takt time es que la meta es producir una unidad justo en el tiempo para remplazar una unidad usada por el cliente, en otras palabras, un tiempo de ciclo basado en una pieza a la vez. A este ritmo debemos producirlos para satisfacer su demanda y ser rentables.

En el sector construcción es difícil determinar qué es una “unidad de producto” o “unidad de demanda”, pues trabajamos con m², m³ o kg; en estos casos, (Rother & Shook, 1999) nos recomiendan definir una “unidad” como la cantidad de trabajo que se puede realizar en el proceso cuello de botella, o más lento, de todo el ciclo (por ejemplo 10 minutos) y dividir los pedidos en unidades de este tiempo. Debemos tener claro que las mudas que se detecten en el VSM tiene una causa raíz y desde allí deben ser eliminadas.

La prioridad de un VSM futuro es lograr flujo continuo, eliminando las mudas. Cuando no se pueda implantar flujo continuo, se debe producir por pull.

Una medida para determinar el potencial de mejora es determinar la diferencia entre las operaciones y el tiempo de espera. Cuanto mayor sea la diferencia entre operación y tiempo de espera mayor es el potencial de mejora

Emplear supermercados para controlar la producción siempre que el flujo continuo no pueda extenderse aguas arriba.

Nivelar el mix de producción.

Nivelar el volumen de producción.

Desarrollar e implantar un plan de acción para lograr el estado futuro.

Se aconseja dividir el mapa futuro en segmentos manejables con los que ir abordando poco a poco los proyectos de mejora.

También se determinar que herramientas serán las más adecuadas para la mejora o eliminación de los desperdicios encontrados con el VSM.

Un plan de implementación debe contener lo siguiente:

- Qué se quiere conseguir, cuándo y qué pasos se van a dar.
- Objetivos medibles.
- Puntos de chequeo claros, con fechas límites realistas y nombres de los responsables.

El plan debe estar incorporado al día a día de la empresa. Si ha de hacerse en el tiempo libre no tendrá ningún futuro.

1.2.11.2. Indicadores de un Value Stream Mapping

Dentro de los indicadores necesarios se encuentran:

- Takt time (seg): Tiempo disponible por día (sin contar descansos) entre demanda del cliente por día (en unidades de producción). Sirve para sincronizar el ritmo de producción con el volumen de ventas.

$$\text{Tiempo takt} = \frac{\text{Tiempo disponible por día (seg)}}{\text{Demanda diaria}}$$

Ejemplo:

$$\text{Tiempo takt} = \frac{25000 \text{ seg}}{500 \text{ piezas}}$$

$$\text{Tiempo takt} = 50 \text{ seg/pieza}$$

Esto significa que nuestros clientes compran uno de nuestros productos cada 50 segundos.

- Tiempo de ciclo (TC): Tiempo (segundos u horas) que transcurre entre la producción de una unidad de producto completa hasta la iniciación de la siguiente. También es el tiempo que tarda un operador en realizar todas sus tareas de producción antes de repetirlas. Incluye las esperas

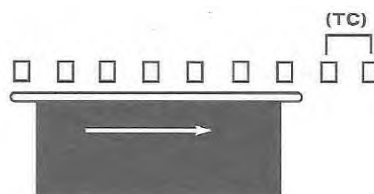


Figura 20. Tiempo de ciclo.

- Tiempo de valor agregado (TVA): Tiempo de trabajo dedicado a las tareas de producción que transforman el producto, o sea, las tareas productivas.

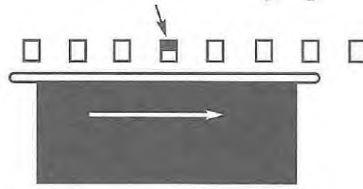


Figura 21. Tiempo de valor agregado

- Plazo de entrega o lead time (PE): Tiempo que se necesita para que una pieza recorra toda la cadena de valor. Tiempo que se necesita para que el producto recorra todo el proceso de principio a fin. Por lo general $PE > TC > TVA$.

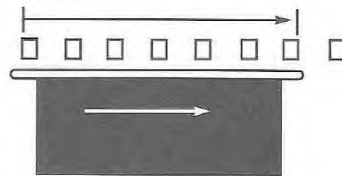


Figura 22. Plazo de entrega.

- Inventario: Cantidad de inventario en días entre la demanda diaria.

$$\text{Inventario} = \frac{\text{Cantidad de inventario (días)}}{\text{Demanda diaria}}$$

1.3. MARCO CONCEPTUAL

Los términos de uso recurrente en la investigación son los siguientes:

- ACEDIM: Unidad de negocios de CAASA, encargada de proveer acero dimensionado a sus clientes, y recientemente, también provee mano de obra especializada para la instalación del mismo.
- Acero dimensionado: El acero dimensionado son barras de acero para construcción previamente preparadas (entiéndase como habilitadas) de acuerdo a requerimientos del cliente. Es un producto personalizado que se fabrica según las necesidades de cada obra, no necesita transformación adicional, evitándole ejecutar un proceso que destruye valor en su negocio. (CAASA, 2012).

- Actividad: Una actividad es una porción de trabajo con requisitos de inicio y requisitos de finalización reconocidos. (Lean Construction Institute, 2017).
- Control: Acción posterior al seguimiento del progreso en campo. Consiste en la comparación de los indicadores de progreso vs un indicador deseado o planificado. Abarca también la implementación de un plan de acción para mejora continua y su seguimiento.
- Flujo de valor: La secuencia de actividades necesarias para diseñar, producir y entregar un bien o servicio a un cliente, e incluye los flujos duales de información y material. (Lean Construction Institute, 2017)
- Habilitado: El proceso de habilitado consiste en cortar y doblar las varillas de acero para transformarlas en las piezas indicadas en el diseño estructural. (CAASA, 2019)
- Plano de despiece: Con los planos estructurales del cliente, ACEDIM desarrolla la lista de despiece y los planos de forma debidamente codificados. con esta información, CAASA fabrica el acero dimensionado optimizando cortes y dobleces y asesorando al cliente en la optimización del proceso constructivo de la obra. (CAASA, 2008)
- Restricción: Un elemento o requisito que evitará que una actividad comience, avance o se complete según lo planeado. (Lean Construction Institute, 2017).
- Seguimiento: Acción de recoger información de progreso de campo y reflejarlo en un indicador.
- Trabajo productivo (TP): Trabajo que aporta en forma directa al valor, genera avance.
- Trabajo contributorio (TC): Trabajo de apoyo que debe ser realizado para generar avance.
- Trabajo no contributorio (TNC): Trabajos que no generan avances ni contribuyen. Son desperdicios.
- Valor: Lo que el cliente quiere del proceso. El cliente define valor. (Lean Construction Institute, 2017).

- Valor ganado: Gestión que proporciona un enfoque para medir el desempeño del proyecto a partir de la comparación de su avance real frente al planeado, permitiendo evaluar tendencias para formular pronósticos. (Project Management Institute, 2008)

CAPITULO II: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

2.1. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA

En el proyecto, en la ejecución de la partida de acero dimensionado no se entregan los trabajos semanales a tiempo y no se logran cumplir las metas de producción semanales planteadas por el cliente. Además, durante las caminatas en campo es evidente la existencia de desperdicios de horas hombre.

Al no aplicarse herramientas de control de productividad, no es posible determinar si los ratios de productividad semanales están por debajo o por encima del ratio meta, útil para hallar brechas entre lo real y lo deseado.

Al no tener esta información, no se tiene un punto de partida para estudiar las posibles causas de estos desperdicios y sus consecuencias, tampoco es posible establecer estrategias de mejora de la gestión de la productividad con el fin de minimizarlos.

2.1.1. Contexto del proyecto en estudio

Corporación Aceros Arequipa S.A. (CAASA) es una empresa siderúrgica que funciona en nuestro país desde 1964, inicialmente con dos sedes operativas: la Planta N°1, en Arequipa, y la Planta N°2 que nace en 1983 en el departamento de Ica, provincia de Pisco. Al cierre del 2010, la empresa cerró la planta de Arequipa y trasladó todas sus operaciones a Pisco.

En el año 2017, CAASA anunció la construcción de un nuevo complejo de acería que aumentará en 50% la capacidad de su acería actual. Este proyecto se llama “Modernización Acería Aceros Arequipa 2020”.

El proyecto se encuentra dentro de una planta industrial ya que su objetivo es modernizarla y ampliar su capacidad de producción.

Es necesario mencionar que la ejecución de un proyecto industrial conlleva retos distintos en relación con otras áreas del sector construcción. Como este proyecto es del tipo fast track, las condiciones cambiaban rápidamente y la incertidumbre era alta. Se aperturaban frentes de trabajo según las entregas de ingeniería y la disponibilidad de terreno.

Las principales características de este proyecto son las siguientes:

- Muchos actores involucrados.
- Alta interdependencia entre disciplinas.
- Presión al constructor para terminar el proyecto y lograr satisfacer las ventanas del mercado.
- Numerosos casos en el diseño de la ingeniería que se veían reflejados en la cantidad de RFIs que se emitían semanalmente.
- Alta variabilidad en la definición del alcance, la ejecución de excavación y solados solían comenzar antes de que los planos de despiece y el acero dimensionado estén disponibles en obra.

En este proyecto, la partida de instalación de acero dimensionado está a cargo de ACEDIM, un servicio de CAASA.

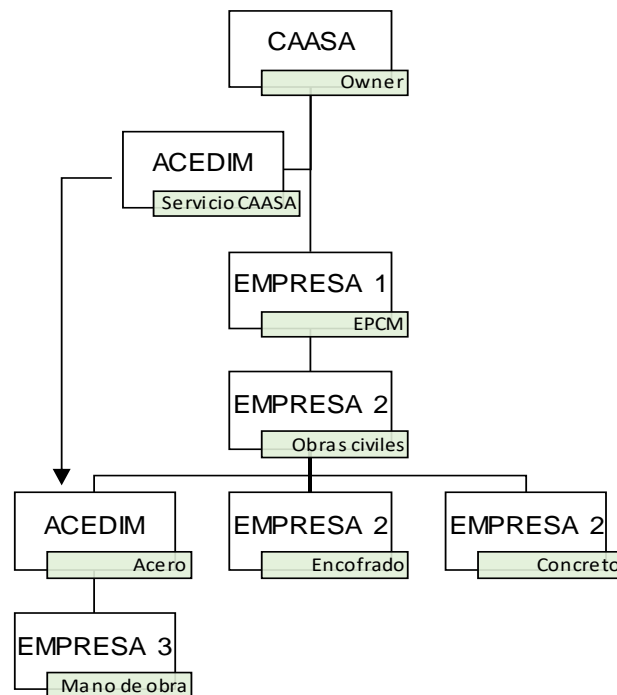
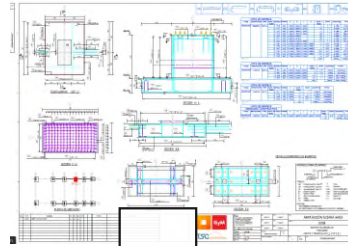


Figura 23. Jerarquía de involucrados en el proyecto.

Sus responsabilidades abarcaban trasladar el acero dimensionado hasta el lugar del proyecto y brindar soporte técnico a la empresa n°3. El trabajo de la empresa n°3 se realizaba bajo la supervisión del ingeniero residente ACEDIM.

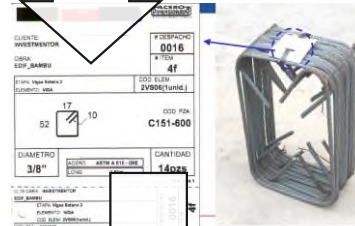
INGENIERÍA DEL PROCESO CONSTRUCTIVO

- Diseño de piezas según planos del proyecto
- Coordinación para crear el cronograma de entrega de acero
- Elaboración de planos de despiece y modelo 3D



FABRICACIÓN DE PIEZAS

- Según el plano de despiece, las piezas de acero son cortadas y dobladas con equipos automatizados
- Cada paquete se identifica con etiquetas que facilitan el control y la instalación



ENTREGA EN OBRA

- Se realiza mediante el cronograma de abastecimiento coordinado entre ACEDIM y la empresa
- Cada lote llega a la obra con un listado de barras y una plantilla resumen
- ACEDIM ofrece el servicio de descarga de grúas



Figura 24. Flujo de procesos para la entrega de acero dimensionado en obra.

Adaptado de CAASA.

Respecto a la mano de obra, ACEDIM, según las condiciones del proyecto, elige contratar directamente al personal o contrata a una empresa que lo provea y trabaje bajo el mando del ingeniero residente ACEDIM. En este proyecto optaron por contratar a una empresa.

El ratio considerado para la planificación de los trabajos (ratio meta) era de 0.033 hh/kg para estructuras verticales y 0.024 hh/kg para cimentaciones y estructuras horizontales.

Tabla 9. Resumen de información sobre la actividad a estudiar.

