



**UNIVERSIDAD PERUANA DE CIENCIAS APLICADAS**

**ESCUELA DE POSTGRADO**

**PROGRAMA DE MAESTRÍA EN DIRECCIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN**

**MEJORA DE GESTIÓN DE LOS DESPERDICIOS EN OBRAS DE  
CONSTRUCCIÓN – EDIFICACIONES PROYECTO “PLAZA SAN  
MIGUEL - 2º AMPLIACIÓN”**

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**

Para optar el grado académico de Maestro en Dirección de la Construcción

**AUTORES**

Loayza Fernández Baca, Luis Carlos (ORCID ID: 0000-0003-0141-4961)

Munayco Hernández, Luis Henry (ORCID ID: 0000-0002-0579-4570)

Vilchez Hermenegildo, César Alejandro (ORCID ID: 0000-0002-1354-0482)

**ASESOR**

Ayesta Castro, Augusto Narciso (ORCID ID: 0000-0003-3357-6324)

**Lima, 07 de Diciembre 2018**

## DEDICATORIA

*Agradezco a Dios por la paciencia y amor brindado a nuestras familias, padres, esposas e hijos y por haberme brindado fuerzas para cumplir con el objetivo concluir la maestría.*

*Cesar Alejandro Vilchez Hermenegildo*

*Antes de todo agradezco a Dios por darme día a día la oportunidad de seguir adelante en mis objetivos personales y profesional así como también a mi madre e hijos por el apoyo incondicional que me brindan en mi vida.*

*Luis Henry Munayco Hernández*

*Dedico esta Tesis a Dios, a la Virgen María Auxiliadora y a San Juan Bosco, por ser mi principal guía, por darme la fuerza necesaria para seguir adelante y lograr alcanzar esta meta. A mis Padres, como agradecimiento a su esfuerzo y apoyo incondicional durante mi formación tanto personal como profesional, por sus consejos, que me orientaron a tomar las mejores decisiones y su siempre preocupación por mi bienestar.*

*Luis Carlos Loayza Fernández Baca.*

# RESUMEN

En la actualidad la industria de la construcción de edificaciones en Perú forma parte importante del aparato económico del desarrollo en el país; como tal durante el desarrollo de la etapa de ingeniería, procura, construcción y mantenimiento se generan desperdicios de distinta índole, siendo esta una afección directa a los costos, esto implica generar distintas opciones de desarrollo como nuevos sistemas de gestión e implementación que permitirán obtener excelentes resultados para el crecimiento de la industria.

Para el desarrollo de la presente Tesis “Mejora de Gestión de Desperdicios en Obras de Construcción en Edificaciones”, hemos tomado como caso práctico el desarrollo de un proyecto nacional “2da ampliación del centro comercial Plaza San Miguel”, en el cual realizamos un estudio de gestión, durante el desarrollo constructivo bajo la filosofía del Lean Construction y sus herramientas (LPS, LPDS, etc.), llegamos a identificar los desperdicios generados que afectan en gran porcentaje al presupuesto de la obra, con el énfasis de implementar mejoras tuvimos como finalidad fortalecer distintos puntos con el seguimiento respectivo, que conllevo a entregar a el proyecto en lo planificado y generar un análisis económico productivo para la empresa.

**Palabras clave:** Lean Construction, Last Planner System, programación, seguimiento, control.

# ABSTRACT

At present, the building construction industry in Peru is an important part of the economic development apparatus in the country; as such during the development of the engineering, procurement, construction and maintenance stage, waste of different kinds is generated, this being a direct affection to the costs, this implies generating different development options such as new management and implementation systems that will allow to obtain excellent results for the growth of the industry.

For the development of this thesis "Improvement of Waste Management in Building Construction Works", we have taken as a case study the development of a national project "2nd expansion of the Plaza San Miguel shopping center", in which we conducted a study management, during the constructive development under the philosophy of Lean Construction and its tools (LPS, LPDS, etc.), we come to identify the waste generated that affects a large percentage of the budget of the work, with the emphasis of implementing improvements we aimed at strengthen different points with the respective follow-up, which led to deliver the project as planned and generate a productive economic analysis for the company.

Keywords: Lean Construction, Last Planner System, programming, monitoring, control

# TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN .....	12
CAPÍTULO I. ASPECTOS GENERALES .....	13
1.1 Identificación del problema (descripción y formulación). .....	13
1.1.1 Selección del problema. ....	13
1.1.2 Formulación interrogativa del Problema: .....	14
1.2 Objetivos .....	16
1.2.1 Objetivo general .....	16
1.2.2 Objetivos específicos. ....	16
1.3 Proceso de análisis .....	17
1.3.1 Análisis general .....	17
1.3.2 Sub Análisis .....	17
1.4 Justificación. ....	18
1.5 Alcances y limitaciones de la investigación. ....	19
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO .....	20
2.1 Lean Construction.....	20
2.1.1 Herramientas del lean Construction.....	20
2.1.1.1 Sistema Last Planner.....	20
2.1.1.1.1 Fases de Implantación de Last Planner System .....	22
2.1.2 Prueba de los cinco minutos para el análisis de pérdidas .....	28
2.1.3 Sistema de ejecución de proyectos “lean” y ejecución integrada de proyectos ..	29
2.1.3.1 Lean Project Delivery System (LPDS) .....	29
2.1.4 Principios de Lean .....	30
2.2 Conceptos de desperdicios.....	33
2.2.1 Clasificación de desperdicios .....	35
2.2.1.1 Desperdicios según el tipo de recursos .....	35
2.2.1.2 Desperdicios según el Lean Management .....	35
2.2.1.2.1 Sobreproducción .....	35
2.2.1.2.2 Tiempo de espera .....	35

2.2.1.2.3 Transporte (o traslado).....	35
2.2.1.2.4 Procesamiento .....	36
2.2.1.2.5 Movimientos .....	36
2.2.1.2.6 Stock o inventario .....	36
2.2.1.2.7 Retrabajos (o defectos) .....	36
2.2.2 Principales causas de los desperdicios.....	37
2.3 Productividad .....	39
2.3.1 Principales causas que afectan la productividad.....	40
2.4 Experiencias Exitosas .....	41
2.4.1 “Seguimiento de la Productividad en Obra: Técnicas de Medición de Rendimientos de Mano de Obra” .....	41
2.4.2 “Programas de mejoramiento de la productividad para obras de construcción.”,42	
2.4.3 “Aplicación del método de la línea de balance a la planificación maestra”......	43
CAPÍTULO III MARCO REFERENCIAL.....	45
3.1 El Proyecto.....	45
3.1.1 Nombre del proyecto .....	45
3.1.2 Ubicación.....	45
3.1.3 Descripción .....	46
3.1.4 Descripción gráfica .....	46
3.1.5 Organigrama .....	48
3.2 Diagnóstico del proceso o situación a mejorar .....	49
3.2.1 Indicadores Base Hallados durante las primeras mediciones .....	49
3.2.1.1 PPC .....	49
3.2.1.2 ISP.....	52
3.2.1.3 Niveles de actividad.....	55
3.2.1.4 Porcentaje de desperdicio de materiales .....	57
3.2.1.4.1 Desperdicio de Concreto.....	57
3.2.1.4.2 Desperdicio de Acero .....	60
CAPÍTULO IV. PROPUESTA DE VALOR .....	63
4.1 Modelo propuesto .....	64

4.1.1 Metodología de implementación de LAST PLANNER para la reducción de desperdicios .....	64
4.1.1.1 Reunión de coordinación con el grupo de trabajo .....	64
4.1.1.2 Desarrollo de la Planificación Intermedia .....	65
4.1.1.3 Entrega de la Planificación Semanal .....	65
4.2 Cadena de Valor .....	65
4.3 Plan de acción .....	67
4.3.1 Sectorización.....	68
4.3.2 Cartas Balance .....	69
4.4 Evaluación de la propuesta .....	75
CAPÍTULO V DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	84
5.1 Resultados de PPC .....	84
5.2 Resultados del ISP .....	85
5.3 Resultados de Medición de niveles de actividad .....	90
5.3.1 Niveles de actividad de las cuadrillas de concreto. ....	90
5.3.2 Niveles de actividad de las cuadrillas de acero. ....	91
5.3.3 Niveles de actividad de las cuadrillas de encofrado. ....	93
5.4 Resultados de desperdicio de materiales .....	96
5.4.1 Resultados de desperdicio de Concreto .....	96
5.4.2 Resultados de desperdicio de Acero .....	96
5.4.3 Resultados económicos.....	97
5.4.3.1 Por rendimientos de Mano de Obra .....	97
5.4.3.2 Por Materiales .....	108
5.4.3.3 Resultados Finales .....	112
5.4.3.4 Resultados Proyectados .....	115
CONCLUSIONES .....	117
RECOMENDACIONES .....	119
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	120
ANEXOS .....	122
Anexo I: Panel Fotográfico .....	122
Anexo II: Planos .....	130

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1: Significado de las 5S Fuente (Botero 2014-Mestre 2013).....	31
Tabla N° 2. Estimacion de desperdicios en obras de edificacion.....	34
Tabla N° 3. Area de proyecto .....	47
Tabla N° 4. Causas de Incumplimiento .....	50
Tabla N° 5. Incidencias económicas de cada fase del proyecto .....	52
Tabla N° 6. Orden de incidencia económica de las fases de presupuesto .....	52
Tabla N° 7. ISP Semana 18 .....	54
Tabla N° 8. Ratios de productividad, semana 18 vs ratio previsto del presupuesto. ....	55
Tabla N° 9. Desperdicio de concreto de elementos estructurales Abril 2018. ....	58
Tabla N° 10. Desperdicios de concreto por Elementos .....	59
Tabla N° 11. Control de acero en Obra-almacén.....	61
Tabla N° 12 Control de desperdicio de Acero en obra Abril 2018. ....	62
Tabla N° 13. Carta balance habilitacion de acero.....	70
Tabla N° 14. Trabajos productivos .....	70
Tabla N° 15. Trabajos contributorios .....	71
Tabla N° 16. Trabajos no contributorios .....	71
Tabla N° 17. Datos registrados de cada actividad minuto a minuto.....	72
Tabla N° 18: Cuadro resumen de Resultados ISP .....	89
Tabla N° 19. Niveles de actividad de las cuadrillas de concreto .....	90
Tabla N° 20. Niveles de actividad de las cuadrillas de acero .....	92
Tabla N° 21. Niveles de actividad de las cuadrillas de encofrado.....	93
Tabla N° 22. Comparativo Resultados económicos de costos Real vs Previsto de Mano de obra de acero semanales. ....	98
Tabla N° 23. Comparativo Resultados económicos de los saldos de avance de costos real vs Previsto de Mano de obra de acero Semanales. ....	98
Tabla N° 24. Costo proyectado de mano de obra de acero.....	99
Tabla N° 25. Comparativo Resultados económicos semanales de costos Real vs Previsto de Mano de obra de concreto de elementos verticales. ....	100
Tabla N° 26: Comparativo Resultados económicos de los saldos de avance semanales de mano de obra de elementos verticales de concreto. ....	101



Tabla N° 27: Costo proyectado de mano de obra de elementos verticales de concreto. ....	101
Tabla N° 28: Comparativo Resultados económicos semanales de costos Real vs Previsto de M.O. de concreto de elementos horizontales. ....	102
Tabla N° 29. Comparativo Resultados económicos de los saldos de avance semanales de M.O. de elementos Horizontales de concreto. ....	103
Tabla N° 30. Costo proyectado de M.O. de elementos horizontales de concreto. ....	103
Tabla N° 31. Comparativo Resultados económicos semanales de costos Real vs Previsto de M.O. de encofrado de elementos verticales. ....	104
Tabla N° 32. Comparativo Resultados económicos de los saldos de avance semanales de M.O. de encofrado de elementos verticales. ....	105
Tabla N° 33. Costo proyectado de M.O. de encofrado de elementos verticales. ....	105
Tabla N° 34. Comparativo Resultados económicos semanales de costos Real vs Previsto de Mano de obra de encofrado de elementos horizontales. ....	106
Tabla N° 35. Comparativo Resultados económicos de los saldos de avance semanales de mano de obra de encofrado de elementos verticales. ....	107
Tabla N° 36. Costo proyectado de MO de encofrado de elementos horizontales. ....	107
Tabla N° 37. Desperdicios de acero según el avance mensual. ....	108
Tabla N° 38. Desperdicios del saldo de acero por colocar. ....	109
Tabla N° 39. Proyección económica de desperdicios de acero. ....	109
Tabla N° 40. Desperdicios de concreto según el avance mensual. ....	110
Tabla N° 41. Desperdicios del saldo de concreto por colocar. ....	111
Tabla N° 42. Proyección económica de desperdicios de concreto ....	111
Tabla N° 43. Cuadro resumen de Ganancias y Pérdidas ....	112
Tabla N° 44. Cuadro resumen de porcentaje de mejora y factor de mejora. ....	114
Tabla N° 45. Cuadro resumen de porcentaje de mejora y factor de mejora. ....	115
Tabla N° 46. Cuadro resumen de márgenes proyectados hacia otros proyectos. ....	116

# ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1 : Sistema del ultimo planificador (Rodríguez, Alarcón, Pellicer, 2011).....	22
Figura N° 2: Gráfico de una red de hitos de un proyecto (Alarcón- Serpell 2003).....	23
Figura N° 3: Look Ahead del proyecto “Plaza San Miguel - 2° Ampliación”.....	24
Figura N° 4: The Lean Project Delivery System TM 3, LPDS (Ballard 2000).....	30
Figura N° 5: Representación de las 5S .....	32
Figura N° 6: Las 7 perdidas Fuente Supply Chain .....	37
Figura N° 7: Ubicación del proyecto “Plaza San Miguel - 2° Ampliación” .....	45
Figura N° 8: Sección Transversal interna norte del proyecto. ....	46
Figura N° 9: Sección Transversal interna Sur del proyecto. ....	47
Figura N° 10: Organigrama del proyecto .....	48
Figura N° 11: Porcentaje de Plan Cumplido Semana 18 .....	49
Figura N° 12: Porcentaje de causas de incumplimiento acumuladas semana 18 .....	51
Figura N° 13. Porcentajes de Actividades Cumplidas Semana 18 .....	51
Figura N° 14: Diagrama de Pareto incidencias por fases del presupuesto .....	53
Figura N° 15: Porcentaje de Niveles de actividad, fase Concreto .....	55
Figura N° 16: Porcentaje de Niveles de Actividad, fase Acero.....	56
Figura N° 17: Porcentaje de Niveles de Actividad, fase Encofrado .....	56
Figura N° 18: Propuesta de valor de la empresa.....	63
Figura N° 19: Representación gráfica entre modelo tradicional y modelo integrado .....	64
Figura N° 20: La cadena de valor de la organización para aplicar en un proyecto .....	66
Figura N° 21: Mapa de procesos de la Organización .....	67
Figura N° 22: Sectorización del proyecto.....	68
Figura N° 23: Lotización del proyecto sector 1, 2, 3A y 3B .....	69
Figura N° 24: Distribución del tiempo por obrero.....	73
Figura N° 25: Niveles de actividad de trabajos de las cuadrillas. ....	73
Figura N° 26: Distribución del tiempo productivo .....	74
Figura N° 27: Distribución del tiempo contributorio .....	74
Figura N° 28: Modelo de bomba concretera tipo Spider (Ficha técnica). ....	76

Figura N° 29: Bomba concretera tipo Spider en Obra.....	77
Figura N° 30: Balde Concretero .....	78
Figura N° 31: Prueba en vacío de Balde Concretero .....	78
Figura N° 32: Ficha técnica de Acero dimensionado de Acero dimensionado .....	80
Figura N° 33: Acero dimensionado en obra .....	80
Figura N° 34: Tipos de Conectores Mecánicos para acero corrugado .....	81
Figura N° 35: Conectores Mecánicos en Obra .....	82
Figura N° 36: Grúa torre .....	83
Figura N° 37: Evolución del Porcentaje de cumplimiento de actividades programadas.....	84
Figura N° 38: Causas de incumplimiento acumulado semana 22 .....	85
Figura N° 39: Evolución de ISP encofrado vertical .....	86
Figura N° 40: Evolución de ISP Encofrado Horizontal.....	86
Figura N° 41: Evolución de ISP Colocación de Acero.....	87
Figura N° 42: Evolución de ISP Concreto Verticales .....	88
Figura N° 43: Evolución de ISP Concreto Horizontales .....	88
Figura N° 44: Evolución de niveles de actividad de cuadrilla de concreto. ....	91
Figura N° 45: Niveles de actividad de las cuadrilla de Concreto Promedio .....	91
Figura N° 46: Evolución de niveles de actividad de cuadrilla de acero. ....	92
Figura N° 47: Niveles de actividad de las cuadrilla de Acero promedio .....	93
Figura N° 48: Evolución de niveles de actividad de cuadrilla de encofrado. ....	94
Figura N° 49: Niveles de actividad de las cuadrilla de Encofrado Promedio .....	95
Figura N° 50: Evolución de Porcentajes de Desperdicio de concreto .....	96
Figura N° 51: Evolución de porcentajes de Desperdicio de acero .....	97
Figura N° 52: Evolución de costo unitario de Mano de obra de Acero.....	100
Figura N° 53: Evolución de costo unitario de M.O. de elementos verticales de concreto .	102
Figura N° 54: Evolución de costo unitario de M.O. elementos horizontales de concreto ..	104
Figura N° 55: Evolución de costo unitario de M.O. encofrado elementos horizontales. ...	106
Figura N° 56: Evolución de costo unitario de M.O encofrado de elementos horizontales.	108
Figura N° 57: Evolución económica del costo de desperdicio del acero .....	110
Figura N° 58: Estimacion de desperdicios en obras de edificacion.....	111

# INTRODUCCIÓN

El objetivo de la presente investigación es realizar una mejora en la gestión de los desperdicios en los proyectos de edificaciones “2da ampliación del centro comercial Plaza San Miguel”, con respecto a un marco normativo que integre condiciones técnicas, prácticas y antecedentes exitosos; mediante un análisis cualitativo y cuantitativo, con información de obras en edificaciones, para así poder optimizar adecuadamente los recursos y lograr reducir los costos de los desperdicios en los proyectos.

En los primeros capítulos se plantea la teoría de la Filosofía Lean, las características, conceptos, herramientas y técnicas que se emplearán. Así mismo se evidencian experiencias previas y posteriores de diferentes autores, bajo la aplicación de la Filosofía.

En el proyecto “2da ampliación del centro comercial Plaza San Miguel”. Se recopilará información de campo y se determinará el nivel de actividad de los tipos de trabajos: Trabajo Productivo (TP), trabajo contributorio (TC) y no contributorio (TNC). Es importante evidenciar que la identificación de pérdidas será importante, mediante herramientas de muestreo, que permitirán realizar una medición indirecta de la productividad. Finalmente, luego del análisis de resultados y gráficos, se propone una serie de mejoras bajo las herramientas de la Filosofía Lean Construction.

# CAPÍTULO I. ASPECTOS GENERALES

## **1.1 Identificación del problema (descripción y formulación).**

Durante la ejecución de proyectos de edificaciones, cada vez se hace más evidente la necesidad de optimizar tiempos y ahorrar costos que otorguen a las empresas una mayor ventaja o competitividad en el mercado, ante esto surge la necesidad de analizar diversos aspectos que nos conduzcan a este fin. Los desperdicios en la construcción son una fuente importante de pérdidas para cualquier proyecto y es por eso que si se llegan a gestionar de manera adecuada estas pérdidas pueden ser mitigadas y transformadas en la ventaja competitiva buscada por las empresas.

### **1.1.1 Selección del problema.**

En la gestión de proyectos de edificaciones, los desperdicios se dan debido a:

- Limitaciones en el control de las actividades por parte de los responsables, basado principalmente en el poco tiempo del personal staff para controlar a todos los trabajadores y la eficiencia de todas las actividades.
- Deficiencias en la planificación y dimensionamiento de recursos no llegando a cubrir el trabajo necesario para cumplir la programación o viceversa, con recursos sobredimensionados.
- Restricciones de personal adecuado, capacitado o de experiencia que permita la ejecución de trabajos con una rápida curva de aprendizaje, de forma eficiente y sin desperdicio de horas.
- Carencia de innovación y tecnología que permita gestionar de una forma cada vez más eficientemente y mejor los recursos de la organización.

## **1.1.2 Formulación interrogativa del Problema:**

### **1. Preguntas sobre la primera parte del problema (limitaciones).**

- ¿Cuáles son los objetivos originales del proyecto “Mejora de gestión de desperdicios en obras de construcción en edificaciones”?
- ¿Qué se ha hecho hasta la actualidad para lograr estos objetivos?
- ¿Existen topes externos que limitan el logro de esos objetivos?
- Si existen limitaciones ¿Cuáles son o a que afectan?
- ¿Cuáles son las causas de esas limitaciones?

### **2. Preguntas sobre la segunda parte del problema (deficiencias).**

- ¿Cuáles son los objetivos originales del proyecto “Mejora de gestión de desperdicios en obras de construcción en edificaciones”?
- ¿Qué se ha hecho hasta la actualidad para lograr esos objetivos?
- ¿Las actividades desarrolladas tienen fallas o errores?
- Si existen deficiencias ¿Cuáles son?
- ¿Cuáles son las razones de esas deficiencias?

### **3. Preguntas sobre la tercera parte del problema (restricciones).**

- ¿Cuáles son los objetivos originales del proyecto “Mejora de gestión de desperdicios en obras de construcción en edificaciones”?
- ¿Qué se ha hecho hasta la actualidad para lograr esos objetivos?
- ¿Entre ellos existen restricciones que limitan el logro de los objetivos?
- ¿Si existen restricciones, cuáles son o respecto a que se dan?
- ¿Cuáles son las relaciones causales de estas restricciones?

#### **4. Preguntas sobre la cuarta parte del problema (carencias).**

- ¿Cuáles son los objetivos originales del proyecto “Mejora de gestión de desperdicios en obras de construcción en edificaciones”?
- El proyecto actual “Mejora de gestión de desperdicios en obras de construcción en edificaciones” ¿Cuenta con todos los elementos, recursos, facilidades y conocimientos necesarios para lograr esos objetivos?
- ¿Existen algunos de ellos con los que no se cuenta?
- Si existe carencias, ¿cuáles son, respecto a que se dan o a que se efectúan?
- ¿Cuáles son los motivos precisos de esa carencia?

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo general.**

- Realizar una mejora en la gestión de los desperdicios en los proyectos de edificaciones en la costa, con respecto a un marco normativo que integre condiciones técnicas y prácticas y antecedentes exitosos; mediante un análisis cuantitativo con información de obras de edificaciones, para así poder optimizar adecuadamente los recursos y lograr reducir los costos en los proyectos.

### **1.2.2 Objetivos específicos.**

- Presentar y aplicar las herramientas del Lean Construction; así como definir su uso para identificar las actividades que mayor desperdicio de mano de obra y materiales en el proyecto de estudio.
- Identificar las posibles soluciones que contribuyan a solucionar las distintas variables del problema; es decir limitaciones, deficiencias, incumplimientos y carencias.
- Comparar cuantitativamente el escenario del diagnóstico inicial, con respecto los resultados finales obtenidos para verificar el estado de los resultados.
- Evaluar la importancia de las mediciones como herramienta base para la optimización de desperdicios.
- Proponer recomendaciones que contribuyan a mejorar las decisiones y acciones, de tal manera que se sepa cómo superar las limitaciones, deficiencias, incumplimientos y carencias.



## **1.3 Proceso de análisis**

### **1.3.1 Análisis general**

- El proceso de gestión actual en el sector construcción, adolece de limitaciones, deficiencias, incumplimientos y carencias; que afectan negativamente el aprovechamiento máximo de los atributos potenciales (desperdicios) en las obras de edificaciones; porque no se ajusta adecuadamente a las condiciones de su entorno-ámbito regional, por desconocer o aplicar mal algunos planteamientos teóricos atingentes a este tipo de proyecto, por no entender bien, no identificarse o transmitir mal los mensajes de las disposiciones necesarias para lograr los objetivos, o por no aprovechar las experiencias exitosas de otras investigaciones.

### **1.3.2 Sub Análisis**

- Se producen limitaciones por parte de los responsables por desconocimiento de técnicas alternativas, debido a disposiciones presupuestales y operativas de las organizaciones, y sus requerimientos en cuanto a tecnología y por haberse adecuado las condiciones del entorno actual sin poder obtener los mayores beneficios potenciales.
- Se producen deficiencias por parte de los responsables por no estar actualizados en cuanto a conceptos actuales por no conocer técnicas alternativas o por no aplicarlas bien, por no haber considerado los procesos de construcción actuales o considerar posibles beneficios potenciales de considerar analizar sucesos de experiencias exitosas el Perú y en Latinoamérica para usarlas como antecedentes y hacer las correcciones necesarias.
- Surgen Restricciones de Recursos, debido a disposiciones presupuestales y operativas de las organizaciones, que limitan la posible intervención para la obtención de beneficios potenciales.
- Se presentan carencias en los recursos por no estar considerando técnicas alternativas o por no aplicarlas bien, debido a disposiciones presupuestales y operativas que no permiten la obtención de los mayores beneficios potenciales de considerar experiencias exitosas el Perú y en Latinoamérica para adoptar las soluciones que sean necesarias.

## 1.4 Justificación.

- Es evidente la existencia de desperdicios en la ejecución de los proyectos, por lo cual es relevante identificar y cuantificar los factores que dan origen a los desperdicios, para mitigar o minimizar con mejores prácticas, las cuales ayuden a obtener una mejor rentabilidad en el proyecto, lo cual sería beneficioso para que las empresas sean más competentes en el mercado.
- Está investigación es necesaria para que los equipos de proyectos apliquen buenas prácticas, las cuales conlleven a disminuir el porcentaje de desperdicio en las construcciones.
- Las conclusiones y recomendaciones pueden contribuir al sector construcción en los proyectos de edificaciones.
- Los rubros de la mano de obra y materiales son muy incidente para determinar el costo de los proyecto y por ende tiene una alta relevancia en los resultados de los proyectos.
- Es importante porque puede disminuir el uso de recursos y por ende genera menores impactos ambientales como por ejemplo, menor consumo de combustible, agua, electricidad etc.
- Es conveniente para la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, dado que tiene como parte de sus fines la investigación científica y la extensión universitaria en beneficio del país.

## **1.5 Alcances y limitaciones de la investigación.**

- La investigación se limita al estudio de los factores en obras de edificaciones en la costa.
- El análisis está dedicado a desperdicios mano de obra y materiales en las construcciones de edificaciones.
- Los análisis son enfocados a turnos diurnos.
- Es válido para proyectos de construcción en edificaciones.
- Se restringe a investigar, analizar y proponer.
- El tiempo para realizar la investigación es parcial y limitado.
- Contar con algunos equipos propios estos de casa ejecutora.

# CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

## **2.1 Lean Construction**

El Lean Construction es una filosofía basada en el Lean production, orientada a la industria de la construcción, cuyo principal objetivo es lograr la gestión necesaria para reducir las pérdidas y maximizar el valor del producto; mediante la aplicación de esta filosofía, se pretende mejorar el flujo de trabajo y el flujo materiales mediante el uso de herramientas Lean.

### **2.1.1 Herramientas del lean Construction**

#### **2.1.1.1 Sistema Last Planner**

Last Planner System (sistema del último planificador) es una de las herramientas más importantes con las que cuenta la filosofía Lean Construction. El primer documento sobre esta herramienta fue presentado formalmente en 1994 por Herman Glenn Ballard, quien posteriormente en el año 2000 publica su tesis doctoral titulada “The Last Planner System of Production Control”.

El sistema del último planificador está centrado en la fase de ejecución de los proyectos de construcción, concretamente en la obra. (Rodríguez, Alarcón, Pellicer, 2011).

Last Planner apunta a incrementar la credibilidad en la planificación y por consecuencia mejorar el tiempo de entrega de los proyectos. El sistema provee de herramientas de planificación y control aun en proyectos, y está especialmente diseñado para mejorar el control de la incertidumbre aumentando la confiabilidad de los planes. El incremento de la confiabilidad del plan se realiza tomando acciones en diferentes niveles del sistema de planificación. (Andrade & Arrieta, 2011).

La idea del sistema Last Planner es involucrar a todas aquellas personas que tienen participación directa en las actividades del proyecto, para que ayuden en la fase de planificación de la obra, por medio de su punto de vista, su experiencia, su criterio,

proponiendo productividades, tiempos, y metas reales que se comprometen a alcanzar, bajo la coordinación de un líder, quien es el encargado de organizar todas las ideas y materializarlas en una programación que se hace en tres niveles de detalle: programa maestro o programación general, programación intermedia (Look Ahead), y la programación semanal. (García, 2012).

