



# POSGRADOS

---

## MAESTRÍA EN GESTIÓN DE PROYECTOS

RPC-SO-20-NO.313-2022

OPCIÓN DE TITULACIÓN:

ARTÍCULOS PROFESIONALES DE ALTO NIVEL

TEMA:

CONTROL DE DESPERDICIOS EN LA  
MATERIA PRIMA DE LOS PROCESOS DE  
FABRICACIÓN DE PILOTES PREFABRICADOS  
DE HORMIGÓN BASADO EN LA FILOSOFÍA  
LEAN CONSTRUCTION.

AUTOR:

PEDRO LEÓNIDAS ECHEVERRÍA CRIOLLO

DIRECTOR:

DANILO MEJÍA CORONEL

CUENCA – ECUADOR

2024

**Autor:****Pedro Leónidas Echeverría Criollo**

Ingeniero Civil.

Candidato a Magíster en Gestión de Proyectos por  
la Universidad Politécnica Salesiana – Sede Cuenca.

pecheverriac@ups.edu.ec

**Dirigido por:****Danilo Mejía Coronel**

Biólogo.

Máster en Geomática.

danilo.mejia@ucuenca.edu.ec

Todos los derechos reservados.

Queda prohibida, salvo excepción prevista en la Ley, cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública y transformación de esta obra para fines comerciales, sin contar con autorización de los titulares de propiedad intelectual. La infracción de los derechos mencionados puede ser constitutiva de delito contra la propiedad intelectual. Se permite la libre difusión de este texto con fines académicos investigativos por cualquier medio, con la debida notificación a los autores.

**DERECHOS RESERVADOS**

2024 © Universidad Politécnica Salesiana.

CUENCA– ECUADOR – SUDAMÉRICA

PEDRO LEÓNIDAS ECHEVERRÍA CRIOLLO

Control de desperdicios en la materia prima de los procesos de fabricación de pilotes prefabricados de hormigón basado en la filosofía Lean Construction.

## **DEDICATORIA**

*A Dios, y a la memoria de mi padre, a pesar de nuestra distancia física, siento que estás conmigo siempre y aunque nos faltaron muchas cosas por vivir juntos, sé que este momento hubiera sido tan especial para ti como lo es para mí.*

## **AGRADECIMIENTO**

*Gracias infinitas a mis padres, por su amor incondicional y su apoyo moral. También expreso mi gratitud a mi esposa e hijos, quienes supieron brindarme su tiempo para escucharme y apoyarme. Me gustaría agradecer al Dr. Rafael Pezo Zuñiga y por su intermedio a Mavisa s.a. por abrirme las puertas y brindarme la oportunidad de avanzar en mi carrera profesional. Su fe en mis habilidades y su disposición para ayudarme han sido fundamentales para la finalización de este trabajo. Agradecer también a mi tutor, así como a cada uno de los catedráticos, que me brindaron sus conocimientos, y experiencias durante el desarrollo esta maestría.*

CONTROL DE  
DESPERDICIOS EN LA  
MATERIA PRIMA DE  
LOS PROCESOS DE  
FABRICACIÓN DE  
PILOTES  
PREFABRICADOS DE  
HORMIGÓN BASADO  
EN LA FILOSOFÍA LEAN  
CONSTRUCTION.

AUTOR(ES):

# PEDRO LEONIDAS ECHEVERRIA CRIOLLO

# RESUMEN

---

Este estudio detalla la implementación de técnicas basadas en los principios de Lean Construction con el fin de evaluar los porcentajes de desperdicios y causas frecuentes de pérdidas en la fabricación de pilotes en una planta de prefabricados.

Se recopiló una serie de datos basados en entrevistas, materia prima consumida en los últimos seis meses en la elaboración del hormigón, así como el muestreo en sitio para determinar los tiempos productivos, tiempos contributarios, tiempos no contributivos que se registran durante la producción de los pilotes prefabricados, haciendo un análisis de dichos resultados para establecer acciones que minimicen los tiempos improductivos.

**Palabras clave:**

Lean Construction, pilotes prefabricados, perdidas, tiempo productivo, tiempo contributario, tiempo no Contributario

## ABSTRACT

---

This paper describes the application of tools based on the Lean Construction philosophy in order to evaluate the percentages of waste and frequent causes of losses in the manufacture of piles in a precast plant.

A series of data was collected based on interviews, raw material consumed in the last six months in the production of concrete, as well as on-site sampling to determine the productive times, contributory times, non-contributory times that are recorded during the production of precast piles, making an analysis of these results to establish actions to minimize unproductive times

**Keywords:**

Lean Construction, precast piles, losses, productive time, contributory time, non-contributory time



## 1. Introducción

A nivel mundial, la realización de diversos proyectos de construcción, abarcando diferentes categorías, busca satisfacer las diversas necesidades de la población. Estos proyectos no solo responden a demandas sociales, sino que también desencadenan un impulso económico significativo. La construcción no solo crea empleo, sino que también estimula los mercados de insumos, estableciéndose como un indicador clave del desarrollo económico de una nación, tal como lo señalan (Andrade García & Coba Rodríguez, 2013), (Landi Fajardo y Ing. Guamán Velesaca, 2021)

En nuestro País, como en el resto de la región, la construcción es sensible a las variaciones económicas. Es decir, mientras el país presente crecimiento económico, la demanda de actividades de construcción se incrementa, debido a que surge la necesidad de implementar nueva infraestructuras, esto a su vez, impulsa la productividad de otros sectores económicos (equipos, muebles, tecnología, etc).

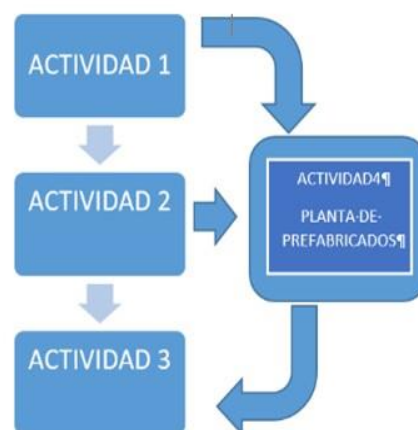
En la industria de la construcción, la búsqueda constante de la optimización del tiempo y los costos ha llevado a que los elementos prefabricados se conviertan en una opción altamente atractiva. Un elemento prefabricado consiste en una pieza estructural de concreto armado y/o precomprimido que se fabrica en una planta utilizando cemento, agua, agregados (arena y piedra) y aditivos (reductores de agua). Cada etapa de su producción se somete a rigurosos controles de calidad para garantizar su fiabilidad y resistencia.

La producción de elementos prefabricados de hormigón ofrece una ventaja significativa en comparación con la construcción convencional, ya que los elementos se fabrican en un lugar diferente al sitio de instalación o uso final. Esto proporciona un control más riguroso sobre la calidad del elemento prefabricado. Además, esta metodología permite la formación de equipos especializados para llevar a cabo tareas específicas, mejorando así la eficiencia y precisión en el proceso de construcción, y

actividades que se pueden desarrollar en paralelo, por ejemplo en cimentaciones mientras se hacen tareas de gestión de permisos, limpieza, replanteo, en planta se fabrican los pilotes, Los elementos prefabricados no solo acortan plazos, sino que también hacen que la construcción se parezca más a las industrias manufactureras. Esto resulta ventajoso en un mercado altamente competitivo, ya que posibilita acortar la duración de las tareas y cumplir con los plazos establecidos para la finalización de la obra.



**Figura 1.** Esquema de la Metodología Tradicional de Construcción.



**Figura 2.** Esquema de la Metodología de la prefabricación

En Ecuador, la industria del prefabricado cuenta con una trayectoria de más de cuatro décadas en el mercado, siendo la ciudad de Guayaquil el principal centro de desarrollo. Actualmente, se registran al menos tres empresas dedicadas a la prefabricación de elementos de hormigón precomprimido (pretensado y/o postensado), también se registra una planta en la ciudad de Cuenca. La aplicación de estos elementos en la industria es amplia, participando en diversos proyectos de infraestructura como puentes, edificaciones, galpones, centros comerciales, control de inundaciones, sistemas sanitarios (cámaras de aguas lluvias), entre otros.

## 1.1 Justificación de la investigación

Las pérdidas que ocurren durante la construcción pueden tener diversas causas, y una de las más significativas está relacionada con la falta de optimización en la elaboración de proyectos, ocasionando un impacto económico negativo muy significativo. Estudios recientes han demostrado que aproximadamente el 30% del costo total de las obras realizadas principalmente por métodos de construcción convencionales, se debe a desperdicios (Alarcón, 1997) esto quiere decir que si tuviéramos, por ejemplo, un proyecto de 3 edificios, los residuos obtenidos servirían para construir un cuarto edificio (Orihuela y Orihuela, 2003). El mayor desafío en las plantas de prefabricados radica en las pérdidas que surgen cuando los procesos no están controlados y no se asegura la continuidad del flujo de producción.

## 1.2 Objetivo

Este artículo tiene como objetivo demostrar cómo la implementación de herramientas de 'Lean Construction' facilita la identificación y medición de pérdidas (desperdicios) y el análisis del rendimiento de la mano de obra, que permita proponer mejoras significativas en los procesos de producción, almacenamiento y despacho de productos prefabricados, centrándonos en el caso de estudio de pilotes.

Esto se logra al determinar porcentajes de desperdicios y optimizar la producción de elementos prefabricados en términos de tiempo, lo que, a su vez, se traduce en ahorros de costos y mejora en la calidad del producto final.

En este contexto, "Lean Construction" representa un nuevo enfoque en la gestión de proyectos de construcción que difiere de las prácticas actuales delineadas por el Project Management Institute (PMBOK). Es fundamental entender que "Lean Construction" no debe ser considerado simplemente como un modelo o sistema a seguir paso a paso, sino como una mentalidad orientada hacia la creación de herramientas que añadan valor a las actividades, fases y etapas de los proyectos de construcción. Se reconoce la

importancia crucial de eliminar cualquier aspecto que genere pérdidas durante la ejecución de estos proyectos. Por esta razón, se llevará a cabo una revisión bibliográfica sobre la filosofía de Lean Construction y un análisis del estado actual de la aplicación de estos conceptos en productos prefabricados

## 1.3 Objetivos Específicos

- ✓ Realizar un diagnóstico inicial para identificar las deficiencias en el proceso de producción de pilotes prefabricados.
- ✓ identificar y seleccionar las herramientas específicas de Lean Construction que serán aplicadas en el proceso de producción de pilotes prefabricados para optimizar la eficiencia y reducir las pérdidas.
- ✓ Basándose en los resultados del diagnóstico y las herramientas de Lean Construction seleccionadas sugerir mejoras con beneficios potenciales, tanto para el cliente como para la fábrica de producción.