NOMBRE DEL PROYECTO:	Modernización Acería Aceros Arequipa 2020
TIPO DE PROYECTO:	Fast track
NOMBRE DEL SERVICIO:	Mano de obra para servicio de instalación de acero de refuerzo
UNIDAD DE PAGO:	Por tonelada instalada.
TN A INSTALAR:	4,456.62 tn

2.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

2.2.1. Problema general

¿Cómo la aplicación de las herramientas de control de la productividad como el informe semanal de producción (ISP) y mapeo de la cadena de valor (VSM) en partidas de mano de obra de acero dimensionado en la construcción en el caso “Modernización Acería Aceros Arequipa 2020” en Ica identifican y minimizan desperdicios de horas hombre?

2.2.2. Problemas específicos

- ¿Cómo la aplicación del Informe Semanal de Producción (ISP) en 01 elemento vertical y 01 elemento horizontal de la partida de mano de obra de acero dimensionado en estudio brindará información para el análisis de su productividad?
- ¿Cómo usando Value Stream Mapping (VSM) se identificarán y minimizarán los desperdicios de horas hombre de la partida de mano de obra de acero dimensionado en estudio?

2.3. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

2.3.1. Delimitación espacial o geográfica

La obra se encuentra ubicada en el KM 243 de la Panamericana Sur, ciudad de Pisco, departamento de Ica.

El área de ejecución del proyecto abarca 96 000 m² aproximadamente.



Figura 25. Ubicación de la obra en estudio. Extraído de Google Maps.

2.3.2. Delimitación temporal

El tiempo de evaluación es de 12 semanas, desde el día 25 de marzo del 2019 hasta el 23 de junio del 2019. El diagnóstico realizado refleja la realidad de dicho periodo y no necesariamente del periodo de producción completo.

2.3.3. Delimitación social

Se estudiará la mano de obra que instala el acero dimensionado en el caso de estudio. Esto implica el monitoreo y control de las horas de trabajo y avance físico.

No incluye el monitoreo y control de las horas de trabajo de los ingenieros de producción, proyectos, seguridad, oficina técnica, operarios de grúa, ni de ningún trabajador de área administrativa.

2.3.4. Delimitación conceptual

Los conceptos que se abarcan en esta tesis son los de productividad y desperdicio.

La **productividad** es definida tradicionalmente como las unidades de trabajo producidas divididas entre los recursos empleados (Ghio Castillo, 2001).

$$Productividad = \frac{Producción\ real}{Recursos\ empleados}$$

Para mejorar la gestión de la productividad se debe entender que existen tres tipos (Serpell Bley, 2002):

Productividad de mano de obra: unidades producidas divididas entre horas hombre empleadas.

$$Productividad\ de\ MO = \frac{Producción\ real}{Horas\ hombre\ empleadas}$$

Productividad de materiales: unidades producidas divididas entre cantidad de materiales utilizados.

$$Productividad\ de\ mat. = \frac{Producción\ real}{Cantidad\ de\ materiales\ empleados}$$

Productividad de equipos: unidades producidas divididas entre horas máquina trabajadas.

$$Productividad\ de\ eq. = \frac{Producción\ real}{Horas\ máquinas\ trabajadas}$$

Muchas veces se confunde con el término rendimiento, ratio y velocidad, no existe consenso sobre las unidades de cada una. En esta tesis consideraremos las siguientes definiciones:

Se define **rendimiento** como la velocidad con la que se realiza un determinado trabajo. Es una medida que nos permite controlar y predecir en cuánto tiempo tendremos la capacidad para llevar a cabo determinada actividad productiva. Se puede calcular el rendimiento de horas hombre, horas máquina y material.

$$Rendimiento = \frac{Producción}{Tiempo}$$

La **velocidad** se define como la cantidad de producción que se genera en un determinado plazo: kg/día, kg/h (Serpell Bley, 2002).

Ambas medidas están asociadas a la cantidad de producto que se obtiene, pero el rendimiento se enfoca en el tiempo que nos demora obtener el producto y la productividad en la cantidad de recursos que empleamos para obtenerlo. Si bien el rendimiento y la productividad son, ambas, medidas importantes para el control, y tienen relación, no miden lo mismo.

El **ratio** de productividad o índice de productividad es una relación o proporción que se establece entre la cantidad de recursos utilizados y la cantidad de producción obtenida de ellos.

$$Ratio = \frac{Horas\ hombre\ empleadas}{Producción\ real}$$

$$Ratio = \frac{cuadrilla\ x\ jornada\ laboral\ x\ tiempo\ (días)}{metrado}$$

$$Ratio = \frac{cuadrilla\ x\ jornada\ laboral}{rendimiento}$$

Una cuadrilla es la cantidad de personas que realizan la actividad y la jornada laboral es la cantidad de horas trabajadas por día.

Para hablar de rendimiento se tiene que especificar si se habla de una cuadrilla o de un par de operarios. Por ejemplo, la velocidad de una pareja de encofradores de muros es de 42.5 m²/día, mientras que la velocidad de toda una cuadrilla (8 parejas) es de 340 m²/día. Sin embargo, si se trata de ratio se puede hablar de un ratio de 0.4 hh/m² de encofrado para ambos casos.

Tabla 10. Unidades de indicadores en partida de acero.

INDICADOR	UNIDAD
Productividad	hh/kg
Rendimiento	kg/hh
Ratio	hh/kg
Indice de productividad	hh/kg
Velocidad	kg/día

La productividad significa ser eficientes y efectivos. La eficiencia es la buena utilización de los recursos, la relación entre los recursos estimados y los recursos utilizados. La efectividad es el cumplimiento de las metas, es la relación entre las cantidades producidas y las cantidades planeadas. Por ende,

un incremento de producción no significa necesariamente un incremento de la productividad. (Serpell Bley, 2002)

$$Eficiencia = \frac{Recurso\ estimado}{Recurso\ utilizado} \times 100$$

$$Efectividad = \frac{Producción\ real}{Producción\ planeada} \times 100$$

La productividad debe tener alta eficiencia y alta efectividad, esto se logra mediante su gestión, lo que a su vez mejora la rentabilidad de las empresas, haciéndolas más competitivas.

Tabla 11. Relación entre efectividad, eficiencia y productividad.

			EFICIENCIA	
			RECURSOS EMPLEADOS	
			ALTO	BAJO
EFECTIVIDAD	CANTIDADES PRODUCIDAS	ALTO	Efectivo pero ineficiente	Efectivo y eficiente
		BAJO	Inefectivo e ineficiente	Eficiente pero inefectivo

Fuente: Adaptado de (Serpell Bley, 2002).

La productividad de la gestión se puede dividir como unidad de obra dividida entre costo.

Se define como **despilfarros** 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.

La existencia de despilfarros en el proyecto disminuye su efectividad y su eficiencia.

2.4. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN

2.4.1. Justificación

La justificación práctica de esta investigación es validar la utilidad de la aplicación de herramientas de control y mejora de la productividad demostrando los beneficios que las decisiones de tomadas a partir su análisis generan en el proyecto; incremento de la productividad y reducción de desperdicios.

La justificación metodológica de esta investigación es brindar un instrumento de recolección de datos para realizar el VSM y un instrumento de recolección de datos para aplicar el ISP. Ambos instrumentos pueden ser empleados en otros proyectos porque recoge indicadores característicos de cualquier proceso constructivo.

La justificación teórica de esta investigación es incrementar la información existente de la partida de instalación de acero dimensionado en una planta industria. Esto se logrará a través de la presentación de ratios obtenidos con la aplicación de ISP, sirviendo como referencia para otros proyectos que contemplen utilizar acero dimensionado.

También aporta información sobre la adaptabilidad del VSM al sector construcción gracias a la evaluación de la cadena de valor existente en la partida estudiada.

Finalmente, sirve como antecedente para futuras investigaciones en esta modalidad de instalación de acero que probablemente tenga mayor acogida a medida que avance la industrialización de la construcción.

2.4.2. Importancia

Una de las partidas más importantes en un proyecto de construcción, corresponde al acero de refuerzo. En cuanto al costo, la suma total de partidas de acero de refuerzo puede representar en promedio un 12% del costo directo total de la obra, ocupando frecuentemente los primeros lugares de incidencia

económica. (Orihuela, Pacheco, & Quiroz, Integración hacia adelante y hacia atrás en la provisión de acero en obra, 2019).

Respecto al tiempo, la partida de acero es la que inicia el tren de producción, por lo que la velocidad del armado e instalación impactará directamente en el plazo de la obra. (Orihuela, Pacheco, & Quiroz, Integración hacia adelante y hacia atrás en la provisión de acero en obra, 2019). Además, la mano de obra del acero puede representar un 15% del costo total de la mano de obra. (CAASA, 2016)

El planeamiento de la instalación del acero de refuerzo se realiza casi siempre en la misma obra y el que toma las decisiones es el maestro herrero, quien por lo general es un subcontratista que –por valorizar su avance- no siempre comunica los problemas y los resuelve directamente. (Quiroz, 2012)

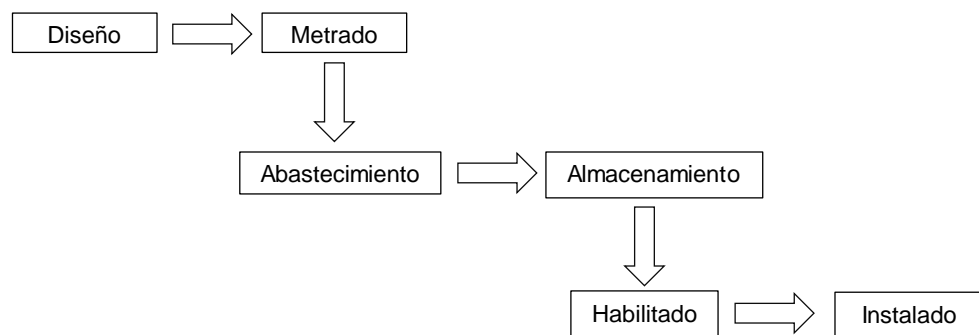


Figura 26. Proceso tradicional de instalación de acero de refuerzo.

Esta manera de llevar la partida implica muchísimas desventajas: no garantiza calidad en el habilitado, no es práctico en obras con grandes cantidades de acero a instalar, las piezas ya dimensionadas ocupan mucho espacio en obras de edificaciones, etc.

Tradicionalmente, el proveedor de acero solo ha tenido el rol de abastecer acero en varillas y alambre a las empresas constructoras. Sin embargo, desde hace más de una década, algunos proveedores del mercado realizaron una integración parcial hacia adelante, asumiendo parte del trabajo de los subcontratistas (el corte y doblado) y ofreciendo acero predimensionado con entrega en obra. (Orihuela, Pacheco, & Quiroz, Integración hacia adelante y hacia atrás en la provisión de acero en obra, 2019)

A la fecha existe muy poca investigación y evidencia de aplicación de herramientas para el control y la mejora de la productividad en este servicio que es cada vez más solicitado. No existen estadísticas y/o datos sobre los índices de productividad de mano de obra de acero dimensionado en el sector industrial, lo cual es útil para elaborar los presupuestos de obra.

En el proyecto en estudio no se aplican herramientas para la identificación de la cadena de valor de los procesos ni la identificación de desperdicios en la instalación de acero dimensionado y se asume que no existen. Por lo mencionado evaluaremos la cadena de valor con la herramienta Value Stream Mapping para identificar la cadena de valor y las fuentes y cantidad de desperdicio que definitivamente si existe.

2.5. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

2.5.1. Objetivo general

Analizar la aplicación de las herramientas de control de la productividad con el informe semanal de producción (ISP) y el mapeo de la cadena de valor (VSM) en partidas de mano de obra de acero dimensionado en la construcción en el caso “Modernización Acería Aceros Arequipa 2020” en Ica e identificar y minimizar los desperdicios de horas hombre.

2.5.2. Objetivos específicos

- Aplicar el Informe Semanal de Producción (ISP) en 01 elemento vertical y 01 elemento horizontal para determinar la productividad de la partida de mano de obra de acero dimensionado estudiada.
- Aplicar el Value Stream Mapping (VSM) para identificar y minimizar los desperdicios de la partida de mano de obra de acero dimensionado estudiada.

2.6. HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN

2.6.1. Hipótesis general

Las herramientas de control de la productividad como el Informe Semanal de Producción (ISP) y Mapeo de la cadena de valor (VSM) en la partida de mano de obra de acero dimensionado del caso “Modernización Acería Aceros Arequipa 2020” identifican y minimizan desperdicios de horas hombre.

2.6.2. Hipótesis específicas

- HE1: El Informe Semanal de Producción en 01 elemento vertical y 01 elemento horizontal permite analizar la productividad de la partida de mano de obra de acero dimensionado estudiada.
- HE2: El Value Stream Mapping permite identificar y mitigar los desperdicios de la partida de mano de obra de acero dimensionado estudiada.

2.7. VARIABLES DE INVESTIGACIÓN

2.7.1. Identificación de variables

2.7.1.1. Variables independientes

VI: Aplicación de las herramientas del ISP y VSM

Sus indicadores son:

- Ratio de producción
- Tiempo de producción
- Brechas en HH
- Tasa (%) de eficiencia
- Tasa (%) de efectividad
- Tiempo de Lead Time
- Tiempo de valor agregado
- Throughput

2.7.1.2. Variables dependientes

VD 1: Mejora de la productividad

VD 2: Identificación de desperdicios

Su indicador es: Tipo y Tasa (%) de desperdicios

2.7.2. Operacionalización de variables

La operacionalización de variables se realizó mediante una matriz de consistencia con el fin de explicarlas y medirlas a través de los instrumentos de investigación (ver anexos).