El proceso de aplicación del sistema se realiza de la siguiente forma (véase la figura 1)

1. Revisión del plan general de la obra (programa maestro)
2. Elaboración del programa de fase en el caso de proyectos complejos y extensos. Se identifica la fase que se va a desarrollar a continuación y se elabora el programa.
3. Elaboración de la planificación intermedia para un horizonte entre 3 y 6 semanas aproximadamente, realizando análisis de restricciones con el fin de eliminar los cuellos de botella, enmarcada dentro del programa maestro.
4. Elaboración de la planificación semanal, con la participación de los últimos decisores o planificadores: encargados, capataces, subcontratistas, almacenistas, etc. como parte del inventario de actividades ejecutables obtenido en la planificación intermedia.
5. Reuniones de los últimos planificadores para verificar el cumplimiento del plan semanal, detectando las causas de no cumplimiento de lo planificado y estableciendo el plan de la siguiente semana.

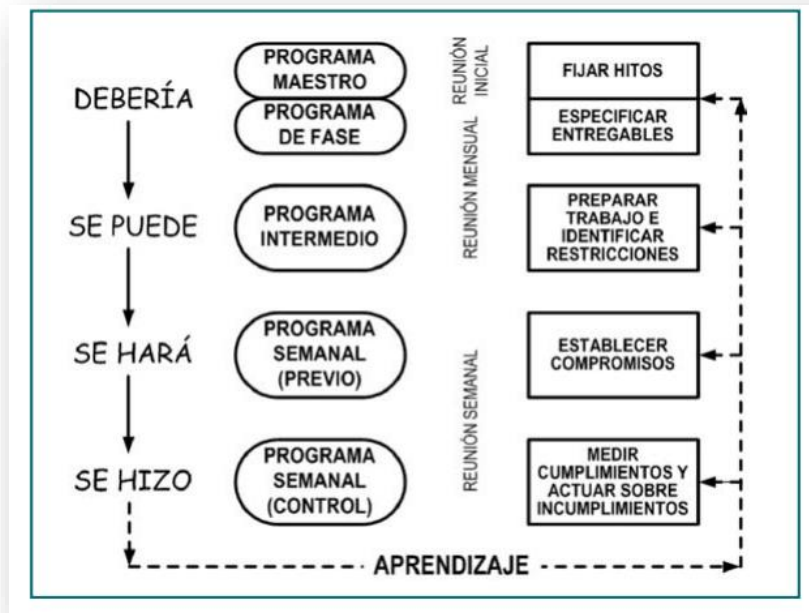


Figura N° 1 : Sistema del ultimo planificador (Rodríguez, Alarcón, Pellicer, 2011)

La confiabilidad del plan se mide en términos del Porcentaje del Plan Completado (PPC), al final de cada semana. Las causas de los fallos de cumplimiento también se investigan semanalmente con el fin de evitarlas en el futuro. La confiabilidad de la planificación está directamente relacionada con la productividad (González et al., 2008).

#### 2.1.1.1.1 Fases de Implantación de Last Planner System

##### a) Programa Maestro

El Programa Maestro genera el presupuesto y el programa del proyecto, debe ser desarrollado con información que represente el verdadero desempeño que posee la empresa en obra, sólo de esta manera se podrá dar validez al LPS, ya que estarán supervisando las tareas que, en realidad, representan la forma en que trabaja la empresa. (Campero M. & Alarcón L., 2008)

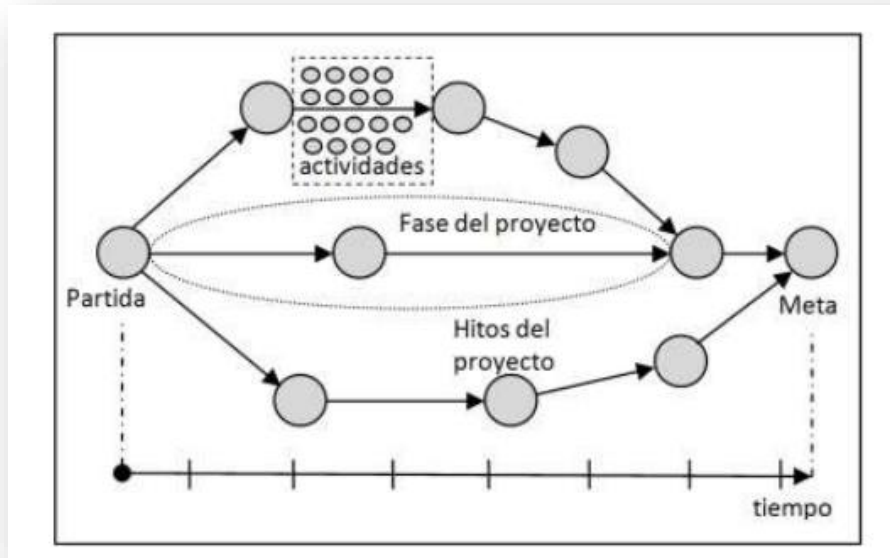


Figura N° 2: Gráfico de una red de hitos de un proyecto (Alarcón- Serpell 2003)

#### b) Programación intermedia (Look Ahead)

Como su nombre lo dice (Look Ahead), consiste en mirar hacia el futuro. Se observan o analizan las actividades, que según el programa maestro actualizado, se van desarrollar y se las estudia en detalle, lo que se hace es observar en la programación, qué actividades se iniciarán de aquí a una fecha determinada. Este horizonte o futuro depende de la naturaleza, complejidad y duración de dichas actividades, del tiempo de respuesta de los proveedores y subcontratistas, y de la duración total de la obra. Este periodo de análisis puede estar entre 4 a 12 semanas, pero es importante que este no varíe a lo largo del proyecto, esto es, que se escoja sólo una duración de dicho periodo. El propósito es definir claramente que se “puede” hacer en este periodo, o sea las actividades que pueden ser ejecutadas. (García, 2012).

Dentro de la planificación intermedia se analizan las restricciones que puede tener una actividad para ser ejecutada en el periodo establecido, como la demora en órdenes de compras y contrataciones, tiempos de espera en despacho de proveedores de materiales o servicios, disponibilidad de materiales, mano de obra y equipos especiales requeridos, organización y disposición de sitios de trabajo y seguridad en los mismos, planes de manejos de residuos y demás que se consideren necesarios para la ejecución de lo que se programe. También es

necesario definir responsables de cada tarea en el cronograma, esto con el fin de que cada uno se encargue de liberar restricciones a la fecha en que deben estar sin restricciones, con ayuda del líder o gestor de Last Planner, y así evitar atrasos o problemas en la ejecución de las tareas. (García, 2012).

Uno de los objetivos que se busca con la programación intermedia es equilibrar la carga de trabajo y la capacidad. La carga es la cantidad de actividades que la administración de la obra busca completar en el periodo de tiempo dado; y la capacidad es la cantidad de trabajo que las cuadrillas o los subcontratistas pueden llegar a completar en ese periodo de tiempo. Lo ideal es que la carga de trabajo que se asigna a las cuadrillas o subcontratistas se equilibre con la capacidad que ellos tienen. Si la carga es mayor, habrá atrasos en las entregas pues las cuadrillas no tienen tal capacidad; si la capacidad es mayor, habrá un gasto innecesario de recursos por tener ociosas a las cuadrillas. (Díaz, 2007).

Otro de los objetivos fundamentales del Look Ahead es mantener un inventario de actividades que sean efectivamente ejecutables (inventario de trabajo ejecutable). La importancia del inventario de trabajo ejecutable radica en que la programación semanal es realizada con base en este inventario, mejorando así la productividad de quienes reciben la orden de ejecutar dichas actividades e incrementando la confiabilidad del flujo de trabajo para las siguientes etapas del proyecto. (Díaz, 2007).



Figura N° 3: Look Ahead del proyecto “Plaza San Miguel - 2° Ampliación”



### c) Programación semanal

La programación semanal consiste en definir lo que “se hará” durante la semana entrante con base en los objetivos cumplidos en la planificación semanal finalizada, de lo proyectado en la programación intermedia, del inventario de trabajo ejecutable, y de las restricciones existentes. Esta programación la realiza el líder de manera conjunta con los ingenieros, supervisores, maestros de obra, jefes de cuadrilla, representantes de subcontratistas, bodegueros, encargados de proveeduría, etc. (Rodríguez et al., 2011).

Para la realización de esta programación es conveniente establecer una reunión, ya sea al inicio de la semana o bien al final de esta. En dicha reunión, primero que nada, se debe realizar un análisis del cumplimiento de la planificación de la semana anterior, o sea, las actividades que se lograron completar en la semana pasada; detectando cuáles han sido las causas de no cumplimiento de lo planificado, de modo que puedan adoptarse las medidas necesarias para corregir los desajustes que se pueden introducir en la planificación intermedia o general. (Rodríguez et al., 2011).

Posteriormente, con base en el análisis anterior, se debe realizar la planificación de la semana entrante, o sea los trabajos que “se harán”. Por ello es fundamental que en esta reunión se encuentren todos los implicados en la ejecución de las obras, para que se comprometan a realizar solamente el trabajo que puedan realizar. (Rodríguez et al., 2011).

El ataque sistemático a las causas de no cumplimiento puede aumentar la confiabilidad de la planificación futura, e incrementar el rendimiento de las cuadrillas y subcontratistas. Este proceso semanal iterativo provoca una retroalimentación para mejorar las debilidades que puedan suceder. (Andrade et al., 2011).

#### C.1.- Causas de no cumplimiento (CNC)

Las causas de no cumplimiento representan las razones por las cuales el plan de trabajo semanal no es completado en un 100%, o sea, porqué algunas de las actividades programadas para la semana no pudieron ser ejecutadas, o sólo una parte ellas. Las razones por las que no se ejecutan las actividades pueden ser:

- Mala información o falta de comunicación entre los involucrados en la obra.
- Fallos en la estimación de la capacidad de las cuadrillas o subcontratistas.
- Aspectos no considerados en la programación, y que están fuera del control de los involucrados, como por ejemplo condiciones climáticas adversas, ausentismo de la mano de obra, fallas en entregas de materiales.

Las razones por las que un plan falla pueden graficarse según su frecuencia de ocurrencia, para así resaltar las causas predominantes y enfocar mejor los esfuerzos para que no vuelvan a suceder. El identificar la causa que provoca los problemas es sumamente importante y es uno de los primeros pasos para generar un mejoramiento, pero no basta con eso. Lo que realmente genera el mejoramiento es dar una acción correctiva al problema, que permita generar un flujo de trabajo más continuo. Después de detectarse las razones, el último planificador debe analizar la raíz del problema. La razón aparente, inicialmente detectada, puede ser consecuencia de otras acciones o eventos desarrollados en el proyecto. El último planificador debe manejar el curso de las acciones o la cadena de eventos para aprender cómo las fallas repetitivas pueden prevenirse. El propósito no es reprochar a algún individuo, sino ayudar a las personas a entender cómo un cambio en sus acciones puede ayudar a prevenir futuras fallas en la planificación. (Andrade et al., 2011).

## C.2 Porcentaje de actividades completadas (PAC)

Consiste en el número de actividades programadas para una semana que fueron ejecutadas en un 100%, dividida por el número total de actividades programadas para la semana dada. Es decir, compara lo que será hecho según el plan de trabajo semanal con lo que realmente fue hecho, reflejando así la fiabilidad del sistema de planificación. Es por ello que resulta necesario efectuar mediciones semanales en la obra sobre los porcentajes de avance de las actividades. De esta manera, el PAC evalúa hasta qué punto se están cumpliendo los compromisos de las cuadrillas y subcontratistas para ejecutar el trabajo, y produce una retroalimentación que ayuda en la toma de decisiones para las semanas siguientes. (Botero et al., 2005) Es importante resaltar que a pesar de lo que se pueda pensar, un PAC del 100 % no siempre indica o refleja que hay un desempeño perfecto de las cuadrillas y subcontratistas.

Es deseable que el PAC se encuentre entre un 80 % y 90 % por lo siguiente, un porcentaje menor al 80 % revela que más del 20 % de las actividades no se pudieron ejecutar, lo que provoca un atraso en el tiempo de entrega del proyecto, pues no se está cumpliendo con la programación. Un PAC mayor al 90 % o muy cercano al 100 % muestra que casi siempre se está ejecutando todo lo que se programó, apuntando a que la programación semanal no se está haciendo correctamente, o por lo menos sin la premisa de hacer siempre más que la semana pasada, o sea podría significar que los involucrados no están haciendo su máximo esfuerzo por lograr ser más eficientes cada semana, y más bien se comprometen con metas que están por debajo de su capacidad para no sentir presión de trabajo

### C.3.-La reunión de planificación semanal

Las reuniones de planificación son de suma importancia dentro del Last Planner System. La frecuencia con la que se realizan estas reuniones depende fundamentalmente del tamaño y complejidad del proyecto que se desarrolle, no obstante, es recomendable que se realicen cada semana como mínimo para elaborar la programación semanal. En algunas empresas se realizan reuniones diarias, pero enfocadas en analizar en avance de las obras y gestionar la liberación de las restricciones, teniendo igualmente la misma importancia. Según lo indicado por (Delgado, 2007) es fundamental que en esta reunión participen todos los involucrados relacionados con la liberación de restricciones, recursos compartidos, directrices u otras limitaciones potenciales. Los propósitos de la reunión son los siguientes: • Revisar y aprender del PAC de la semana anterior.

- Analizar las causas de no cumplimiento.
- Tomar acciones para mitigar las causas de no cumplimiento.
- Realizar un análisis entre el avance alcanzado y el propuesto para el proyecto.
- Determinar las actividades que entran en la planificación Look Ahead, analizando y responsabilizando las restricciones de cada tarea ingresada.
- Realizar un adecuado análisis de las restricciones (revisión y preparación).

- Formular el plan de trabajo para la semana siguiente. Para cumplir los propósitos de la reunión existe información que deben llevar los subcontratistas y jefes de cuadrilla, y el coordinador del sistema Last Planner. Subcontratistas y jefes de cuadrilla:
- Llevar a la reunión su porcentaje de avance y adicionalmente indicar una primera opinión de las causas de no cumplimiento.
- La información del estado del trabajo.
- Lista tentativa de las tareas para la próxima semana.
- Una revisión del estado de restricciones de las tareas que se le asignaron dentro de la ventana Look ahead. Coordinador:
- Llevar programa Maestro y la planificación Look Ahead.
- Lleva una comparación entre los objetivos logrados y los propuestos por el proyecto, con el objetivo de marcar claramente las directrices del funcionamiento de cada unidad productiva.
- Listado de las tareas que entrarán en el proceso Look Ahead, además de la planificación

### **2.1.2 Prueba de los cinco minutos para el análisis de pérdidas**

En el proceso de aplicación de Lean Construction el primer paso es realizar un estudio cuantitativo del tiempo de permanencia en obra de los trabajadores, para estimar que tan productiva es la labor de todo el conjunto de cuadrillas en la obra, es decir analizar cómo están distribuyendo el tiempo que debe ser dedicado para trabajar en la obra y así tener un estimado del tiempo dedicado realmente a hacer labores para optimizarlo y tomar medidas de corrección en cuanto al el tiempo desperdiciado. . Para ello se realiza un formato de prueba llamado “Medición de pérdidas” o “Prueba de los cinco minutos”.

El procedimiento consiste en hacer un muestreo aleatorio simple de la población de estudio (obreros de la construcción) en las actividades laborales más representativas y analizar a que se dedica en un tiempo de cinco minutos/obrero en ese intervalo de tiempo estudiado un obrero puede usar el tiempo de tres formas: [34]:

- Tiempo productivo TP: es el tiempo que

el trabajador destina a la producción de alguna unidad constructiva. • Tiempo contributivo TC: es el tiempo dedicado a labores necesarias para que se realicen las acciones productivas. • Tiempo no contributivo TNC: es el tiempo que no se aprovecha para trabajar, como por ejemplo descanso, tiempo ocioso, tiempo empleado en cubrir las necesidades fisiológicas, entre otros. Para el análisis de los resultados de los tiempos que se toman en campo es muy útil usar los diagramas de Pareto.

### **2.1.3 Sistema de ejecución de proyectos “lean” y ejecución integrada de proyectos**

La ejecución integrada de proyectos o modelo IPD (Integrated Project Delivery), se basa en una alta colaboración entre el cliente, el proyectista y el contratista general, desde las fases iniciales del diseño hasta la puesta en marcha del edificio, Enfocando sus objetivos a mejorar las relaciones del recurso humano en los proyectos constructivos mediante el cambio de los momentos en que los desarrolladores del proyecto intervienen en él para aumentar el nivel de comprensión del proyecto y acortar sus fases. Al aplicar Lean Construction al modelo IPD se obtiene como resultado el sistema de ejecución de proyectos “Lean” LPDS (Lean Project Delivery System), el cual toma lo mejor de IPD y LC para alinear personas, sistemas, procesos de negocio y prácticas con el fin de aprovechar los talentos e ideas de los participantes para optimizar valor para el cliente, reducir residuos y maximizar la eficacia a través de todas las fases de diseño, fabricación y construcción

#### **2.1.3.1 Lean Project Delivery System (LPDS)**

Consiste en un modelo, presentado por Ballard (2000), donde aplica los principios de Toyota production system en la construcción.



Figura N° 4: The Lean Project Delivery System TM 3, LPDS (Ballard 2000)

El modelo está dividido en 5 fases, definición del proyecto, diseño lean, abastecimiento lean, construcción lean y uso, estando presente a lo largo de estas fases el control y el trabajo estructurado.

La construcción como tal se encuentra dentro de la fase de construcción Lean y comprende la instalación, está ligado a la fabricación y logística de los materiales con los que se ejecutarán los trabajos y también está vinculado a las pruebas y entrega del producto final. El objetivo de la fase de construcción Lean es disminuir las pérdidas durante la etapa de la construcción, mejorar la productividad, reducir la variabilidad y ofrecer una maximización de valor para el cliente, para esto se usan algunas herramientas Lean.

### 2.1.4 Principios de Lean

- a) Definir el Valor desde el punto de vista del cliente: La mayoría de los clientes quieren comprar una solución, no un producto o servicio.
- b) Identificar la corriente de Valor: Eliminar desperdicios encontrando pasos que no agregan valor, algunos son inevitables y otros son eliminados inmediatamente.
- c) Crear Flujo: Haz que todo el proceso fluya suave y directamente de un paso que agregue valor a otro, desde la materia prima hasta el consumidor.

d). Conseguir que el cliente “tire” (PULL): Una vez hecho el flujo, ser capaces de producir por órdenes de los clientes en vez de producir basado en pronósticos de ventas a largo plazo.

e). Perseguir la perfección o mejora continua (Método Kaizen): Una vez que una empresa consigue los primeros cuatro pasos, se vuelve claro para aquellos que están involucrados, que añadir eficiencia siempre es posible

Esta se convirtió en la principal estrategia del management japonés, que transformó empresas como Toyota, Sony, Mitsubishi y Honda en sinónimos de tecnología y calidad. Kaizen proviene de dos vocablos. “Kai”, que significa cambio; y “Zen”, que es bondad. Si trasladamos este significado a la vida, se podría traducir como “el instinto que tiene toda persona por mejorar”. Y, si se aplica a la industria, sería “el mejoramiento progresivo de todas las áreas: alta dirección, gerentes y trabajadores”, es por ello que implementar esta metodología supone que se eliminen los desperdicios de los sistemas productivos.

- Las Reglas de Kaizen

Los principios de esta filosofía se recogen en lo que se conoce como las “5S”.

Denominación		Concepto	Objetivo Particular
En Español	En Japonés		
<b>Clasificación</b>	整理, Seiri	Separar Innecesarios	Eliminar del espacio de trabajo lo que sea inútil
<b>Orden</b>	整頓, Seiton	Situar necesarios	Organizar el espacio de trabajo de forma eficaz
<b>Limpieza</b>	清掃, Seisō	Suprimir Suciedad	Mejorar el nivel de limpieza de los lugares
<b>Estandarización</b>	清潔, Seiketsu	Señalar anomalías	Prevenir la aparición de la suciedad y el desorden
<b>Disciplina</b>	躰, Shitsuke	Seguir mejorando	Fomentar los esfuerzos en este sentido

Tabla N° 1: Significado de las 5S Fuente (Botero 2014-Mestre 2013)

A continuación se explicará el significado de cada una de las “S”, según Osada (19956).

- Seire (Organización): Cada cosa en su lugar y un lugar para cada cosa. Es decir, mientras que todo esté en orden, serán más fácil trabajar y ser productivos.
- Seiton (Reducir búsquedas): Facilitar el movimiento de las cosas, servicios y personas. Este principio se basa en que mientras menos pasos haya para hacer algo es mejor.
- Seiso (Limpieza): Cuando todo está limpio se simplifican los procedimientos. El área de trabajo debe ser impecable, sin importar si es una oficina o una fábrica de montaje.
- Soiketsu (Estandarización y simplificación de procesos): Conservar todo en orden, estableciendo patrones tanto para las personas como para los procedimientos.
- Shitsuke (Disciplina y buenos hábitos de trabajo): Respeto a las reglas y a las personas, buscando lo mejor en todos. Eso significa tratar bien y capacitar siempre al trabajador.



Figura N° 5: Representación de las 5S



## 2.2 Conceptos de desperdicios.

- “El despilfarro es un dragón de siete cabezas que se infiltra por todas partes. La vigilancia contra el mismo ha de ser constante y alerta, por esto, más que recetas o remedios, es más un estado de ánimo lo que hace falta para luchar con eficacia contra ese devorador de las empresas” Rafael del Pino, fundador de Ferrovial (1962).
- Un desperdicio es el mal aprovechamiento que se realiza de alguna cosa o de alguien. Es decir, se tiene algo, una máquina a la cual no se la explota como se debe para que rinda su máximo y por tanto se la trabaja al mínimo nivel, desperdiciando su capacidad, o en su defecto se tiene un empleado que dispone de muchos conocimientos sobre un tema y se lo manda a hacer otra cosa totalmente diferente para la cual está mejor preparado.
- Desperdicio es todo lo que consume recursos sin añadir valor al producto final.

Flavio Pichi (1,993), en su tesis doctoral nos muestra unas estimaciones de los desperdicios generados en proyectos de edificación en Sao Paulo, donde podemos ver que existe un 30% del costo total de la obra compuestos por desperdicios, esto quiere decir que si tuviéramos por ejemplo un proyecto de torres de departamentos, la tercera de ellas la podríamos construir con los desperdicios de las otras dos.

Tabla N° 2. Estimacion de desperdicios en obras de edificacion

Estimado de desperdicio en obras de edificaciones		
Porcentaje del costo total de obra		
Ítem	Descripción	%
Restos de material	Restos de mortero	5%
	Restos de ladrillo	
	Restos de madera	
	Limpieza	
	Retirada de material	
Espesores adicionales de mortero	Tarrajeo de techos	5%
	Tarrajeo de paredes internas	
	Tarrajeo de paredes externas	
	Contrapisos	
Dosificaciones no optimizadas	Concreto	2%
	Mortero de tarrajeo de techos	
	Mortero de tarrajeo de paredes	
	Mortero de contrapisos	
Reparaciones y re-trabajos no computados en el resto de materiales	Repintado	2%
	Retoques	
	Corrección de otros servicios	
Proyectos no optimizados	Arquitectura	6%
	Estructuras	
	Instalaciones sanitarias	
	Instalaciones eléctricas	
Pérdidas de productividad debidas a problemas de calidad	Parada y operaciones adicionales por falta de calidad de los materiales y servicios anteriores	3.5%
Costos debidos a atrasos	Pérdidas financieras por atrasos de las obras y costos adicionales de administración, equipos y multas	1.5%
Costos en obras entregadas	Reparo de patologías ocurridas después de la entrega de obra	5%
Total		30%

Tomada de *Aplicaciones del Lean design a proyectos inmobiliarios de vivienda*, Orihuela, P.

## **2.2.1 Clasificación de desperdicios**

### **2.2.1.1 Desperdicios según el tipo de recursos**

- Mano de Obra: Mano de obra ineficiente, horas hombre de re trabajos, paras, etc.
- Materiales: Mayor consumo de material por trabajos no conformes, errores de planeamiento y compatibilización.
- Equipos: Horas máquina de equipo paralizado, poco productivo, inadecuado, etc.
- Subcontratas: Impactos de calidad, costo y tiempo.
- Gastos generales: Gastos generales innecesarios o no previstos.
- Gastos de supervisión: Exceso de gastos de supervisión.

### **2.2.1.2 Desperdicios según el Lean Management**

Se considera como desperdicio todo aquel uso ineficiente de equipos, materiales, tiempo o costo, ejecución de trabajo innecesario que origina costos adicionales o que no agregan valor al producto final.

#### 2.2.1.2.1 Sobreproducción

La sobreproducción se da cuando se produce más de lo que se necesita o más rápido de lo necesario o antes de que sea necesario. Esto da como resultado productos que se producen en exceso o productos que se hacen demasiado pronto. Provocando el exceso de costos de inventario.

#### 2.2.1.2.2 Tiempo de espera

A la espera se refiere a los períodos de inactividad que tienen los trabajadores y maquinarias debido a alguna actividad anterior que no se terminó a tiempo por completo, por falta de sincronización, disponibilidad de materiales o herramientas, falta de espacio para trabajo.

#### 2.2.1.2.3 Transporte (o traslado)

Es todo movimiento innecesario de personas, equipos o materiales que no agrega valor a la producción, por ejemplo el traslado de materiales de un lugar a otro, donde se pierden horas de trabajo, energía, espacio y material durante el transporte, esto impulsado también a una

posible falta de espacio, mala distribución del campamento de obra, o desorden en el área de trabajo

#### 2.2.1.2.4 Procesamiento

Se refiere a los pasos innecesarios en las operaciones, tales como el reprocesamiento, doble manipulación y de doble control que no añade valor al producto o servicio.

#### 2.2.1.2.5 Movimientos

Son los movimientos Innecesarios o ineficientes hechos por los trabajadores como buscar materiales, acumular, escoger, seleccionar herramientas. Tiene que ver con un uso inadecuado de equipo, métodos de trabajo poco efectivos o desorden del lugar de trabajo.

#### 2.2.1.2.6 Stock o inventario

Es el almacenamiento innecesario o excesivo de materiales o productos que conllevan a pérdidas por material y pérdidas por material sin uso. Como consecuencia de falta de planeación o mala cuantificación. Todo inventario requiere un espacio y control adicional.

#### 2.2.1.2.7 Retrabajos (o defectos)

Es cualquier cosa que no se hace correctamente la primera vez y debe ser reparado, o tienen que volver a hacerse. Se tratan de productos, materiales o servicios que no cumplen con las especificaciones o con la calidad solicitada por el cliente; implicando tener que remover el producto defectuoso y volver a ejecutar el nuevo producto.



Figura N° 6: Las 7 pérdidas Fuente Supply Chain

Como **octavo desperdicio** se ha considerado el **desaprovechamiento del talento humano** que tiene que ver con no involucrar a los recursos humanos en el diseño y desarrollo de su trabajo, ni aprovechar sus sugerencias, ideas o buenas experiencias.

### 2.2.2 Principales causas de los desperdicios

#### a) **Variabilidad:**

Podemos definir la variabilidad para el caso de los proyectos de construcción como la ocurrencia de eventos distintos a los previstos debido a factores internos o externos del proyecto, la variabilidad siempre estará presente en todos los proyecto siendo mayor o menor según la complejidad, tiempo, ubicación de los mismos. Estos eventos son aleatorios y no se pueden predecir ni eliminar en su totalidad, es decir se puede predecir que ocurrirán imprevistos mas no sabemos de qué tipo ni cuando, aun así se deben de tomar en cuenta para mitigarlos significativamente para que no generen un impacto mayor en el proyecto.

**b) Curva de aprendizaje:**

El concepto de curva de aprendizaje fue descrito por primera vez por T.P. Wright en 1936 en un estudio de tiempos requeridos para hacer piezas de aviones, en este estudio se observó que a medida que el trabajo se realiza, los trabajadores van adquiriendo mayor experiencia en las labores y por consiguiente el tiempo de ejecución del trabajo se reduce.

**c) Motivación**

La falta de motivación, ya sea económica, laboral o por falta de incentivos ocasiona que los trabajadores generen desperdicios ya sea por trabajos mal hechos, o trabajos lentos.