## 1.4 Revisión de la literatura

La filosofía Lean, originada en las prácticas implementadas por Toyota para reducir desperdicios y aumentar el valor de los productos en la cadena de producción, ha sido documentada por diversos autores, ejemplo (Rojas López et al., 2015). Para mejorar la producción en la planta de prefabricados, se pueden aplicar principios de Lean Construction. Esto implica analizar los flujos y conversiones en cada proceso de producción, determinar tiempos productivos, para reducir costos, acortar plazos y mejorar la calidad, lo que lleva a una optimización del proceso. (Botero Botero, Principios, herramientas e implementación de Lean Construction, 2021).

Según (Institute, s.f.), Lean Construction es una filosofía que se enfoca en la gestión de la producción en el campo de la construcción. Su principal objetivo es eliminar o reducir las actividades que no aportan valor al proyecto. De esta manera, se busca optimizar las tareas que realmente contribuyen al proyecto, creando así un

sistema de producción eficiente que minimiza los desperdicios y residuos, de igual manera considera que los residuos se definen como todas aquellas actividades que no generan valor en el proceso necesario para completar una unidad productiva.

Para el profesor Lauri Koskela, (Koskela, 1992), Lean Construction es una filosofía que cambia el pensamiento tradicional de trabajo en el sector construcción por medio de sistemas de gestión innovadores fundamentados en análisis de pérdidas, planificando las actividades con el objetivo de mejorar la productividad en la construcción, eliminando actividades que no aportan para el resultado de la obra.

Según (Ghio Castillo, 2001) Lean Construction es la construcción sin grasas, es decir la construcción sin pérdidas, cuyo foco principal es desarrollar proyectos maximizando el valor y minimizando los desperdicios.

De acuerdo a (Rojas Lopez et al., 2016) Lean Construction es una filosofía que cambia el pensamiento tradicional en el sector construcción por medio de sistemas de gestión innovadores fundamentados en análisis de pérdidas, planificando las actividades con el objetivo de mejorar la productividad en la construcción, eliminando actividades que no aportan para el resultado de la obra.

El autor Luis Botero, en su estudio "Last Planner, un avance en la planificación y control de proyectos de construcción" (2005), destaca que Lean Construction introduce principios que transforman el enfoque tradicional de administración del mejoramiento de la producción. Se centra en asegurar la estabilidad del flujo de trabajo como clave para la eficiencia.

Un aspecto importante que resalta (HOWELL, 1999) es como la producción sin pérdidas entrega al cliente de forma instantánea un producto hecho a la medida sin mantener inventario alguno, esta idea incluye:

- ✓ Establecer un proceso de producción sin interrupciones, permitiendo una corriente constante de productos.
- ✓ Al detener la línea de producción cuando se encuentra un producto defectuoso, se garantiza la calidad y confiabilidad del producto final.
- ✓ Buscar la perfección en la entrega de un producto, como lo requiere el cliente, sin pérdida alguna

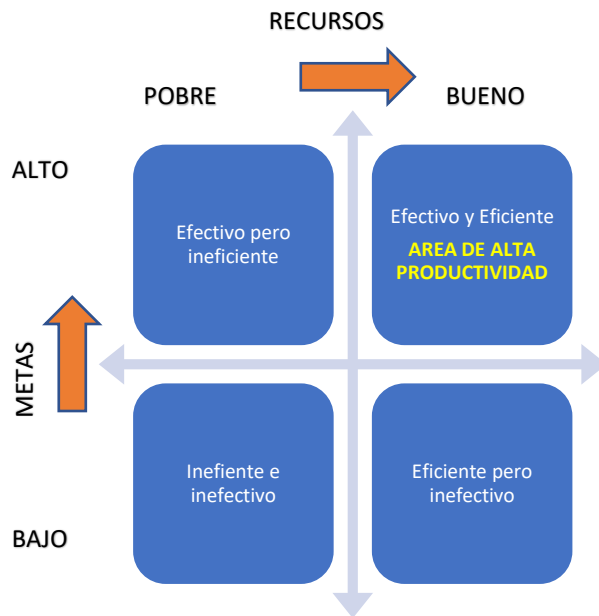
Lean considera dentro de su diseño considera: (Koskela, 1992)

- ✓ Reducción de las actividades sin valor agregado
- ✓ Considerar sistemáticamente las necesidades del cliente para mejorar la calidad y utilidad del producto
- ✓ Minimizar las fluctuaciones en los procesos para lograr resultados consistentes.
- ✓ Optimizar los tiempos necesarios para completar cada fase del proceso.
- ✓ Reducir pasos, componentes y relaciones complejas para simplificar el proceso de producción.
- ✓ Permitir adaptaciones para satisfacer diferentes requisitos del cliente.
- ✓ Asegurar que los procesos sean claros y comprensibles para todos los involucrados.
- ✓ supervisar y gestionar cada fase del proceso de manera integral.
- ✓ Introducir procesos constantes de mejora para optimizar la eficiencia y la calidad.
- ✓ Alinear las mejoras en los procesos con mejoras en la comunicación entre equipos y departamentos.
- ✓ Evaluar periódicamente el rendimiento de la empresa tanto dentro como fuera de la organización para identificar oportunidades de mejora. (Benchmarking).

Otro concepto interesante de revisar es la productividad en la construcción, y que la podemos entender con la medición de la eficiencia con al que se administran los recursos

para completar un proyecto en determinado tiempo (Serpell B, 2002),

La Figura 3 nos muestra la relación entre eficiencia (buena utilización de los recursos), efectividad (cumplimiento de las metas deseadas) y productividad.



**Figura 3.** Relación entre Eficiencia, Efectividad y Productividad (Serpell, 2002)

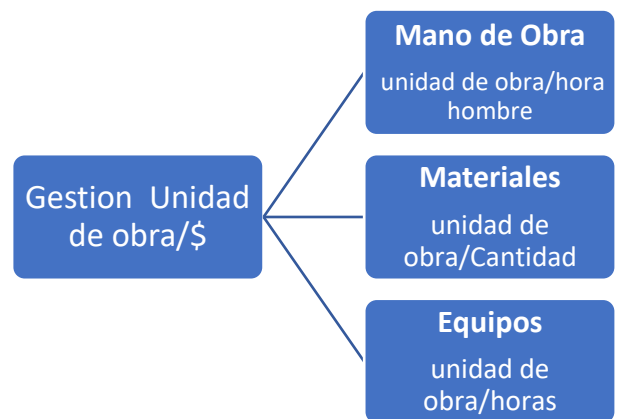
(HOWELL, 1999) plantea para Lean Construction algunos conceptos, tales como:

- Identificación y entrega de valor
- La organización de la producción en un proceso continuo de flujo
- El perfeccionamiento de los productos y el aumento de la fiabilidad a través de la distribución de actividades y toma de decisiones
- Promueve la mejora continua

Dentro de los distintos tipos de recursos, se encuentran la productividad de materiales, mano de obra y maquinaria. La mano de obra se destaca como un factor crítico, ya que determina el ritmo de trabajo y ejerce una influencia significativa en la productividad de los otros recursos, como los materiales y la maquinaria. La Figura 4 resume de manera concisa los principales tipos de productividad en el ámbito de la construcción.

En el caso de la mano de obra, debido a su importancia crítica, es fundamental tener en cuenta tres elementos básicos que son:

- ✓ El personal debe **DESEAR**, realizar un buen trabajo.
- ✓ El personal debe **SABER** hacer un buen trabajo (capacitación y entrenamiento adecuados).
- ✓ El personal debe **PODER** realizar un buen trabajo. (administración, supervisión, efectiva)



**Figura 4.** Tipos de Productividad (Serpell, 2002)

La productividad en la construcción se puede ver afectada por muchos factores, por lo que es muy importante saber identificar cuáles son los más negativos, y cuáles son los que agregan mayor eficiencia para aumentar su efecto

Una forma efectiva de entender el potencial de mejora en los sistemas productivos es a través del nuevo modelo *de flujos de procesos*. Este enfoque percibe el trabajo como un flujo de información que implica la conversión en sí misma, la inspección, el transporte y las esperas. Su objetivo principal radica en identificar y eliminar pérdidas, así como reducir el tiempo asociado con cada actividad.

Tabla 1: La Productividad y algunos de sus factores

EMPEORAN	AYUDAN
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Directrices desmotivadoras (políticas)</li> <li>✓ Apoyo insuficiente por parte de los grupos de trabajo</li> <li>✓ Administración – gestión ineficaz</li> <li>✓ Datos insuficientes</li> <li>✓ Ubicación desfavorable de la obra</li> <li>✓ Diseño deficiente, o de baja calidad</li> <li>✓ Condiciones climáticas adversas</li> <li>✓ Personal no capacitado</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Motivación</li> <li>✓ Buena supervisión</li> <li>✓ Buena organización</li> <li>✓ Procedimientos apropiados</li> <li>✓ Incentivos</li> <li>✓ Buena planificación</li> <li>✓ Grupos de apoyo eficientes</li> </ul>

En contraste con el modelo de conversión tradicional, que representa las tareas individuales de la construcción (tales como encofrados, armado de acero, y fundiciones de hormigón) como una secuencia de acciones jerárquicas que pueden ser controladas y optimizadas, este nuevo modelo considera las pérdidas de manera integral. La Figura 5 ilustra el modelo de conversión tradicional para una mejor comparación.