CAPÍTULO III: ESTRATEGIA METODOLOGICA

3.1. TIPO, NIVEL Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

3.1.1. Tipo de investigación

Investigación aplicada, porque se basa en teoría existente y la aplica en el estudio de la productividad de mano de obra en partidas de acero dimensionado.

Investigación vertical o transversal, porque recoge los datos de estudio en un determinado momento.

Investigación cuantitativa, porque ahonda en la partida a través de la recopilación de datos y se vale del uso de herramientas matemáticas, estadísticas e informáticas para medirlos.

3.1.1.1. Nivel de investigación

Investigación explicativa, porque establece relaciones de causa y efecto que permite hacer generalizaciones que puedan extenderse a realidades similares.

Investigación descriptiva, porque describe las características de la realidad a estudiar con el fin de comprenderla de manera más exacta.

3.1.1.2. Diseño de investigación

El diseño de la investigación se realizó en tres etapas:

- Revisión bibliográfica: Consiste en la elección del tema y revisión del estado del arte.
- Recolección de datos: Se recopiló la documentación general del proyecto, luego se aplicaron las técnicas e instrumentos de recolección de datos descritas en el capítulo cuatro.
- Medición y análisis de datos: Con la data recolectada se aplicaron las herramientas en estudio y con ayuda de hojas de cálculo se procesó la información para hallar los indicadores de las variables.

3.2. POBLACION Y MUESTRA MATERIA DE INVESTIGACIÓN

3.2.1. Población de estudio

Partida de mano de obra en acero dimensionado de la obra industrial “Modernización Acería Aceros Arequipa 2020” ubicada en el departamento de Ica, provincia de Pisco (ver acápite 2.3.1. Delimitación espacial).

El servicio consistía en la instalación de 4456.62 tn de acero dimensionado en subestructuras y superestructuras (ver acápite 2.1).

3.2.2. Muestra de estudio

Se estudian tres estructuras del frente Nave de Palanquillas: zapata Z2 y un pedestal P2, zapata Z3 y pedestal P3 y la viga de cimentación VA02.

La cantidad de acero dimensionado a instalar en estas estructuras se ve en la Tabla 12.

Tabla 12. Pesos de estructuras a estudiar

	Zapata	Pedestal	Armadura constructiva	Traslape en vigas	Peso en vigas
Z2 y P2	5824.78	4169.31	61.24	83.87	10139.19
Z3 y P3	7015.09	4169.31	61.24	41.94	11287.57
VA2	-	-	-	258.17	258.17

La razón por la que se eligieron estas estructuras es porque son elementos típicos en obras civiles.

Además, la ejecución se realizaba debajo del nivel del terreno natural, a -4.50 metros del N.T.N (ver figura 33), en un área de 4.20 m x 7 m (ver Figura 32) en la que se podía observar fácilmente a todo el personal obrero mientras trabajaba.

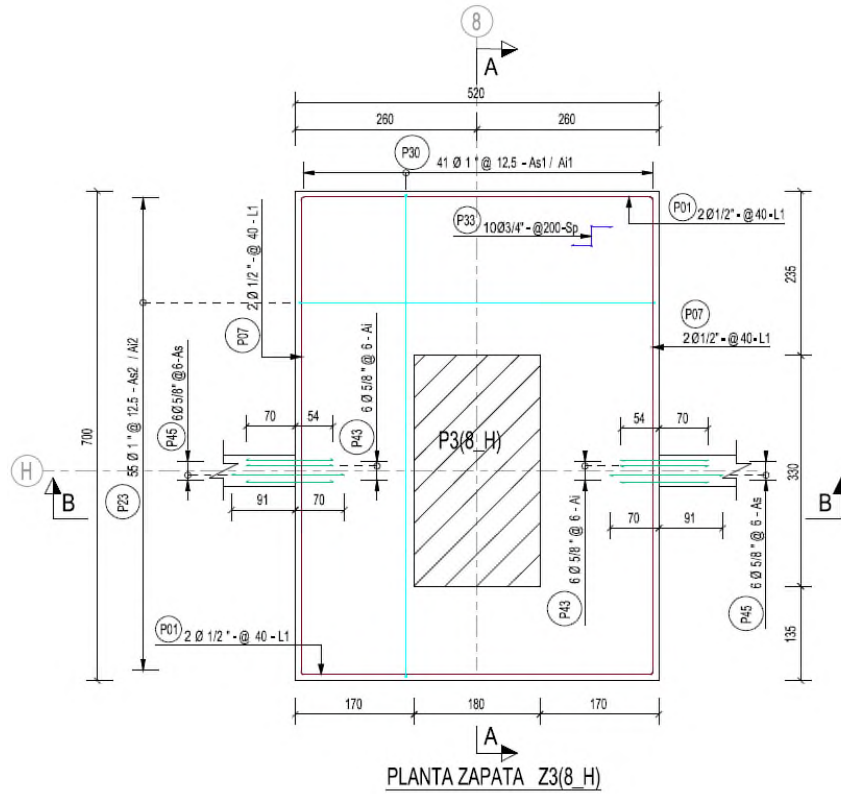


Figura 27. Plano de planta de zapata Z3.

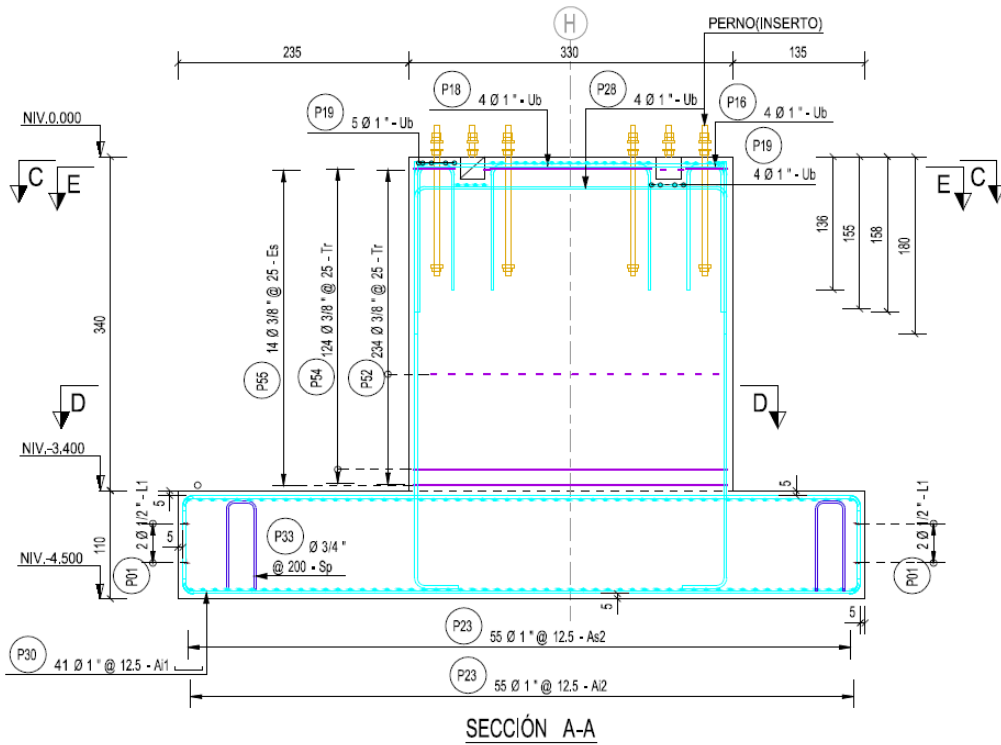


Figura 28. Corte de zapata Z3 y pedestal P3.

CAPÍTULO IV: TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

4.1. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

4.1.1. Técnica de recolección de datos para aplicar el ISP

Las técnicas de recolección de datos para aplicar el ISP fueron la observación directa de los trabajos y entrevistas diarias al personal de campo.

Con el lookahead estudiado y conociendo la cantidad de trabajo a entregar en la semana, se asignaban los responsables de cada frente y los jefes de grupo bajo su mando.

Ellos reportaban al final del día:

- La cantidad de horas hombre (personal bajo su cargo) invertidas en cada estructura asignada.
- La cantidad de kilogramos de acero instalado, que se podía calcular rápidamente con los planos de despiece de ACEDIM con los que se trabajaba en campo.

El flujo de información para recolectar la información necesaria para elaborar el informe semanal de producción fue el siguiente:

- i. Generación de información: La información de producción y mano de obra fue brindada por cada capataz al terminar la jornada.
- ii. Validación de información: El asistente de campo daba una visita a todas las estructuras en construcción, comprobando el cumplimiento del plan diario. En esta inspección obtenía información preliminar sobre la producción.
- iii. Procesamiento de información: Una vez que la información que proviene de campo es validada, el asistente de campo registra la información en un reporte diario de campo.
- iv. Consolidación de información: Al finalizar la semana, el asistente de campo consolida la información de los reportes de campo en un ISP y la reporta al residente de obra.

Es necesario acotar que el área administrativa realizaba los pagos según los tareas emitidos por producción.

4.1.2. Técnica de recolección de datos para evaluar el VSM

Las técnicas de recolección de datos para aplicar el ISP fueron la observación directa de los trabajos y entrevistas diarias al personal de campo.

La observación directa se realizó siguiendo las pautas del gemba walk, observando las actividades del personal obrero y cómo llegaban los materiales (acero y alambre) hasta la zona de instalación, desde el proceso de retiro de material del punto de acopio permanente hasta que el área de calidad apruebe el producto.

4.2. INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

4.2.1. Instrumento de recolección de datos para aplicar el ISP

El instrumento de recolección de datos para aplicar el ISP fue un reporte diario que se completaba al finalizar la jornada de trabajo.

Un reporte diario no tiene un esquema rígido, se puede replantear cuantas veces sea necesario según las solicitudes del proyecto.

En este caso, el reporte diario recoge la siguiente información:

- Personal en obra: Permite una revisión detallada del personal presente en obra durante la jornada laboral y la cantidad de horas laboradas. Facilita el pago de planilla.
- Actividades realizadas: Registra las actividades ejecutadas en el día, el metrado y la cantidad de horas hombre invertidas en cada una. Con eso se obtenía el ratio global del día. No se diferenciaba entre TP, TC, TNC.
- Registro fotográfico: Muestra fotografías del día de trabajo.

REPORTE DIARIO N°136

FECHA: 04/04/2019
ING. RESPONSABLE:

PROYECTO: MODERNIZACIÓN DE ACERIA - PLANTA PISCO
CLIENTE:

1.- Registro de control de personal de la fecha:

N°	Nombre y Apellido	DNI	CARGO	Horas Trabajadas	Horas Muertas	Horas extras	Horas Efectivas	Asistencia / Falta
1			CAPATAZ	8,5		0	8,5	A
2			OPERARIO	8,5		1	9,5	A
3			OPERARIO	0		0	0	F
4			OPERARIO	0		0	0	F
5			PEON	8,5		0	8,5	A
6						0	0	F
7						1	9,5	A
8						1	9,5	A
9						1	9,5	A
10						1	9,5	A
11						0	8,5	A
12						1	9,5	A
13			OPERARIO	0		0	0	F
14			OFICIAL	0		0	0	F
15			INGENIERA	8,5		0	8,5	A
HORAS TOTALES				xxxxxxx	0	xxxx	91	
KG MONTAJES				xxxxxxx				
RENDIMIENTO				xxxxxxx				

Aquí se ingresaba la información recogida en el tareo. Contabilizaba la cantidad total de personal que estaba en campo en ese día.

2.- Reportes de Herramientas

Herramientas para Instalación

Herramienta	Cant.	Status
Tortol	18	Operativo
Tronzadora	1	Operativo
Amoladora	1	Operativo
Taladro	0	
TOTAL	20	

4.- Reporte del Personal del Día

Personal en Obra

Descripción	Cant.	Hrs.
Residente	1	8,50
Prevencionista	1	8,50
Maestro	1	8,50
Asistente	1	8,50
Capataz	2	17,00
Operario	17	224,50
Oficial	0	-
Peon	1	8,50
Total	24	284,00

ACTIVIDADES REALIZADAS: JUEVES, 04 de Abril del 2019

Turno Día	KG	HH
1. Se colocó acero en la zapata B-10, nave de	8440	xxx
2. Se prearmó parte del elemento J-Aa1.	2000	xxx
3. Se colocó acero en pedestal ubicado en los ejes	2738,711	xxx
4. Se colocó acero en viga de cimentación zapatas	485,883	xxx

ACTIVIDADES PROGRAMADAS: VIERNES, 05 DE Abril del 2019

Turno Día	KG	HH
Se prearmará parte del elemento J-Aa1, del panel	3304,663	
Se colocará acero en arquetas EP-05, EP-13, EP-12547,698		
Se colocará acero en fosos eléctricos C1-A1, A4-A1000		

COMENTARIOS Y/O OBSERVACIONES

RESIDENTE DE OBRA

5.- Panel Fotográfico del Día:



Se registra los kg instalados en las estructuras y la cantidad de hh invertidas en cada una.