**d) Capacitación y experiencia:**

De este factor depende que el trabajador no pierda tiempo en la ejecución de los procesos que traerán a cabo el producto final, si el trabajador es inexperto, puede cometer errores o demorar más de lo previsto en la ejecución de los trabajos.

**e) Comunicación**

Una ineficiente comunicación puede llevar a errores por falta de entendimiento en las órdenes, duplicidad de trabajos, trabajos innecesarios.

**f) Planificación**

Debido a este factor pueden suscitarse desperdicios como esperas prolongadas, paras de producción por falta de materiales o por falta de ejecución de un proceso previo.

**g) Tecnología**

El no uso de tecnología puede ser considerado un factor de desperdicio cuando sabemos que usando herramientas o equipos de alta tecnología podemos lograr los resultados previstos y en vez de esto se da uso a equipos, métodos o técnicas obsoletas de construcción.

**h) Dirección**

La falta de una dirección adecuada implica en que los procesos no se gestionen o dirijan a un ritmo adecuado, repercutiendo en desperdicios de costo y tiempo.

**i) Control**

La falta de un control de los trabajadores también ocasiona que estos no produzcan a un mismo ritmo, que los trabajos no sean bien ejecutados o que se generen tiempos ociosos.

j) **Factores ambientales, culturales, y políticos.**

Son factores propios de la variabilidad de cada zona o región que pueden afectar poca o significativamente sino son controlados por ejemplo, lluvias, festividades, paralizaciones, etc.

## 2.3 Productividad

Existen varios conceptos de productividad, Botero y Álvarez (2004) citan a Serpol (1999) quien sostiene que la productividad es “una medición de la eficiencia con que los recursos son administrados para completar un proyecto específico, dentro de un plazo establecido y con un estándar de calidad dado”. También se podría definir como una relación entre la producción obtenida por un sistema de producción y los recursos utilizados para obtenerla. Lo que significa que una productividad mayor implica una mayor producción utilizando la misma cantidad de recursos. Según estudios sobre la ocupación del tiempo de los trabajadores en la construcción se consideró que los trabajadores pueden realizar tres tipos de actividades (Serpol, 2002):

- **Trabajo Productivo (TP):** Corresponde a las actividades que aportan en forma directa a la producción de alguna unidad de construcción. Ejemplo, vaciar concreto, asentar ladrillos, colocar cerámicos, etc.
- **Trabajo Contributorio (TC):** Es el trabajo de apoyo, se define como el trabajo que es necesario para que se pueda ejecutar el trabajo productivo, pero que no aporta valor a la unidad de construcción. Es considerado una pérdida de segunda categoría y se debe minimizar al máximo posible para mejorar la productividad. Ejemplo, recibir y dar indicaciones, leer planos, transporte de material, etc.
- **Trabajo No Contributorio (TNC):** Corresponde a cualquier otra actividad realizada por el trabajador y que no se clasifica en las anteriores categorías, por lo tanto se consideran pérdidas, ya que son actividades que no son necesarias, tienen un costo y no agregan valor por lo que se busca eliminarlas para mejorar el proceso productivo. Ejemplo, esperas, descansos, trabajo rehecho, etc.

### 2.3.1 Principales causas que afectan la productividad

En la investigación presentada en su libro “Productividad en obras de construcción Diagnostico, critica y propuesta”, Guio (2001) presenta una serie de circunstancias que pueden afectar la productividad de las obras:

- **Cuadrillas sobredimensionadas:** Utilizar mayor cantidad de personal que lo necesario produce que no todos los integrantes del equipo trabajen a su máxima capacidad; así mismo, conlleva a desinterés en el cuidado de los materiales y equipos.
- **Falta de supervisión:** La falta de control sobre la mano de obra puede traducirse en bajos rendimientos del personal. Así mismo implicara un mal uso de recursos como materiales y equipos (especialmente cuando han sido subcontratados)
- **Deficiencias en el flujo de materiales:** Produce pérdida de tiempo y falta de control en la cantidad y calidad de materiales que serán trasladados a la zona de trabajo, así mismo se sub-utilizan equipos de forma inadecuado para el traslado de recursos cuando esta operación no ha sido planeada eficientemente.
- **Mala distribución de instalaciones en obra:** Se refiere a los obstáculos que se interponen en el recorrido del personal para el acarreo de material o un layout ineficiente en cuanto a la ubicación de elementos claves como sanitarios, almacén, etc.
- **Actitud del trabajador:** La disposición de los trabajadores para realizar sus tareas es un elemento clave ya que finalmente son ellos los que utilizan los recursos dispuestos en la obra (tiempo, materiales, equipos).
- **Falta de manejo en campo:** Mala coordinación del trabajo de cuadrillas puede provocar un cruce de actividades de dos equipos distintos, una mala distribución de recursos, ejecución de trabajos no planificados, etc.
- **Mala calidad:** Genera fallas que se traducen en re trabajos o correcciones.
- **Deterioro de trabajos ya realizados:** Se consumen recursos para volver a fabricar un producto que ya se encontraba listo, y que fue deteriorado por negligencia.



- **Cambios en los diseños:** Si es que no se informan con un plazo significativo no permiten un buen planeamiento para su ejecución, lo que ocasiona perdida por un mal manejo de los recursos. Puede ser además que la nueva información no esté completa.
- **Falta de programación y control en el uso de los equipos:** Esto produce un mal uso de los recursos priorizando en muchos casos ciertas actividades en lugar de beneficiar al flujo de todo el proceso.
- **Trabajos lentos:** Generados en su mayoría debido a una excesiva manipulación de equipos y materiales, así como demoras producidas por los propios trabajadores.
- **Falta de diseño de los procesos constructivos:** Debido a las diferentes circunstancias que se dan entre las distintas obras que no son consideradas antes de iniciar los trabajos.

## 2.4 Experiencias Exitosas

**2.4.1 “Seguimiento de la Productividad en Obra: Técnicas de Medición de Rendimientos de Mano de Obra”** por Ing. M Sc Guillermo Mejía Aguilar, Escuela de Ingeniería Civil, Universidad Industrial de Santander, Colombia.

*“...La técnica del estudio de trabajo permite diseñar programas de seguimiento y control en las obras, basado en la productividad de las cuadrillas de trabajo. Esta técnica ofrece un marco conceptual centrado en: el estudio de procesos, y el estudio de tiempos. Diseñar metodologías de mejoramiento para las obras, que involucre la productividad como un indicador de seguimiento, requiere entonces plantear la técnica del estudio de trabajo, realizando análisis de sus procesos y de los tiempos que demandan...”*

A la hora de analizar los rendimientos de las distintas cuadrillas de trabajo, el análisis debe involucrar no solo a la actividad en sí misma, sino todo el conjunto de procesos que componen la actividad, ya sean los procesos previos a la actividad, las características propias de la cuadrilla o del entorno, actividades relacionadas o complementarias; sólo así se podrá tener un estimado más realista de los ratios de productividad que contribuya a un cálculo más realista para que pueda ser usado como referencia de otros estudios.

## **2.4.2 “Programas de mejoramiento de la productividad para obras de construcción.”**, por Luis Felipe Martínez C. Departamento Ingeniería de Construcción, Pontificia Universidad Católica de Chile

*“...La elaboración e implementación de un Programa de mejoramiento de la Productividad (PMP) para una obra específica, están insertas dentro de un proceso general llamado Estudio de Productividad, el que consta de cuatro etapas*

### *1. Plan de Diagnóstico*

*La fase previa a la aplicación de un PMP, consiste en la realización de un estudio para determinar los niveles de productividad de las distintas actividades que conforman la obra. Para lo anterior es necesario desarrollar un plan de diagnóstico, que tiene como objetivo detectar los problemas de productividad y asociarlos a alguna de las cinco categorías de tiempos no-productivos. El plan de diagnóstico puede estar conformado en base a las siguientes herramientas:*

- a) Observación directa*
- b) Muestreos del trabajo*
- c) Análisis de la información de costos*
- d) Análisis del programa y puntos de control*
- e) Información de rendimientos*
- f) Encuestas de detención*
- g) Cuestionarios a los obreros*

*Estas herramientas son simples de usar y permiten una rápida evaluación de la situación. Posterior a la recopilación de la información, se procede a clasificar los problemas encontrados en alguna de las siguientes categorías de tiempo no-productivo:*

### *2. Elaboración e Implementación del Programa*

*La segunda fase de un Estudio de Productividad consiste en el desarrollo e implementación de un PMP. Una vez que se ha analizado la información recopilada en la fase de diagnóstico y se ha determinado en forma clara, las fuentes de los problemas de productividad, se deben seleccionar las técnicas y herramientas necesarias para atacar los problemas en cada área. Los procedimientos seleccionados son aplicados en la obra como parte de un programa global.*

### **HERRAMIENTAS PARA AUMENTAR LA PRODUCTIVIDAD**

*En base a la información recopilada en la fase de diagnóstico, se debe seleccionar las herramientas adecuadas para la solución del problema. Es interesante hacer notar que algunas de las técnicas utilizadas para la detección de problemas pueden formar parte del programa, esto es debido a que el PMP debe contar con un sistema de seguimiento y control, y estas herramientas pueden usarse*

*con este objeto. Además, algunas herramientas de detección presentan elementos motivadores, como los círculos de calidad, lo que permite una mejor disposición del obrero hacia el trabajo, aumentando la productividad... ”.*

La mejora de la productividad debe partir de un diagnóstico inicial, para definir el punto de partida, a partir del cual se evaluará el rendimiento de las distintas cuadrillas, determinando actividades contributivas y no productivas que se realizan y los porcentajes que representan. Luego se debe llevar a cabo la implantación del programa de mejora donde se ejecuten las herramientas que permitan dar solución a los problemas identificados, algunas de estas herramientas están relacionadas a la mayor capacitación del personal, al involucramiento de la alta gerencia, a los incentivos económicos y no económicos que puedan darse, al mejoramiento de los procesos y métodos de trabajo.

### **2.4.3 “Aplicación del método de la línea de balance a la planificación maestra”.** Por Orihuela, Pablo y Esteves, Delfín.

*“...Un punto de partida del Sistema Last Planner es que toda planificación es un pronóstico y todo pronóstico tiene errores, además cuanto más largo sea el periodo de este pronóstico y cuanto más detallado sea, mayor será el error. Por esta razón, los principios del Last Planner recomiendan: Planificar con más detalle a medida que se aproxime el trabajo a ejecutar; elaborar planes, identificar y eliminar las restricciones de las tareas previstas con el equipo que va a hacer el trabajo. Tradicionalmente el Master Plan de las obras de construcción es realizado con la ayuda de diferentes programas de computación, los cuales generalmente usan el Método de la Ruta Crítica - CPM, existiendo en el mercado variados softwares especializados, tales como el Primavera Project Planner y el Microsoft Project. Todas estas técnicas suponen que los recursos estarán siempre disponibles y que no habrá inconvenientes ni restricciones durante todo el desarrollo del proyecto, por lo que el típico Master Plan describe con lujo de detalle la secuencia y los tiempos que tomarán en hacerse cada una de las actividades de una obra de construcción, desde el primero hasta el último día de su ejecución. Bajo este enfoque el planeamiento y control de la producción se centra en la comparación del cumplimiento de lo avanzado contra lo que se pronostica en este Master Plan. Sin embargo, la*

*práctica demuestra que la disponibilidad de los recursos debe ser chequeada antes de iniciar cada una de las asignaciones. Los recursos relevantes, tales como, los planos de detalle, los materiales, los equipos, las herramientas, el espacio, las condiciones externas, etc., rara vez o nunca son explícitamente descritos en los cronogramas de un CPM...”.*

Toda programación puede estar sujeta a error, al hacer estimaciones de plazos y suponer que todas las restricciones puedan ser identificadas y levantadas con total eficacia para el cumplimiento de los mismos supondría un grado de perfección que todavía no se ha logrado en nuestra región, es por eso que mediante el Last Planner System se analiza un horizonte más corto de forma tal que la programación sea más detallada y con menos errores. Aun así se presentarán errores, que deberán ser analizados por la persona encargada de realizar la programación en conjunto con el equipo de trabajo para identificar las causas de los incumplimientos para eliminar futuras restricciones y mejorar la confiabilidad de los supuestos.

# CAPÍTULO III MARCO REFERENCIAL

## 3.1 El Proyecto

### 3.1.1 Nombre del proyecto

El proyecto se denomina “Plaza San Miguel - 2° Ampliación”

### 3.1.2 Ubicación

El proyecto se encuentra ubicado en la intersección de las avenidas Av. La Marina y Av. Universitaria en el distrito de San Miguel.



Figura N° 7: Ubicación del proyecto “Plaza San Miguel - 2° Ampliación”

### 3.1.3 Descripción

El proyecto consta de la ejecución de 4 sótanos y 4 niveles de edificación correspondiente a un centro comercial a nivel de estructuras, acabados e instalaciones, correspondiendo la presente etapa a la ejecución del casco estructural.

- **Área del terreno:** 4,900 m<sup>2</sup>
- **Área Construida:** 37,000 m<sup>2</sup>
- **Niveles:** 04 sótanos + 04 pisos
- **Distribución:**

**Sótanos:** Estacionamientos

**1°-3° Nivel:** Tiendas Paris + Locales Comerciales

**4° Nivel:** Tiendas Paris

### 3.1.4 Descripción gráfica

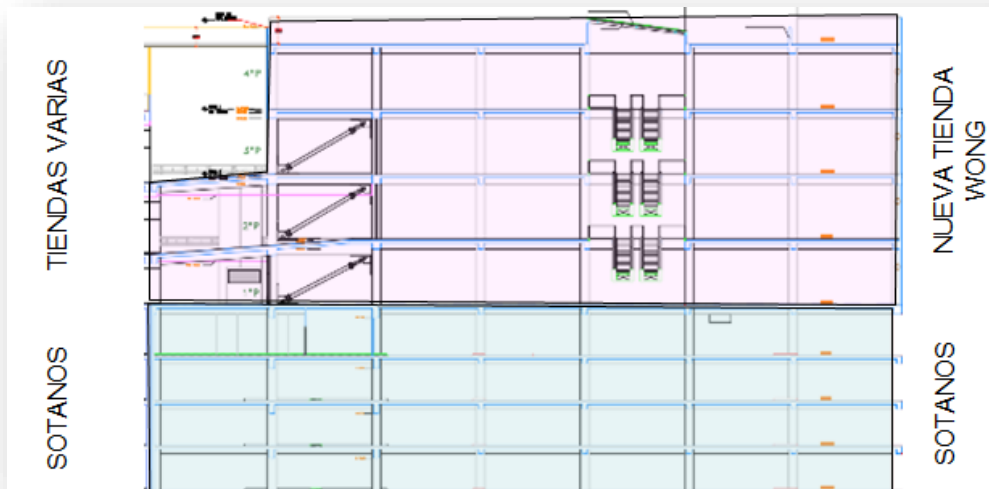


Figura N° 8: Sección Transversal interna norte del proyecto.



Figura N° 9: Sección Transversal interna Sur del proyecto.

Descripcion	Paris (4A)
	Concreto
SOTANO 4 NIVEL - 14.30	4,907.50
SOTANO 3 NIVEL - 10.70	4,907.50
SOTANO 2 NIVEL - 7.40	4,907.50
SOTANO 1 NIVEL - 3.95	4,907.50
PISO 1 NIVEL + 0.00	4,907.50
PISO 2 NIVEL + 5.30	4,877.50
PISO 3 NIVEL + 10.00	4,020.50
PISO 4 NIVEL + 14.85	3,970.40
PISO 5 NIVEL + 19.00	
AZOTEA NIVEL + 23.00	
<b>TOTAL AREAS (m2)</b>	<b>37,405.90</b>

Tabla N° 3. Area de proyecto

### 3.1.5 Organigrama

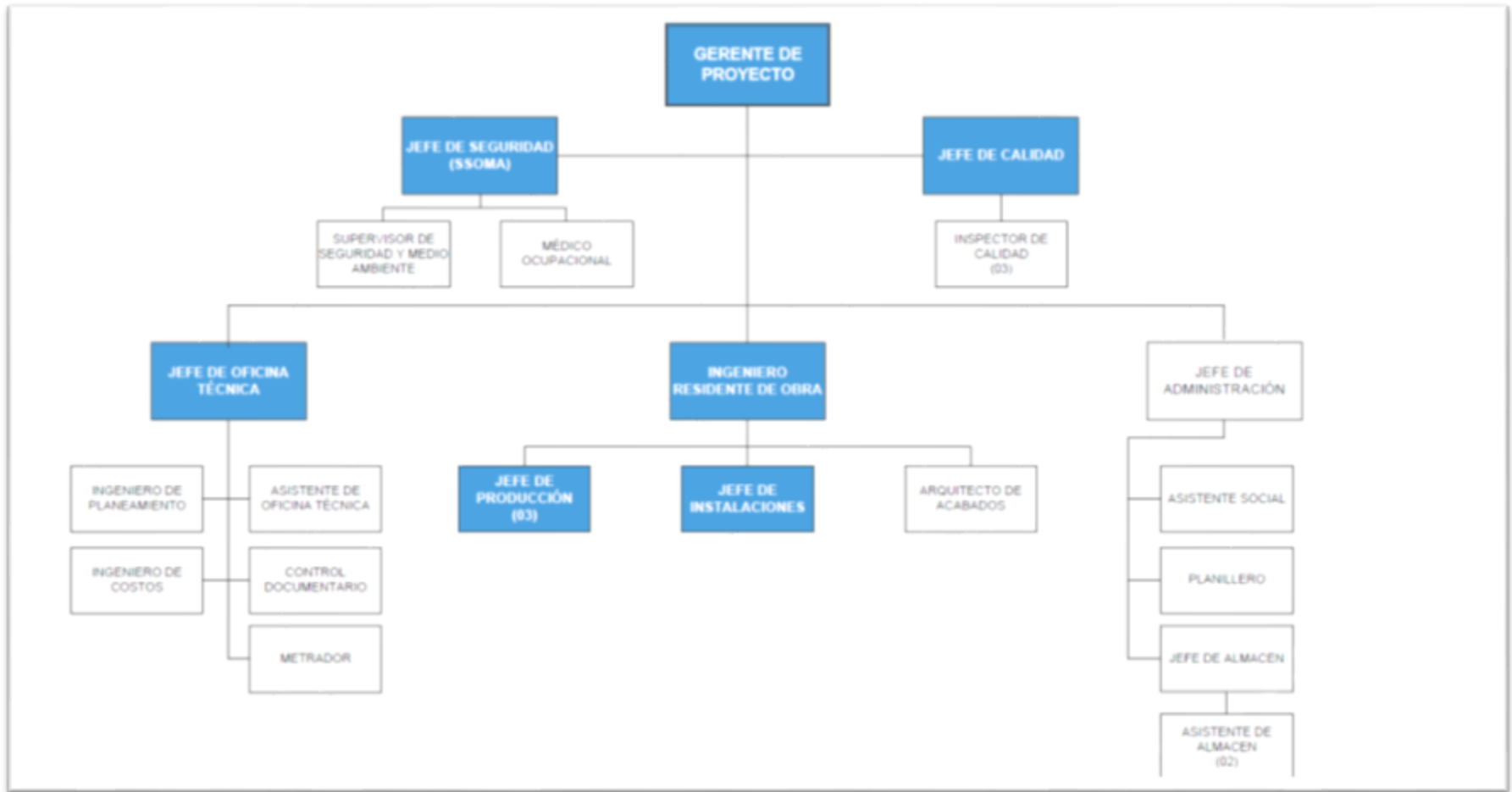


Figura N° 10: Organigrama del proyecto





<b>CAUSAS DE INCUMPLIMIENTO</b>		
<b>ADM</b>	<b>ADMINISTRATIVO</b>	Todas las causas que implican: *No llegada del personal especializado *Falta de permisos y licencias. *Falta de pago a Subcontratistas y proveedores.
<b>PRO</b>	<b>PROGRAMACION</b>	Todas las causas que implican: *Inadecuada utilización de las Herramientas de Programación. *Cualquier restricción que no fue identificada de manera oportuna.
<b>LOG</b>	<b>LOGISTICA</b>	Todas las causas que implican: *Falta de equipos, herramientas o materiales en obra, que han sido requeridos oportunamente por Producción. *Retrasos en los Suministros propios de Techint SAC (Consumibles, EPP's, etc)
<b>CAL</b>	<b>CONTROL DE CALIDAD</b>	Todas las causas que implican: *La entrega oportuna de información a producción (procedimientos, pruebas, etc) *Liberación oportuna de estructuras
<b>SUP</b>	<b>SUPERVISIÓN (CESEL)</b>	Todas las causas que implican Responsabilidad de la Supervisión CESEL (Falta de información, cambio de prioridades, cambios o errores en la ingeniería, no liberación de áreas oportunamente, no entrega de Equipos y/o Materiales para el montaje, etc).
<b>CLI</b>	<b>CLIENTE (PUCP)</b>	Todas las causas que implican Responsabilidad del Cliente PUCP (Falta de información, cambio de prioridades, cambios o errores en la ingeniería, no liberación de áreas oportunamente, no entrega de Equipos y/o Materiales para el montaje, etc).
<b>CONST</b>	<b>CONSTRUCCION</b>	Todas las causas que implican: *Retrabajos en el proceso Constructivo. *Mala asignación de recursos: Pocos recursos Asignados *Cambio de Recursos para otras Actividades
<b>EQU</b>	<b>EQUIPOS</b>	Todas las causas que implican averías o fallas en los equipos que no permitieron el cumplimiento de las actividades del Plan Semanal. Están incluidos los mantenimientos no programados de equipos.
<b>EXT</b>	<b>EXTERNOS</b>	Todas las causas que implican: *Retrasos por razones climáticas extraordinarias. *Eventos extraordinarios como marchas sindicales sin previo aviso, huelgas, accidentes, etc.

Tabla N° 4. Causas de Incumplimiento

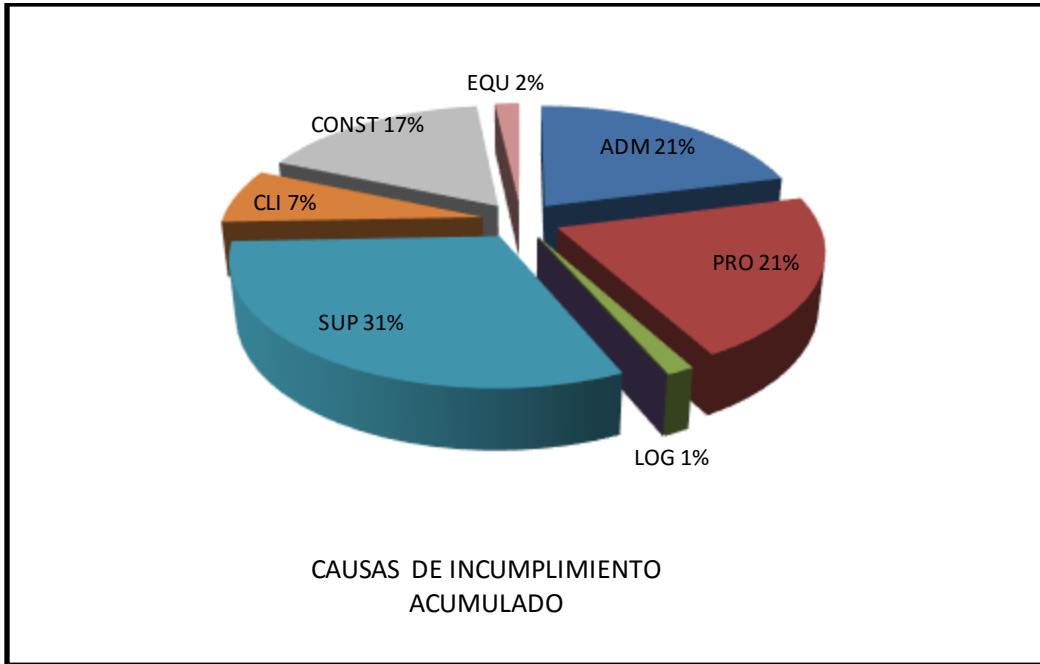


Figura N° 12: Porcentaje de causas de incumplimiento acumuladas semana 18

Se fijó como meta un Porcentaje de actividades cumplidas de 80% como meta, a continuación los valores de cumplimiento desde el inicio del proyecto:

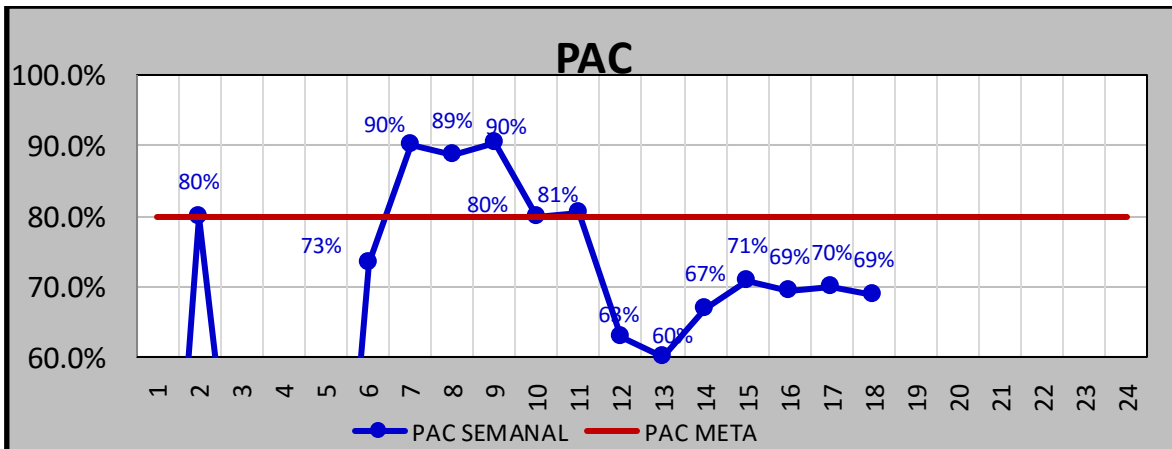


Figura N° 13. Porcentajes de Actividades Cumplidas Semana 18

### 3.2.1.2 ISP

En el informe semanal de producción se tomaron registros de los datos tiempo y metrado de avance para obtener datos de rendimientos con respecto a las fases de control que escogieron medir.

La selección de las fases de control que se escogieron para realizar el análisis, fueron determinadas en función a la incidencia económica de cada fase con respecto al presupuesto del proyecto determinada mediante la realización de un diagrama de Pareto.