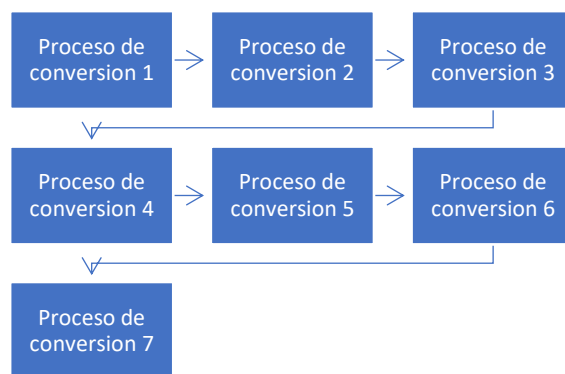


Figura 5. Modelo de Conversión de Procesos

La conversión en sí misma conlleva inevitablemente ciertos niveles de pérdidas (TC y TNC), a menudo pasando desapercibidas y, por lo tanto, resultando difíciles de eliminar. Bajo la nueva filosofía de producción, las actividades son concebidas como flujos de procesos de materiales

e información. Estos flujos deben ser rigurosamente controlados para minimizar la variabilidad y reducir al mínimo los tiempos. La Figura 6 presenta un esquema del proceso de producción basado en flujos para ilustrar este enfoque.

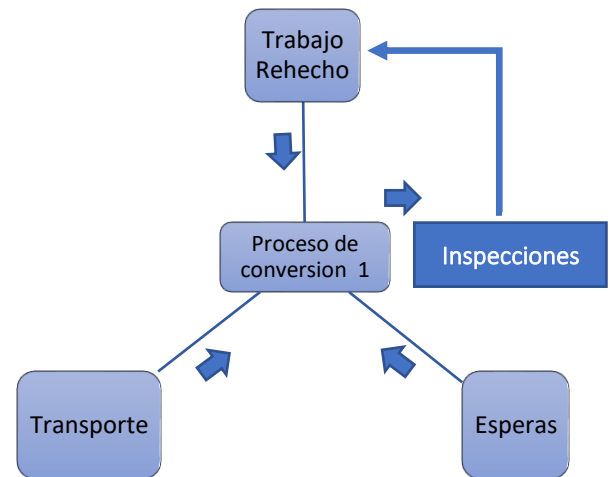


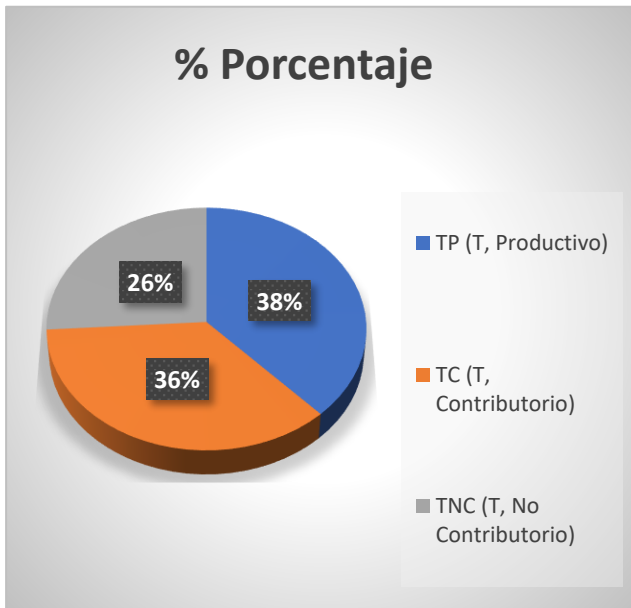
Figura 6. Modelo de Flujo de Procesos

La productividad puede ser medida a través de los rendimientos, que es la relación entre cantidad producida de un cierto rubro versus los recursos invertidos para realizar dicha unidad de obra, y en construcción se compone de tres elementos que son:

- ✓ Trabajo no Contributivo o no productivo, que se entiende como cualquier actividad que no aporte significativamente a un rubro, tales como caminar con manos vacías, esperar, fumar, usar celular, etc.
- ✓ Trabajo Contributivo, es aquel trabajo de apoyo, que debe ser realizado para que se pueda ejecutar el rubro, ejemplo leer planos, pasar herramientas, ordenar, limpiar etc.
- ✓ Trabajo Productivo; aquel que aporta en forma directa a la producción, ejemplo colocación de varillas, torones, hormigonado de elementos.

Tomando como fuente los estudios realizados por el Servicio de productividad y gestión del Departamento de Ingeniería y Gestión de la Construcción de la Pontificia Universidad Católica

de Chile, se han adoptado valores promedio que se presentan en la Figura 7.



**Figura 7.** Promedios generales de categoría de trabajo en obras. (Serpell, 2002)

El efecto de los factores que reducen la productividad se puede clasificar en cinco categorías de pérdidas por productividad, tal como se muestra en la Figura 8



**Figura 8.** Principales Categorías de pérdidas de productividad. (Serpell, 2002)

Las principales causas que ocasionan pérdidas de productividad están identificadas en siete categorías, que se detallan en la Figura 9



**Figura 9.** Principales Causas de pérdidas de productividad. (Serpell, 2002).

Es esencial comprender que toda actividad que no agregue valor y que consuma tiempo, recursos y espacio de trabajo se considera una pérdida. Estas actividades generan costos adicionales dentro del proceso de producción.

(Shingo), propuso en su libro Estudio del Sistema de Producción Toyota la siguiente clasificación de pérdidas:

- ✓ Pérdidas ocasionadas por exceso de producción o cuando aún no se requiere
- ✓ Pérdidas ocasionadas retrasos y esperas
- ✓ Pérdidas ocasionadas por las ineficiencias en el movimiento de materiales y productos
- ✓ Pérdidas que se originan en el diseño y organización del proceso de producción
- ✓ Pérdidas asociadas con la gestión ineficiente de inventarios
- ✓ Pérdidas ocasionadas debido a productos defectuosos

En la Figura 10, se muestran los siete principales tipos de desperdicio (perdidas), además de una descripción para reconocerlos durante los procesos de producción.



**Figura 10.** Principales Tipos de Desperdicios

Es muy importante determinar la forma en que se está utilizando los recursos de una obra o proyecto, para este caso la elaboración de pilotes en una planta de prefabricados de hormigón, es así que (Serpell B, 2002), esta determinación debe ser llevada para:

- ✓ Detectar las pérdidas en la ejecución del proceso de construcción
- ✓ Identificar las tareas donde se producen las pérdidas y sus causas
- ✓ Cuantificar la magnitud de las pérdidas
- ✓ Entregar información para la toma de decisiones oportunas.
- ✓ Usar la información obtenida como base de medición de mejoramientos.

Con base en la revisión bibliográfica, este artículo se dedica a examinar la implementación de la filosofía Lean Construction en un producto específico de una fábrica de prefabricados. La colaboración de MATERIALES DE VIVIENDAS MAVISA S.A. es esencial para llevar a cabo este proyecto, centrándose en los Pilotes Prefabricados. La empresa muestra un

fuerte interés en comprender y aplicar los principios Lean con el objetivo de optimizar sus procesos productivos, reducir los tiempos y minimizar los costos directos, indirectos y administrativos. Esto se lleva a cabo con la finalidad de mejorar la rentabilidad y cumplir con las expectativas y necesidades de sus clientes.

## 2. Metodología de Trabajo

El método de investigación que se realizó fue deductivo, que permitió establecer verdades partiendo de conocimientos generales, ya que este enfoque permitió analizar de manera profunda y con alto grado de detalle, la información contenida en documentos para obtener una comprensión profunda del tema de estudio, al partir de lo general a lo particular.

Para recopilar datos, se utilizaron diversas técnicas, incluyendo observación directa, entrevistas estructuradas, análisis documental, uso de datos recopilados anteriormente, así como listas de verificación específicas. Estas metodologías permitieron una recopilación exhaustiva y precisa de la información necesaria para llevar a cabo el estudio.

La fuente primaria de información para este estudio fue proporcionada por el jefe de producción, quien compartió datos sobre la producción, así como información sobre los consumos reales informados por los operarios de las dosificadoras al jefe de bodega. Se llevaron a cabo entrevistas principalmente con expertos de las áreas de producción, bodega y control de calidad, así como con sus respectivos asistentes, adicionalmente se consideraron también a los ingenieros del departamento técnico

Como fuente secundaria tendremos la información para conocer la implementación de Lean Manufacturing y la mejora en la productividad que su aplicación puede brindar, los resultados de las entrevistas se procesaron y tabularon mediante el software Excel

Para calcular el porcentaje de desperdicio de hormigón en la planta, se registraron los volúmenes teóricos y reales (informados por las

dosificadoras de la planta) durante los meses de enero a junio de 2023. Esto incluyó los metros cúbicos de hormigón, así como los consumos y registros de sus componentes principales (cemento, piedra, arena y aditivo). El hormigón se produce internamente en las instalaciones de la planta Mavisa y está compuesto por cemento, piedra, arena, aditivos y agua, con proporciones predefinidas por la fábrica para lograr una resistencia a la compresión de 500 Kg/cm<sup>2</sup>. Este análisis detallado permitirá determinar con precisión el porcentaje de desperdicio y proporcionará una base sólida para identificar áreas de mejora en los procesos de producción y gestión de recursos.

Para promover un entorno Lean, caracterizado por el aumento del valor y la reducción de desperdicios, es esencial analizar el flujo de valor. Al examinar las actividades necesarias para la fabricación de pilotes, este análisis proporciona la capacidad de sugerir oportunidades de mejora, permitiendo así optimizar los procesos. De lo observado el esquema de valor existente para la fabricación de pilotes se describe a continuación:

- Recepcion de orden de trabajo
- Recepcion y preparación de materia prima
- Limpieza de bancos de trabajo
- Preparación de Armaduras
- Encofrados
- Hormigonado
- Curado
- Acabados y revisión visual
- Despacho y/o almacenamiento
- Controles de calidad durante cada porceso

Existen una serie de herramientas y metodologías para establecer niveles de productividad y medición de desperdicios que se tienen en la construcción, para el caso que nos atañe se eligió aplicar las siguientes:

- ✓ Encuestas de detección de pérdidas a Profesionales de la Empresa.
- ✓ Carta balance.