Figura 29. Formato de reporte diario.

4.2.2. Instrumento de recolección de datos para evaluar el VSM

Como instrumentos de recolección de datos se emplearon dos formatos:

- Formato de análisis de tiempo para recoger los tiempos empleados en las actividades.
- Formato tipo layout para bosquejar el VSM.

El formato de análisis de tiempo se aplicaba para el estudio de una actividad en específico, para recoger el tiempo que se invertía en cada proceso de la cadena de valor.

ANÁLISIS DE TIEMPO											
Estructura:											
Día:											
DIA	METRADO	ST	ET	T	AI	S	ET	AV	AS	TOTAL (minutos)	
											0
Leyenda:											
ST:											
ET:											
T:											
AI:											
S:											
AV:											
AS:											

Se registran los procesos, el tiempo que toma cada uno y se clasifican como TP, TC, TNP

%		
TNP	0	
TC	0	
TP	0	

LEAD TIME		0
TVA O TP		0

Se suman los tiempos registrados

Figura 30. Formato de análisis de tiempo

Mientras se realizaba gembu walk se anotaba la información observada en el formato tipo layout.

El formato tipo layout es una hoja base de dibujo que contiene: dos flechas que indican en qué sentido dibujar los flujos de información y materiales, los íconos más importantes a usar, los íconos de cliente y proveedor, el ícono de control de producción y finalmente la fecha de recojo de información.

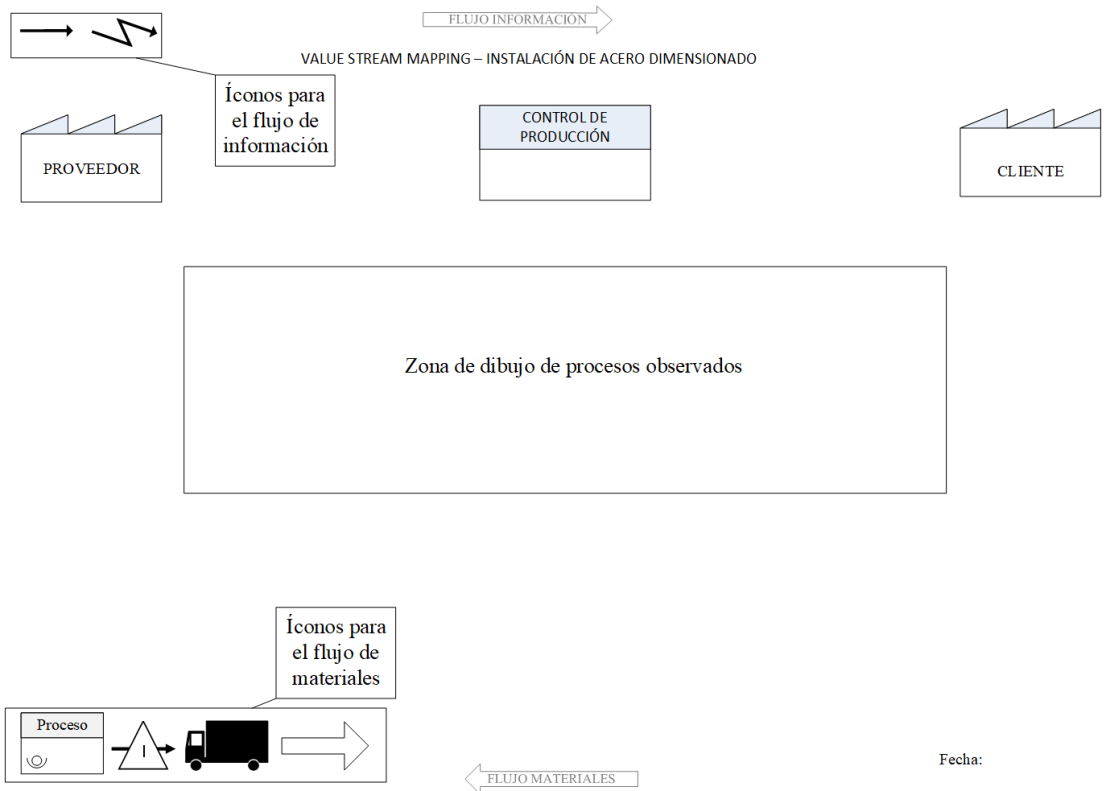


Figura 31. Formato tipo layout para dibujo de VSM.

4.3. TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO DE DATOS, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.3.1. Lookahead planning

El lookahead era un documento que contenía la información de actividades programadas para 3 semanas en adelante y el peso del acero a instalar por cada actividad. Era entregada los días lunes a las 8 am.

Debido al grado de definición del alcance del proyecto, no contábamos con una programación maestra ni con un referente oficial de hitos. Tampoco contábamos con una programación por fases. Solo contábamos con el lookahead y era considerada la hoja de requisitos del cliente.

El primer lugar, el lookahead era la herramienta más importante para controlar la partida. Nos servía como soporte del análisis de la productividad ya que contenía las metas semanales de producción y al aplicar el ISP controlábamos los resultados por comparación.

En segundo lugar, nos permitía gestionar y visualizar restricciones. Si usamos los flujos indicados en el marco teórico, podemos dar ejemplos de los tipos de restricciones encontradas:

- Seguridad: tener disponibilidad de equipos de protección personal para la cantidad de personal que trabajará la siguiente semana.
- Información: haber recibido los planos ACEDIM y planos de construcción, tener los RFIs pertinentes resueltos.
- Espacio: tener establecidos los puntos de almacenamiento generales y puntos de acopio provisionales del acero a instalar esa semana. Esta era una restricción muy recurrente ya que los puntos de almacenamiento generales quedaban muy lejos de las zonas de trabajo.
- Material: tener seguras las fechas de llegada de acero, haber enviado la solicitud semanal de rollos de alambre y de los insumos para su corte.
- Personal: tener disponible la cantidad de personal necesaria, haber ingresado correctamente sus datos para su ingreso a la obra (en caso de personal nuevo).
- Requisitos: revisar que las actividades previas hayan sido culminadas.
- Equipos: disponibilidad de grúa, operario y vintero para descarga de acero, tener cortadora y tronzadora de acero en buen estado.

En tercer lugar, luego de analizar el lookahead podíamos establecer un inventario de trabajo ejecutable, mayormente conformado por las actividades que podíamos adelantar y las reprogramadas por falta de frente. Esto también nos permitía dimensionar la cantidad mínima de personal para la siguiente semana de trabajo.

Por último, luego de pasar por los procesos descritos anteriormente, gracias al lookahead construíamos el plan de trabajo para la siguiente semana.

4.3.2. Informe semanal de producción

El Informe Semanal de Producción es una herramienta de gestión utilizada para realizar seguimiento y control a la productividad y ratios de horas hombre mediante partidas de control.

El informe semanal de producción consolida la información de los reportes diarios: la cantidad de kg de acero instalado durante la semana y la cantidad de horas hombre empleadas.

En este caso no se calcularán indicadores de valor ganado.

Debido a que en el proyecto se ejecutaron diversas estructuras (pilotes, losas de cimentación, zapatas, muros de contención, pedestales), la estructura de control del proyecto partía de los frentes y su nivel más bajo era por estructuras (partida de control).

Tabla 13. Estructura de control del proyecto

FRENTE		PARTIDA DE CONTROL	
4	NAVE DE HORNOS		
5	PARQUE DE CHATARRA		
7	FTP (PLANTA DE HUMOS)		
8	HORNO & CARRO LF		
9	EDIFICIO ELECTRICO FTP		
10	CCM		
11	SCALE PIT		
12	NAVE DE PALANQUILLA	12.1.1	Acero dimensionado de zapatas
12	NAVE DE PALANQUILLA	12.1.2	Acero dimensionado de pedestales
12	NAVE DE PALANQUILLA	12.1.3	Acero dimensionado de vigas de cimentación
13	EDIFICIO ELÉCTRICO LF		
14	WATER TREATMENT PLANT		
15	EDIFICIO ELECTRICO CCM		
16	EDIFICIO ELÉCTRICO EAF		
17	MHS		

Para facilitar el entendimiento del procesamiento de datos vamos a enfocar el estudio en tres estructuras del frente Nave de Palanquillas: zapata Z2 y un

pedestal P2, zapata Z3 y pedestal P3 y la viga de cimentación VA02 que los conecta.

Primero, debemos tener claro cuál es el metrado de la partida de control. Esta información la obtenemos de los planos de despiece que ACEDIM entrega para la instalación. Allí encontramos una lista de despiece del acero de la zapata, del pedestal, de la armadura constructiva que se instala en la zapata (cuyo fin es soportar el acero de la malla superior) y de los aceros insertos en la zapata a los que se traslapará la armadura de la viga de conexión (ver Tabla 12. Pesos de estructuras a estudiar).

También es importante conocer cómo se ejecutará el total del metrado, si en un solo día, si en una semana, si en varios días. Esto depende de la estrategia constructiva del frente reflejada en la programación de actividades. Esta información figuraba en el lookahead.

La estrategia constructiva era la siguiente:

- i. Se armaba el acero de ambas zapatas. Esto incluía colocar la armadura constructiva, los insertos para la viga de cimentación y los aceros verticales para armar la primera altura del pedestal. Luego realizaban el vaciado de concreto.



Figura 32. Instalación de acero en zapata tipo Z-2 en Nave de Palanquillas.

- ii. Se instalaba el acero correspondiente a la primera altura del pedestal. Luego realizaban el vaciado de concreto.



Figura 33. Instalación de acero de primera altura en pedestal P-2 en Nave de Palanquillas.

- iii. Se instalaba el acero correspondiente a la segunda altura del pedestal en coordinación con el equipo que montaría los insertos metálicos. Se realizaba el vaciado de concreto.



Figura 34. Instalación de acero de segunda altura en pedestal P-2 en Nave de Palanquillas.

- iv. Se armaba la estructura de acero de la viga de conexión. Se realizaba el vaciado de concreto. Finalmente se enterraban las estructuras para generar más espacio de almacenamiento para los materiales.



Figura 35. Instalación de acero en viga de conexión VA-2 en Nave de Palanquillas.

Luego de tener claro cuáles serán las partidas de control y de tener claro lo que se realizó en campo, podemos pasar la información contenida en los reportes diarios al formato del ISP.

El ISP era un formato de Excel. Este formato era entregado al residente los días sábados al terminar la jornada. Con esta información se realizaba la valorización mensual y se hacía seguimiento al levantamiento de restricciones que involucraban llegada de acero de ciertas estructuras a ejecutar las semanas siguientes.

A continuación, se detalla el procesamiento de datos para generar el ISP que contiene la información de la instalación de acero de las estructuras.

Datos del proyecto:

- Frente: Nave de Palanquillas.
- Partidas de control: Acero dimensionado de zapatas, acero dimensionado de pedestales, acero dimensionado de vigas de cimentación.
- Actividad: como el contrato es por una sola partida, el control se ha llevado al nivel de estructuras: zapata Z2 y un pedestal P2,

zapata Z3 y pedestal P3 y la viga de cimentación VA02 que los conecta.

- Unidad: kilogramo.
- Metrado total: Se indica el peso total del acero que pertenece a cada estructura.
- Horas hombre totales: Toma importancia según la estrategia de control del proyecto. En este caso, al ser una sola actividad estudiada por frente, se obtenían ratios por frente y también ratios del día.
- Ratio: Nos indicaba cuál era la cantidad máxima de horas hombre que podemos invertir para instalar un kilogramo de acero dimensionado. El ratio considerado en la planificación de los trabajos (ratio meta) era de 0.033 hh/kg para estructuras verticales y 0.024 hh/kg para cimentaciones y estructuras horizontales.
- Metrado semanal: Es el metrado que se debe ejecutar en la semana de estudio. Algunas estructuras se ejecutaban por etapas y podían tomar más de una semana.

Tabla 14. Datos de las estructuras en estudio.

DATOS DEL PROYECTO					
COD	PARTIDA DE CONTROL	KG	HH	RATIO (HH/KG)	METRADO SEMANAL
12	NAVE DE PALANQUILLAS				
12.1	Acero dimensionado de zapatas				
	Zapata Z2	5969.88	143.28	0.024	5969.88
	Zapata Z3	7118.26	170.84	0.024	7118.26
12.2	Acero dimensionado de pedestales				
	Pedestal P2	4169.31	137.59	0.033	4169.31
	Pedestal P3	5243.77	173.04	0.033	5243.77
12.1.3	Acero dimensionado de viga de cimentación				
	Viga VA02	258.17	8.52	0.033	258.17

Dentro de los datos de la producción semanal encontramos el consolidado de los días de la semana. Según la información del reporte diario de campo se iba completando el metrado ejecutado y la cantidad de horas hombre empleadas en

cada estructura. Obtenemos el ratio diario dividiendo las horas hombre entre los kilogramos de acero instalado.

Los días en los que no se ejecutaban avances en cierta estructura se dejaban en blanco.

Tabla 15. Datos semanales de producción.