FASES	PARCIALES
FASE 0001: OBRAS PROVISIONALES	1,197,013.31
FASE 0002: TRANSPORTE VERTICAL Y HORIZONTAL	850,993.92
FASE 0003: MOVIMIENTO DE TIERRA DEMOLICION	989,535.19
FASE 0004: DEMOLICION	54,132.38
FASE 0005: CONCRETO	6,041,637.49
FASE 00006: ENCOFRADO	4,196,683.12
FASE 00007: ACERO	6,042,478.87
FASE 00008: PASES Y SELLOS	58,747.69
FASE 00009: ESTRUCTURA METÁLICA	147,413.90
FASE 00010: ANCLAJES TEMPORALES	97,028.08
FASE 00011: GASTOS GENERALES FIJOS	207,826.22
FASE 00012: GASTOS GENERALES VARIABLES	3,632,719.46
TOTAL PRESUPUESTO	23,516,209.63

Tabla N° 5. Incidencias económicas de cada fase del proyecto

Descripción (Orden por incidencias)	Cantidad	% Acumulado	%
<b>Total del presupuesto</b>	-	0%	0%
FASE 00007: ACERO	6,042,478.87	26%	26%
FASE 0005: CONCRETO	6,041,637.49	51%	26%
FASE 00006: ENCOFRADO	4,196,683.12	69%	18%
FASE 000092: GASTOS GENERALES VARIABLES	3,632,719.46	85%	15%
FASE 0001: OBRAS PROVISIONALES	1,197,013.31	90%	5%
FASE 0003: MOVIMIENTO DE TIERRA DEMOLICION	989,535.19	94%	4%
FASE 0002: TRANSPORTE VERTICAL Y HORIZONTAL	850,993.92	98%	4%
FASE 000031: GASTOS GENERALES FIJOS	207,826.22	98%	1%
FASE 000010: ESTRUCTURA METÁLICA	147,413.90	99%	1%
FASE 000011: ANCLAJES TEMPORALES	97,028.08	100%	0%
FASE 00008: PASES Y SELLOS	58,747.69	100%	0%

Tabla N° 6. Orden de incidencia económica de las fases de presupuesto

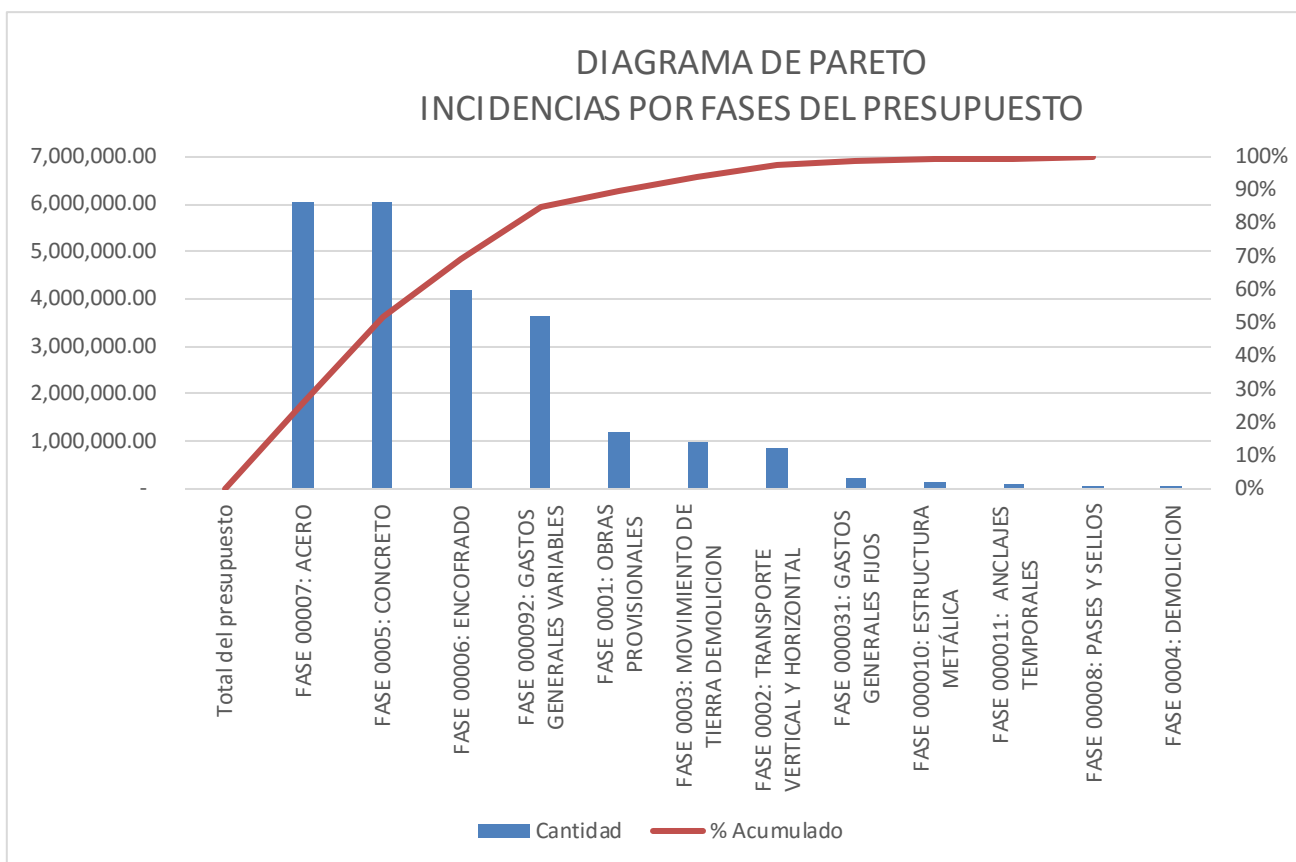


Figura N° 14: Diagrama de Pareto incidencias por fases del presupuesto

De acuerdo a la selección de prioridades para analizar, se tiene que las mediciones se harán en las fases de concreto, encofrado y acero, que representan el 69% del monto del presupuesto.

Los Ratios base de rendimiento obtenidos para cada fase de control fueron los que se muestran a continuación:

<b>Fase :</b> Colocacion de Encofrado vertical			
<b>Mano de obra</b>			<b>Metrado:</b> 30 m2
<b>Descripcion</b>	<b>Cant /Pers.</b>	<b>Cant (HH)</b>	<b>Cant (HH)</b>
Jefe de grupo	1	10	10
Operario	5	10	50
Oficial	5	10	50
Peon	0	10	0
Total:			<b>110</b>
			<b>Ratio:</b> 3.67 HH/m2

<b>Fase :</b> Colocacion de Encofrado horizontal.			
<b>Mano de obra</b>			<b>Metrado:</b> 45 m2
<b>Descripcion</b>	<b>Cant /Pers.</b>	<b>Cant (HH)</b>	<b>Cant (HH)</b>
Jefe de grupo	1	10	10
Operario	5	10	50
Oficial	5	10	50
Peon	0	10	0
Total:			<b>110</b>
			<b>Ratio:</b> 2.44 HH/m2

<b>Fase :</b> Colocacion de acero vertical y horizontal			
<b>Mano de obra</b>			<b>Metrado:</b> 2,100 Kg
<b>Descripcion</b>	<b>Cant /Pers.</b>	<b>Cant (HH)</b>	<b>Cant (HH)</b>
Jefe de grupo	1	10	10
Operario	5	10	50
Oficial	5	10	50
Peon	2	10	20
Total:			<b>130</b>
			<b>Ratio:</b> 0.0619 HH/Kg.

<b>Fase :</b> Colocacion de concreto vertical			
<b>Mano de obra</b>			<b>Metrado:</b> 20 m3
<b>Descripcion</b>	<b>Cant /Pers.</b>	<b>Cant (HH)</b>	<b>Cant (HH)</b>
Jefe de grupo	1	10	10
Operario	2	10	20
Oficial	2	10	20
Peon	0	10	0
Total:			<b>50</b>
			<b>Ratio:</b> 2.50 HH/m3

<b>Fase :</b> Colocacion de concreto horizontal.			
<b>Mano de obra</b>			<b>Metrado:</b> 45 m3
<b>Descripcion</b>	<b>Cant /Pers.</b>	<b>Cant (HH)</b>	<b>Cant (HH)</b>
Jefe de grupo	1	10	10
Operario	5	10	50
Oficial	3	10	30
Peon	2	10	20
Total:			<b>110</b>
			<b>Ratio:</b> 2.44 HH/m3

Tabla N° 7. ISP Semana 18

FASES	ISP	
	Semana 18	Ratio Original
Fase : Colocación de Encofrado vertical	3.67	3.000
Fase : Colocación de Encofrado horizontal.	2.44	2.400
Fase : Colocación de acero vertical y horizontal	0.06	0.058
Fase : Colocación de concreto vertical	2.50	2.300
Fase : Colocación de concreto horizontal.	2.44	2.350

Tabla N° 8. Ratios de productividad, semana 18 vs ratio previsto del presupuesto.

### 3.2.1.3 Niveles de actividad

Se realizaron mediciones de tiempo sobre las cuadrillas pertenecientes a las fases más incidentes en cuanto a montos del presupuesto (concreto, acero y encofrado), obteniendo obtuvieron los siguientes indicadores porcentuales de niveles de actividad (trabajo productivo, contributorio y no contributorio).

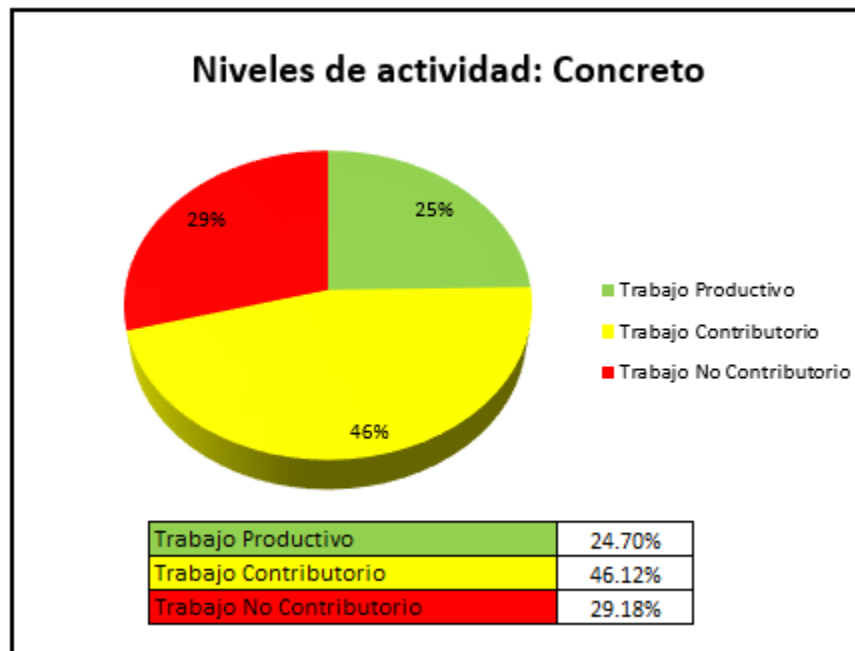


Figura N° 15: Porcentaje de Niveles de actividad, fase Concreto

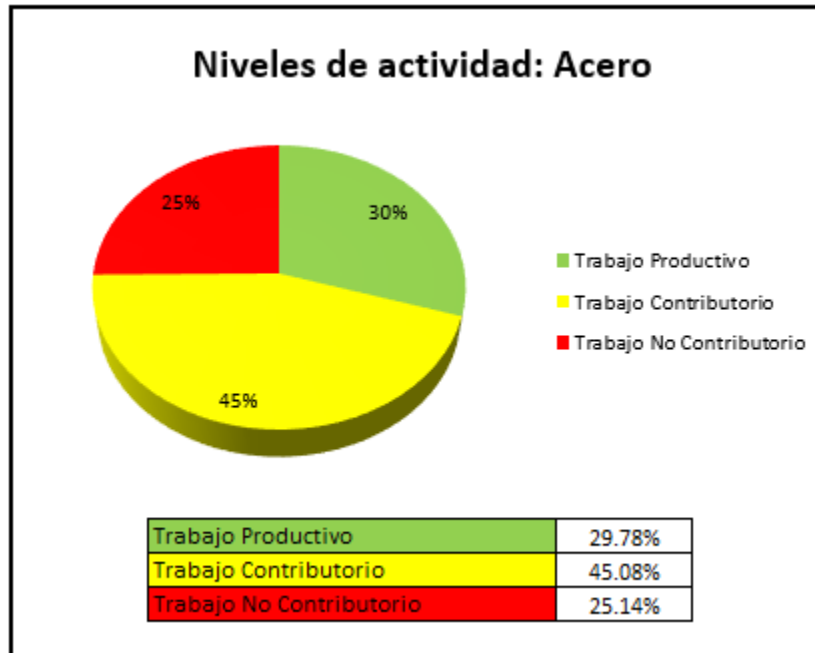


Figura N° 16: Porcentaje de Niveles de Actividad, fase Acero

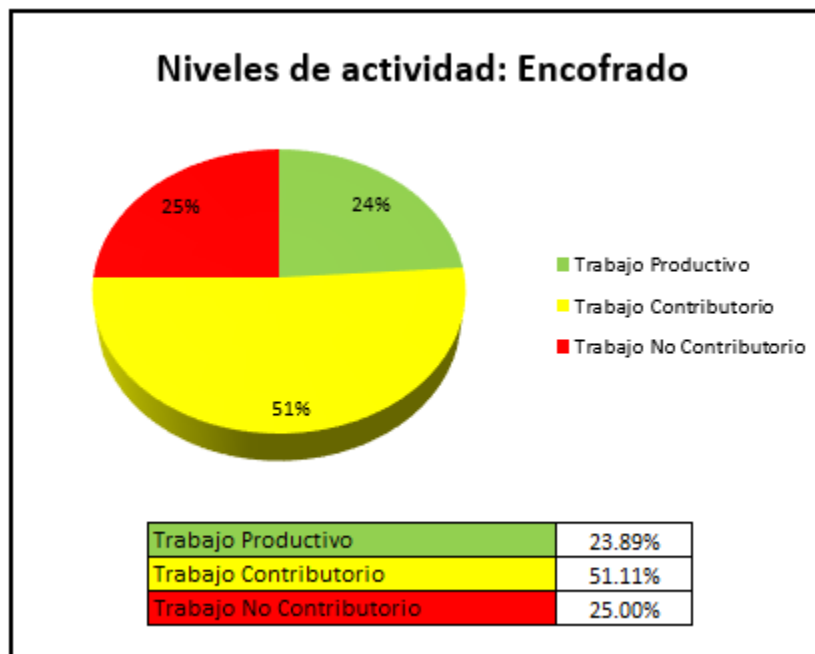


Figura N° 17: Porcentaje de Niveles de Actividad, fase Encofrado



### **3.2.1.4 Porcentaje de desperdicio de materiales**

#### 3.2.1.4.1 Desperdicio de Concreto

Para el mes de abril se registraron los volúmenes teóricos y reales de los vaciados identificados por tipos de elemento como se muestra a continuación:

DESPERDICIO DE CONCRETO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES					VOLUMEN TEÓRICO	VOLUMEN REAL	DIFERENCIA	DESPERDICIO
					1091.44 m3	1170.50 m3	79.06 m3	7.24 %

ITEM	FECHA	ELEMENTOS	UBICACIÓN	f'c (Kg/cm2) REQUERIDA	V. TEÓRICO (m3)	V. REAL (m3)	DIFERENCIA (m3)	DESPERDICIO (%)
1	04/04/2018	SOLADO	SOLADO PARA ZAPATA	175	10.00	10.5	0.50	5.00%
2	05/04/2018	SOLADO	SOLADO PARA ZAPATA	175	11.00	11.0	0.00	0.00%
3	06/04/2018	SOLADO	SOLADO PARA ZAPATA	175	2.80	3.0	0.20	7.14%
4	09/04/2018	SOLADO	SOLADO PARA ZAPATA	175	2.65	3.0	0.35	13.21%
5	10/04/2018	ZAPATA	ZAPATA EJE 11/A-C	210	51.50	51.5	0.00	0.00%
6	10/04/2018	SOLADO	SOLADO PARA ZAPATA	175	3.00	3.5	0.50	16.67%
7	10/04/2018	DADOS DE CONCRETO	DADOS DE CONCRETO	210	10.00	10.0	0.00	0.00%
8	11/04/2018	ZAPATA	ZAPATA EJE 11/A-C (II)	210	57.00	57.0	0.00	0.00%
9	12/04/2018	SOLADO	SOLADO PARA ZAPATA	175	5.00	5.0	0.00	0.00%
10	12/04/2018	MURO DE CONTENCIÓN	MUROS ANCLADO 1.01	280	4.41	8.0	3.59	81.41%
11	12/04/2018	ZAPATA	CIMIENTO 1.03	210	2.00	3.0	1.00	49.85%
12	16/04/2018	MURO DE CONTENCIÓN	MUROS ANCLADO 1.03	280	5.12	7.0	1.88	36.72%
13	16/04/2018	MURO DE CONTENCIÓN	MUROS ANCLADO 1.05/1.06	280	8.90	10.0	1.10	12.36%
14	16/04/2018	SOLADO	SOLADO PARA ZAPATA	175	5.00	5.0	0.00	0.00%
15	16/04/2018	MURO DE CONTENCIÓN	MUROS ANCLADO 1.08	280	5.90	8.0	2.10	35.59%
16	17/04/2018	ZAPATA	ZAPATAS 8-10/A-D (10/A - 10/B - 10/C - 10-11/D - 9/A - 9/B - 9/C - 9/A-B - 10/A-B)	210	27.21	34.0	6.79	24.95%
17	17/04/2018	COLUMNA	COLUMNA P12, PLACA 5	280	16.20	17.0	0.80	4.94%
18	18/04/2018	ZAPATA	ZAPATA 5-7/A-B	210	105.28	107.0	1.72	1.63%
19	18/04/2018	COLUMNA	COLUMNA P19, PLACA 7	280	9.15	9.5	0.35	3.83%
20	18/04/2018	MURO DE CONTENCIÓN	MURO ANCLADO 1.07, 1.09	280	11.65	15.0	3.35	28.76%
21	18/04/2018	ZAPATA	ZAPATA 8/A, 8/B, 8/A-B	210	9.88	12.0	2.12	21.46%
22	19/04/2018	COLUMNA	COLUMNAS P18, P11	280	4.50	6.0	1.50	33.33%
23	19/04/2018	MURO DE CONTENCIÓN	MURO ANCLADO 1.02	280	10.85	12.0	1.15	10.60%
24	19/04/2018	ZAPATA	ZAPATA 12-14/A, 13/A-B, 13/B, 14/B, 12/B, 12/A-B, 13/A-B', 13-14/B	210	42.21	42.5	0.29	0.69%
25	19/04/2018	ZAPATA	CIMENTACION 1.04	210	7.22	10.0	2.78	38.50%
26	19/04/2018	SOLADO	SOLADO PARA ZAPATA	175	9.00	9.0	0.00	0.00%
27	20/04/2018	ZAPATA	ZAPATA 13-14/C, ZAPATA 8-9/B, 8/C	210	10.91	16.0	5.09	46.65%
28	20/04/2018	MURO DE CONTENCIÓN	MURO ANCLADO 1.04	280	11.28	14.0	2.72	24.11%
29	20/04/2018	COLUMNA	COLUMNA 9/A, 9/B, 9/C	280	7.30	7.0	-0.30	-4.11%
30	21/04/2018	COLUMNA	COLUMNA P2, P3, P5, P4, P9, P18	280	8.03	6.0	-2.03	-25.28%
31	23/04/2018	ZAPATA	ZAPATA 5-7/A-B (II)	210	140.95	142.0	1.05	0.74%
32	23/04/2018	ZAPATA	ZAPATA 5/C, 6/C, 7/C	210	10.64	13.0	2.36	22.18%
33	23/04/2018	COLUMNA	COLUMNA P7, PLACA 1	280	7.75	9.0	1.25	16.13%
34	23/04/2018	MURO DE CONTENCIÓN	MURO ANCLADO M1	280	4.44	6.0	1.56	35.14%
35	23/04/2018	SOLADO	SOLADO PARA ZAPATA	175	3.00	3.0	0.00	0.00%
36	23/04/2018	COLUMNA	COLUMNA P2 EJE 13/A-B	280	1.80	2.5	0.70	38.89%
37	24/04/2018	COLUMNA	COLUMNA P7, P4, PLACA 2, P18	280	18.15	19.0	0.85	4.68%
38	24/04/2018	ZAPATA	ZAPATA 12-12'/A, A-B/12, 12/C, 12/B, D/12-13, D/13	210	41.85	48.0	6.15	14.70%
39	24/04/2018	SOLADO	SOLADO PARA ZAPATA	175	10.00	10.0	0.00	0.00%
40	24/04/2018	COLUMNA	COLUMNA P4 (12/B), PLACA 1(EJE 13-14/A)	280	6.23	7.0	0.77	12.36%
41	25/04/2018	COLUMNA	COLUMNA P8, P17, PLACA 1, PLACA 2	280	17.68	21.0	3.32	18.78%
42	25/04/2018	ZAPATA	ZAPATA PLACA 3 (EJE 12/E)	210	6.10	7.0	0.90	14.74%
43	25/04/2018	ZAPATA	ZAPATA DE CISTERNA 13-14/N, ZAPATA DE PLACA 8	210	49.38	50.0	0.62	1.26%
44	25/04/2018	SOLADO	SOLADO PARA ZAPATA	175	4.00	4.0	0.00	0.00%
45	26/04/2018	COLUMNA	COLUMNA 5/C, 6/C, CORTE 3 Y PLACA 3 (6/A-B)	280	15.07	17.0	1.93	12.81%
46	27/04/2018	COLUMNA	COLUMNA 12/A, 12/B	280	4.38	6.0	1.62	36.99%
47	28/04/2018	SOLADO	SOLADO PARA ZAPATA	175	3.00	3.0	0.00	0.00%
48	28/04/2018	LOSA	LOSA 11-9/A-C'	280	57.82	70.5	12.68	21.93%

Tabla N° 9. Desperdicio de concreto de elementos estructurales Abril 2018.

Se procedió a elaborar un resumen para identificar los porcentajes de desperdicio por elemento y se obtuvo el siguiente cuadro resumen:

TOTAL	DESPERDICIO DE CONCRETO				
	ELEMENTOS	V. TEÓRICO (m3)	V. REAL (m3)	DIFERENCIA (m3)	DESPERDICIO (%)
	MURO DE CONTENCIÓN	62.55 m3	80.00 m3	17.45 m3	27.90 %
	PLACA	21.22 m3	25.00 m3	3.78 m3	17.81 %
	COLUMNA	135.44 m3	148.00 m3	12.56 m3	9.27 %
	LOSA	100.02 m3	118.50 m3	18.48 m3	18.48 %
	ZAPATA	693.76 m3	719.00 m3	25.24 m3	3.64 %
	FALSA ZAPATA	0.00 m3	0.00 m3	0.00 m3	0.00 %
	DADOS DE CONCRETO	10.00 m3	10.00 m3	0.00 m3	0.00 %
	SOLADO	68.45 m3	70.00 m3	1.55 m3	2.26 %
	RELLENO	0.00 m3	0.00 m3	0.00 m3	0.00 %
	PEDESTAL	0.00 m3	0.00 m3	0.00 m3	0.00 %
	VIGA	0.00 m3	0.00 m3	0.00 m3	0.00 %
TOTAL	1091.44 m3	1170.50 m3	79.06 m3	7.24 %	
TOTAL SIN MURO DE CONTENCIÓN	1028.89 m3	1090.50 m3	61.61 m3	5.99 %	

Tabla N° 10. Desperdicios de concreto por Elementos

En el cuadro se aprecia que el porcentajes de desperdicio de concreto en global es de 7.24%; sin embargo, si no se toma en cuenta el muro de contención el porcentaje de desperdicio es de 5.99%, esto dado que el desperdicio en un elemento en contacto con el terreno debería ser analizado de manera diferente debido a que el porcentaje de desperdicio se ve afectado enormemente por factores tales como la sobre excavación, desmoronamientos del talud y absorción propia del suelo.

El porcentaje previsto de desperdicio de concreto previsto para el proyecto es de 5%.

#### 3.2.1.4.2 Desperdicio de Acero

El primer corte tomado en el mes de abril se reportan los ingresos de almacén con todas las guías de acero registradas hasta el final de mes, así como el conteo de acero que se tiene en obra o Stock de almacén:

## CONTROL DE ACERO EN OBRA

ACUMULADO AL 30 DE ABRIL DEL 2018

**073-74042    073-76583    073-78774    073-80587**

Elemento / Tipo de Concreto	Ingresado a Almacén 27/03/2018	Ingresado a Almacén 10/04/2018	Ingresado a Almacén 20/04/2018	Ingresado a Almacén 24/04/18	Ingresado a Almacén Acumulado al 30/04/18	Ingresado a Almacén Acumulado al 30/04/18	Stock en Almacen al 30/06/18	Stock en Almacen al 30/06/18	Utilizado
	(Varillas)	(Varillas)	(Varillas)	(Varillas)	(varillas)	(kg)	(Varillas)	(kg)	(kg)
BARRA DE CONSTRUCCION DE 1/4"					0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
BARRA DE CONSTRUCCION DE 8mm									
BARRA DE CONSTRUCCION DE 3/8"	417.00	1,250.00	1,667.00	2,083.00	5,417.00	27,301.68	2,715.00	13,683.60	13,618.08
BARRA DE CONSTRUCCION DE 1/2"	0.00	701.00	1,168.00	701.00	2,570.00	12,952.80	55.00	492.03	12,460.77
BARRA DE CONSTRUCCION DE 5/8"	301.00	301.00	150.00	301.00	1,053.00	5,307.12	102.00	1,424.74	3,882.38
BARRA DE CONSTRUCCION DE 3/4"	103.00	0.00	207.00	207.00	517.00	2,605.68	0.00	0.00	2,605.68
BARRA DE CONSTRUCCION DE 1"	642.00	350.00	175.00	175.00	1,342.00	6,763.68	50.00	1,787.85	4,975.83
BARRA DE CONSTRUCCION DE 1 3/8"					0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
BARRA DE CONSTRUCCION DE 1" x 12 m					0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	<b>1,463.00</b>	<b>2,602.00</b>	<b>3,367.00</b>	<b>3,467.00</b>	<b>10,899.00</b>	<b>54,930.96</b>	<b>2,922.00</b>	<b>17,388.22</b>	<b>37,542.74</b>

Tabla N° 11. Control de acero en Obra-almacén

- Se compara todo el acero ingresado descontando el acero que se tiene en el almacén versus el metrado de avance de obra o acero utilizado, con lo que se obtuvo el siguiente cuadro:

## CONTROL DE ACERO EN OBRA

ACUMULADO AL 30 DE ABRIL DEL 2018

Elemento / Tipo de Concreto	Proveedor	Subcontratista	Metrado Venta Horizontales	Metrado venta verticales	Metrado Venta Total	Ingresado a Almacén hasta el 30/04/18	Stock Almacén	Utilizado (TOTAL)	Metrado	Metrado Total al 30/04/2018
	Razón Social	Razon Social	(Kg)	(Kg)	(Kg)	(Kg)	(Kg)	(Kg)	(Kg)	(Kg)
BARRA DE CONSTRUCCION DE 1/4"	ACEROS AREQUIPA	COSAPI	1,010,610.65	475,265.83	1,485,876.48	0.00	0.00	0.00		74,735.56
BARRA DE CONSTRUCCION DE 3/8"						27,301.68	13,683.60	13,618.08	32,015.56	
BARRA DE CONSTRUCCION DE 1/2"						12,952.80	492.03	12,460.77		
BARRA DE CONSTRUCCION DE 5/8"						5,307.12	1,424.74	3,882.38		
BARRA DE CONSTRUCCION DE 3/4"						2,605.68	0.00	2,605.68		
BARRA DE CONSTRUCCION DE 1"						6,763.68	1,787.85	4,975.83		
BARRA DE CONSTRUCCION DE 1 3/8"						0.00	0.00	0.00		
BARRA DE CONSTRUCCION DE 1" x 12 m						0.00	0.00	0.00		
ACEDIM										
<b>TOTAL DE ACERO (KG)</b>			<b>1,010,610.65</b>	<b>475,265.83</b>	<b>1,485,876.48</b>	<b>98,690.96</b>	<b>19,457.22</b>	<b>79,233.74</b>		<b>74,735.56</b>

Desp. Abril.	4,498.18
%	6.02%

Tabla N° 12 Control de desperdicio de Acero en obra Abril 2018.

- Como resultado se puede apreciar que el desperdicio de acero al 30 de abril del 2018 es de 6.02%.
- El porcentaje previsto de desperdicio de concreto previsto para el proyecto es de 3%.

# CAPÍTULO IV. PROPUESTA DE VALOR

La propuesta de valor se basa en tres preguntas clave que toda empresa u obra debe hacerse al momento de formular su estrategia de desarrollo de proyecto:

- ¿Quiénes son mis clientes meta?
- ¿Qué necesidades específicas de mis clientes voy a satisfacer?
- ¿A qué precio relativo voy a proveer tanto valor para mis clientes como rentabilidad para mi empresa?