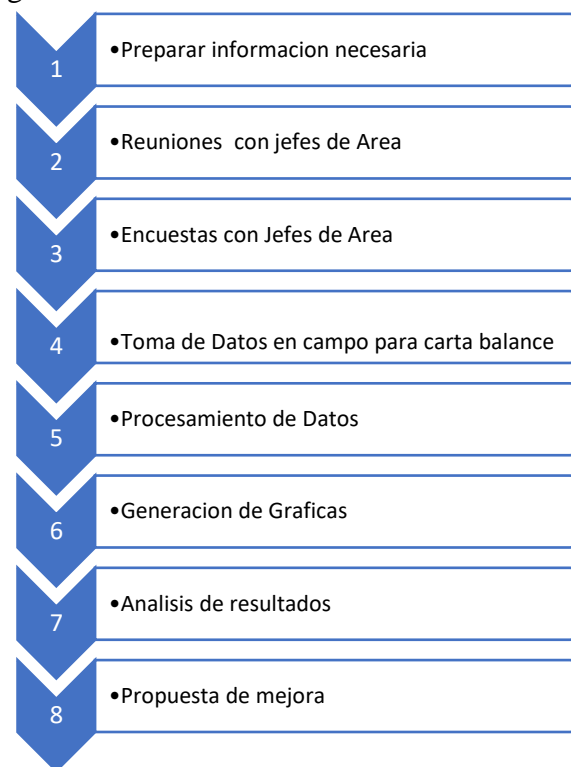
Se llevó a cabo una encuesta con los jefes de área de la planta, dividida en dos secciones. En la primera parte, los encuestados identificaron las

principales pérdidas durante la fabricación de pilotes, seleccionando diez causas de un conjunto de cuarenta y ocho opciones. En la segunda parte, se buscó clasificar la frecuencia de ocurrencia (frecuente, ocasional, rara vez o nunca) de diversas fuentes de pérdidas. Además, se realizaron entrevistas a los jefes de área de la planta en las áreas de producción, control de calidad y proyectos, solicitándoles que seleccionaran 10 fuentes de pérdidas de una lista establecida previamente.

La herramienta de carta balance implica observaciones breves de las actividades de los operarios en su lugar de trabajo y clasifica el trabajo realizado en tres grupos principales Trabajo Productivo (TP), Trabajo Contributivo (TC) y Trabajo no contributivo (TNC). En este proceso, se recopilaron 384 datos.

Estas herramientas se las utilizo directamente en campo y se basan en los principios de Lean Construction, que buscan identificar, eliminar o minimizar las fuentes de pérdidas. La metodología que se utilizó, fue la siguiente.

Figura 11

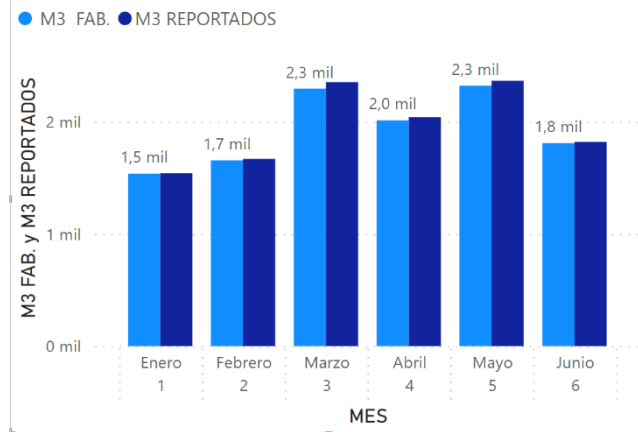


**Figura 11.** Metodología de Aplicación Encuesta de Detección de Pérdidas en Obra



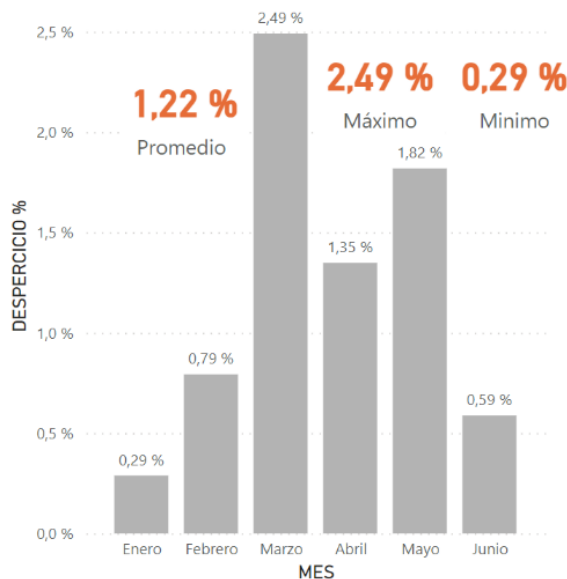
### 3. Resultados y Discusión

En la Figura 12, se presenta los resultados comparativos de los m3 de hormigón registrados vs los m3 teóricos de los meses de enero a Junio del 2023



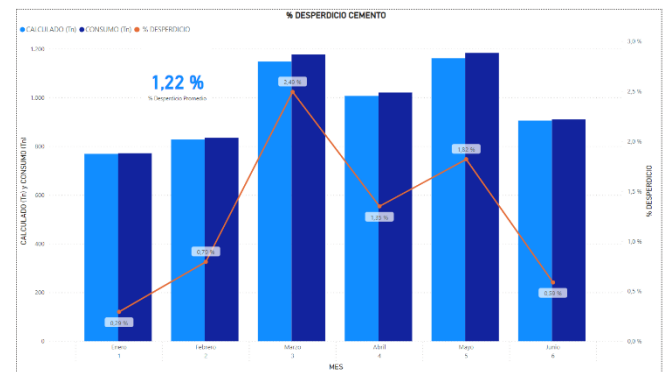
**Figura 12.** m3 Fabricados vs m3reportados (enero-junio 2023, Fuente: Mavisa s.a.)

En la Figura 13, se presentan los porcentajes mensuales de desperdicio de hormigón en los primeros seis meses de 2023, con un promedio del 1.22%, significativamente inferior a los registros de diversos estudios: Skoyles (8%), Pinto (1.5%), Soibelman (12.9%), y Holcim (5%), cuyo promedio es del 6.85%

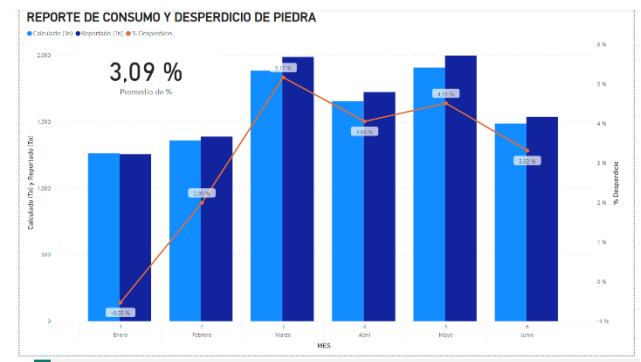


**Figura 13.** Desperdicio Mensual de Hormigón (Enero-junio 2023, Fuente: Mavisa s.a.)

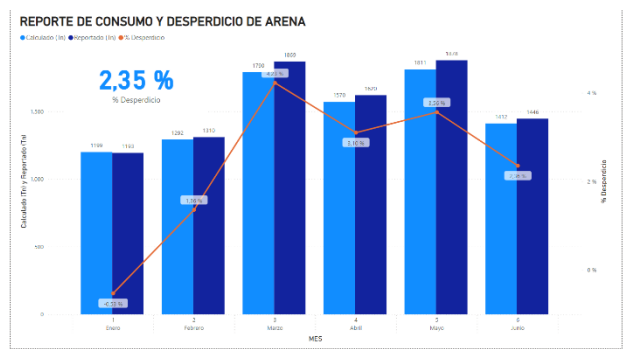
Las Figuras 14-15-16-17 muestran los porcentajes de desperdicio por componente de hormigón, como se puede apreciar dichos porcentajes también son bajos, no así el porcentaje de desperdicio de aditivo, cuyo valor promedio es del 13.81%.



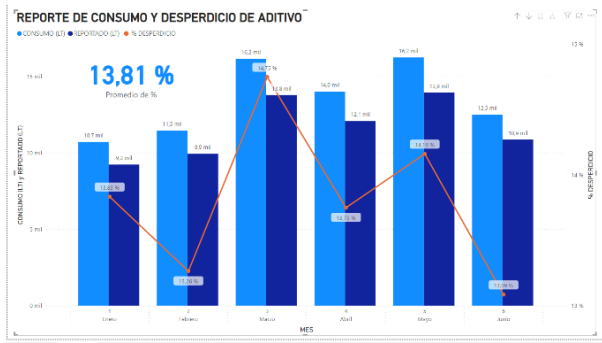
**Figura 14.** Desperdicio Mensual de Cemento (Enero-junio 2023, Fuente: Mavisa s.a.)



**Figura 15.** Desperdicio Mensual de Piedra (Enero-junio 2023, Fuente: Mavisa s.a.)

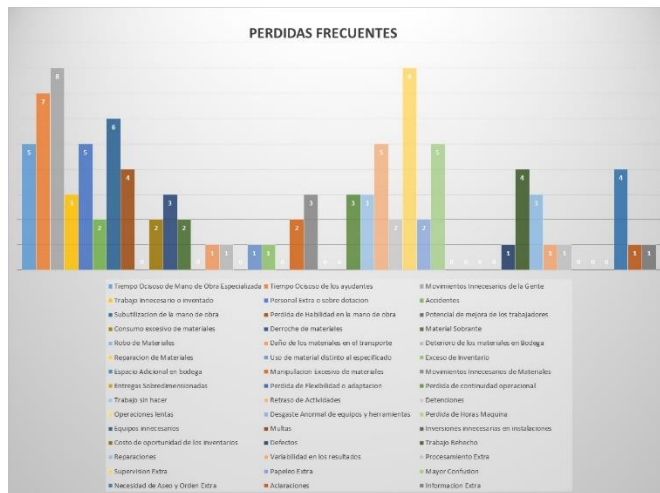


**Figura 16.** Desperdicio Mensual de Arena (Enero-junio 2023, Fuente: Mavisa s.a.)



**Figura 17.** Desperdicio Mensual de Aditivo (Enero-junio 2023, Fuente: Mavisa s.a.)

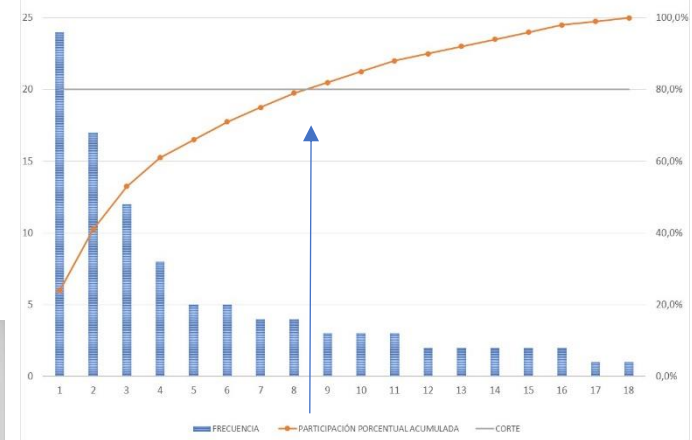
La Figura 18, muestra las causas más frecuentes de pérdidas, escogidas por parte de los jefes de área.