SEMANA 15														
01/04/2019			02/04/2019			03/04/2019			04/04/2019			05/04/2019		
KG	HH	RATIO	KG	HH	RATIO	KG	HH	RATIO	KG	HH	RATIO	KG	HH	RATIO
5969.88	53.5	0.009												
7118.26	63.0	0.009												
			2364.15	25.5	0.016	1805.16	21.0	0.012						
			3174.35	31.5	0.016				2069.42	25.5	0.012			
												258.17	8.00	0.031

En los resultados semanales encontramos la sumatoria de metrado y horas hombre alcanzados en la semana en estudio, el ratio semanal se obtiene dividiendo estos valores.

En los resultados acumulados encontramos la sumatoria de metrado y horas hombre alcanzados hasta la fecha, el ratio acumulado se obtiene dividiendo estos valores. Al lado vemos el saldo de kilogramos de acero a instalar.

En este proyecto se agregaron dos columnas que monitoreaban si se superó la instalación de los kilogramos semanales de acero y si se logró sin superar el ratio de horas hombre meta para esa tarea.

El acumulado actual es igual al acumulado semanal porque las estructuras se iniciaron y terminaron durante la misma semana.

Tabla 16. Datos acumulados de producción.

DATOS DEL PROYECTO		ACUMULADO SEMANAL				
COD	PARTIDA DE CONTROL	KG	HH	RATIO (HH/KG)	CUMP. KG	CUMP. HH/KG
12	NAVE DE PALANQUILLAS					
12.1	Acero dimensionado de zapatas					
	Zapata Z2	5969.88	53.5	0.009	SÍ	SÍ
	Zapata Z3	7118.26	63.0	0.009	SÍ	SÍ
12.2	Acero dimensionado de pedestales					
	Pedestal P2	4169.31	46.5	0.011	SÍ	SÍ
	Pedestal P3	5243.77	57.0	0.011	SÍ	SÍ
12.1.3	Acero dimensionado de viga de cimentación					
	Viga VA02	258.17	8.0	0.031	SÍ	SÍ

En la sección de proyecciones al termino no se obtienen resultados pues las estructuras se culminaron de instalar en la semana programada.

Tabla 17. Proyección al término.

DATOS DEL PROYECTO		PROYECCIÓN AL TÉRMINO		
COD	PARTIDA DE CONTROL	KG	HH	RATIO (HH/KG)
12	NAVE DE PALANQUILLAS			
12.1	Acero dimensionado de zapatas			
	Zapata Z2	0.00	0.00	0.00
	Zapata Z3	0.00	0.00	0.00
12.2	Acero dimensionado de pedestales			
	Pedestal P2	0.00	0.00	0.00
	Pedestal P3	0.00	0.00	0.00
12.1.3	Acero dimensionado de viga de cimentación			
	Viga VA02	0.00	0.00	0.00

4.3.3. Value Stream Mapping

Para empezar a elaborar el VSM debemos definir las fronteras de la cadena de valor. Empezamos reconociendo a nuestros proveedores y a nuestros clientes.

- El proveedor es ACEDIM, nos entrega el acero dimensionado y el alambre para realizar el amarre.
- El cliente es la Empresa n°2 (ver organigrama), ellos determinan las condiciones para aceptar una armadura: calidad y plazo. El requerimiento del cliente se plasma en el lookahead.

La partida a mapear es la instalación de acero dimensionado

Con la información obtenida con los instrumentos y técnicas ya presentados se realizará el VSM actual. Junto con ello se detectarán las posibles pérdidas y donde es viable mejorar el proceso con el fin de optimizarlo.

A continuación, detallamos los pasos seguidos:

Elegimos trazar el VSM de la zapata Z3, estudiada también en el ISP con el fin de explicar cómo el aplicar ambas herramientas mejora el control y la misma productividad. Además, la complejidad de la armadura de acero era baja y similar a la de otras zapatas, lo que facilitaba la recolección de datos.

Gemba walk: ya que los trabajos se desarrollaban en una zona pequeña, bajo el nivel del suelo, se podía observar el trabajo de los obreros sin interferir.





Figura 36. Proceso constructivo observado en gemba walk.

Definimos formato y simbología a emplear en el VSM.

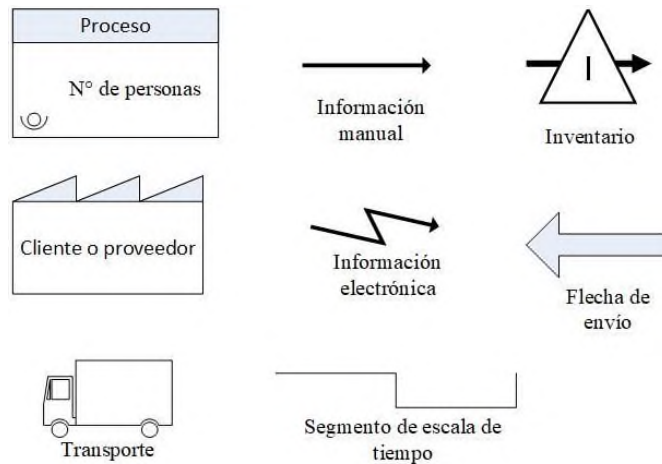


Figura 37. Símbolos usados en el VSM.

Recogemos los tiempos por proceso en el formato de análisis de tiempo.

Tabla 18. Análisis de tiempo de la zapata Z3

ANÁLISIS DE TIEMPO										
Estructura: Zapata Z3										
Día: 01/04/2019										
DIA	METRADO	ST	ET	T	AI	S	ET	AV	AS	TOTAL (minutos)
01/04/2019	7118.263	60	0	30	180	40	0	30	140	480
		TC		TC	TP	TP		TP	TP	
Leyenda:										
ST	Selección y transporte de acero a zona de instalación									

ET:	Espera por indicaciones										
T:	Trazo y replanteo										
AI:	Instalación de acero de malla inferior										
S:	Instalación de separadores										
AV:	Instalación de acero vertical										
AS:	Instalación de acero de malla superior										
<table border="1"> <tr> <td>TNP</td> <td>0</td> <td>0%</td> </tr> <tr> <td>TC</td> <td>90</td> <td>19%</td> </tr> <tr> <td>TP</td> <td>390</td> <td>81%</td> </tr> </table>			TNP	0	0%	TC	90	19%	TP	390	81%
TNP	0	0%									
TC	90	19%									
TP	390	81%									
LEAD TIME		480									
TVA O TP		390									

Dibujamos los flujos con lápiz y papel, desde el cliente hasta llegar al proveedor. Este proceso se puede realizar muchas veces hasta lograr un flujo que represente lo que observamos, pero en este caso se realizó solo una vez debido a que la cantidad de estructuras similares era reducida.

Así obtenemos el VSM actual.

Finalmente, observando la relación entre los procesos y los flujos, planteamos el VSM futuro.

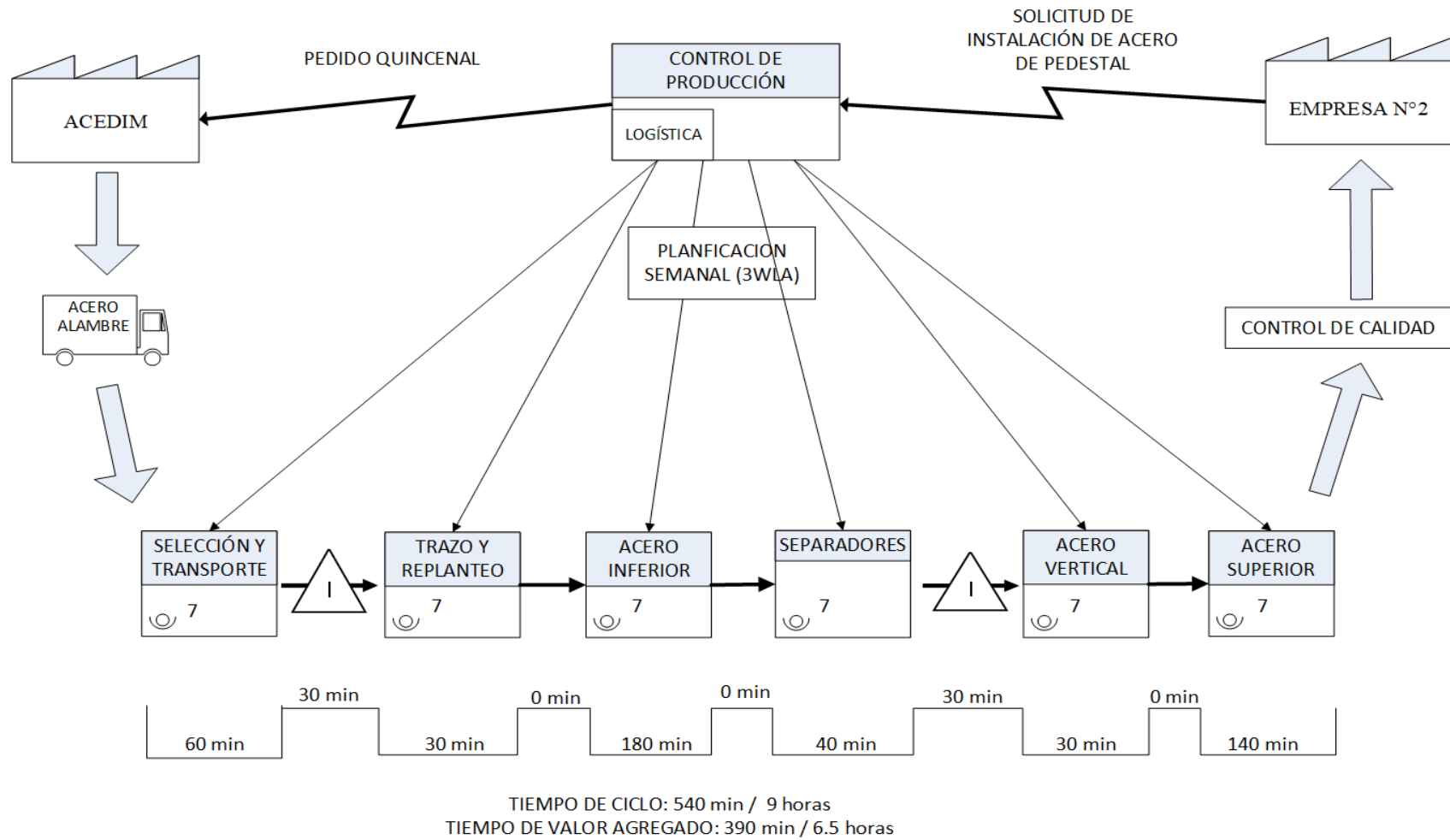
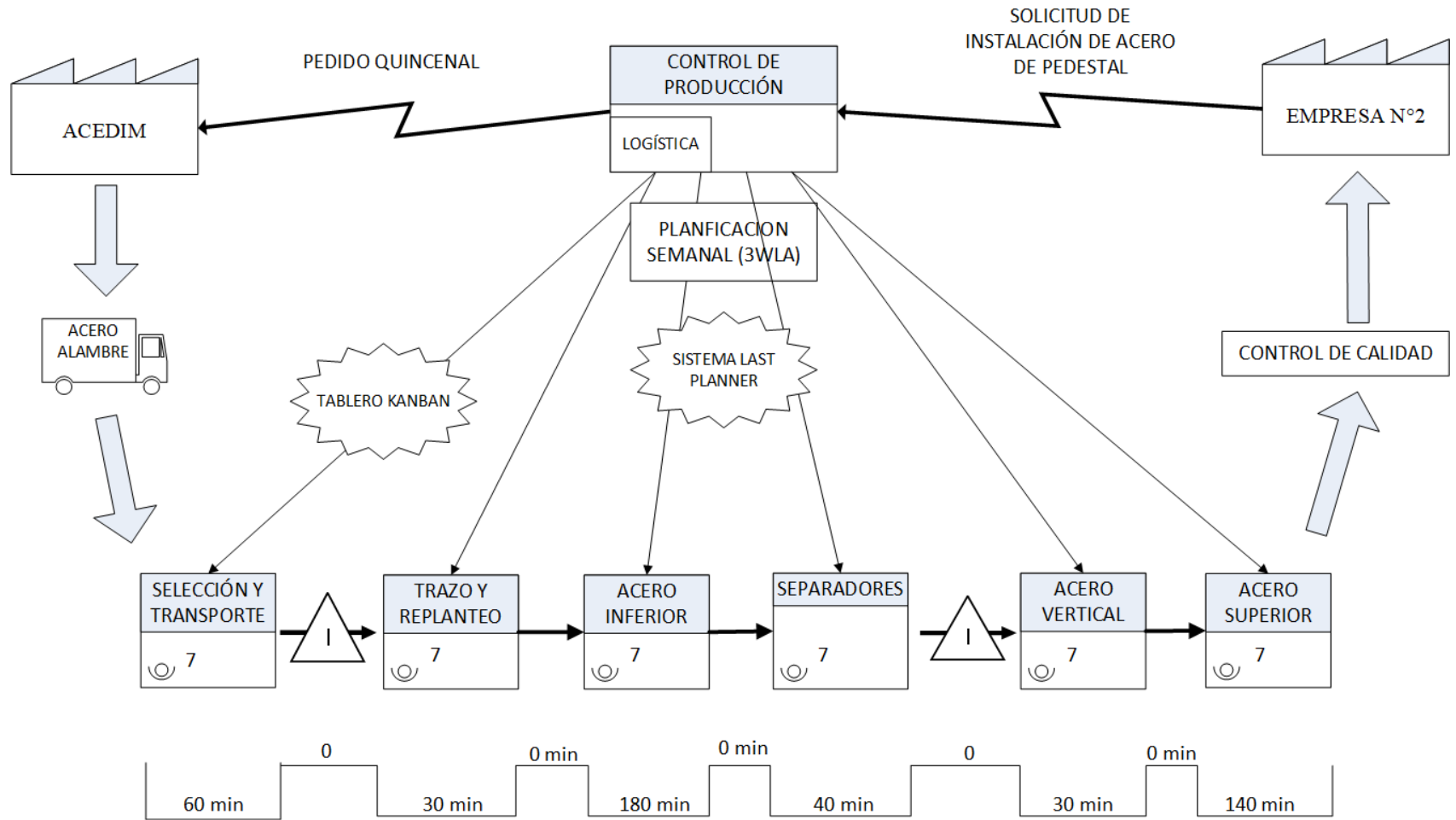


Figura 38. VSM actual de la zapata Z3



TIEMPO DE CICLO: 480 min / 8 horas
 TIEMPO DE VALOR AGREGADO: 390 min / 6.5 horas

Figura 39. VSM futuro de la zapata Z3

CAPÍTULO V: PRESENTACIÓN, INTERPRETACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. PRESENTACIÓN E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

5.1.1. Análisis de los resultados de la aplicación de ISP

Los resultados de la aplicación de ISP a las estructuras: zapata Z2 y pedestal P2, zapata Z3 y pedestal P3 y la viga de cimentación VA02 que los conecta se describen en los siguientes párrafos.