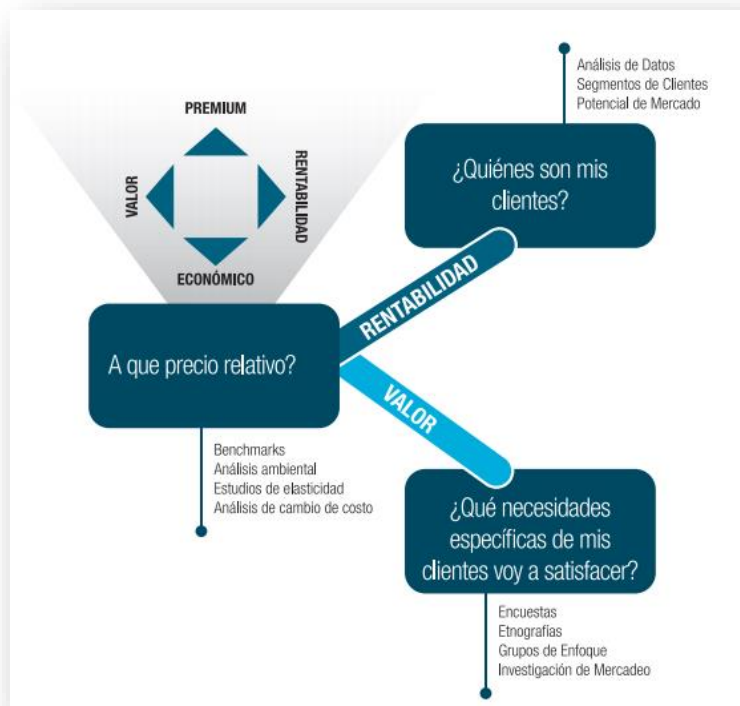


Figura N° 18: Propuesta de valor de la empresa

Para la propuesta de valor de la obra, una vez que tengamos clara la estrategia de crear valor, lograremos la competitividad estratégica y por lo tanto rendimientos superiores al promedio,

para finalmente satisfacer las necesidades que hoy presentan los clientes que no han sido atendidas parcial o totalmente en la construcción, en el caso del proyecto es innovar en implementación del LAST PLANNER bajo la filosofía del Lean Construction, con lo cual reduciremos los desperdicios generados en el acero, encofrado y concreto que son los 3 pilares del desarrollo del presupuesto

## 4.1 Modelo propuesto

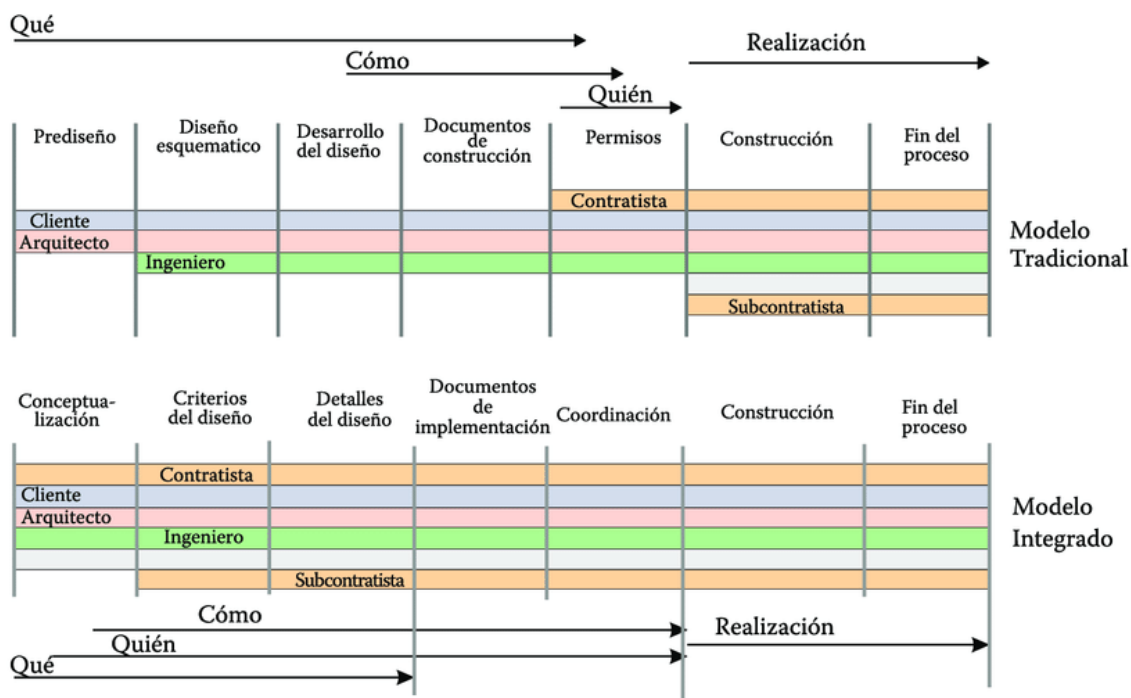


Figura N° 19: Representación gráfica entre modelo tradicional y modelo integrado

### 4.1.1 Metodología de implementación de LAST PLANNER para la reducción de desperdicios

A continuación se explicará paso a paso el proceso de la implementación del Sistema Last Planner para las distintas obras de la empresa constructora

#### 4.1.1.1 Reunión de coordinación con el grupo de trabajo

Antes de iniciar la obra se reunió a todos los involucrados en desarrollo de la obra a una reunión en la oficina central, ya que estaría en ellos la responsabilidad de la implementación del Last Planner no solo para esta obra sino también para otras. Allí se explicó brevemente



cuáles son los principios de la filosofía Lean Construction, cómo se implementaría el sistema del Último Planificador, los indicadores que se medirían y los resultados que se esperaban obtener.

En la reunión se enfatiza el compromiso que se debía tener para la implementación, cumplir con la entrega cada semana y sobre todo dar información fidedigna, pues estos informes se presentarían al directorio de la constructora.

#### **4.1.1.2 Desarrollo de la Planificación Intermedia**

La idea de la Planificación Intermedia es tener una visión acerca de los problemas que pudiesen surgir en un horizonte entre 3 a 6 semanas y así poder adelantarse y solucionarlos al momento de tener que ejecutar la actividad programada. Para este caso se estableció como intervalo de tiempo 3 semanas.

#### **4.1.1.3 Entrega de la Planificación Semanal**

Todos los lunes se realiza una Reunión de Coordinación donde se les entrega a cada responsable la Planificación Semanal (Jefe de Obra, Capataces y Supervisores de Subcontratos). Los puntos más importantes a tratar eran los siguientes:

- Revisión del PAC de la semana anterior
- Comentarios y análisis acerca de las Causas de No Cumplimiento
- Revisión y distribución de la Planificación Semanal siguiente
- Revisión de restricciones del horizonte de trabajo

La asistencia de estas reuniones fue de carácter obligatorio, para que todos estuviesen en conocimiento de las tareas programadas y tuvieran la posibilidad de exponer los inconvenientes que pudiesen tener. Es importante para la implementación de este sistema que todos se sientan involucrados, para generar compromiso y así tener buenos resultados.

## **4.2 Cadena de Valor**

La cadena de valor es una forma resumida del mapa de procesos de las actividades de la organización, donde realiza los trabajos de construcción con el fin de generar un valor

agregado, en el cual se refleja las actividades primarias como marco de ejecución del proyecto hasta después de la puesta en marcha como son los servicios que brindan de mantenimiento, las actividades primarias o de apoyo también juegan un papel muy importante ya que son la causa principal que ayudará a generar beneficios durante el desarrollo del proyecto.

Se ha elaborado la siguiente cadena de valor teniendo en cuenta las áreas logística, operaciones, marketing y post venta, así como las ventajas de Infraestructura, recursos humanos, tecnología y trayectoria que ofrece la empresa para el desarrollo de sus diversos proyectos.

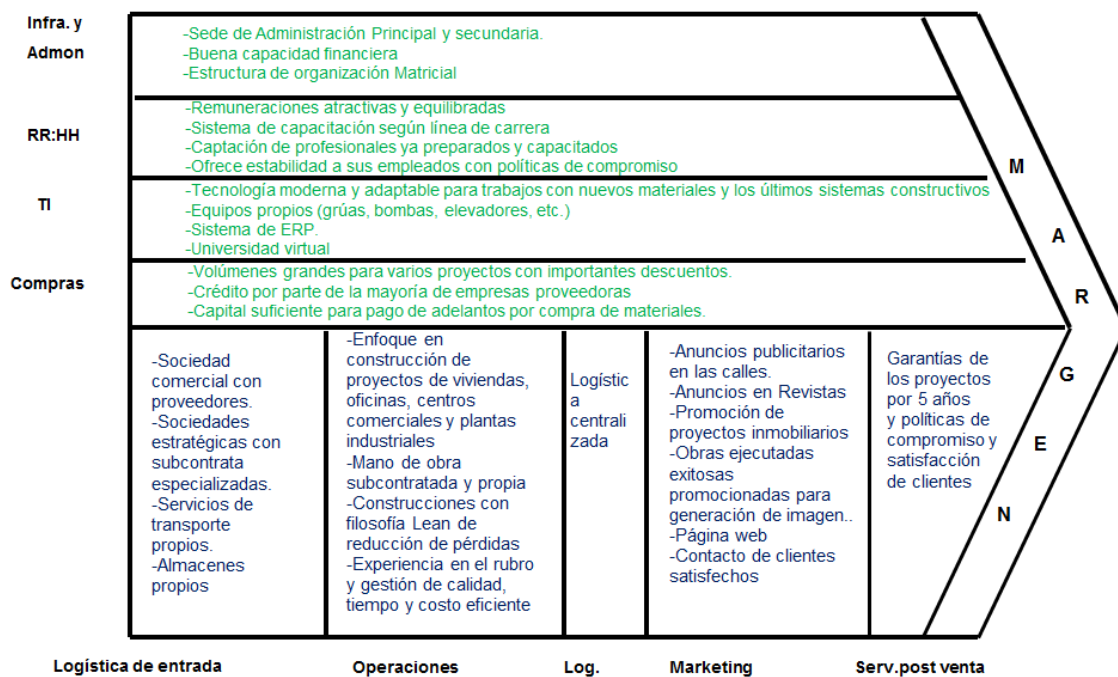


Figura N° 20: La cadena de valor de la organización para aplicar en un proyecto

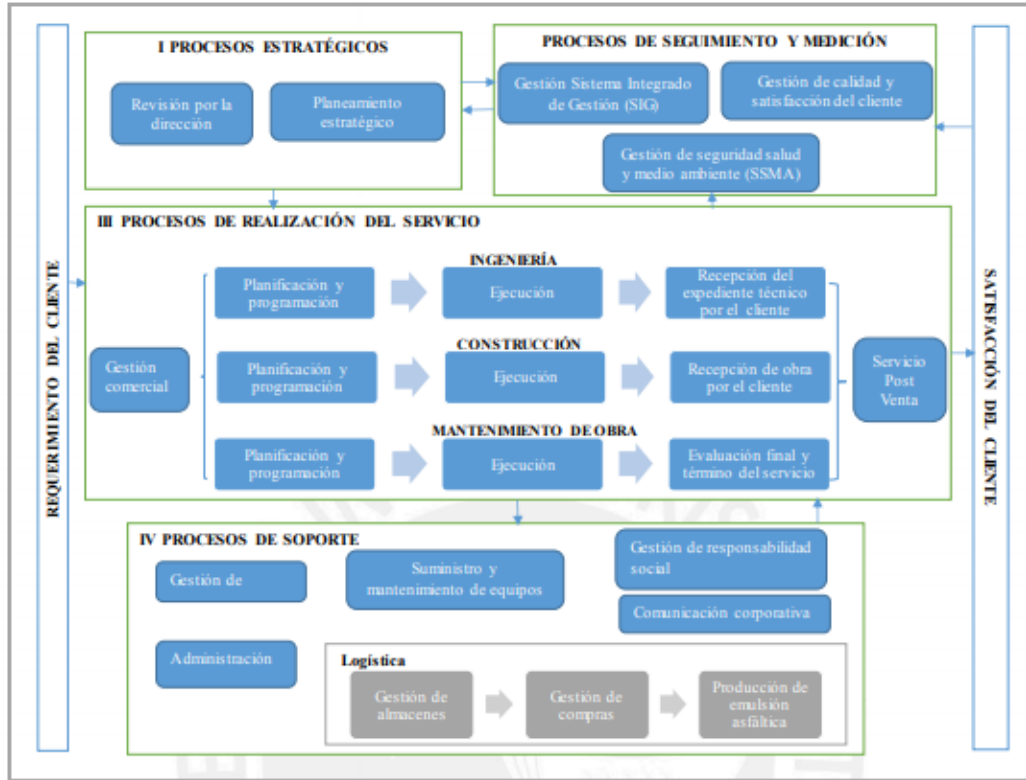


Figura N° 21: Mapa de procesos de la Organización

### 4.3 Plan de acción

Se plantea la aplicación de herramientas Lean, de forma específica el Last planner System para la programación a detalle en base a una sectorización clara, con la elaboración del análisis de restricciones y evaluación de causas de incumplimiento del PPC para la mejora de la eficiencia de la programación.

También se plantea la medición de los ratios de productividad y los porcentajes de desperdicios de materiales de las fases más incidentes a fin de mitigar o eliminar los desperdicios mediante la elaboración de cartas balance que permitan analizar la problemática para plantear mejoras.

Las mejoras obtenidas serán medidas económicamente para discutir los impactos sobre el proyecto.

#### 4.3.1 Sectorización

Es la división de la zona de trabajo en partes similares. Aplicando el concepto de “divide y vencerás”, se divide el plano en partes similares donde cada una de las partes se le denomina sector o frente y es donde se evaluará el avance diario para cada una de las actividades.

Se realizaron la sectorización de cimentación de la siguiente manera:

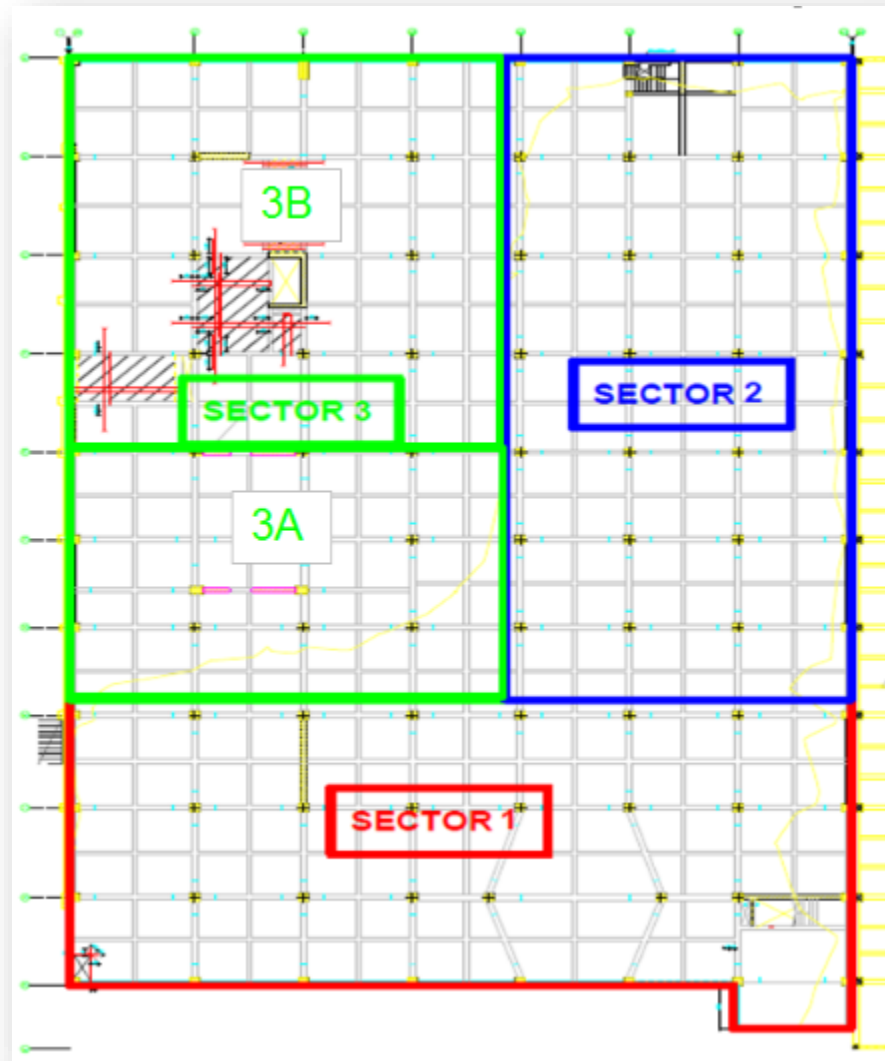


Figura N° 22: Sectorización del proyecto.

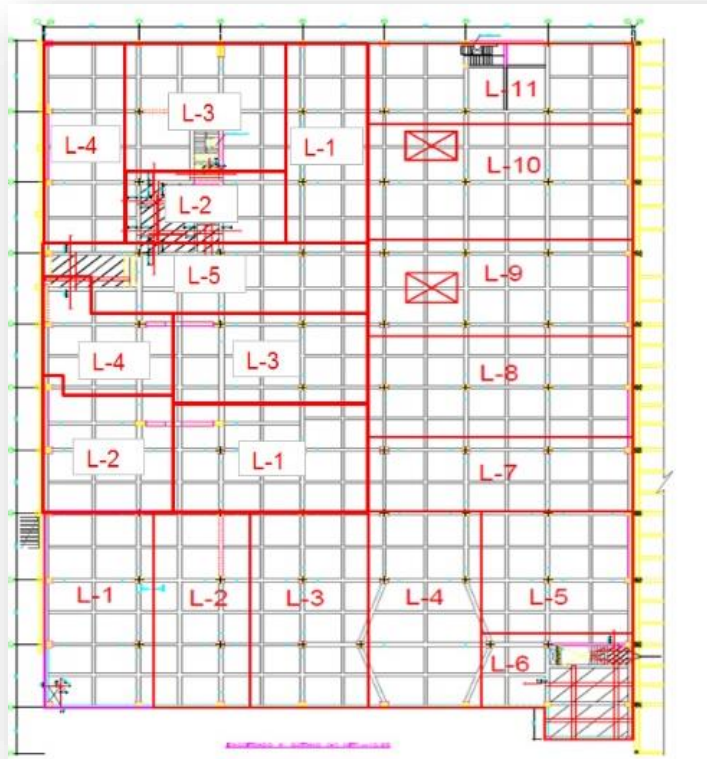


Figura N° 23: Lotización del proyecto sector 1, 2, 3A y 3B

#### 4.3.2 Cartas Balance

- Se optó por la elaboración de cartas balance para poder monitorear y evaluar el desempeño de las cuadrillas, así como para poder detectar fallas en los procesos de trabajo.
- Se escogió evaluar a las distintas cuadrillas de trabajo por lapsos de 1 hora en periodos de 1 minuto, clasificando los tiempos productivos, contributorios y no contributorios.
- Primero se seleccionó como referencia 3 cuadrillas de cada fase de control. A continuación tenemos una cuadrilla de habilitación de acero:

Obra	Cc 2da Ampliación Plaza San Miguel
LUGAR	Lima
Actividad	Habilitación de acero para losa
Descripción	Habilitación de acero S4-8

Fecha	04/04/2018
-------	------------

Hora Inicio	08:30
Hora Fin	09:30

Cuadrilla	
Cargo	Nombre
Operario	Roberto Ñaupá
Oficial	Pedro Acha

Tabla N° 13. Carta balance habilitación de acero

- Luego se asignaron las actividades pertenecientes a cada nivel de actividad dentro de un formato único para toma de datos.

a) Trabajos productivos:

Trabajo Productivo	
1	Corte de acero
2	Doblado de acero
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
11	
12	
13	
14	
15	

Tabla N° 14. Trabajos productivos

b) Trabajos contributorios:

Trabajo Contributorio	
M	Mediciones
T	Transportes
L	Limpieza del área de trabajo
I	Inspección, Recibir/Dar instrucciones
X	Otros X
X1	Conexiones y cableado de equipos
X2	Armado de andamios
X3	Preparación de equipo
X4	Colocación de Epp's
X5	
X6	
X7	
X8	
X9	
X10	

Tabla N° 15. Trabajos contributorios

c) Trabajos no contributorios:

Trabajo No Contributorio	
E	Esperas
O	Tiempo ocioso
D	Descanso
N	Necesidades Fisiologicas
V	Viajes
R	Trabajos rehechos
Y	Otros Y
Y1	
Y2	
Y3	
Y4	
Y5	
Y6	
Y7	
Y8	

Tabla N° 16. Trabajos no contributorios

Los datos registrados como se mencionó anteriormente fueron tomados minuto a minuto registrando cada actividad de cada miembro de la cuadrilla por separado como se aprecia en el siguiente registro:

DATOS DE TIEMPO		Operario		Oficial									Tiempo Promedio (min)
		Roberto Naupa	Pedro Acha										
00:01	N°												
08:30	1	E	T									100	
08:31	2	E	T									100	
08:32	3	T	T									100	
08:33	4	T	T									100	
08:34	5	T	T									100	
08:35	6	T	T									100	
08:36	7	T	T									100	
08:37	8	M	T									100	
08:38	9	M	T									100	
08:39	10	M	T									100	
08:40	11	X3	T									100	
08:41	12	X3	E									100	
08:42	13	2	E									100	
08:43	14	2	1									100	
08:44	15	2	1									100	
08:45	16	M	1									100	
08:46	17	M	1									100	
08:47	18	E	1									100	
08:48	19	1	1									100	
08:49	20	1	1									100	
08:50	21	1	1									100	
08:51	22	O	O									100	
08:52	23	O	O									100	
08:53	24	1	1									100	
08:54	25	1	1									100	
08:55	26	2	1									100	
08:56	27	O	1									100	
08:57	28	O	V									100	
08:58	29	M	V									100	
08:59	30	M	V									100	
09:00	31	M	V									100	
09:01	32	M	V									100	
09:02	33	M	D									100	
09:03	34	M	T									100	

Tabla N° 17. Datos registrados de cada actividad minuto a minuto

Medición de niveles de actividad individual.

Dado el conteo de tiempos se midieron los niveles de actividad de para miembro de la cuadrilla por separado y se obtuvieron los siguientes datos:



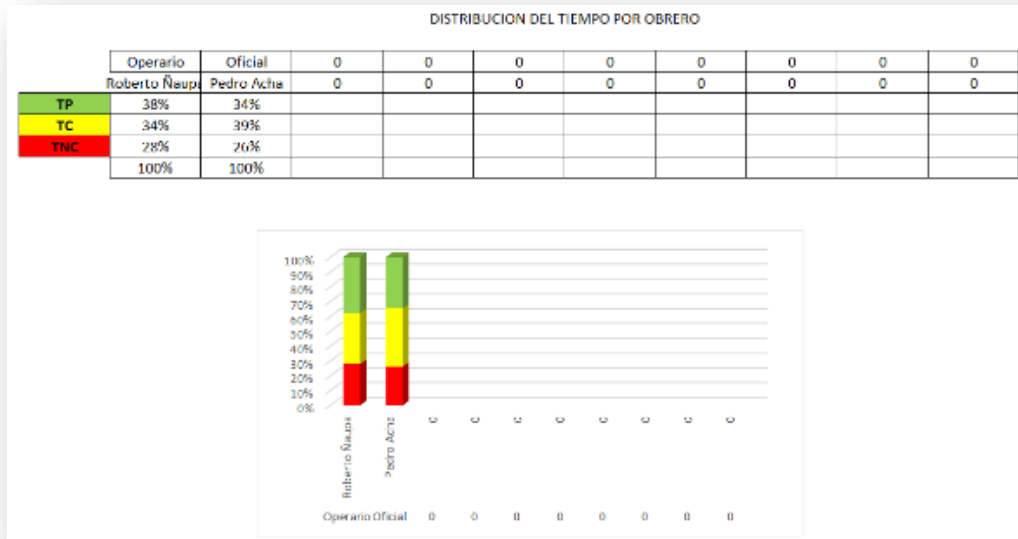


Figura N° 24: Distribución del tiempo por obrero

Medición de niveles de actividad por cuadrilla.: Sumando los tiempos de las actividades de la cuadrilla completa se obtuvieron los siguientes datos:

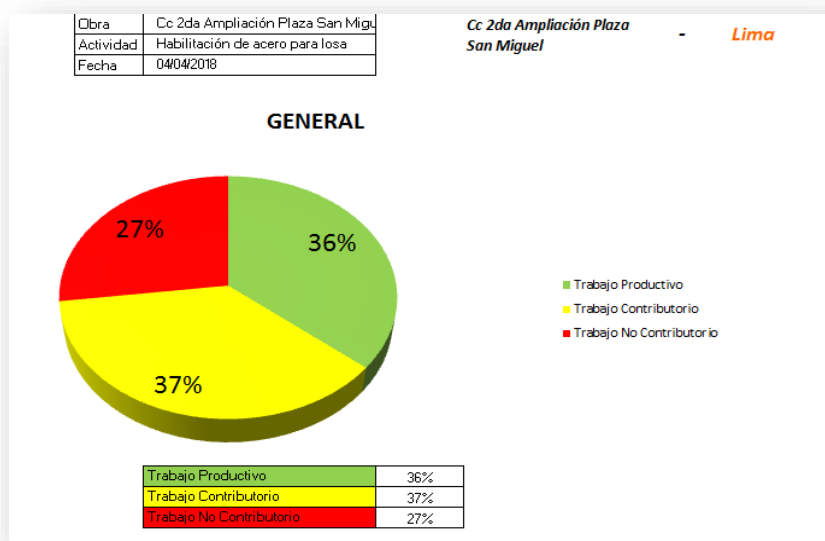


Figura N° 25: Niveles de actividad de trabajos de las cuadrillas.

Distribución del tiempo productivo.

En los siguientes gráficos podemos apreciar cómo es que se distribuye el tiempo por nivel de actividad:

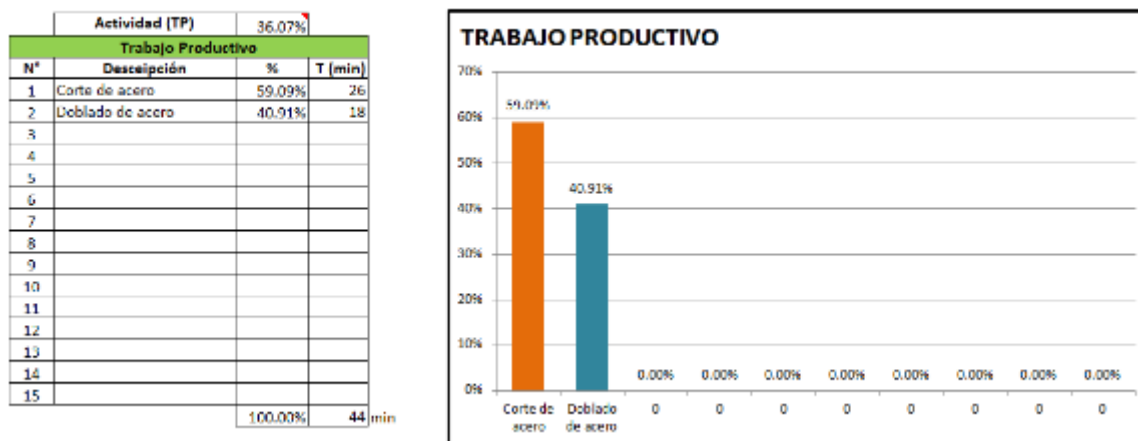


Figura N° 26: Distribución del tiempo productivo

Distribución del tiempo contributorio: Se puede apreciar que es especialmente incidente el tiempo se dedica al personal a realizar actividades de transporte.

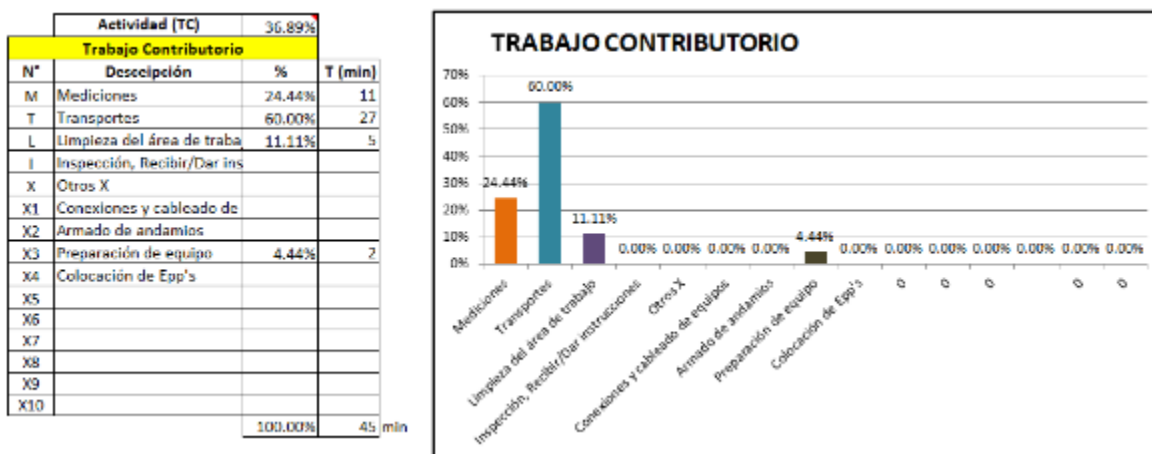


Figura N° 27: Distribución del tiempo contributorio

Distribución del tiempo no contributivo: Del mismo modo que el caso anterior se puede ver que dentro del tiempo no contributivo de la cuadrilla hay una mayor incidencia de tiempos de esperas y tiempos ociosos y de descanso.