**Figura 18.** Fuentes de pérdidas más frecuentes

En la Figura 19, se presenta un diagrama de Pareto que tiene dos ejes verticales. En el primero se detallan las pérdidas, mientras que en el segundo se acumulan los porcentajes que representan cada pérdida. Se observa que las causas más frecuentes fueron los movimientos innecesarios del personal y las operaciones lentas. Es importante señalar que, después de tabular los resultados obtenidos, optamos por agrupar varios ítems similares, como la mano de obra, tiempos ociosos y los materiales. Esta decisión redujo el número de categorías de causas en las encuestas a 15.

POSICIÓN REAL	INCIDENCIA ORDENADA	FRECUENCIA	PARTICIPACIÓN PORCENTUAL	PARTICIPACIÓN PORCENTUAL ACUMULADA
1	Subutilización de la mano de obra	24	24%	24,0%
2	Tiempo Ocioso de Mano de Obra Especializada	17	17%	41,0%
3	Operaciones lentas	12	12%	53,0%
4	Perdida de continuidad operacional-Retrasos de Actividades	8	8%	61,0%
5	Derroche de materiales	5	5%	66,0%
6	Perdida de Horas Maquina	5	5%	71,0%
7	Trabajo Rehecho	4	4%	75,0%
8	Necesidad de Aseo y Orden Extra	4	4%	79,0%
9	Movimientos Innecesarios de Materiales	3	3%	82,0%
10	Trabajo sin hacer	3	3%	85,0%
11	Reparaciones	3	3%	88,0%
12	Accidentes	2	2%	90,0%
13	Consumo excesivo de materiales	2	2%	92,0%
14	Manipulación Excesiva de materiales	2	2%	94,0%
15	Detenciones	2	2%	96,0%
16	Desgaste Anormal de equipos y herramientas	2	2%	98,0%
17	Deterioro de los materiales en Bodega	1	1%	99,0%
18	Defectos	1	1%	100,0%



**Figura 19.** Diagrama de Pareto por tipo de causa

Siguiendo el Principio de Pareto, que sugiere que generalmente el 80% de los resultados totales provienen del 20% de los elementos, podemos inferir que los primeros 8 ítems representan aproximadamente el 80% de las causas más frecuentes identificadas por los jefes de área. La mayoría de estas causas están relacionadas con problemas de manejo de personal, pérdidas operativas y de materiales. Por lo tanto, al identificar y abordar las causas fundamentales que generan estos problemas agrupados, existe la posibilidad de eliminar la mayor parte de los problemas identificados. Este enfoque basado en el Principio de Pareto puede ser estratégico para maximizar la eficiencia en la mejora de procesos y la resolución de problemas

También se obtuvieron datos utilizando el método de carta balance, para obtener el trabajo Productivo (TP), Trabajo Contributivo (TC) y Trabajo no contributivo (TNC), se realizaron

carta Balance para las actividades de encofrado, armado y fundición de pilotes pretensados. La Figura 20 muestra el formato de carta balance empleado.

Para la actividad de encofrado de pilotes, se realizaron 4 cartas balance considerando como trabajo productivo, los siguientes ítems.

- Limpieza integral del banco de presfuerzo
- Colocación de desmoldantes en moldes
- Colocación en banco
- Colocación de accesorios (tapas)

REALIZADO POR: A: PLEC	<b>CARTA BALANCE: PRELIMINARES ( ENCOFRADO )</b>				PPP-001 Proyecto: MANGLERO Fecha: 07/14/2023 Revisión: Pag.: 00 de 00
NOMBRE DEL PROYECTO: "CONSTRUCCIÓN DE PILOTES DE HORMIGÓN PRECOMPRIMIDO PARA EL PROYECTO MANGLERO"					SIGLAS DEL PROYECTO: TUPS-GP
PARTIDA: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE PILOTES					HDBA:
TIEMPO (min)	1	2	3	4	
1					TRABAJO PRODUCTIVO
2					1 Limpieza integral del banco
3					2 Limpieza de moldes
4					3 Colocación de Desmoldantes en mold
5					4 Colocación de Desmoldantes en banco
6					5 Colocación de accesorios (Tapas)
7					6
8					7
9					8
10					9
11					10
12					
13					TRABAJO CONTRIBUTIVO
14					11 Transporte de material
15					12 Limpieza de moldes
16					13 Transporte de material
17					14 Búsqueda de accesorios
18					15 Comprobación de dimensiones
19					16
20					17 Limpieza
21					18
22					19
23					20 Lectura de planos
24					
25					TRABAJO NO CONTRIBUTIVO
26					21 Viaje improductivo
27					22 Esperas
28					23 Trabajo rehecho
29					24 Tiempo ocioso
30					25
31					26
32					27
33					28
34					29
35					30
RESULTADOS:	6	1	2	4	
TP	1	3	3	2	
TC					
TNC					
CARGO					Nombre y Apellidos
OBRERO 1					
OBRERO 2					
OBRERO 3					
OBRERO 4					
OBRERO 1					8% TP, 42% TC, 50% TNC
OBRERO 2					25% TP, 8% TC, 67% TNC
OBRERO 3					25% TP, 17% TC, 58% TNC
OBRERO 4					17% TP, 33% TC, 50% TNC
JEFE DEL PROYECTO(ING. RESIDENTE):					Ing.
ESPECIALISTA CALIDAD:					Ing.
ING. SUPERVISOR:					Ing.
OBSERVACIONES:					
HECHO POR:		REVISADO POR:		APROBADO POR:	

Figura 20. Carta Balance-Actividad encofrado para pilotes-

Como trabajo contributivo se consideró:

- Transporte de material
- Limpieza de moldes
- Búsqueda de accesorios
- Comprobación de dimensiones
- Limpieza

- Lectura de planos

Como trabajo no contributivo:

- Viaje improductivo
- Esperas
- Trabajo rehecho
- Tiempo ocioso

La cuadrilla tipo de esta actividad está compuesta de 4 personas, en la Figura 21 se aprecia los resultados obtenidos por cada miembro que la conforma, para los muestreos 1-2 – 3 y 4

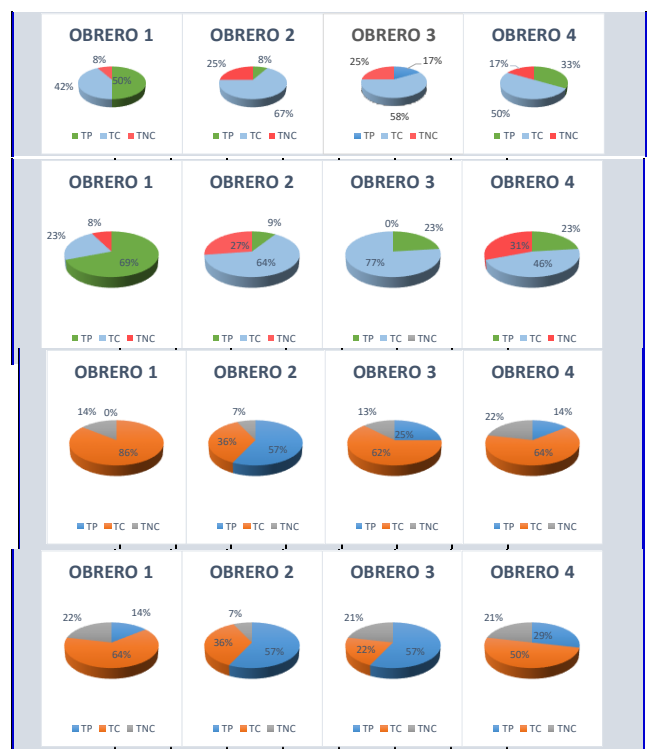
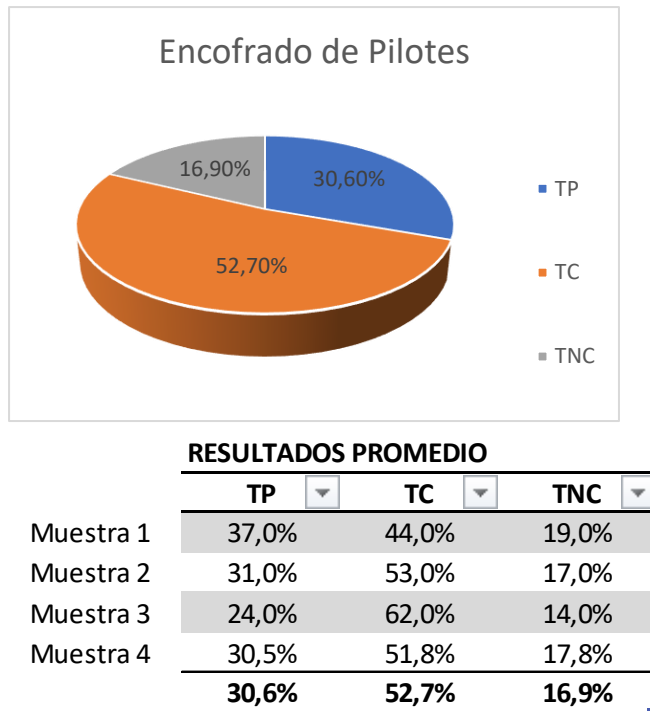


Figura 21. TP-TC-T-NC actividad encofrado para pilotes/obrero-muestreo 1-2-3-4.

La Figura 22 muestra el porcentaje global de la cuadrilla para este rubro.



**Figura 22.** TP-TC-T-NC Promedio según Carta Balance-Actividad encofrado para pilotes-muestreo 1-2-3-4

Para la actividad de acero de refuerzo para pilotes, se realizaron 4 cartas balance, (ver Figura 23) considerando como trabajo productivo, los siguientes ítems.