Como se observa en la Tabla 19. Comparación entre metrado meta y metrado ejecutado:

- Se cumplió con instalar el total de metrado semanal indicado en el lookahead. El ISP no permite medir si es que la armadura de acero fue entregada el día en el que el cliente lo solicitaba. Este control de plazos se debe manejar con ayuda de otras herramientas.
- No queda saldo pendiente de metrado en estas estructuras. Esto permite concentrar los esfuerzos para mejorar ratios de las actividades que sí continúan en ejecución.

Tabla 19. Comparación entre metrado meta y metrado ejecutado.

COD	PARTIDA DE CONTROL	METRADO SEMANAL	KG	CUMP. KG
12	NAVE DE PALANQUILLAS			
12.1	Acero dimensionado de zapatas			
	Zapata Z2	5969.88	5969.88	SÍ
	Zapata Z3	7118.26	7118.26	SÍ
12.2	Acero dimensionado de pedestales			
	Pedestal P2	4169.31	4169.31	SÍ
	Pedestal P3	5243.77	5243.77	SÍ
12.1.3	Acero dimensionado de viga de cimentación			
	Viga VA02	258.17	258.17	SÍ

Como se observa en la Tabla 20. Comparación entre ratio meta y ratio real:

- El ratio de horas hombre obtenido en cada estructura es inferior al ratio meta, lo que significa que se emplearon menos horas hombre por kilogramo instalado que lo planificado en el lookahead.
- El ratio diario obtenido en la instalación de acero de una zapata es de 0.009 hh/kg.

Aquí la descripción de cómo se halló el ratio para la zapata Z3.

$$\text{Ratio} = \frac{\text{cuadrilla} \times \text{jornada laboral} \times \text{tiempo (días)}}{\text{metrado}}$$

$$\text{Ratio} = \frac{7 \times 9 \frac{\text{horas}}{\text{día}} \times 1 \text{ día}}{7118,26 \text{ kg}}$$

$$\text{Ratio} = \frac{63 \text{ horas}}{7118,26 \text{ kg}}$$

$$\text{Ratio} = 0.009 \text{ hh/kg}$$

- El ratio acumulado obtenido en la instalación de acero un pedestal es de 0.011 hh/kg.
- El ratio diario obtenido en la instalación de acero una viga de cimentación es de 0.031 hh/kg.

Tabla 20. Comparación entre ratio meta y ratio real.

COD	PARTIDA DE CONTROL	RATIO (HH/KG)	RATIO (HH/KG)	CUMP. HH/KG
12	NAVE DE PALANQUILLAS			
12.1	Acero dimensionado de zapatas			
	Zapata Z2	0.024	0.009	SÍ
	Zapata Z3	0.024	0.009	SÍ
12.2	Acero dimensionado de pedestales			
	Pedestal P2	0.033	0.011	SÍ
	Pedestal P3	0.033	0.011	SÍ
12.1.3	Acero dimensionado de viga de cimentación			
	Viga VA02	0.033	0.031	SÍ

En la Tabla 21. Indicadores registrados durante 12 semanas de estudio. presentamos los indicadores obtenidos gracias a la aplicación del informe semanal de producción durante las doce semanas de estudio de este proyecto.

Tabla 21. Indicadores registrados durante las semanas de estudio.

SEMANA DE EVALUACIÓN	METRADO (kg)	HORAS (hh)	RATIO (hh/kg)	RATIO PROM	RATIO ACUM
Semana 14	56,090.07	1132	0.020	0.023	0.020
Semana 15	69,488.21	1392.5	0.020	0.023	0.020
Semana 16	57,703.17	679.5	0.012	0.023	0.017
Semana 17	87,415.29	1774.5	0.020	0.023	0.018
Semana 18	73,620.90	1519	0.021	0.023	0.019
Semana 19	90,711.20	1789.5	0.020	0.023	0.019
Semana 20	69,258.20	1662.5	0.024	0.023	0.020
Semana 21	61,908.47	1788.5	0.029	0.023	0.021
Semana 22	98,749.15	1825.5	0.018	0.023	0.020
Semana 23	96,122.45	1905	0.020	0.023	0.020
Semana 24	53,570.72	1524	0.028	0.023	0.021
Semana 25	47,876.68	2056.5	0.043	0.023	0.023

El ratio promedio de las semanas de estudio es de 0.023 hh/kg.

El ratio promedio acumulado de las semanas de estudio es de 0.023 hh/kg, valor que es menor que el ratio meta que es de 0.024 hh/kg (valor más exigente entre los ratios con los que se planificaban las tareas).

Tabla 22. Desviación estándar

SEMANA DE EVALUACIÓN	x	μ	$x-\mu$	$(x-\mu)^2$
Semana 14	0.020	0.023	-0.003	0.00001
Semana 15	0.020	0.023	-0.003	0.00001
Semana 16	0.012	0.023	-0.011	0.00012
Semana 17	0.020	0.023	-0.003	0.00001
Semana 18	0.021	0.023	-0.002	0.00001
Semana 19	0.020	0.023	-0.003	0.00001
Semana 20	0.024	0.023	0.001	0.00000
Semana 21	0.029	0.023	0.006	0.00004
Semana 22	0.018	0.023	-0.004	0.00002
Semana 23	0.020	0.023	-0.003	0.00001
Semana 24	0.028	0.023	0.006	0.00003
Semana 25	0.043	0.023	0.020	0.00040
				0.00066

La desviación estándar es de 0.0074 hh/kg.

$$D.E = \frac{\sqrt{0.00066}}{\sqrt{12}}$$

$$D.E = 0.0074$$

Ahora, considerando esta data podemos construir una curva de productividad, como se observa en la Figura 47. Curva de productividad de 12 semanas de estudio.

Observamos picos resaltantes en la semana 16, semana 21 y semana 25. Para entender con claridad el comportamiento de la curva y poder confiar en las proyecciones que realicemos, es necesario hacer una descripción de cada semana de producción haciendo énfasis en las situaciones atípicas:

- Desde la semana 14 hasta la semana 19 el ratio promedio es de 0.019 hh/kg. Durante esas semanas las estructuras predominantes fueron las de subestructura: losas de cimentación, zapatas aisladas, zapatas conectadas. El diámetro dominante fue de 1”.
- Durante la semana 16 se observa un ratio semanal excelente y atípico de 0.012 hh/kh. Desde el día jueves había feriado largo por semana santa. Entonces, conversamos con el personal obrero y trabajamos por tareas, si se terminaba el metrado de la semana en los tres primeros días, podríamos tomarnos el fin de semana largo. Todos estuvieron de acuerdo y se logró la meta.
- A partir de la semana 20 se observa un incremento del ratio semanal, o sea, cada vez se empleaban más horas para instalar un kilogramo de acero dimensionado. Esto se debe a que a partir de esa semana se iniciaron los trabajos de superestructuras: columnas, placas y losas macizas de los edificios eléctricos. El diámetro dominante era de ¾”.
- En la semana 22 se aperturaban dos frentes de trabajo importantes: una planta de tratamiento de aguas y un hidrociclón. Esto implicaba iniciar la instalación de subestructuras. Se armaron losas de cimentación y muros de contención de 15 metros de altura. Nuevamente el diámetro dominante era de 1”, lo que disminuía el

rendimiento, o sea, se empleaban menos horas hombre para instalar un kilogramo de acero dimensionado.

- Durante la semana 25 sucedió un cambio de estrategia de construcción en el frente del hidrociclón. Como resultado, se tuvo que desarmar todo el acero que ya se había instalado. Por eso, el ratio semanal se incrementa hasta 0.043 kg/hh.

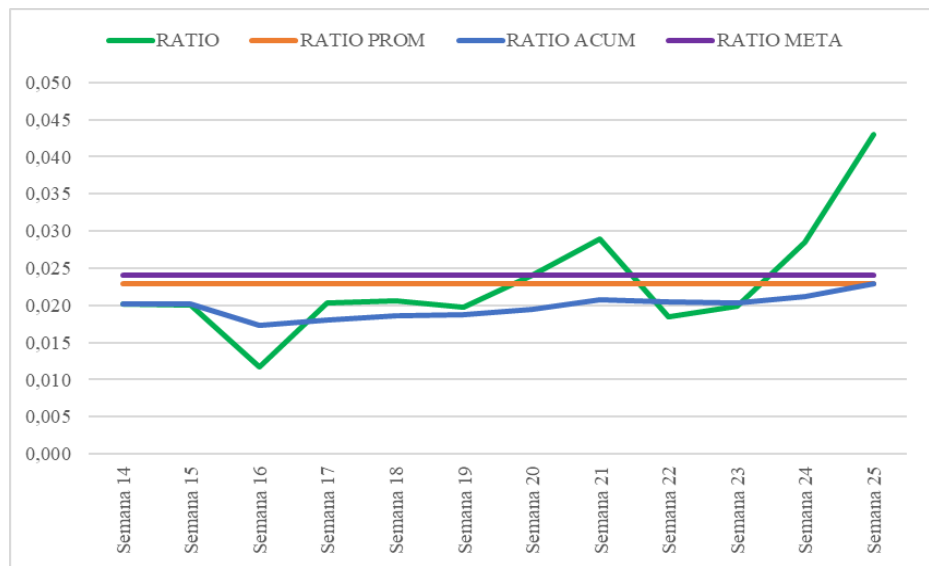


Figura 40. Curva de productividad de 12 semanas de estudio.

Con la información registrada durante las doce semanas de estudio podemos hacer una comparación entre el metrado ejecutado y el metrado planificado, como se observa en la Figura 44. Brechas entre metrado planificado y metrado ejecutado.

- El total de metrado planificado para ejecutar durante las 12 semanas de estudio fue de 1 015 964.72 kg de acero dimensionado.
- El total de metrado realmente ejecutado durante las 12 semanas de estudio fue de 862 514.50 kg de acero dimensionado.
- La brecha es de 153 450.22 kg de acero dimensionado.

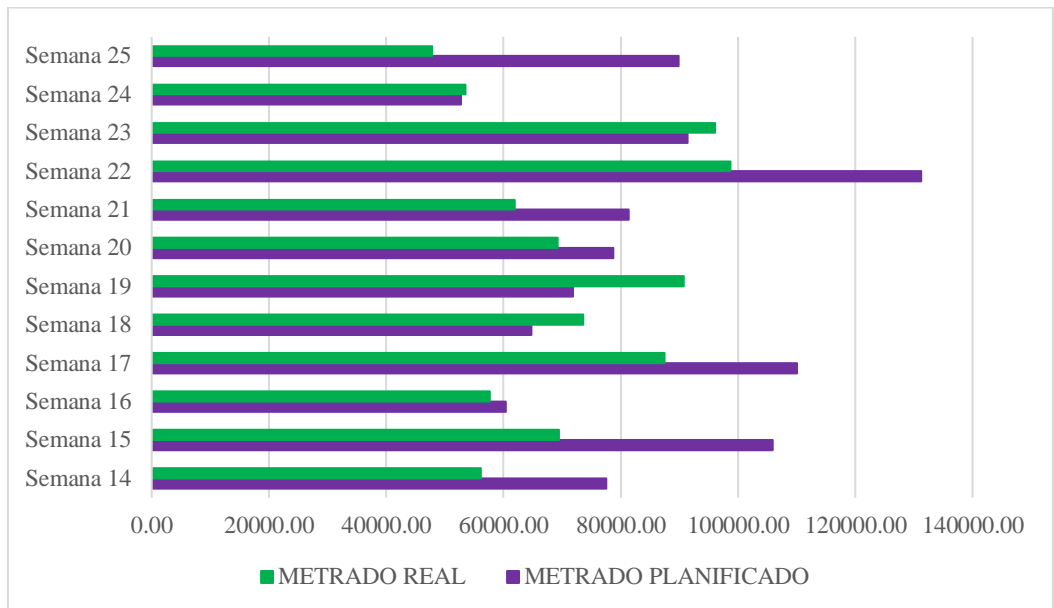


Figura 41. Brechas entre metrado planificado y metrado ejecutado.