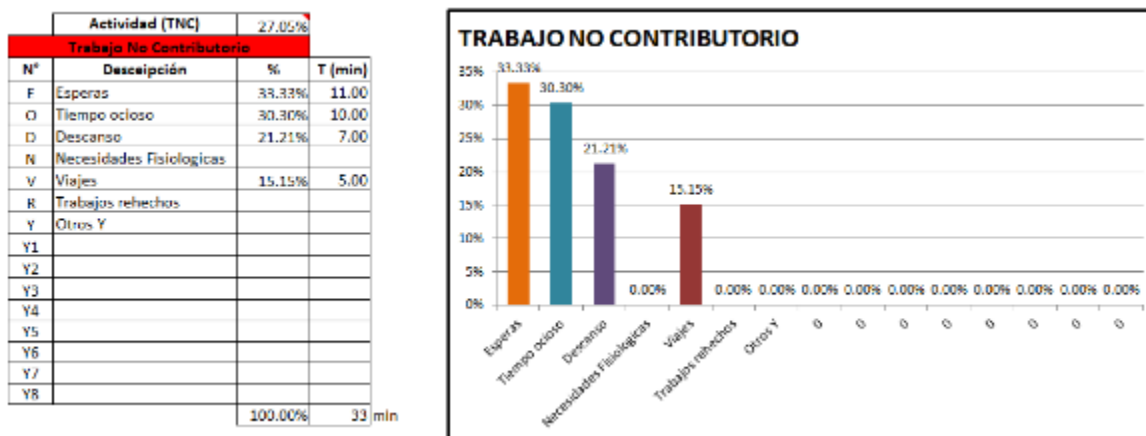


Figura N° 27: Distribución del tiempo no contributivo

#### 4.4 Evaluación de la propuesta

- Se llevó a la programación a 3 semanas en coordinación directa con los maestros de obra así como con los jefes de campo para programar las actividades, así como analizar las posibles restricciones, establecer responsables para el levantamiento de las restricciones y para revisar el cumplimiento de las mismas.
- Se partió la sectorización en lotes de tal tamaño que permitiesen lograr vaciados diarios a fin de garantizar el cumplimiento de las actividades programadas.
- Mediante las cartas balance para las diferentes cuadrillas, se analizaron e identificaron posibles causas de desperdicio de horas hombre, lo cual permitió a través de procesos de mejora continua incrementar los tiempos productivos. Se apreciaron mejoras al verificar el dimensionamiento de las cuadrillas, reubicar zonas de almacenaje, acopio y bancos de

acero, controlar de forma regular tiempos de ejecución, mejorar el orden y limpieza en obra, evaluar y comparar el rendimiento entre cuadrillas.

- Se hizo uso de bombas de vaciado tipo spider para mejorar el rendimiento de los vaciados del concreto.
- Los Spiders, son unos accesorios que se utilizan para vaciar concreto en determinadas áreas sin cambiar de posición, con la finalidad de no realizar muchos movimientos y así evitar desperdicios de concreto durante los vaciados de concreto de por ejemplo en columnas o placas.

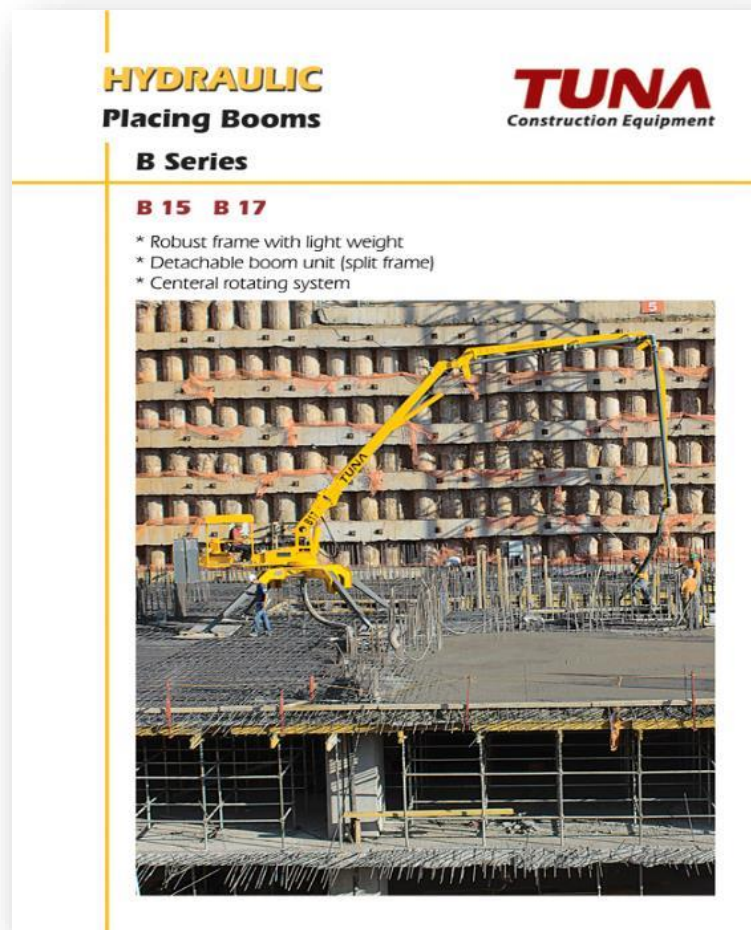


Figura N° 28: Modelo de bomba concretera tipo Spider (Ficha técnica).



Figura N° 29: Bomba concretera tipo Spider en Obra.

- En el caso particular la bomba de concreto, esta no llegaba a distancia mayores a 32 metros y por ende se colocaba este equipo y realizaba el vaciado de muchos elementos sin tener que cambiar de posición.
- Se utilizó un tipo de balde concretero para el vaciado de columnas cuya forma permite recuperar el concreto atrapado en la batea de las bombas de concreto que no puede ser impulsado y por ende el desperdicio de concreto se vota y se puede utilizar en otros vaciados. Su utilización es con la grúa torre y se coloca debajo del chute de la grúa torre y permite reciclar al máximo los sobrantes de concreto para minimizar los desperdicios.



Figura N° 30: Balde Concretero



Figura N° 31: Prueba en vacío de Balde Concretero

- Se programaron ejecutar vaciados juntando varios pequeños elementos para que puedan ser llenados de concreto con un solo mixer de concreto, de forma tal que se genere un solo desperdicio por vaciado y no varios desperdicios de concreto por vaciado de cada elemento por separado.
- Se envió a realizar el prefabricado de acero dimensionado para elementos verticales y vigas; así como elaborar planos de corte que permitiese optimizar el material de acero.
- Se optó por trabajar con acero dimensionado, debido ventajas que ofrecía:
- La merma de acero en obra es eliminada casi al 100% porque el proveedor asume el porcentaje de desperdicio.
- El costo de Mano de Obra se reduce debido a que no se realiza la habilitación del fierro.
- El costo financiero es inferior al no necesitar un gran monto inicial para la compra del fierro.
- Mejor aprovechamiento del personal, ya que solamente se dedican a instalar.
- Mayor limpieza y mejor uso de espacio.
- Mayor velocidad de instalación del fierro, se obtiene mejores ratios.
- Mayor capacidad para controlar el uso de acero, se mejora el control.
- Consumo cercano al tipo “just in time” al recibir el producto con poco tiempo de anticipación a la colocación.
- Se realiza pagos escalonados acorde a la entrega e obra.
- Asesoría en constructabilidad y proceso constructivo durante todo el desarrollo del proyecto.



Figura N° 32: Ficha técnica de Acero dimensionado de Acero dimensionado



Figura N° 33: Acero dimensionado en obra



- Se utilizaron conectores mecánicos, ya que ofrecían beneficios como:
- Eliminación del cálculo inherente a los empalmes traslapados. La utilización de empalmes mecánicos elimina el trabajo tedioso de cálculo necesario para determinar la longitud apropiada del traslape y las equivocaciones en este mismo cálculo.
- Los empalmes mecánicos mantienen la continuidad de la trayectoria del acero de refuerzo independientemente de las condiciones o de la existencia del concreto.
- Como los empalmes mecánicos no traslapan, se utiliza menos varilla, lo que reduce los costos de material. Este ahorro en costos es particularmente significativo para los proyectos que requieren varillas con una capa epóxica, toda vez que los reglamentos de construcción requieren que los empalmes que utilizan este tipo de varilla sean 50 por ciento más largos que los empalmes traslapados proyectados para utilizar varillas de refuerzo tipo estándar.
- Reducción del congestionamiento de varillas de refuerzo. Una de las quejas más comunes de quienes colocan el concreto es la casi total imposibilidad de lograr colar de manera satisfactoria las áreas de gran afluencia de varillas, principalmente en los armados que contienen varillas de refuerzo.



Figura N° 34: Tipos de Conectores Mecánicos para acero corrugado



Figura N° 35: Conectores Mecánicos en Obra

- Para el caso de encofrado, se buscó un tipo de encofrado que se pudiera izar y colocar en bloques para sacar provecho de las dos grúas torre. En este caso en particular se utilizó encofrado Doka, el cual tenía la ventaja de armarse con paneles de áreas de 7.00 m x 3.00 m, la cual se izaba con la grúa torre con un peso máximo de 1.2 Ton. Se tuvo la ventaja de armar grandes áreas rápidamente sin tener que armar panel por panel. Este método agilizó la colocación de encofrado en elementos verticales por ejemplo en placas y columnas.



Figura N° 36: Grúa torre

# CAPÍTULO V DISCUSIÓN DE RESULTADOS

## 5.1 Resultados de PPC

El porcentaje de cumplimiento de actividades programadas varió positivamente con respecto al punto de inicio de la semana 18, como se puede apreciar en el siguiente gráfico, se pasó de un 69% de cumplimiento a un 91% durante la semana 19 y decayó hasta un 80% y 76% durante la semana 20 y 21 respectivamente para nuevamente subir hasta 84% en la semana 22.

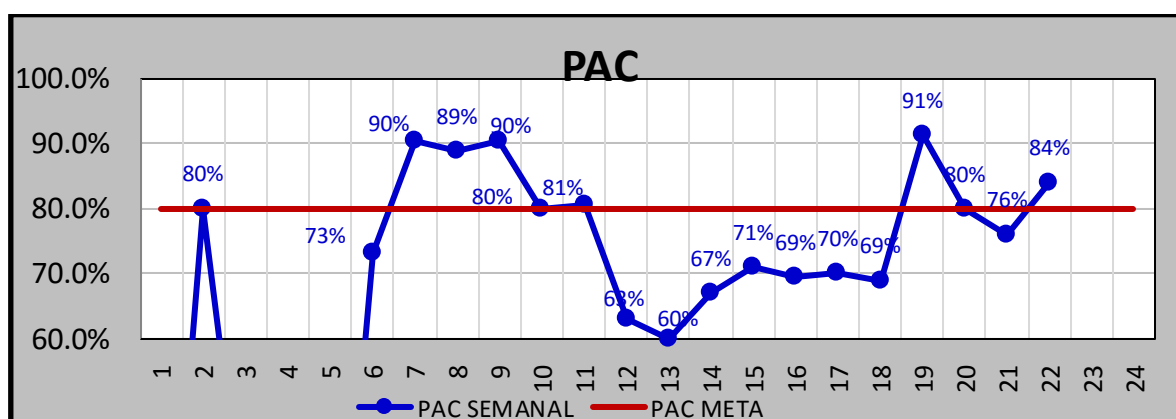


Figura N° 37: Evolución del Porcentaje de cumplimiento de actividades programadas.

En el gráfico también se puede distinguir que hay una mejora con tendencia positiva a comparación de los valores de cumplimiento de las semanas anteriores.

Se logró identificar a su vez las principales causas de no cumplimientos de la programación, teniendo como causa más frecuente a la supervisión del proyecto con un 31% con respecto al total de causas de incumplimiento, seguido de factores de programación, administrativos y factores constructivos como los más representativos.

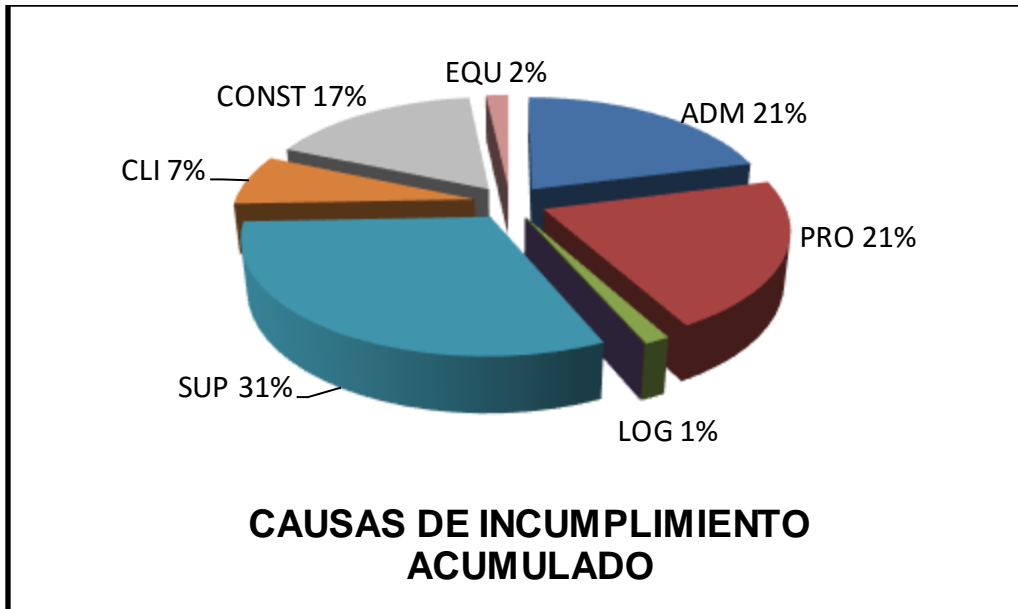


Figura N° 38: Causas de incumplimiento acumulado semana 22

## 5.2 Resultados del ISP

- ISP Encofrado vertical: El IP del encofrado vertical ha logrado reducirse de un valor inicial de 3.67 hh/m<sup>2</sup> a 3.14 hh/m<sup>2</sup> aun estando por encima del valor del previsto para este proyecto en un valor negativo de -0.36 hh/m<sup>2</sup>. Con un valor promedio de 3.36 hh/m<sup>2</sup>, se ha logrado reducir la el desperdicio de horas hombre en 0.31 hh/m<sup>2</sup> con relación al valor inicial (semana 18).

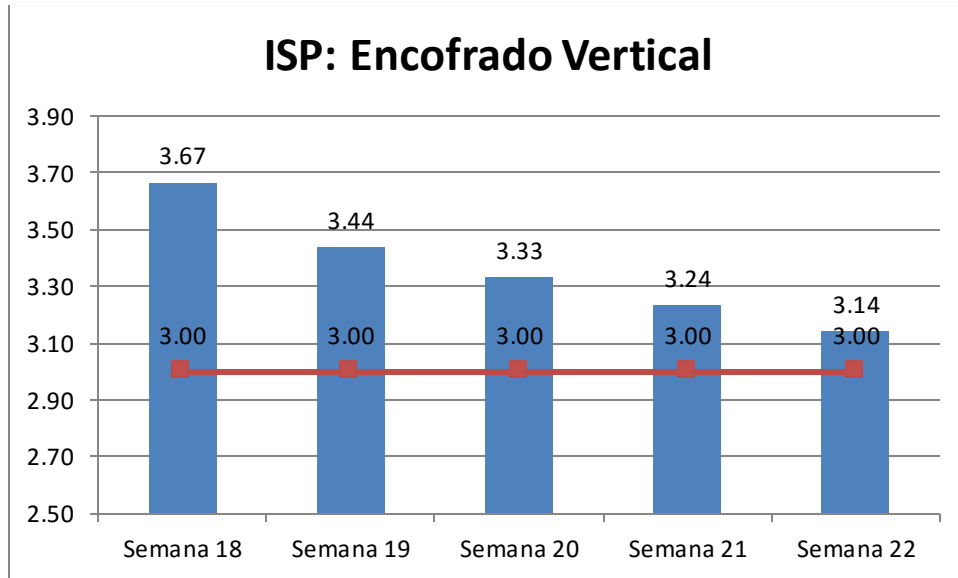


Figura N° 39: Evolución de ISP encofrado vertical

- ISP Encofrado vertical: El IP del encofrado horizontal ha logrado reducirse de un valor inicial de 2.44 hh/m<sup>2</sup> a 2.16 hh/m<sup>2</sup>, logrando ubicarse por debajo del valor previsto original. Con un valor promedio de 2.32 hh/m<sup>2</sup>, se ha logrado reducir el desperdicio de horas hombre en 0.12 hh/m<sup>2</sup> con relación al valor inicial (semana 18).

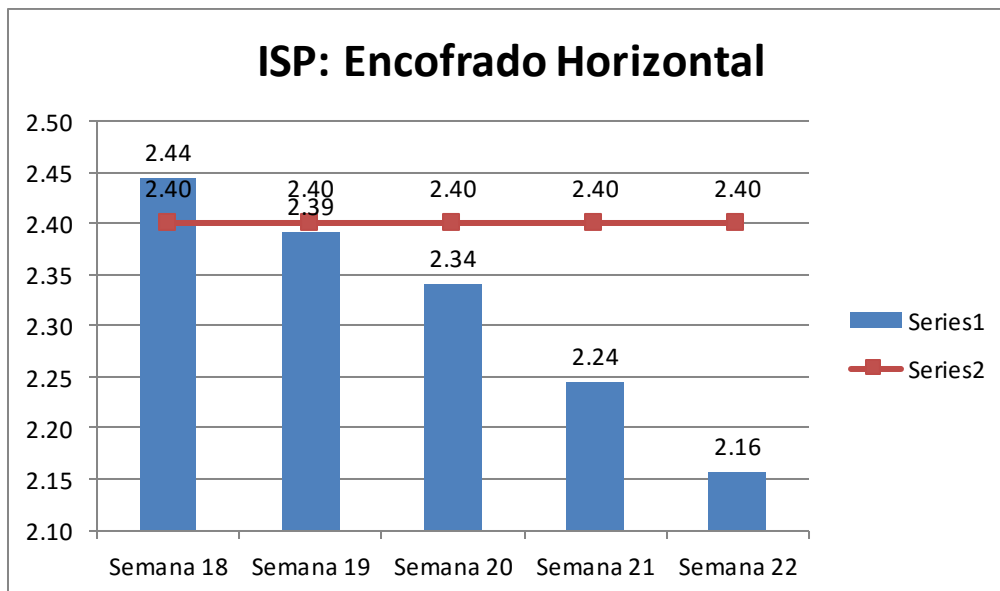


Figura N° 40: Evolución de ISP Encofrado Horizontal

- **ISP Acero:** El IP de acero ha logrado reducirse de un valor inicial de 0.0619 hh/kg a 0.0504 hh/kg logrando ubicarse por debajo del valor previsto original. Con un valor promedio de 0.056 hh/kg, se ha logrado reducir el desperdicio de horas hombre en 0.002 hh/kg de acero con relación al valor inicial (semana 18).

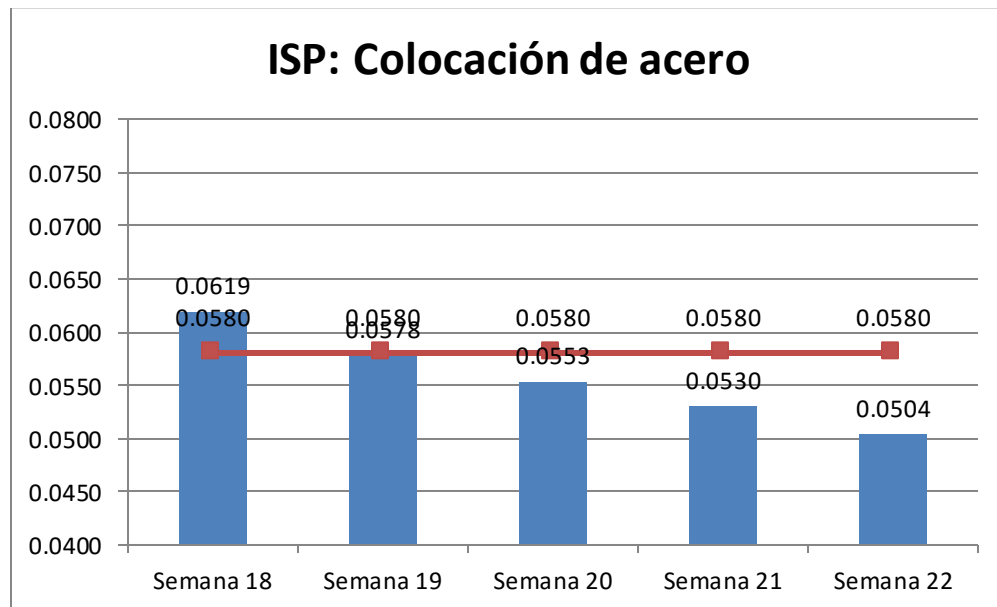


Figura N° 41: Evolución de ISP Colocación de Acero

- **ISP Concreto verticales:** El IP de concreto de elementos verticales ha logrado reducirse de un valor inicial de 2.50 hh/m<sup>3</sup> a 1.94 hh/m<sup>3</sup>, logrando ubicarse por debajo del valor previsto original. Con un valor promedio de 2.17 hh/m<sup>3</sup>, se ha logrado reducir el desperdicio de horas hombre en 0.33 hh/m<sup>3</sup> de concreto con relación al valor inicial (semana 18).

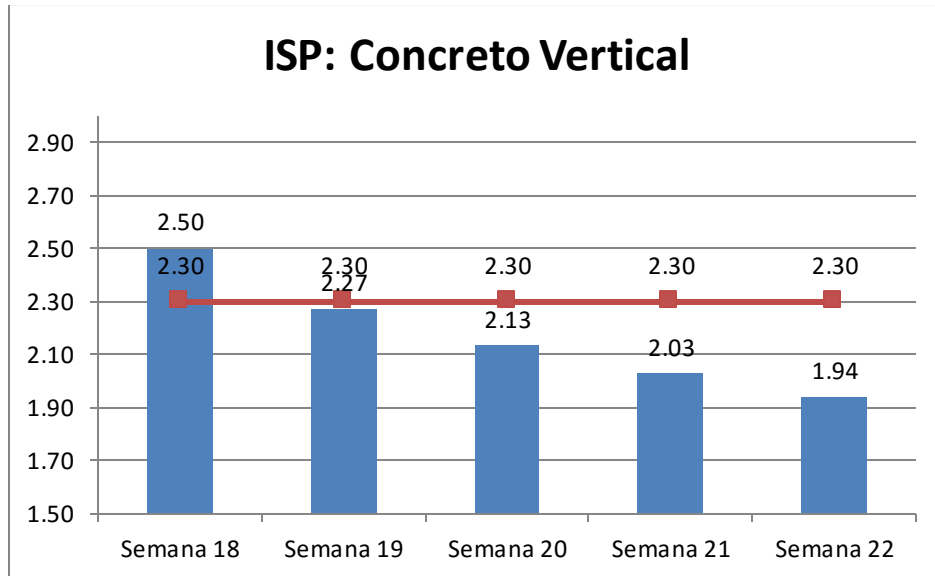


Figura N° 42: Evolución de ISP Concreto Verticales

- **ISP Concreto horizontales:** El IP de concreto de elementos horizontales ha logrado reducirse de un valor inicial de 2.44 hh/m<sup>3</sup> a 1.90 hh/m<sup>3</sup>, logrando ubicarse por debajo del valor previsto original. Con un valor promedio de 2.14 hh/m<sup>3</sup>, se ha logrado reducir el desperdicio de horas hombre en 0.30 hh/m<sup>3</sup> de concreto con relación al valor inicial (semana 18).

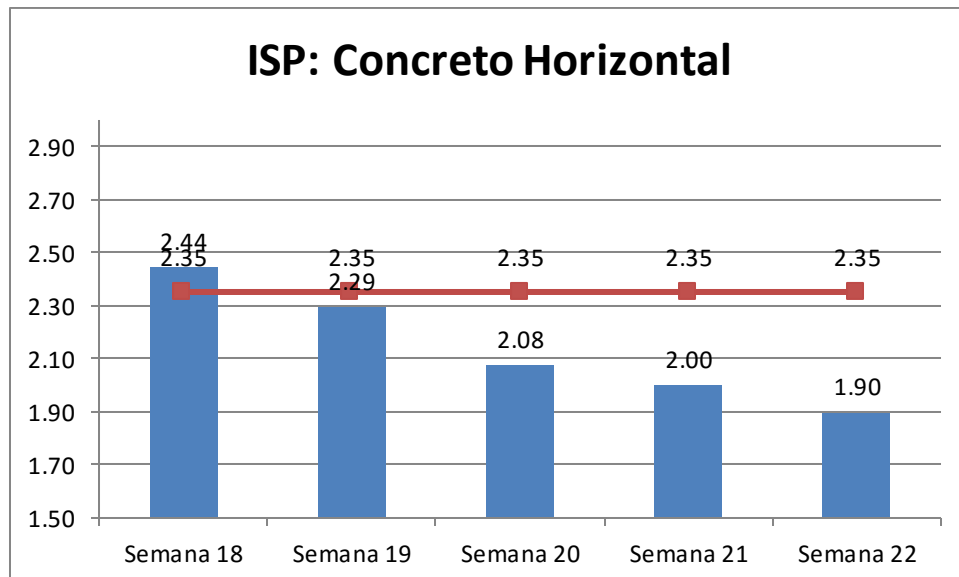


Figura N° 43: Evolución de ISP Concreto Horizontales



<b>FASES</b>	<b>ISP Semanal</b>				
	Semana 18	Semana 19	Semana 20	Semana 21	Semana 22
Fase : Colocacion de Encofrado vertical	3.67	3.44	3.33	3.24	3.14
Fase : Colocacion de Encofrado horizontal.	2.44	2.39	2.34	2.24	2.16
Fase : Colocacion de acero vertical y horizontal	0.0619	0.0578	0.0553	0.0530	0.0504
Fase : Colocacion de concreto vertical	2.50	2.27	2.13	2.03	1.94
Fase : Colocacion de concreto horizontal.	2.44	2.29	2.08	2.00	1.90

<b>FASES</b>	<b>ISP Promedio</b>	<b>Ratio Original</b>	<b>Diferencia</b>
Fase : Colocacion de Encofrado vertical	3.36	3.000	-0.363
Fase : Colocacion de Encofrado horizontal.	2.32	2.400	0.084
Fase : Colocacion de acero vertical y horizontal	0.056	0.058	0.002
Fase : Colocacion de concreto vertical	2.17	2.300	0.126
Fase : Colocacion de concreto horizontal.	2.14	2.350	0.208

Tabla N° 18: Cuadro resumen de Resultados ISP

## 5.3 Resultados de Medición de niveles de actividad

### 5.3.1 Niveles de actividad de las cuadrillas de concreto.

Para las cuadrillas de concreto, se puede apreciar una mejora significativa en los tiempos productivos donde en la semana 18 tiene un porcentaje de 24.70 % y en la semana 22 se tiene un 35.38 %, también se aprecia que los tiempos contributorios bajan de un 46.12% a un 36.50%; mientras que los tiempos no contributorios sólo bajan en 1.14% entre la semana 18 y 22.

Actividad: Concreto

Tiempos	Semana 18	Semana 19	Semana 20	Semana 21	Semana 22	Promedio
TP	24.70%	28.47%	30.71%	30.93%	35.38%	30.04%
TC	46.12%	42.90%	43.22%	40.87%	36.50%	41.92%
TNC	29.18%	28.63%	26.07%	28.20%	28.11%	28.04%

Tabla N° 19. Niveles de actividad de las cuadrillas de concreto

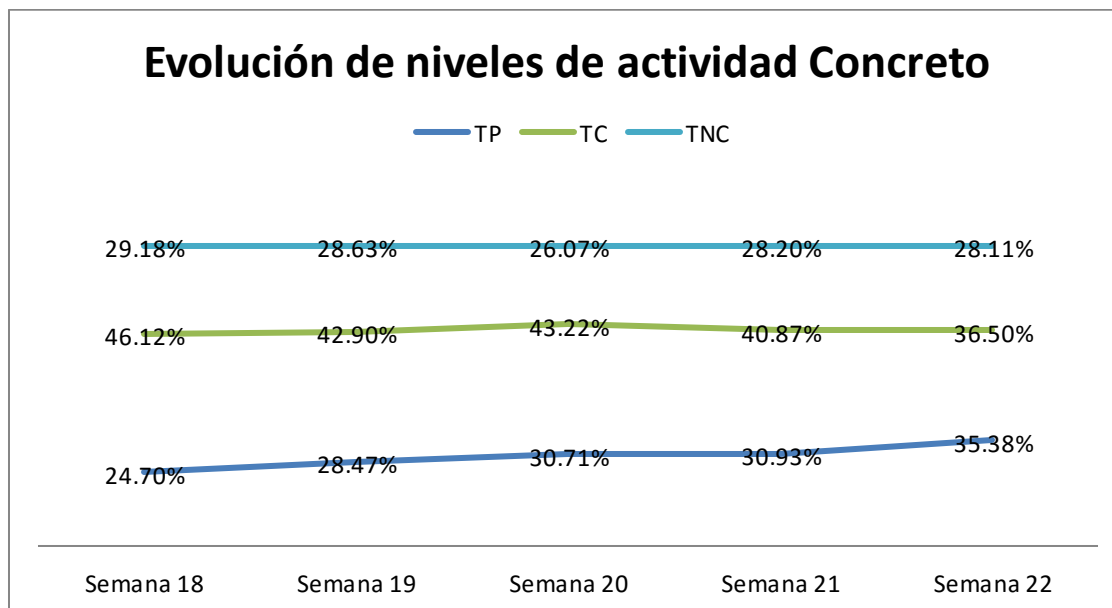


Figura N° 44: Evolución de niveles de actividad de cuadrilla de concreto.