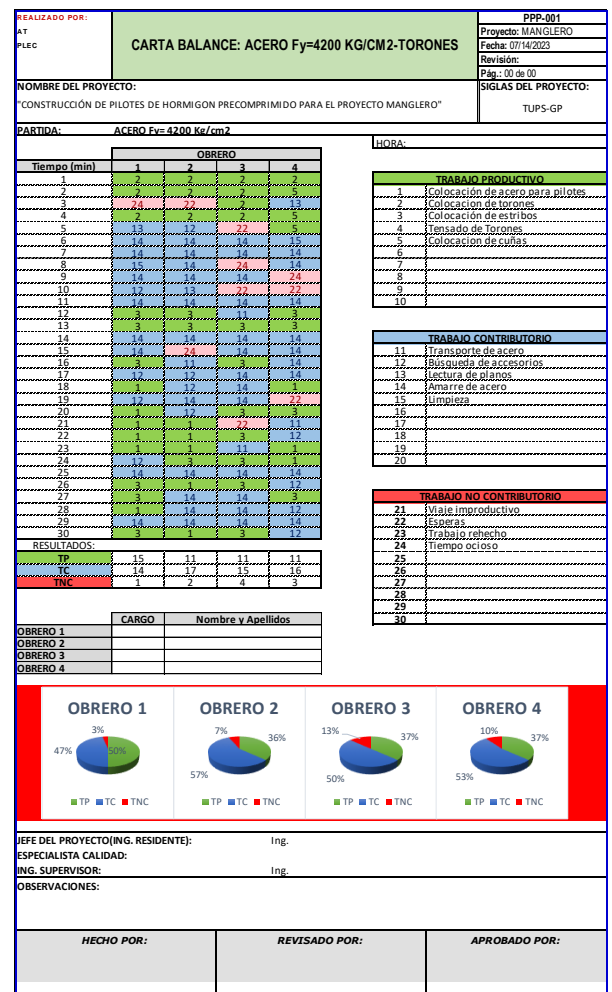
- Colocación de acero para pilotes
- Colocación de Torones
- Colocación de estribos
- Tensado de torones
- Colocación de cuñas

Como trabajo contributivo se consideró:

- Transporte de acero
- Búsqueda de accesorios
- Lectura de planos
- Amarre de acero
- limpieza

Como trabajo no contributivo:

- Viaje improductivo
- Esperas
- Trabajo rehecho
- Tiempo ocioso



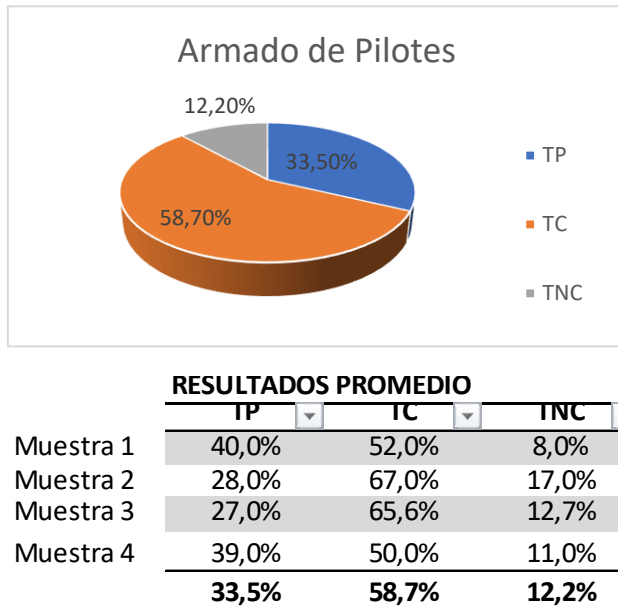
**Figura 23.** Carta Balance-Actividad Acero-Torones para pilotes-

En la Figura 24 se aprecia los resultados obtenidos por cada miembro que la conforma, para los muestreos 1-2 3



**Figura 24.** TP-TC-T-NC actividad encofrado para pilotes/obrero-muestreo 1-2-3-.

En la Figura 25 se observa el porcentaje global de la cuadrilla para este rubro.



**Figura 25.** TP-TC-T-NC Promedio según Carta Balance-Actividad acero para pilotes- muestreo 1-2-3-4

Para la actividad de hormigonado de pilotes, se realizaron 4 cartas balance, (ver Figura 26) considerando como trabajo productivo, los siguientes ítems:

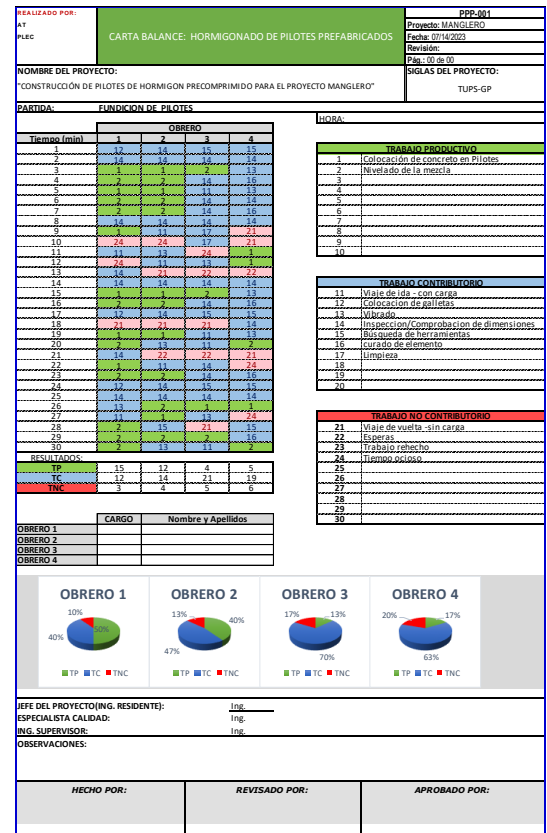
- Colocación de hormigón en Pilotes.
- Nivelado de la Mezcla

Como trabajo contributario se consideró:

- Viaje de ida con hormigón
- Colocación de galletas
- Vibrado
- Comprobación de dimensiones
- Búsqueda de herramientas
- Curado del elemento
- Limpieza

Como trabajo no contributario:

- Viaje improductivo
- Esperas
- Trabajo rehecho
- Tiempo ocioso



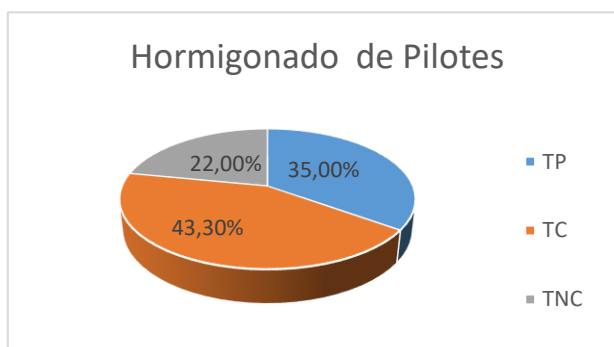
**Figura 26.** Carta Balance-Actividad hormigonado de pilotes-

En la Figura 27 se aprecia los resultados obtenidos por cada miembro que la conforma, para los muestreos 1-2-3



**Figura 27.** TP-TC-TNC actividad hormigonado pilotes/obrero-muestreo 1-2-3-4.

La Figura 28 se observa el porcentaje global de la cuadrilla para este rubro.



**RESULTADOS PROMEDIO**

	TP	TC	TNC
Muestra 1	30,0%	55,0%	15,0%
Muestra 2	34,0%	39,0%	27,0%
Muestra 3	34,0%	42,0%	24,0%
Muestra 4	42,0%	37,0%	22,0%
<b>Promedio</b>	<b>35,0%</b>	<b>43,3%</b>	<b>22,0%</b>

**Figura 28.** TP-TC-TNC Promedio según Carta Balance-Actividad hormigonado de pilotes-muestreo 1-2-3-4.

En las Figura 29-30-31, se muestran fotografías de los procesos revisados mediante la carta balance



**Figura 29.** Vista de la armadura de pilotes figurada previo a la fundición del pilote.

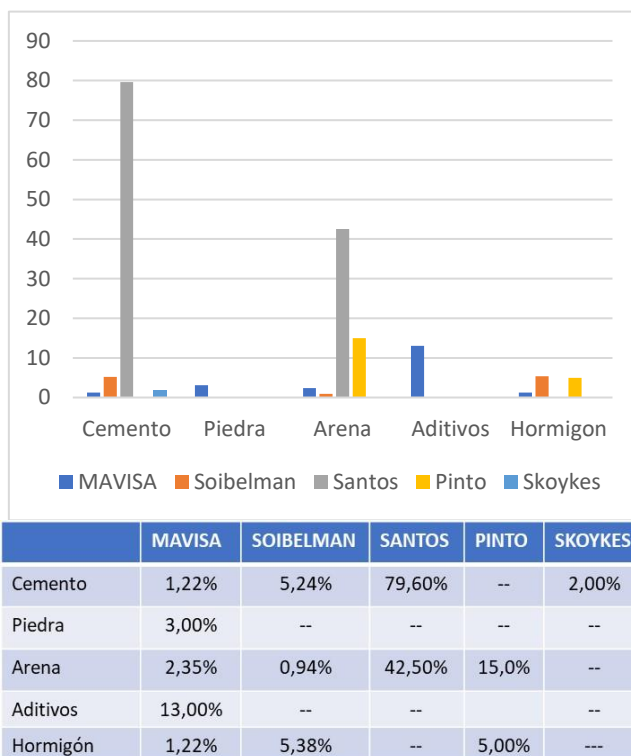


**Figura 30.** Vista de la fundición del pilote.



**Figura 31.** Vista del pilote en Stock.

Del análisis de desperdicios que es uno de nuestros objetivos, se puede apreciar que el porcentaje 1.22% determinado para el hormigón premezclado así como para el cemento es bajo respecto a los porcentajes registrados en obra en diversos estudios, (Picchi, 1993) (Skoyles, 1982),



**Figura 32.** Comparativa de resultados obtenidos vs resultados de otras investigaciones.

A pesar de esta situación, el porcentaje mencionado representa un volumen mensual promedio de 26.63 m3. A un costo de \$136 por m3 (costo comercial del hormigón premezclado con resistencia de 500Kg/cm2), esto equivale a un valor de \$3,621.68 mensuales. En otras palabras, solo en estos seis meses de registros, se ha incurrido en un costo total de \$21,730. Si la tendencia de producción se mantiene al alza, podríamos anticipar que el valor anual representado por los metros cúbicos de desperdicio de hormigón podría fácilmente alcanzar una cifra entre los \$40,000 y \$50,000.