Considerando que el ratio meta es de 0.024 hh/kg (valor más exigente entre los ratios con los que se programaban las tareas) podemos comparar la cantidad de hh estimadas con la cantidad de horas hombre reales, como se observa en la Figura 45. Brechas entre HH planificadas y HH reales.

- El total de horas hombre programadas para ejecutar durante las 12 semanas de estudio fue de 24 383.15.
- El total de horas hombre empleadas durante las 12 semanas de estudio fue de 19 049.00.
- La brecha es de 5 334.15 horas hombre.

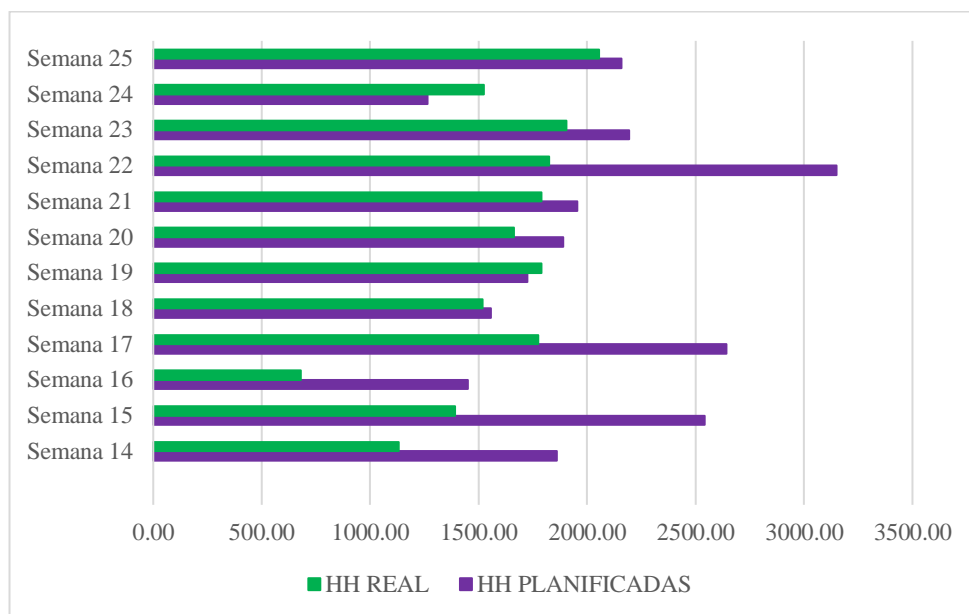


Figura 42. Brechas entre HH planificado y HH reales.

Con estos valores podemos hallar brechas en términos monetarios, como se observa en la Tabla 22. Brechas en términos monetarios.

- Considerando como el precio unitario promedio de la partida de instalación de acero dimensionado un monto de 250 USD y una tasa de cambio de 3.5 nuevos soles.
- Estimando el costo de hora hombre en función de la cantidad de obreros de cada categoría que participó en la actividad: 14.30 nuevos soles.
- La brecha en términos monetarios es de S/. 482'360.53 soles a favor de la empresa, que no representan necesariamente utilidades netas porque en este cálculo no se han incluido los costos de equipos ni los costos indirectos.

Tabla 23. Brechas en términos monetarios.

	VALORIZACIONES	PAGO PLANILLAS
Semana 14	S/49,078.81	16183.97298
Semana 15	S/60,802.18	19908.28832
Semana 16	S/50,490.27	9714.672827
Semana 17	S/76,488.38	25369.66436
Semana 18	S/64,418.29	21716.833
Semana 19	S/79,372.30	25584.1163

Semana 20	S/60,600.93	23768.42321
Semana 21	S/54,169.91	25569.8195
Semana 22	S/86,405.51	26098.80095
Semana 23	S/84,107.15	27235.39622
Semana 24	S/46,874.38	21788.31698
Semana 25	S/41,892.10	29401.36081
TOTAL	S/754,700.19	S/272,339.67
	Brecha	S/482,360.53

Con la información presentada se puede calcular la efectividad y la eficiencia del trabajo realizado durante las doce semanas de estudio, como se observa en la Tabla 23 y en la Tabla 24.

- La efectividad promedio alcanzada fue de 91%.
- La eficiencia promedio alcanzada fue de 80%.

Tabla 24. Efectividad de la actividad.

SEMANA DE EVALUACIÓN	METRADO PLANIFICADO	METRADO REAL	EFFECTIVIDAD
Semana 14	77571.93	56090.07	72%
Semana 15	105917.56	69488.21	66%
Semana 16	60386.29	57703.17	96%
Semana 17	110040.15	87415.29	79%
Semana 18	64813.08	73620.90	114%
Semana 19	71811.64	90711.20	126%
Semana 20	78762.58	69258.20	88%
Semana 21	81408.57	61908.47	76%
Semana 22	131233.10	98749.15	75%
Semana 23	91401.62	96122.45	105%
Semana 24	52715.19	53570.72	102%
Semana 25	89903.01	47876.68	53%
TOTAL	1015964.72	862514.50	91%

Tabla 25. Eficiencia de la actividad.

SEMANA DE EVALUACIÓN	HH PLANIFICADAS	HH REAL	EFICIENCIA
Semana 14	1861.73	1132.00	61%
Semana 15	2542.02	1392.50	55%
Semana 16	1449.27	679.50	47%
Semana 17	2640.96	1774.50	67%
Semana 18	1555.51	1519.00	98%
Semana 19	1723.48	1789.50	104%
Semana 20	1890.30	1662.50	88%

Semana 21	1953.81	1788.50	92%
Semana 22	3149.59	1825.50	58%
Semana 23	2193.64	1905.00	87%
Semana 24	1265.16	1524.00	120%
Semana 25	2157.67	2056.50	95%
TOTAL	24383.15	19049.00	80%

Como se ha explicado en el marco teórico, la aplicación del ISP permite realizar proyecciones, como se observa en la Figura 50. Proyecciones de ratio desde la semana 26 a la semana 30.

Existen muchos métodos para realizar pronósticos de series de tiempo, en este caso usaremos una regresión lineal que es fácil de obtener a través de Excel:

- Obtenemos una curva de los ratios semanales a lo largo de las semanas de estudio.
- Agregamos el elemento de gráfico: línea de tendencia lineal.
- Obtenemos la siguiente ecuación:

$$y = 0.0014x + 0.0138$$

Podemos estimar si las proyecciones son hacia el incremento o la disminución guiándonos solo de la gráfica o podemos usar la ecuación para obtener valores. En este caso la tendencia lineal es creciente, lo que significa que los ratios seguirán creciendo.

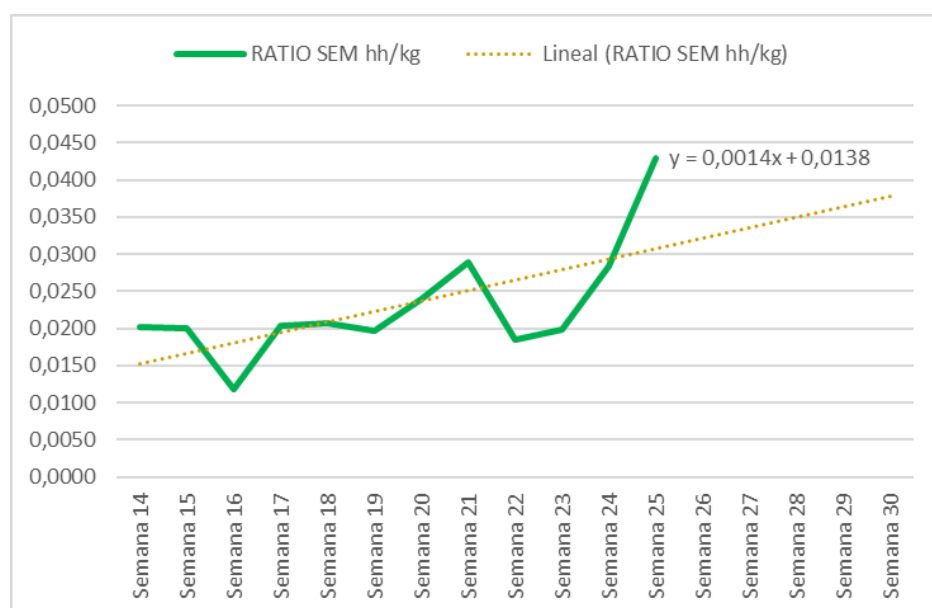


Figura 43. Proyecciones de ratio desde la semana 26 a la semana 30.

5.1.2. Análisis de la evaluación de VSM

El VSM actual de la zapata Z3, como se observa en la Figura 45. VSM actual de la zapata Z3, indica lo siguiente:

- El acero atraviesa 8 procesos antes de ser instalado y entregado al cliente. De los 8 procesos, 2 son inventario: espera por instrucciones.
- El lead time es la sumatoria de los tiempos empleados en todos los procesos, sean productivos, contributorios o no productivos. En este caso es de 540 minutos o 9 horas.
- El tiempo de valor agregado es lo mismo que el tiempo productivo. En este caso es de 390 minutos o 6.5 horas.
- El throughput o velocidad de la cadena de valor es de 13.18 kg/min.
- El inventario suma 60 minutos. La tasa de desperdicio este caso representa el 11% del lead time.

5.2. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

INFORME SEMANAL DE PRODUCCIÓN

Nuestra propuesta presenta similitudes con la investigación de (Ayala Vilela & Temoche, 2017) presentada en los antecedentes. Luego de seis semanas de recolección de datos en un proyecto industrial, el autor obtiene como ratio real promedio (de únicamente el proceso de colocación de acero ya habilitado) un valor de 0.027 hh/kg.

Tabla 26. Similitudes con el resultado de la investigación de (Ayala Vilela & Temoche, 2017)

	Presente investigación	Ayala & Temoche (2017)	
Sector	Industrial	Industrial	
Acero	-	0.042	hh/kg
Habilitación	-	0.013	hh/kg
Colocación	0.023	0.027	hh/kg

El ratio acumulado de las doce semanas de estudio es de 0.023 hh/kg, valor que es menor que el ratio meta que es 0.024 hh/kg (ver Tabla 20). Esto significa que la brecha es positiva.

El total de metrado planificado para ejecutar durante las 12 semanas de estudio fue de 1 015 964.72 kg de acero dimensionado. El total de metrado realmente ejecutado durante las 12 semanas de estudio fue de 862 514.50 kg de acero dimensionado. La brecha es de 153 450.22 kg de acero dimensionado (ver Figura 48). Esta brecha significa que se ha instalado menos acero del que se planificó.

El total de horas hombre programadas para ejecutar durante las 12 semanas de estudio fue de 24 383.15. El total de horas hombre empleadas durante las 12 semanas de estudio fue de 19 049.00. La brecha es de 5 334.15 horas hombre (ver Figura 49). Esta brecha significa que se emplearon menos horas que las planificadas.

La efectividad promedio alcanzada fue de 91% (ver Tabla 23).

La eficiencia promedio alcanzada fue de 80% (ver Tabla 24).

La proyección obtenida mediante una regresión lineal, basada en el ratio semanal, es de tendencia creciente con una ecuación $y=0.0014x+0.0138$ (ver Figura 50)

Para comprobar si las proyecciones son confiables, empleamos data real de cinco semanas proyectadas, con lo que podemos hacer una comparación para demostrar la validez de esta ventaja del ISP.

Es necesario explicar que desde la semana 26 a la semana 30 no sucedieron eventos que pudieran causar alteraciones drásticas en el ratio semanal.