El tiempo productivo promedio obtenido de la actividad concreto es de 30.04%, mejorando en 5.34% con respecto a la toma de datos iniciales en la semana 18.

El tiempo contributorio promedio obtenido de la actividad concreto es de 41.92%, reduciéndose en 4.20% con respecto a la toma de datos iniciales en la semana 18.

El tiempo no contributorio promedio obtenido de la actividad concreto es de 28.04%, reduciéndose en 1.14% con respecto a la toma de datos iniciales en la semana 18.

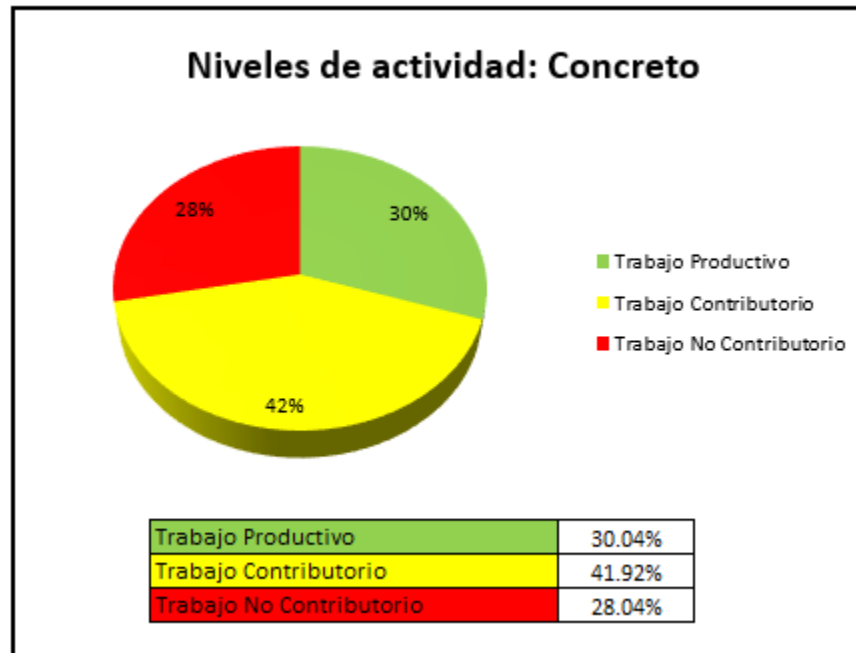


Figura N° 45: Niveles de actividad de las cuadrilla de Concreto Promedio

### 5.3.2 Niveles de actividad de las cuadrillas de acero.

Para las cuadrillas de acero, se puede apreciar una mejora significativa en los tiempos productivos donde en la semana 18 tiene un porcentaje de 29.78% y termina con un 42.74% en la semana 22, asimismo los tiempos contributorios bajan de un 45.08% a un 29.86% mientras que los tiempos incrementan sólo en 2.26% entre la semana 18 y 22.

Actividad: Acero

Tiempos	Semana 18	Semana 19	Semana 20	Semana 21	Semana 22	Promedio
TP	29.78%	37.98%	36.89%	40.71%	42.74%	37.62%
TC	45.08%	36.61%	38.52%	35.25%	29.86%	37.06%
TNC	25.14%	25.41%	24.59%	24.04%	27.40%	25.32%

Tabla N° 20. Niveles de actividad de las cuadrillas de acero

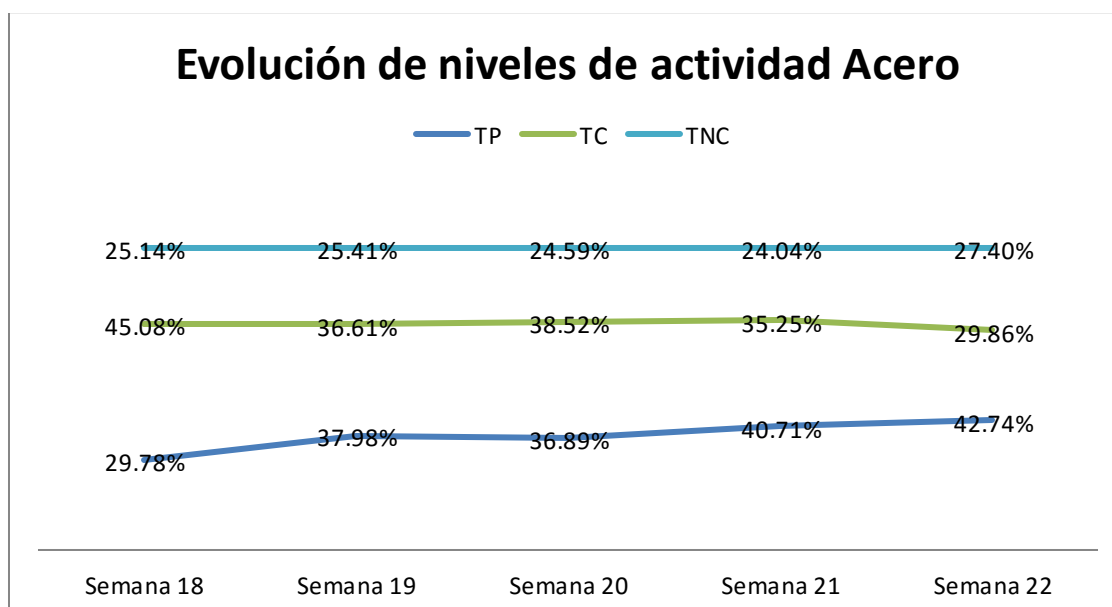


Figura N° 46: Evolución de niveles de actividad de cuadrilla de acero.

El tiempo productivo promedio obtenido de la actividad acero es de 37.62%, mejorando en 7.84 % con respecto a la toma de datos iniciales en la semana 18.

El tiempo contributorio promedio obtenido de la actividad acero es de 37.06%, incrementándose en 8.02% con respecto a la toma de datos iniciales en la semana 18.

El tiempo no contributorio promedio obtenido de la actividad acero es de 25.32%, incrementándose en 0.18% con respecto a la toma de datos iniciales en la semana 18.

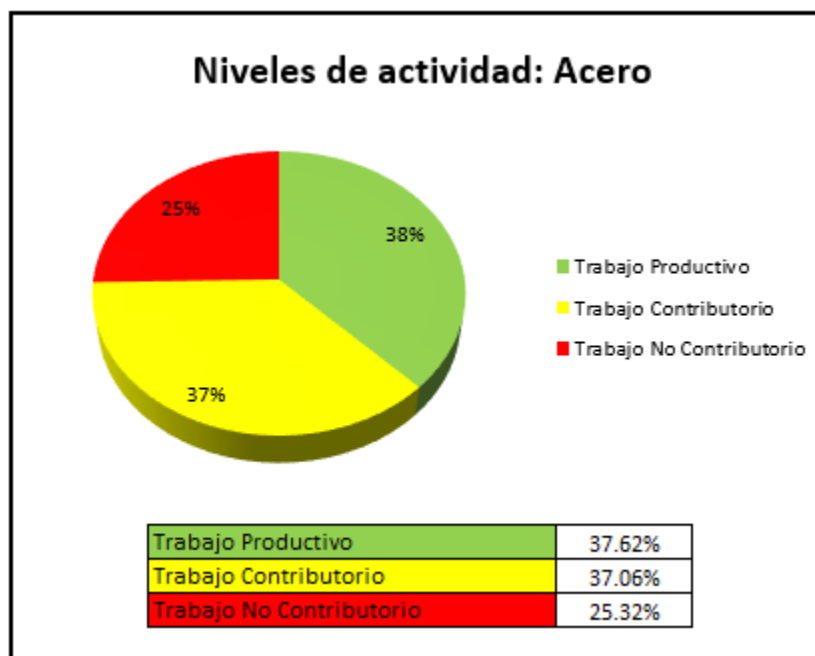


Figura N° 47: Niveles de actividad de las cuadrilla de Acero promedio

### 5.3.3 Niveles de actividad de las cuadrillas de encofrado.

Para las cuadrillas de acero, se tiene apreciar un incremento productivo de 23.89% en la semana 18 a 29.17% en la semana 22, a su vez los tiempos contributorios bajan de un 51.11% a un 45.83% mientras que los tiempos no contributorios casi se mantienen si comparamos la semana 18 y 22.

Actividad: Encofrado

Tiempos	Semana 18	Semana 19	Semana 20	Semana 21	Semana 22	Promedio
TP	23.89%	26.11%	25.28%	24.17%	29.17%	25.72%
TC	51.11%	43.61%	43.61%	54.17%	45.83%	47.67%
TNC	25.00%	30.28%	31.11%	21.67%	25.00%	26.61%

Tabla N° 21. Niveles de actividad de las cuadrillas de encofrado

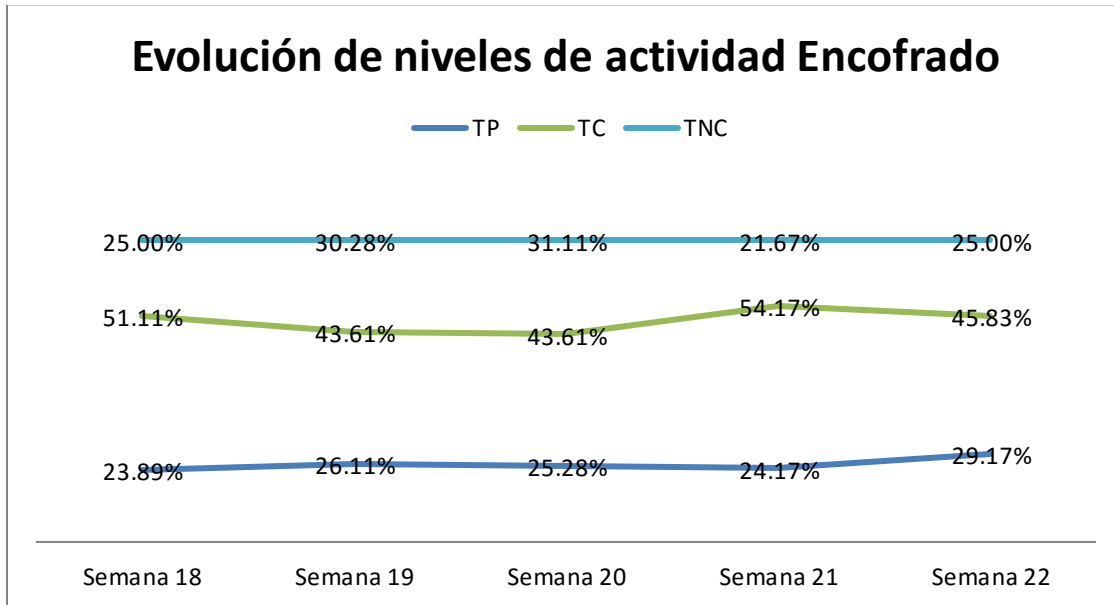


Figura N° 48: Evolución de niveles de actividad de cuadrilla de encofrado.

El tiempo productivo promedio obtenido de la actividad encofrado es de 25.72%, mejorando en 5.28% con respecto a la toma de datos iniciales en la semana 18.

El tiempo contributorio promedio obtenido de la actividad encofrado es de 47.67%, reduciéndose en 3.44% con respecto a la toma de datos iniciales en la semana 18.

El tiempo no contributorio promedio obtenido de la actividad encofrado es de 26.61%, se incrementa en 1.61% con respecto a la toma de datos iniciales en la semana 18.

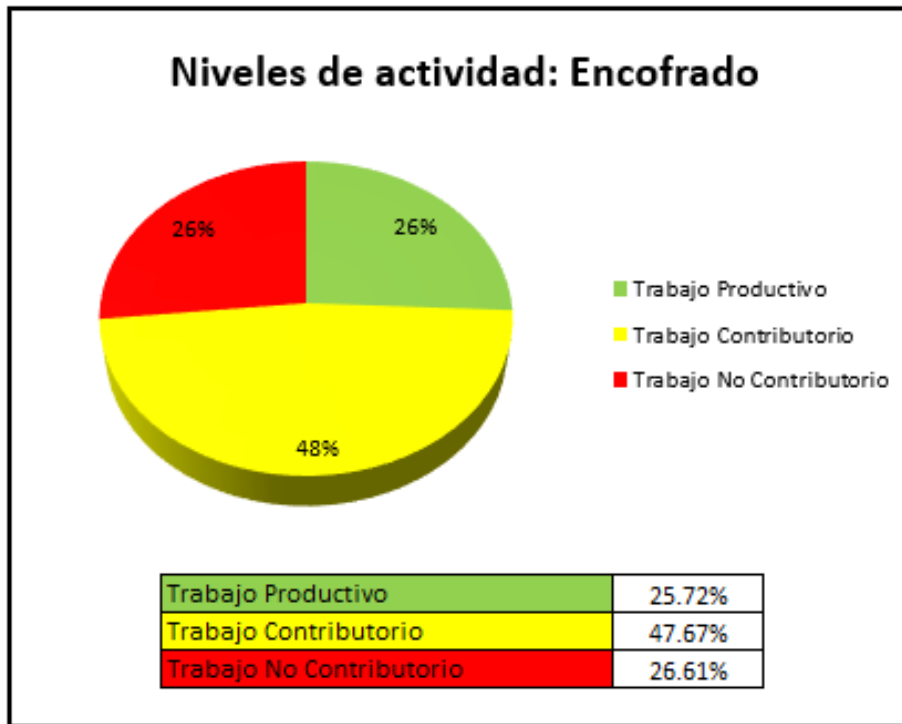


Figura N° 49: Niveles de actividad de las cuadrilla de Encofrado Promedio

## 5.4 Resultados de desperdicio de materiales

### 5.4.1 Resultados de desperdicio de Concreto

El desperdicio de concreto (material) se ha reducido de un 7.24% que se tenía a fin de Abril del 2018 a un 4.69% a finales de Junio del 2018, con lo que todavía se encuentra 0.31% por debajo del desperdicio previsto en el presupuesto de 5.00%.

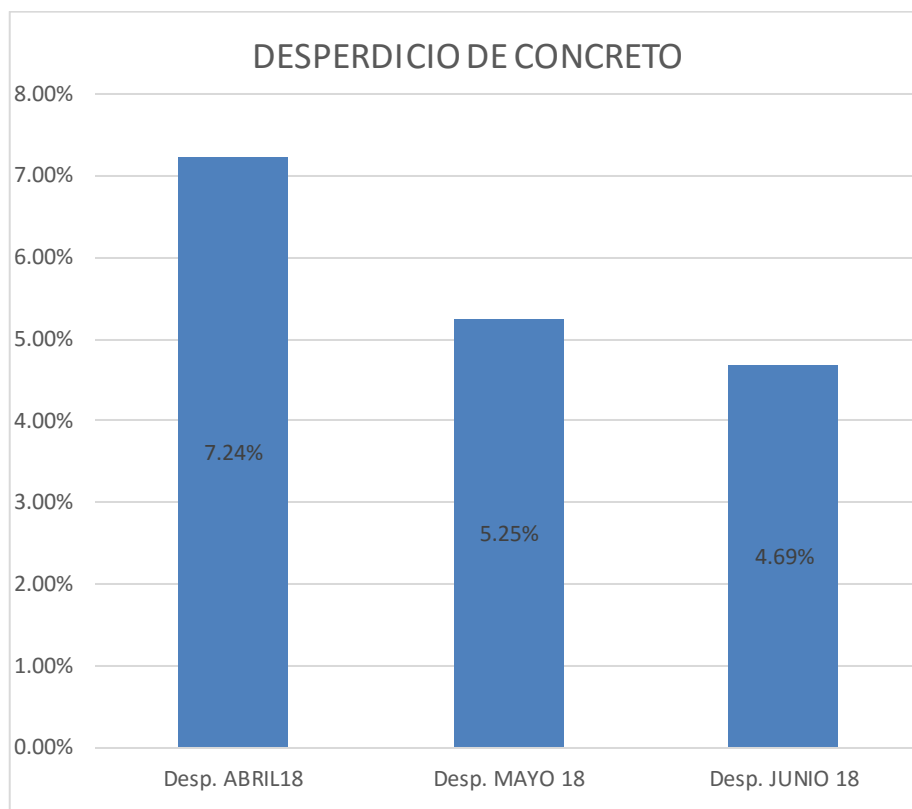


Figura N° 50: Evolución de Porcentajes de Desperdicio de concreto

### 5.4.2 Resultados de desperdicio de Acero

El desperdicio del acero (material) se ha reducido de un 6.02% que se tenía a fin de Abril del 2018 a un 3.37% a finales de Junio del 2018, con lo que todavía se encuentra 0.37% por encima del desperdicio previsto en el presupuesto de 3.00%.



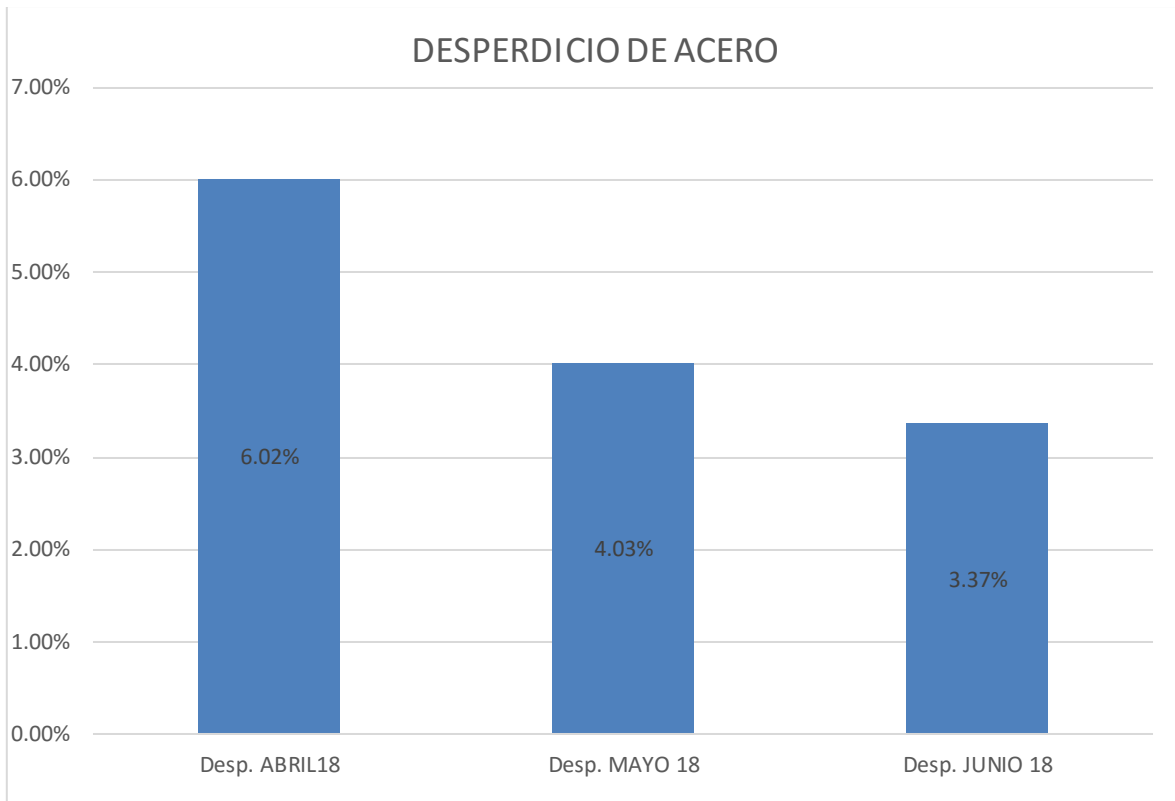


Figura N° 51: Evolución de porcentajes de Desperdicio de acero

### 5.4.3 Resultados económicos

#### 5.4.3.1 Por rendimientos de Mano de Obra

Se contabilizó el metrado de avance en intervalos de tiempo semanales, para cada semana según el rendimiento de producción obtenido se calculó la incidencia económica de horas hombre por la cantidad de avance, el monto obtenido en soles se comparó con el monto que debió haberse obtenido según los ratios del presupuesto base o ratios Previstos.

**Acero:**

Semana	Avance	Avance acumulado	Previsto	Real	Previsto	Costo
#	(kg)	(kg)	(hh/kg)	(hh/kg)	(S/)	(S/)
Semana 18	74735.56	74,735.56	0.058	0.0619	78,268.51	83,531.40
Semana 19	59,452.02	134,187.58	0.058	0.0578	62,262.48	62,047.78
Semana 20	63,201.22	197,388.80	0.058	0.0553	66,188.91	63,107.71
Semana 21	68,500.55	265,889.35	0.058	0.0530	71,738.76	65,554.38
Semana 22	69,342.26	335,231.61	0.058	0.0504	72,620.26	63,104.50

Tabla N° 22. Comparativo Resultados económicos de costos Real vs Previsto de Mano de obra de acero semanales.

El saldo de metrado de avance se multiplicó por el ratio de producción semanal obtenido, de forma tal que se obtuvieron costos para los saldos por ejecutar con los ratios de cada semana.

Semana	Saldo	Previsto	Real	Previsto	Costo
#	(kg)	(hh/kg)	(hh/kg)	(S/)	(S/)
Semana 18	1,411,131.92	0.058	0.0619	1,477,839.97	1,577,211.97
Semana 19	1,351,679.90	0.058	0.0578	1,415,577.50	1,410,696.19
Semana 20	1,288,478.68	0.058	0.0553	1,349,388.58	1,286,572.22
Semana 21	1,219,978.13	0.058	0.053	1,277,649.82	1,167,507.60
Semana 22	1,150,635.87	0.058	0.0504	1,205,029.57	1,047,129.14

Tabla N° 23. Comparativo Resultados económicos de los saldos de avance de costos real vs Previsto de Mano de obra de acero Semanales.

Para proyectar los costos, se sumaron los costos incurridos cada semana más los costos calculados con los saldos de metrado.

Proyección				
Semana	Venta	Costo	Diferencias	Costo de MO/kg
#	(S/)	(S/)	(S/)	(S/)
Semana 18	1,556,108.49	1,660,743.37	-104,634.88	1.12
Semana 19	1,556,108.49	1,556,275.37	-166.88	1.05
Semana 20	1,556,108.49	1,495,259.10	60,849.39	1.01
Semana 21	1,556,108.49	1,441,748.86	114,359.63	0.97
Semana 22	1,556,108.49	1,384,474.91	<b>171,633.58</b>	<b>0.93</b>

Tabla N° 24. Costo proyectado de mano de obra de acero

Finalmente se obtiene como resultado que al final de la semana 22, suponiendo que el ratio de producción no variará, se tendrá un margen positivo de 171,633.58 soles al final del proyecto.

Finalmente en el siguiente gráfico, se puede observar que el costo de mano de obra del acero disminuyó de 1.12 soles por kg a 0.93 soles por kg, lo que significaría un margen positivo al encontrarse por debajo de los 1.05 soles previstos en el presupuesto.

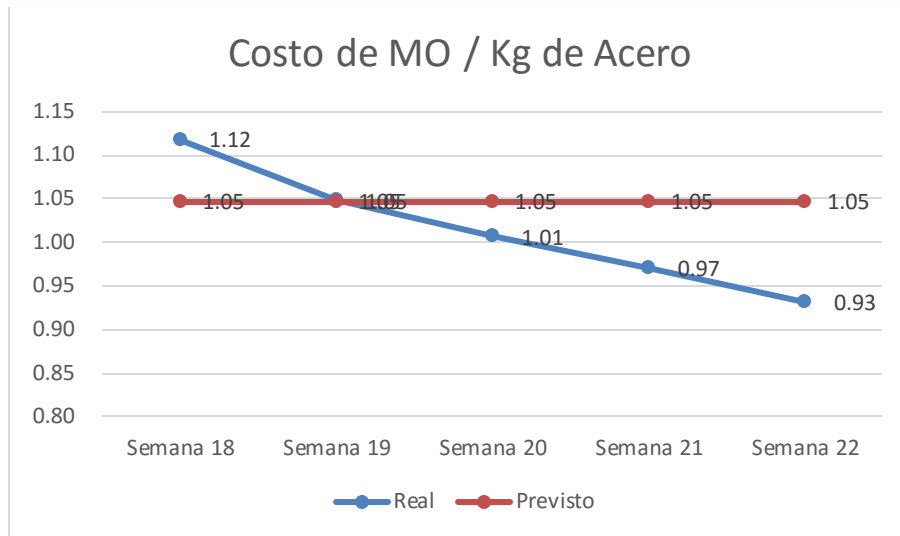


Figura N° 52: Evolución de costo unitario de Mano de obra de Acero.

Al igual que para el caso del rendimiento de mano de obra del acero se presentan los resultados de incidencia económica de para las partidas de Concreto y Encofrado.

### Concreto:

#### Concreto de Elementos Verticales:

Semana #	Avance (m3)	Avance acumulado (m3)	Previsto (hh/m3)	Real (hh/m3)	Previsto (S/)	Costo (S/)
Semana 18	991.42	991.42	2.30	2.50	36,642.88	39,829.22
Semana 19	488.75	1,480.17	2.30	2.27	18,064.20	17,850.00
Semana 20	345.62	1,825.79	2.30	2.13	12,774.12	11,842.14
Semana 21	394.00	2,219.79	2.30	2.03	14,562.24	12,832.20
Semana 22	395.85	2,615.64	2.30	1.94	14,630.62	12,327.79

Tabla N° 25. Comparativo Resultados económicos semanales de costos Real vs Previsto de Mano de obra de concreto de elementos verticales.

Semana	Saldo	Previsto	Real	Previsto	Costo
#	(m3)	(hh/m3)	(hh/m3)	(S/)	(S/)
Semana 18	3,133.80	2.30	2.50	115,825.40	125,897.17
Semana 19	2,645.05	2.30	2.27	97,761.20	96,601.97
Semana 20	2,299.43	2.30	2.13	84,987.08	78,786.58
Semana 21	1,905.43	2.30	2.03	70,424.84	62,058.16
Semana 22	1,509.58	2.30	1.94	55,794.22	47,012.32

Tabla N° 26: Comparativo Resultados económicos de los saldos de avance semanales de mano de obra de elementos verticales de concreto.

Proyección				
Semana	Venta	Costo	Diferencias	Costo de MO/m3
#	(S/)	(S/)	(S/)	(S/)
Semana 18	152,468.28	165,726.39	-13,258.11	40.17
Semana 19	152,468.28	154,281.19	-1,812.91	37.40
Semana 20	152,468.28	148,307.94	4,160.34	35.95
Semana 21	152,468.28	144,411.72	8,056.56	35.01
Semana 22	152,468.28	141,693.67	<b>10,774.61</b>	<b>34.35</b>

Tabla N° 27: Costo proyectado de mano de obra de elementos verticales de concreto.

En el cuadro se aprecia que se logra revertir un margen negativo de 13,258.11 soles y transformarlo a un margen positivo proyectado al final del proyecto de 10,774.61 soles.

El gráfico muestra que el costo de mano de obra de concreto se redujo de 40.17 soles por m<sup>3</sup> a 34.35 soles por m<sup>3</sup>, ubicándose por debajo de los 36.96 soles por m<sup>3</sup> del previsto.