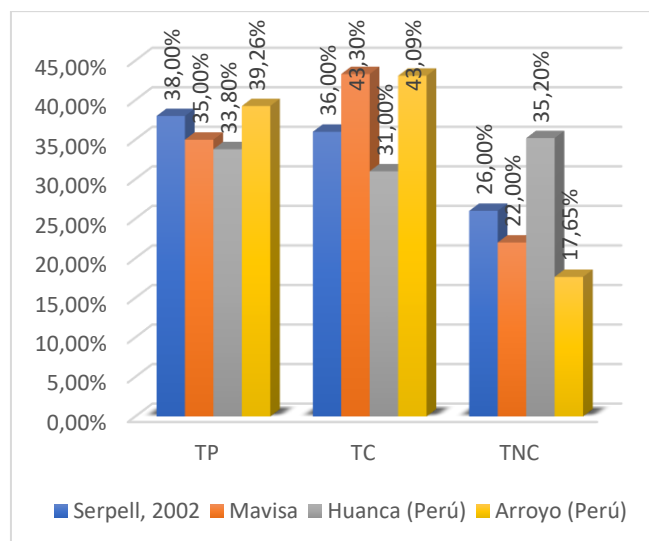
Aplicando los principio Pareto al resultado de las encuestas realizadas, se determinó que el 80% de las causas más comunes identificadas por los jefes de área, se deben a problemas de pérdidas operacionales y de materiales (ie desperdicio de hormigón), manejo de personal, dato que se confirma al revisar las cartas balance, donde se puede apreciar que los tiempos contributarios promedio obtenidos (TP=35.05%-TC=43.3%-TNC=21.65%) indican que los tiempos contributarios (TC) están por encima de la media, y que los tiempos productivos (TP) y No contributarios(TNC)están dentro de los rangos recomendados (Serpell B, 2002). Para nuestro caso, los datos obtenidos nos indican que tenemos un exceso de personal en tareas de segunda línea, que si bien contribuyen al desarrollo de la actividad, se pueden mejorar para optimizar el recurso de la mano de obra.

Cotejando los resultados obtenidos con estudios de pérdidas operacionales realizados en plantas de prefabricados en países como Colombia y Perú, se observa que, aunque no se enfocan en el mismo elemento de estudio (pilotes), ofrecen una perspectiva valiosa sobre los porcentajes bajo controles de planta similares a los de este estudio. El trabajo de tesis de (AYALA HUANCA, 2016), realizado en una planta de prefabricados en Perú, se presentan resultados de pérdidas de TP=33.8%, TC=31%, y TNC=35.2%.

Otro trabajo en plantas de prefabricados (AIME ARROYO, 2015), indica que para el caso de losas prefabricadas (prelasas), los tiempos contributarios promedio obtenidos fueron TP=39.26%-TC=43.09%-TNC=17.65%.

La Figura 33 presenta una comparativa de los resultados obtenidos. Es evidente que llevar a cabo los trabajos dentro de un esquema orientado hacia la industrialización, como en el caso de una planta de prefabricados, conlleva una disminución significativa de los porcentajes de defectos en comparación con lo esperado en una obra tradicional.

Nuevamente, es importante destacar la diferencia entre la prefabricación y los procesos de construcción convencionales, esta vez en cuanto al manejo de los residuos generados. En el caso de la prefabricación, las empresas pueden absorber hasta el 100% de los residuos generados internamente, reutilizándolos para replicar los mismos elementos u otros con menor responsabilidad estructural. En cambio, los residuos generados en una obra convencional suelen destinarse a aplicaciones de menor responsabilidad, como relleno. según (Andace) desde el 2005, en España se ha conseguido reducir los residuos o desperdicios en plantas de prefabricados como resultado de controlar de forma continua más de 50 parámetros, que van desde la recepción de materias primas, revisión de equipos, elaboración de armaduras, fundición de elementos, hasta que el producto está terminado y listo para enviar a obra.

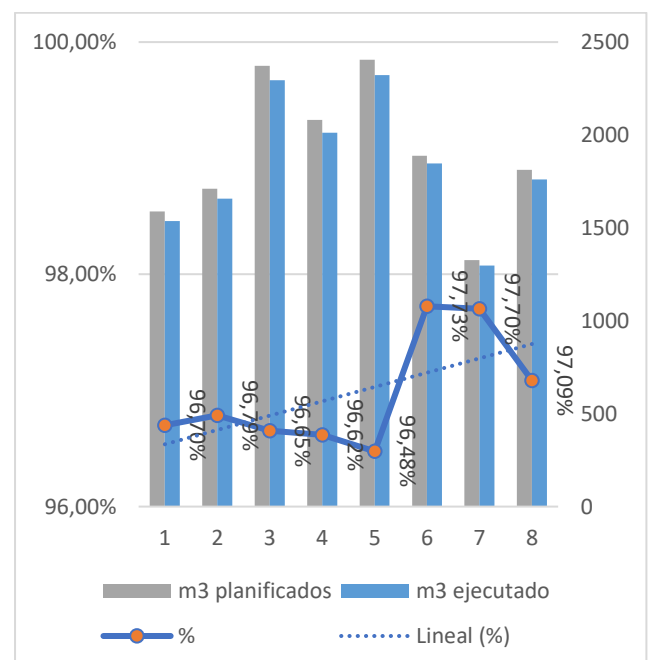


**Figura 33.** Promedios Comparativos obtenidos

Es importante señalar que la comparación de resultados con estudios similares en plantas de prefabricados es limitada, los trabajos de

investigación tienden a centrarse más en los porcentajes de desperdicios y análisis de tiempos contributivos que se dan en obras convencionales, esto como nos indica (Andace) se debe, en gran parte, al potencial de las soluciones constructivas planteadas con elementos prefabricados en una planta con controles de calidad y operaciones repetitivas. Esto permite una mejor utilización de los materiales y, por ende, un menor consumo de los mismos, disminuyendo los porcentajes de desperdicio. (Ardila, 2022), en su tesis de maestría hace un estudio de pérdidas operaciones para un proyecto diseñado y ejecutado en la ciudad de Bogotá, con el uso de elementos prefabricados, apreciando la reducción de los costos directos, respecto de la construcción en sitio.

Como dato adicional al revisar el cumplimiento de los cronogramas de producción general, destaca el alto porcentaje de cumplimiento (promedio del 96.97%), según se muestra en la Figura 34. A pesar de los logros evidenciados en los datos recopilados, siempre habrá la necesidad de la mejora continua para optimizar los procesos en la planta.



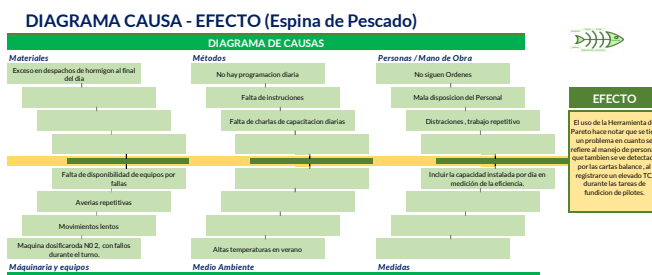
**Figura 34.** Porcentaje de cumplimiento del cronograma mensual. (Fuente: SGC Mavisa 2023)



Una vez que hemos identificado que la mayoría de nuestras pérdidas en el rubro de hormigón se deben a problemas de control de materiales y manejo de personal, es crucial trabajar en la reducción de desperdicios. Plantear alternativas de mejora no solo nos ayudará a optimizar los procesos en la planta de prefabricados, sino que también nos permitirá mantener un bajo porcentaje de desperdicios.

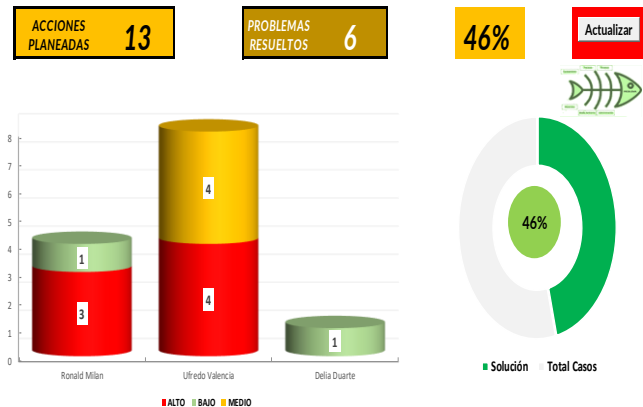
Al utilizar el Método Ishikawa, también conocido como diagrama de causa-efecto o diagrama de espina de pescado, es posible desglosar un problema en sus causas fundamentales. Este enfoque estructurado ayuda a analizar las posibles razones detrás de un problema específico, lo que facilita su comprensión y permite encontrar soluciones efectivas.

Entonces, al identificar los problemas relacionados con la gestión del personal, se elabora el diagrama correspondiente y se presenta un plan de acción detallado. Este plan incluye asignar responsables para cada actividad y estimar el tiempo necesario para su implementación