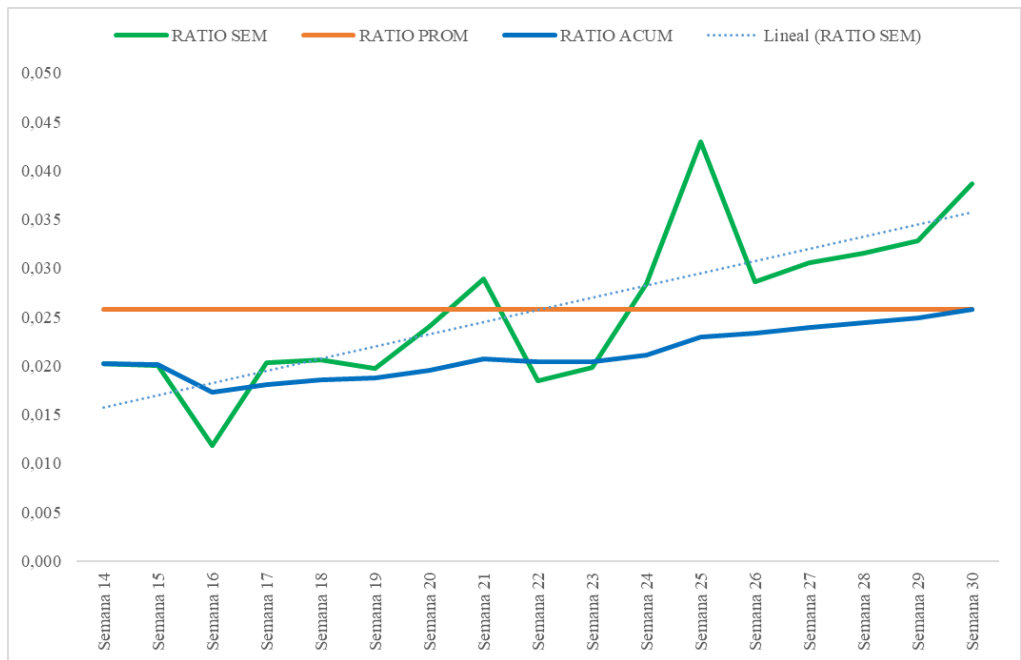


Figura 44. Curva de productividad durante 17 semanas de estudio

Observamos que los ratios registrados desde la semana 26 hasta la semana 30 se comportaron según la tendencia lineal creciente, como se esperaba.

VALUE STREAM MAPPING

El VSM futuro de la zapata Z3 indica lo siguiente:

- Para eliminar el inventario se plantea aplicar el sistema Last Planner en su totalidad a la instalación del acero. Si bien el lookahead que nos entrega el cliente es nuestra orden de producción, no existe planificación interna para hacerlo posible. Al no tener claro qué se va a ejecutar el día siguiente, no se realizan tareas previas como dimensionar la cuadrilla necesaria ni ubicar el material, generando improvisación y tiempos no productivos como la espera de instrucciones.
- Debido a los cambios del lookahead entre semanas, se plantea tener un Inventario de Trabajo Ejecutable actualizado (herramienta del sistema Last Planner) para afrontar los días en los que no se tenga programación semanal definitiva.
- Para afrontar los cambios de ingeniería se plantea implementar un tablero kanban para controlar las estructuras que deben detenerse

hasta solucionarse las consultas. Además, esto nos ayudaría a tener controlados los paquetes de acero dimensionado que serán empleados en estas estructuras, facilitando su selección y transporte.

- Si se logra implementar estas medidas planteadas, se lograría reducir el lead time a 480 minutos o 8 horas. Considerando que la cuadrilla es conformada por 7 personas, esta reducción significaría reducción de costos de mano de obra.
- Para incrementar el tiempo de valor agregado se recomienda aplicar cartas balance para estudiar la composición de la cuadrilla.

CAPÍTULO VI: COMPROBACIÓN DE HIPÓTESIS

6.1. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS GENERAL

El Informe Semanal de Producción nos permite controlar la cantidad de horas empleadas en cada actividad y si estamos en pérdida o en ganancia. El Value Stream Mapping nos permite identificar en qué parte del flujo de procesos se encuentran las pérdidas.

6.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS ESPECÍFICA

HE1: La aplicación del Informe Semanal de Producción dimensionado brinda información histórica, presente y futura de la partida de la mano de obra en la instalación de acero dimensionado, como el ratio semanal promedio de las 25 semanas de estudio que es 0.023 hh/kg y la ecuación lineal que permite realizar proyecciones: $y=0.0014x+0.0138$.

HE2: Por medio de la evaluación de Value Stream Mapping se ha identificado el principal desperdicio en la instalación de acero dimensionado: espera por instrucciones, que representa el 11% del lead time.

CONCLUSIONES

La aplicación del Informe Semanal de Producción dimensionado a la actividad en estudio nos permitió obtener información histórica, presente y futura, de la productividad. Quedando así demostrado que con esta herramienta es posible controlar la productividad usando indicadores como los siguientes:

Tabla 27. Resultados de la aplicación de ISP.

INDICADOR	VALOR REAL	PROYECTADO
Ratio de instalación de acero en una zapata	0.009 hh/kg	0.024 hh/kg
Ratio de instalación de acero en un pedestal	0.011 hh/kg.	0.024 hh/kg
Ratio de instalación de acero en una viga de cimentación	0.031 hh/kg.	0.024 hh/kg
Ratio promedio real	0.023 hh/kg	0.024 hh/kg
Desviación estandar	0.0074 hh/kg	-
Metrado	862 514.50 kg	1 015 964.72 kg
Horas hombre	19 049.00 hh	24 383.15 hh
Efectividad promedio	91%.	95%
Eficiencia promedio	80%	95%
La proyección lineal	$y=0.0014x+0.0138$	-

En cuanto al Value Stream Mapping, se ha identificado el principal desperdicio (esperas por indicaciones) en la instalación de acero dimensionado y su impacto en la cadena de valor de la instalación de acero dimensionado en los pedestales, obteniendo oportunidades de mejora.

Tabla 28. Resultados de la aplicación de VSM.

INDICADOR	VALOR REAL
Lead time	540 minutos
Tiempo de valor agregado	390 minutos
Throughput o velocidad de la cadena	13.18 kg/min
Tasa de desperdicio	11% del lead time

RECOMENDACIONES

- Con base en estas conclusiones, se sugiere diseñar un sistema de gestión de la productividad de la partida de instalación de acero dimensionado para maximizar sus beneficios. Pueden emplear el sistema Last Planner para mejorar la planificación y el Informe Semanal de Producción para monitorear la productividad.
- También se alienta a aplicar el Value Stream Mapping como herramienta para identificar los desperdicios de todo tipo en el sector construcción, proponer medidas de mitigación u así para colaborar con el incremento de los tiempos de valor agregado del sector construcción.

FUENTES DE INFORMACIÓN

- Alarcón Cárdenas, L. F. (2020). *Lecciones aprendidas de Last Planner System*. Recuperado el 2020, de <https://youtu.be/Ks40UMDNakM>
- Ayala Vilela, O., & Temoche, R. V. (Noviembre de 2017). *Metodologías y herramientas de gestión para la mejora continua de la productividad en la construcción*. Piura, Lima. Obtenido de <https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/3247>
- Ballard, H. G. (Mayo de 2000). *The Last Planner System of Production Control*. Birmingham, Inglaterra.
- Barbarán Vizcarra, C. M. (Julio de 2018). *Aplicación de mapeo de cadenas de valor en la etapa de acabados en un edificio multifamiliar*. Lima, Perú. Obtenido de <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/12504>
- Buzón Quijada, J. A. (s.f.). *Lean Manufacturing* (Primera ed.). España: Elearning.
- Centro de Excelencia en Gestión de la Producción. (2016). *Manual Práctico de Herramientas de Mejoramiento de la Construcción*. Chile: Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Ghio Castillo, V. (2001). *Productividad en obras de construcción*. Lima, Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Jones, D., & Womack, J. (2003). *Lean thinking* (Segunda ed.). Reino Unido: Gestión 2000.
- Marín Aravena, J. A. (2015). *Recomendaciones para extender y sostener prácticas lean a través del tiempo en la industria de la construcción*. Santiago de Chile, Chile.
- Orihuela, P. (2011). El Lean Construction en el Perú. *Boletín Construcción Integral*(12). Obtenido de <https://www.acerosarequipa.com/aprende-en-linea/constructoras>
- Orihuela, P., & Ulloa, K. (2011). La planificación de obras y el sistema Last Planner. *Boletín Construcción Integral*(12). Obtenido de <https://www.acerosarequipa.com/aprende-en-linea/constructoras>
- Orihuela, P., Pacheco, S., & Quiroz, F. (2019). Integración hacia adelante y hacia atrás en la provisión de acero en obra. *Boletín Construcción Integral*(21). Obtenido de <https://www.acerosarequipa.com/aprende-en-linea/constructoras>

- Pons Achell, J. F. (2014). *Introducción a Lean Construction*. Madrid: Fundación Laboral de la Construcción.
- Quiroz, F. (2012). Detallamiento de acero dimensionado con 4D. *Boletín Construcción Integral*(15). Obtenido de <https://www.acerosarequipa.com/aprende-en-linea/constructoras>
- Richert, T. (s.f.). *Lean Construction Blog*. Obtenido de <https://leanconstructionblog.com/What-is-the-Last-Planner-System.html>
- Rosenbaum Videla, S. A. (2012). *Aplicación de mapeo de cadenas de valor para la detección de pérdidas productivas y medioambientales en la construcción: Estudio de caso en obra "Clínica Universidad de los Andes"*. Santiago de Chile, Chile. Obtenido de <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/104360>
- Rother, M., & Shook, J. (1999). *Observar para crear valor: cartografía de la cadena de valor para agregar valor y eliminar "muda"* (1.2 ed.). EE.UU: The Lean Enterprise Institute.
- Serpell Bley, A. (2002). *Administración de operaciones de construcción* (Segunda ed.). México: Alfaomega.
- Toledo Santos, A. C. (2017). *Mejoramiento de la planificación operacional mediante la implementación de la filosofía lean construction en el proyecto Ampliación y Mejoramiento del Hospital de Moquegua Nivel II-2, ubicado en el departamento de Moquegua*. Moquegua, Perú.
- Villanueva Joaquín, L. E., & Bustos Tirado, J. O. (29 de Enero de 2020). *Optimización de los procesos productivos utilizando Value Stream Mapping (VSM) en los procesos constructivos de placa de ascensor, placa de escalera y losa maciza "Sector 4". Caso: Proyecto "Condominio Bolivia N°848" – Breña – Lima*. Lima, Perú. Obtenido de <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/650431>
- Womack, J. (7 de Junio de 2006). *¿Mura, muri, muda?* Obtenido de Lean Enterprise Institute: <https://www.lean.org/womack/DisplayObject.cfm?o=743>

MATRIZ DE CONSISTENCIA				
TÍTULO:	Análisis de herramientas para el control y mejora de la productividad aplicando Informe Semanal de Producción (ISP) y Mapeo de la cadena de valor (VSM) en partidas de mano de obra de acero dimensionado, caso "Modernización Acería Aceros Arequipa 2020", Ica - Perú.			
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES E INDICADORES	METODOLOGÍA
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLE INDEPENDIENTE	TIPO DE INVESTIGACIÓN - Aplicada - Vertical o transversal - Cuantitativa NIVEL DE INVESTIGACIÓN - Explicativa - Descriptiva MÉTODO DE INVESTIGACIÓN - Deductivo y analítico TÉCNICAS - Revisión bibliográfica - Observación directa - Entrevistas INSTRUMENTOS - Formatos adecuados a la muestra de estudio - Procesamiento de datos usando Excel. - Tratamiento de la información por medio de cuadros comparativos, tablas y figuras.
¿Cómo la aplicación de las herramientas de control de la productividad como el informe semanal de producción (ISP) y mapeo de la cadena de valor (VSM) en partidas de mano de obra de acero dimensionado en la construcción en el caso "Modernización Acería Aceros Arequipa 2020" en Ica identifican y minimizan desperdicios de horas hombre?	Análisis de la aplicación de las herramientas de control de la productividad con el informe semanal de producción (ISP) y el mapeo de la cadena de valor (VSM) en partidas de mano de obra de acero dimensionado en la construcción en el caso "Modernización Acería Aceros Arequipa 2020" en Ica e identificar y minimizar los desperdicios de horas hombre.	Las herramientas de control de la productividad como el Informe Semanal de Producción (ISP) y Mapeo de la cadena de valor (VSM) en la partida de mano de obra de acero dimensionado del caso "Modernización Acería Aceros Arequipa 2020" identifican y minimizan desperdicios de horas hombre.	VI: Aplicación de las herramientas del ISP y VSM	
			INDICADORES	
			Ratio de producción Tiempo de producción Brechas en HH Tasa (%) de eficiencia Tasa (%) de efectividad Tiempo de Lead Time Tiempo de valor agregado Throughput	
PROBLEMAS ESPECIFICOS	OBJETIVOS ESPECIFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	VARIABLES DEPENDIENTES	
¿Cómo la aplicación del Informe Semanal de Producción (ISP) en 01 elemento vertical y 01 elemento horizontal de la partida de mano de obra de acero dimensionado en estudio brindará información para el análisis de su productividad?	Aplicar el Informe Semanal de Producción (ISP) en 01 elemento vertical y 01 elemento horizontal para determinar la productividad de la partida de mano de obra de acero dimensionado estudiada.	El Informe Semanal de Producción en 01 elemento vertical y 01 elemento horizontal permite analizar la productividad de la partida de mano de obra de acero dimensionado estudiada.	VD 1: Mejora de la productividad VD 2: Identificación de desperdicios	
			INDICADORES	
¿Cómo usando Value Stream Mapping (VSM) se identificarán y minimizarán los desperdicios de horas hombre de la partida de mano de obra de acero dimensionado en estudio?	Aplicar el Value Stream Mapping (VSM) para identificar y minimizar los desperdicios de la partida de mano de obra de acero dimensionado estudiada.	El Value Stream Mapping permite identificar y mitigar los desperdicios de la partida de mano de obra de acero dimensionado estudiada.	Tipo de desperdicio Tasa (%) de desperdicios	