Importar	CAUSAS	0,0% Solucionado	RESPONSABLE	13	PRIORIDAD	F. INICIO	PLAZO (Días)	0
TIPO		ACCIÓN						SOLUCIÓN
Máquinaria y equipos	Falta de disponibilidad de equipos por fallas	Preparar programa de mantenimiento correctivo y preventivo. En base del estadístico de las reparaciones de los últimos 6 meses	Ronald Milan	ALTO	ALTO	1/10/2023	30 días	<input type="checkbox"/>
Máquinaria y equipos	Averías repetitivas	Preparar programa de mantenimiento correctivo y preventivo. En base del estadístico de las reparaciones de los últimos 6 meses	Ronald Milan	ALTO	ALTO	1/10/2023	30 días	<input type="checkbox"/>
Máquinaria y equipos	Movimientos lentos	Optimización de los Movimientos internos	Ronald Milan	BAJO	BAJO	2/10/2023	15 días	<input type="checkbox"/>
Máquinaria y equipos	Máquina dosificadora NO2, con fallas durante el turno.	Preparar programa de mantenimiento correctivo y preventivo. En base del estadístico de las reparaciones de los últimos 6 meses	Ronald Milan	ALTO	ALTO	1/10/2023	30 días	<input type="checkbox"/>
Materiales	Exceso en despachos de hormigón al final del día	Implantación de un cronograma diario	Ulfredo Valencia	ALTO	ALTO	1/10/2023	30 días	<input type="checkbox"/>
Medidas	Incluir la capacidad instalada por día en medición de la eficiencia.	Implantación de un cronograma diario	Ulfredo Valencia	ALTO	ALTO	1/10/2023	30 días	<input type="checkbox"/>
Medio Ambiente	Altas temperaturas en verano	Revisión de medidas de mitigación	Della Duarte	BAJO	BAJO	1/10/2023	30 días	<input type="checkbox"/>
Métodos	No hay programación diaria	Implantación de un cronograma diario	Ulfredo Valencia	ALTO	ALTO	1/10/2023	30 días	<input type="checkbox"/>
Métodos	Falta de instrucciones	Implantación de un cronograma diario	Ulfredo Valencia	ALTO	ALTO	1/10/2023	30 días	<input type="checkbox"/>
Métodos	Falta de charlas de capacitación diarias	Implantación de un cronograma diario	Ulfredo Valencia	BAJO	BAJO	1/10/2023	30 días	<input type="checkbox"/>
Personas / Mano de Obra	No siguen Ordenes	Charlas diarias de actividades a realizar	Ulfredo Valencia	BAJO	BAJO	1/10/2023	30 días	<input type="checkbox"/>
Personas / Mano de Obra	Mala disposición del Personal	Charlas diarias de actividades a realizar	Ulfredo Valencia	BAJO	BAJO	1/10/2023	30 días	<input type="checkbox"/>
Personas / Mano de Obra	Distracciones, trabajo repetitivo	Charlas diarias de actividades a realizar	Ulfredo Valencia	BAJO	BAJO	1/10/2023	30 días	<input type="checkbox"/>

**Figura 35.** Diagrama de Ishikawa. y plan de acción planteado.



**Figura 36.** Grafica de seguimiento para el plan de acción planteado

En líneas generales, tal como lo señala (AIME ARROYO, 2015) las planta de prefabricados muestran un control más efectivo en sus procesos, registrando incluso porcentajes de tiempos productivos más bajos que los encontrados en las construcciones en el sitio. Sin embargo, es fundamental considerar que el muestreo se limitó a una línea de producción específica, en este caso, la fabricación de pilotes. Por lo tanto, sería beneficioso ampliar el campo de investigación para incluir todos los productos fabricados en la planta, lo que proporcionaría una visión más completa y precisa del rendimiento general de la producción prefabricada.

## 4 Conclusiones

La implementación de la metodología Lean nos brindó la oportunidad de identificar áreas de mejora en la fabricación de pilotes. Cuantificar desperdicios de hormigón y abordar problemas relacionados con el personal y la planificación.

El porcentaje de desperdicio de hormigón es notablemente bajo en comparación con los registros de obras en el sitio. A pesar de ello, se ha identificado un espacio para mejorar los tiempos contributivos, lo que sugiere oportunidades para optimizar aún más la eficiencia en el proceso de fabricación de pilotes.

Este documento de investigación ofrece una descripción general sobre el control de desperdicios en una planta de prefabricados. Sin embargo, es importante destacar que aún existe un amplio potencial de investigación dentro de esta rama de la industria de la construcción. Debido a la extensa cantidad de tiempo y observaciones necesarias, este tema ha sido relativamente poco explorado por investigadores en nuestro país.

La mejora en la gestión de cualquier proyecto se basa en la medición, ya que no se puede mejorar lo que no se puede medir. La medición proporciona un punto de partida, permitiendo evaluaciones, acciones correctivas y conclusiones que guían la mejora de los resultados. Aunque el control está limitado por el tiempo y el personal disponible para llenar y analizar las herramientas de gestión, el ahorro significativo logrado al reducir los desperdicios justifica la contratación de más personal para el seguimiento y control del proyecto. El plan de mejoras sugerido puede contribuir al perfeccionamiento de los procesos, lo que resultará en un aumento de la satisfacción del cliente y una disminución de los riesgos asociados

La metodología Lean Manufacturing destaca la capacidad de transformar la cultura organizacional mediante la formación de un equipo eficiente, liderado desde la dirección de la empresa. Esta transformación respalda de manera efectiva la gestión de la mejora continua,

## 5. Recomendaciones

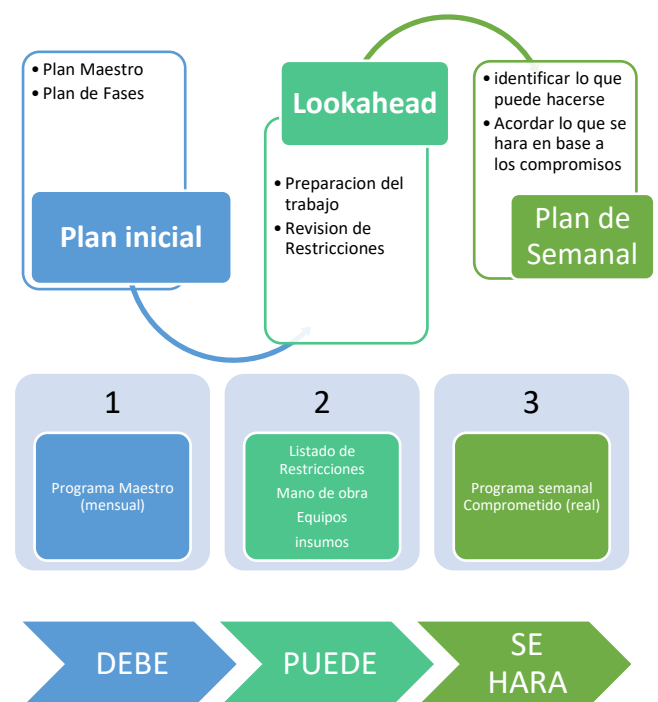
Sería conveniente para la empresa, la realización de un chequeo de todas sus líneas de producción usando las herramientas Lean, que tiene como fin la mejora continua, de tal forma que las herramientas que se emplearon en este estudio, puedan aplicarse en todas las líneas de producción con el propósito de identificar y solucionar nuevos problemas o desperdicios que se puedan detectar.

Se sugiere la elaboración de un diagrama de operaciones detallado para todas las líneas de producción. Este diagrama servirá para estandarizar las actividades de ajuste de máquinas

y limpieza. Además, se buscará mejorar la organización de herramientas e insumos en la bodega, contribuyendo así a la eficiencia y organización general del proceso de producción.

Se recomienda desarrollar como plan de mejora para toda la planta, la implementación del sistema Last Planner para optimizar la planificación y ejecución de las diferentes líneas de producción. Este enfoque colaborativo permite una gestión más eficiente de los recursos, mejora la comunicación entre los equipos y contribuye a la identificación temprana de posibles obstáculos, promoviendo así la entrega exitosa y oportuna de los diferentes trabajos.

Implementar una programación diaria de actividades, siguiendo las recomendaciones del Lean Construction Institute. Este enfoque debería incluir un responsable claramente designado para cada tarea, permitiendo un seguimiento efectivo. Además, este sistema debería permitir el registro de las tareas de último minuto. La introducción de programaciones diarias proporcionará una precisión y control significativamente mejorados durante la ejecución de las actividades.



**Figura 36.** Esquema de Planificación LPS

Se sugiere actualizar los instructivos de trabajo, ya que estos representan una guía invaluable para el personal encargado de elaborar elementos prefabricados, como pilotes y otros productos similares. Es esencial llevar a cabo una socialización constante para garantizar que el personal recuerde el modo correcto de realizar las actividades y evitar confusiones durante su ejecución.

## Referencias

- Aime Arroyo, L. (2015). *Evaluación de la rentabilidad de losas prefabricadas (prelomas) en edificaciones con aplicación de Lean Construction comparada con losas tradicionales*.
- Alarcón, L. F. (1997). *Herramientas para identificar y reducir pérdidas en proyectos de construcción*. Revista Ingeniería de Construcción, Universidad Católica de Chile.
- Andace. (s.f.). *Asociación Nacional de la Industria del prefabricado de Hormigón*.
- Andrade García, V. L., & Coba Rodríguez, P. D. (2013). *Análisis de desperdicios en la fase constructiva de un edificio y propuesta de reducción*. tesis pontificia Universidad Católica del Ecuador.
- Ardila, C. C. (2022). *Sistema Constructivo prefabricado (off site), análisis técnico para desarrollar su uso en la construcción de Edificaciones en Colombia*.
- Ayala Huanca, M. (2016). *Productividad en la fabricación de elementos prefabricados de concreto en planta instalada en obra para la construcción del puerto de matarani*.
- Botero Botero, L. F. (2021). *Principios, herramientas e implementación de Lean Construction*. Editorial EAFIT.
- Botero Botero, L. F., & Alvarez Villa, M. E. (2005). *Last planner, un avance en la planificación y control de proyectos de construcción*, Estudio del Caso de la Ciudad de Medellín.
- Ghio Castillo, V. (2001). *Productividad en obras de construcción-Diagnostico, critica y Propuesta*. Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Howell, G. (1999). *What is Lean Construction*. Proceedings, IGLC-7, San Francisco, California USA.
- Institute, L. C. (s.f.). <https://iglc.net/>.
- Koskela, L. (1992). *Application of the new production philosophy to construction*. Stanford University, USA.
- Landi Fajardo, J., & Ing. Guamán Velesaca, M. (2021). *Rentabilidad y liquidez en la salud empresarial del Sector de la Construcción*. 26.
- Ñaupas Tenorio, G., & Ulloa Saavedra, B. (2017). *Diseño de las operaciones de fabricación y transporte de vigas de una planta de premoldeados bajo los conceptos Lean Construction, para asegurar la demanda de ejecución del túnel av. Néstor Gambetta*.
- Orihuela, J., & Orihuela, P. (2003). *Aplicaciones del Lean Design a proyectos inmobiliarios de vivienda*.
- Picchi, F. (1993). *Estimación de Desperdicio en obras de edificación*.
- Rojas Lopez, M., Henao Grajales, M., & Valencia Corrales, M. (2016). *Lean construction – LC bajo pensamiento Lean\**. Revista Ingenierías Universidad de Medellín, 14. doi:10.22395/riium.v16n30a6
- Serpell B, A. (2002). *Administración de operaciones de construcción*. Mexico: Alfaomega grupo Editor, S.A. de C.V.
- Shingo, S. (s.f.). *“Un estudio del sistema de producción de Toyota”*.
- Skoyles, E. (1982). *“Waste and the estimator*. Chartered Institute of.