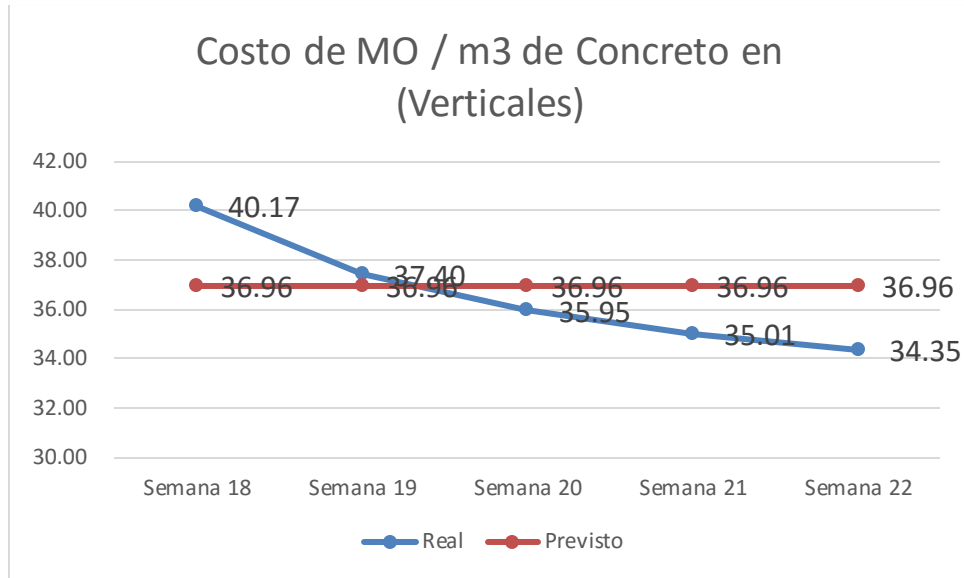


Figura N° 53: Evolución de costo unitario de M.O. de elementos verticales de concreto

**Concreto de elementos Horizontales:**

Semana #	Avance (m3)	Avance acumulado (m3)	Previsto (hh/m3)	Real (hh/m3)	Previsto (S/)	Costo (S/)
Semana 18	100.02	100.02	2.35	2.44	3,833.66	3,987.73
Semana 19	153.11	253.13	2.35	2.29	5,868.54	5,722.86
Semana 20	174.33	427.46	2.35	2.08	6,681.88	5,901.29
Semana 21	198.08	625.54	2.35	2.00	7,592.19	6,461.44
Semana 22	208.58	834.12	2.35	1.90	7,994.64	6,452.02

Tabla N° 28: Comparativo Resultados económicos semanales de costos Real vs Previsto de M.O. de concreto de elementos horizontales.

Semana	Saldo	Previsto	Real	Previsto	Costo
#	(m3)	(hh/m3)	(hh/m3)	(S/)	(S/)
Semana 18	9,967.48	2.35	2.44	382,042.43	397,396.38
Semana 19	9,814.37	2.35	2.29	376,173.90	366,836.25
Semana 20	9,640.04	2.35	2.08	369,492.02	326,327.76
Semana 21	9,441.96	2.35	2.00	361,899.84	307,999.86
Semana 22	9,233.38	2.35	1.90	353,905.20	285,616.81

Tabla N° 29. Comparativo Resultados económicos de los saldos de avance semanales de M.O. de elementos Horizontales de concreto.

Proyección				
Semana	Venta	Costo	Diferencias	Costo de MO/m3
#	(S/)	(S/)	(S/)	(S/)
Semana 18	385,876.09	401,384.11	-15,508.02	39.87
Semana 19	385,876.09	376,546.84	9,329.25	37.40
Semana 20	385,876.09	341,939.64	43,936.44	33.96
Semana 21	385,876.09	330,073.18	55,802.91	32.79
Semana 22	385,876.09	314,142.15	<b>71,733.94</b>	<b>31.20</b>

Tabla N° 30. Costo proyectado de M.O. de elementos horizontales de concreto.

Se tiene un margen negativo inicial que finaliza en un margen positivo proyectado de 71,733.94 soles y un costo proyectado de 31.20 soles por m3

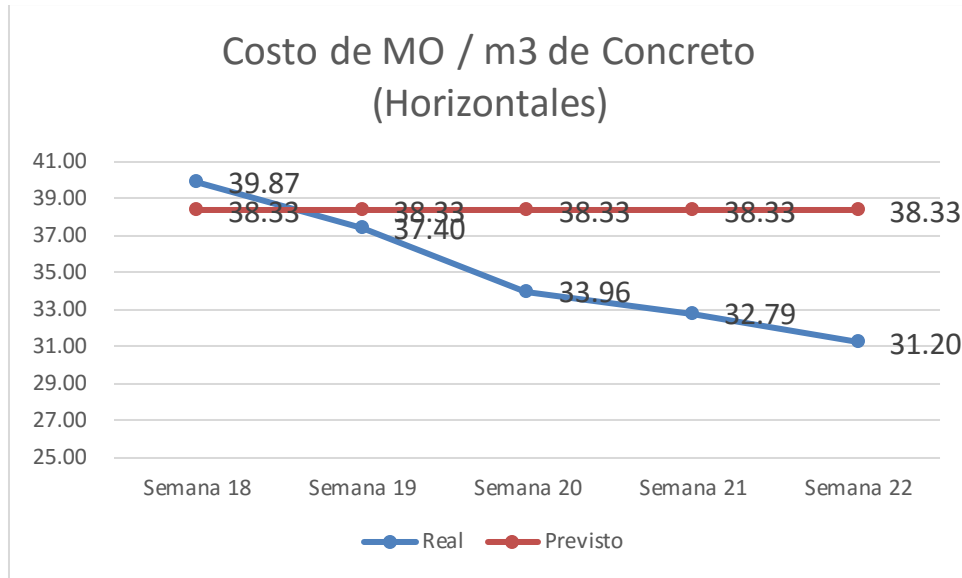


Figura N° 54: Evolución de costo unitario de M.O. elementos horizontales de concreto

## Encofrado

### Encofrado de elementos verticales

Semana	Avance	Avance acumulado	Previsto	Real	Previsto	Costo
#	(m2)	(m2)	(hh/m2)	(hh/m2)	(S/)	(S/)
Semana 18	6,305.43	6,305.43	3.00	3.67	325,108.03	397,354.26
Semana 19	3,108.45	9,413.88	3.00	3.44	160,271.68	183,644.64
Semana 20	2,198.14	11,612.02	3.00	3.33	113,336.26	125,929.18
Semana 21	2,505.84	14,117.86	3.00	3.24	129,201.11	139,334.53
Semana 22	2,517.61	16,635.47	3.00	3.14	129,807.77	135,989.09

Tabla N° 31. Comparativo Resultados económicos semanales de costos Real vs Previsto de M.O. de encofrado de elementos verticales.



Semana	Saldo	Previsto	Real	Previsto	Costo
#	(m2)	(hh/m2)	(hh/m2)	(S/)	(S/)
Semana 18	31,283.70	3.00	3.67	1,612,987.51	1,971,429.18
Semana 19	28,175.25	3.00	3.44	1,452,715.83	1,664,570.22
Semana 20	25,977.11	3.00	3.33	1,339,379.56	1,488,199.52
Semana 21	23,471.27	3.00	3.24	1,210,178.45	1,305,094.41
Semana 22	20,953.66	3.00	3.14	1,080,370.69	1,131,816.91

Tabla N° 32. Comparativo Resultados económicos de los saldos de avance semanales de M.O. de encofrado de elementos verticales.

Proyección				
Semana	Venta	Costo	Diferencias	Costo de MO/m2
#	(S/)	(S/)	(S/)	(S/)
Semana 18	1,938,095.54	2,368,783.44	-430,687.90	63.02
Semana 19	1,938,095.54	2,245,569.12	-307,473.57	59.74
Semana 20	1,938,095.54	2,195,127.60	-257,032.05	58.40
Semana 21	1,938,095.54	2,151,357.02	-213,261.48	57.23
Semana 22	1,938,095.54	2,114,068.61	<b>-175,973.07</b>	<b>56.24</b>

Tabla N° 33. Costo proyectado de M.O. de encofrado de elementos verticales.

Se parte de un margen negativo de 430,687.90 soles proyectados a fin de obra y al término de la semana 22 se tiene un margen negativo proyectado de 175,973.07 soles al término del proyecto.

En el gráfico se aprecia que se logra minimizar la pérdida, mas no eliminarla, reduciendo el costo de mano de obra por m2 de 63.02 soles a 56.24 soles por m2, estando estos valores por encima de los 51.56 soles previstos en el presupuesto.

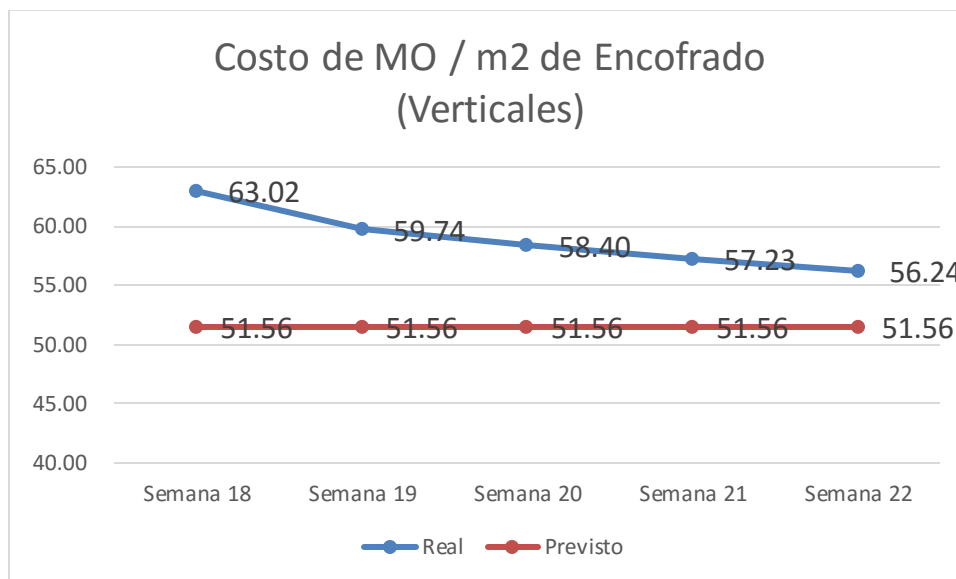


Figura N° 55: Evolución de costo unitario de M.O. encofrado elementos horizontales.

### Encofrado de elementos horizontales

Semana #	Avance (m2)	Avance acumulado (m2)	Previsto (hh/m2)	Real (hh/m2)	Previsto (S/)	Costo (S/)
Semana 18	656.13	656.13	2.40	2.44	27,064.10	27,565.29
Semana 19	1,004.40	1,660.53	2.40	2.39	41,429.56	41,279.45
Semana 20	1,143.60	2,804.14	2.40	2.34	47,171.41	46,000.49
Semana 21	1,299.40	4,103.54	2.40	2.24	53,597.85	50,134.04
Semana 22	1,368.28	5,471.83	2.40	2.16	56,439.01	50,721.33

Tabla N° 34. Comparativo Resultados económicos semanales de costos Real vs Previsto de Mano de obra de encofrado de elementos horizontales.

Semana	Saldo	Previsto	Real	Previsto	Costo
#	(m2)	(hh/m2)	(hh/m2)	(S/)	(S/)
Semana 18	29,667.61	2.40	2.44	1,223,729.53	1,246,391.19
Semana 19	28,663.21	2.40	2.39	1,182,299.97	1,178,016.28
Semana 20	27,519.60	2.40	2.34	1,135,128.56	1,106,951.61
Semana 21	26,220.20	2.40	2.24	1,081,530.71	1,011,635.87
Semana 22	24,851.91	2.40	2.16	1,025,091.70	921,242.54

Tabla N° 35. Comparativo Resultados económicos de los saldos de avance semanales de mano de obra de encofrado de elementos verticales.

Proyección				
Semana	Venta	Costo	Diferencias	Costo de MO/m2
#	(S/)	(S/)	(S/)	(S/)
Semana 18	1,250,793.63	1,273,956.47	-23,162.84	42.01
Semana 19	1,250,793.63	1,246,861.01	3,932.62	41.12
Semana 20	1,250,793.63	1,221,796.84	28,996.79	40.29
Semana 21	1,250,793.63	1,176,615.14	74,178.49	38.80
Semana 22	1,250,793.63	1,136,943.14	<b>113,850.48</b>	<b>37.49</b>

Tabla N° 36. Costo proyectado de MO de encofrado de elementos horizontales.

Para el caso de encofrado de elementos horizontales se logró mejorar el margen de -23.162.84 a 113,850.48 proyectados a final del proyecto, esto se traduciría como una mejora de costos de mano de obra de 42.01 soles por m2 a 37.49 soles por m2, frente a los 41.25 soles por m2 previstos en el presupuesto.

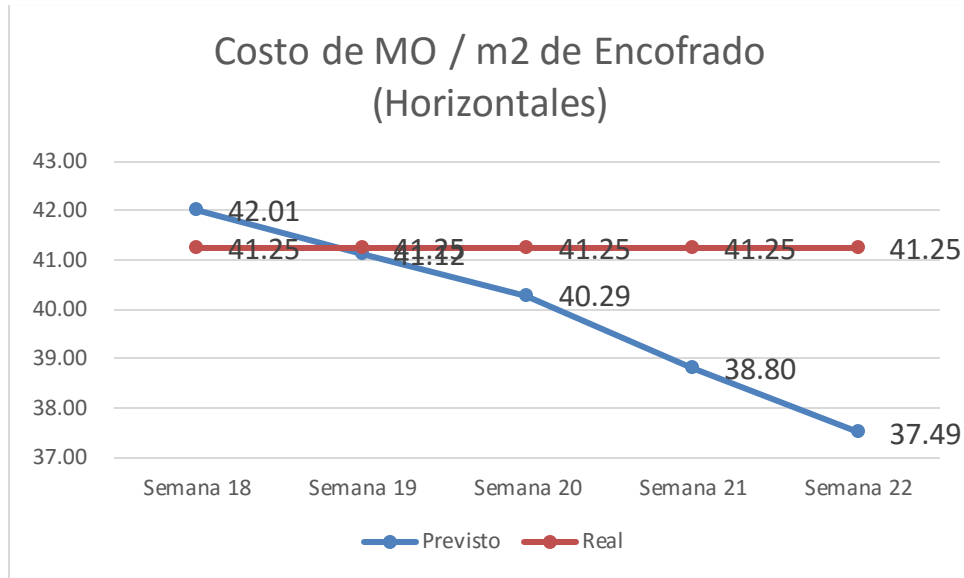


Figura N° 56: Evolución de costo unitario de M.O encofrado de elementos horizontales.

#### 5.4.3.2 Por Materiales

Se contabilizó el metrado de avance en intervalos de tiempo mensuales, para cada mes según el porcentaje de desperdicio obtenido traducido a kilos se calculó la incidencia económica de materiales (kilogramos de acero y metros cúbicos de concreto) por la cantidad de avance, el monto obtenido en soles se comparó con el monto que debió haberse obtenido según los ratios del presupuesto base o ratios Previstos.

#### Acero:

Mes	Avance (kg)	Avance acumulado (kg)	Previsto (%)	Real (%)	Previsto (S/)	Costo (S/)
Abril	74,735.56	74,735.56	3.00%	6.02%	5,268.86	10,572.84
Mayo	260,496.05	335,231.61	3.00%	4.03%	18,364.97	24,670.28
Junio	340,258.98	675,490.59	3.00%	3.37%	23,988.26	26,933.60

Tabla N° 37.Desperdicios de acero según el avance mensual.

El saldo de metrado de avance se multiplicó por el ratio mensual de desperdicio de material obtenido, de forma tal que se obtuvieron costos para los saldos por ejecutar con los ratios de cada mes.

Mes	Saldo (kg)	Previsto (%)	Real (%)	Previsto (S/)	Costo (S/)
Abril	1,411,131.92	3.00%	6.02%	99,484.80	199,632.83
Mayo	1,150,635.87	3.00%	4.03%	81,119.83	108,970.97
Junio	810,376.89	3.00%	3.37%	57,131.57	64,146.33

Tabla N° 38. Desperdicios del saldo de acero por colocar.

Para proyectar los costos, se sumaron los costos incurridos de cada mes más los costos calculados con los saldos de metrado.

Proyección			
Mes	Venta (S/)	Costo (S/)	Diferencias (S/)
Abril	104,753.66	210,205.67	-105,452.02
Mayo	104,753.66	144,214.09	-39,460.43
Junio	104,753.66	126,323.04	-21,569.39

Tabla N° 39. Proyección económica de desperdicios de acero.

Se tiene así que como punto de partida se tenía previsto gastar 210,205.67 soles frente a los 104,753.66 soles como concepto de desperdicio de acero previsto en el presupuesto, este monto logró reducirse a 126,323.04 soles quedando una brecha de 21,569.39 soles negativa como proyección.

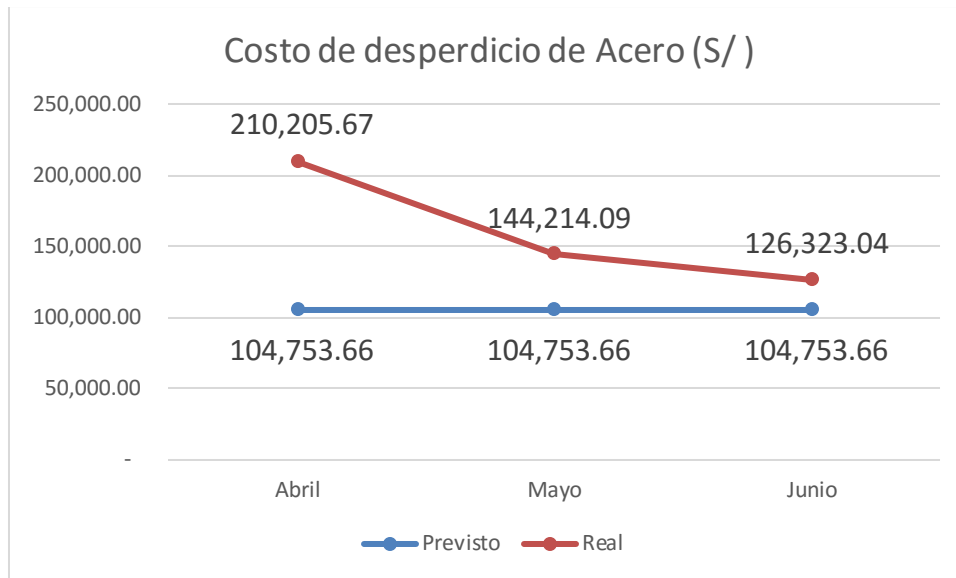


Figura N° 57: Evolución económica del costo de desperdicio del acero

### Concreto

Del mismo modo que para el caso del acero se presentan los datos de desperdicios obtenidos y su traducción económica:

Mes	Avance (m3)	Avance acumulado (m3)	Previsto (%)	Real (%)	Previsto (S/)	Costo (S/)
Abril	1,091.44	1,091.44	5.00%	5.99%	14,795.05	17,724.47
Mayo	2,358.32	3,449.76	5.00%	4.76%	31,968.15	30,433.68
Junio	1,783.48	5,233.24	5.00%	4.36%	24,175.96	21,081.44

Tabla N° 40. Desperdicios de concreto según el avance mensual.

Mes	Saldo (m3)	Previsto (%)	Real (%)	Previsto (S/)	Costo (S/)
Abril	8,976.06	5.00%	5.99%	121,674.95	145,766.59
Mayo	6,617.74	5.00%	4.76%	89,706.79	85,400.87
Junio	4,834.26	5.00%	4.36%	65,530.83	57,142.89

Tabla N° 41. Desperdicios del saldo de concreto por colocar.

Proyección			
Mes	Venta (S/)	Costo (S/)	Diferencias (S/)
Abril	136,470.00	163,491.06	-27,021.06
Mayo	136,470.00	133,559.02	2,910.98
Junio	136,470.00	126,382.47	<b>10,087.52</b>

Tabla N° 42. Proyección económica de desperdicios de concreto

A diferencia del caso anterior se logró transformar el margen negativo a un margen positivo de 10,087.52 soles al reducir el porcentaje de desperdicio de concreto a un número por debajo del previsto en el presupuesto.

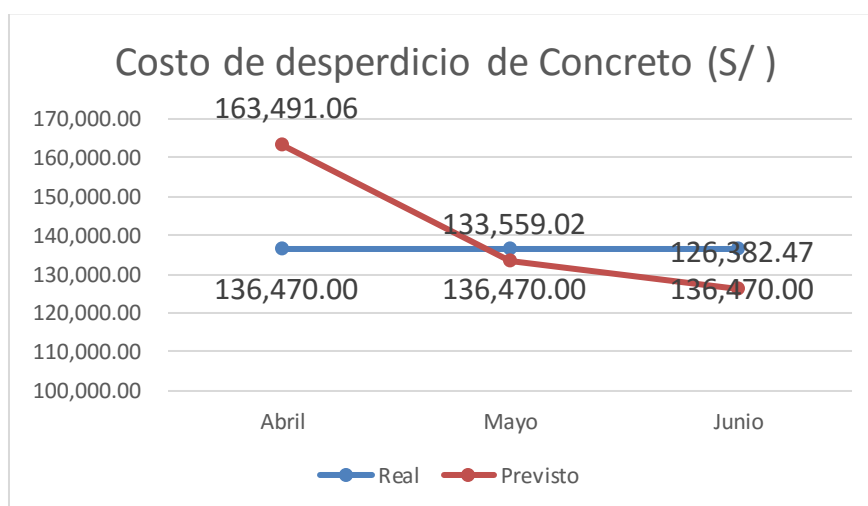


Figura N° 58: Estimación de desperdicios en obras de edificación

### 5.4.3.3 Resultados Finales

- Escenario N°1

De acuerdo a los resultados económicos presentados, se tiene a continuación el resumen de con los resultados de los márgenes tanto por concepto de optimización de mano de obra como de materiales.

En el siguiente cuadro se aprecia los montos destinados por mano de obra y materiales previstos en el presupuesto desde la etapa de licitación en comparación con los montos que se vienen obteniendo en el proyecto, dando como resultado márgenes tanto positivos como negativos.

Tipo	Descripción	Previsto S/	Real S/	Margen S/
<b>Mano de obra</b>	Acero	1,556,108.49	1,384,474.91	171,633.58
	Concreto Verticales	152,468.28	141,693.67	10,774.61
	Concreto Horizontales	385,876.09	314,142.15	71,733.94
	Encofrado Verticales	1,938,095.54	2,114,068.61	-175,973.07
	Encofrado Horizontales	1,250,793.63	1,136,943.14	113,850.48
<b>Materiales</b>	Acero	104,753.66	126,323.04	-21,569.39
	Concreto	136,470.00	126,382.47	10,087.52
<b>TOTAL</b>				<b>180,537.68</b>

Tabla N° 43. Cuadro resumen de Ganancias y Pérdidas

Como se puede observar se tienen márgenes positivos en la mano de obra de acero, concreto y encofrado de elementos horizontales; sin embargo la mano de obra de encofrados verticales



arroja un margen negativo, este último deberá ser tomado en cuenta para futuros proyectos ya sea para su mejor estimación presupuestal o para su mejor control productivo.

Para el caso de los materiales, se tiene margen positivo para el concreto y margen negativo para el acero, aquí se debe tener en cuenta que de desperdicio disminuyó significativamente después desde que se empezaron a hacer las mediciones y los controles por lo que de haber iniciado antes la tendencia indicaba que no se hubiera perdido en este material.

Finalmente se tiene un margen positivo global de 180,537.68 soles para el proyecto.

- Escenario N° 02

De acuerdo a los resultados económicos presentados, se tiene a continuación el resumen de los resultados con los márgenes por concepto de optimización de mano de obra como de materiales y a la vez la representación de los porcentajes y factores de mejora.

Se puede apreciar que la mano de obra y materiales se tiene un beneficio del 3% con respecto a las partidas que se implementó el Last Planner y si lo analizamos por partida se puede apreciar que en la mano de obra se tiene un factor de mejora en el acero, concreto, encofrado de igual manera esta mejora se presenta también en los materiales como el acero y concreto.

Como indicador de mejora este representa que la implementación del Last Planner a lo largo del proyecto genera ventajas económicas las cuales serán de afecto a futuros proyectos.

Tipo	Descripción	Previsto	Real	Margen	Porcentaje de mejora	Factor de mejora
		S/	S/	S/	%	
Mano de obra	Acero	S/1,556,108.49	S/1,384,474.91	S/171,633.58	11.0%	1.11
	Concreto Verticales	S/152,468.28	S/141,693.67	S/10,774.61	7.1%	1.07
	Concreto Horizontales	S/385,876.09	S/314,142.15	S/71,733.94	18.6%	1.19
	Encofrado Verticales	S/1,938,095.54	S/2,114,068.61	-S/175,973.07	-9.1%	0.91
	Encofrado Horizontales	S/1,250,793.63	S/1,136,943.14	S/113,850.48	9.1%	1.09
Materiales	Acero	S/104,753.66	S/126,323.04	-S/21,569.39	-20.6%	0.79
	Concreto	S/136,470.00	S/126,382.47	S/10,087.52	7.4%	1.07
<b>TOTAL</b>		<b>S/5,524,565.69</b>	<b>S/5,344,027.99</b>	<b>S/180,537.68</b>	<b>3.3%</b>	<b>1.03</b>

Tabla N° 44. Cuadro resumen de porcentaje de mejora y factor de mejora.

- Inversión

Se presentó una inversión solo en la recolección de datos para el control de la información; para el caso de este proyecto en específico se realizó la contratación adicional de 2 trainee los mismos que se encargaron de la obtención de los datos de campo y del procesamiento de la información.

Los costos de la contratación se detallan en el siguiente cuadro.

Descripción	Und	Cantidad	P.U. (S/)	Parcial (S/)
Trainee 01	mes	4	1,500.00	6,000.00
Trainee 02	mes	4	1,500.00	6,000.00
Tablet	und	2	600.00	1,200.00
Mobiliario (escritorio, silla, etc.)	und	2	900.00	1,800.00
<b>Total (S/)</b>				<b>15,000.00</b>

Tabla N° 45. Cuadro resumen de porcentaje de mejora y factor de mejora.

Del cuadro anterior podemos observar que el gasto incurrido para llevar a cabo los controles requeridos fue de 15,000.00 soles, por lo que si el margen positivo global es de 180,537.68 soles, el margen neto descontando la inversión para la aplicación de la herramienta de gestión fue de 165,537.68 soles, con lo que estaría más que justificada la inversión realizada para la obtención del PHI de ganancia neta del proyecto.

#### 5.4.3.4 Resultados proyectados

En el siguiente cuadro se muestran 03 proyectos en construcción, donde se comparan los ratios que se tienen de acuerdo a cómo se iniciaron estos proyectos versus la proyección de los ratios optimizados que se hallaron en el proyecto “Plaza San Miguel - 2° Ampliación” y sus incidencias económicas respectivas para saber de forma aproximada cuáles serían los márgenes de estos proyectos si se logra una mejora en la gestión de desperdicios como se hizo para el presente trabajo a manera de proyección hacia otros proyectos.

Proyecto	Presupuesto	Recurso	Fase	Unidad	Cantidad	Ratio Venta	Ratio Proyectado	Venta S/	Proyectado S/	Diferencias S/	Margen S/
"Epiqe Olguín 600"	36,315,754.52	Mano de obra	Acero	kg	763,902.97	1.00	0.93	763,902.97	711,775.78	52,127.18	273,869.86
			Concreto Verticales	m3	4,626.68	46.13	34.35	213,428.75	158,917.74	54,511.01	
			Concreto Horizontales	m3	4,951.32	42.17	31.20	208,797.16	154,498.96	54,298.20	
			Encofrado Verticales	m2	19,162.70	55.38	56.24	1,061,230.58	1,077,739.02	- 16,508.44	
			Encofrado Horizontales	m2	23,421.08	42.17	37.49	987,667.09	878,138.39	109,528.70	
		Materiales	Acero	kg	763,902.97	5%	3.37%	89,758.60	60,497.30	29,261.30	
			Concreto	m3	9,578.00	4%	4.36%	103,867.66	113,215.75	- 9,348.09	
"Videna"	195,654,009.85	Mano de obra	Acero	kg	1,664,596.98	0.95	0.93	1,581,367.13	1,551,008.27	30,358.86	391,163.84
			Concreto Verticales	m3	7,244.59	46.13	34.35	334,192.75	248,837.88	85,354.88	
			Concreto Horizontales	m3	9,333.41	40.05	31.20	373,803.23	291,236.03	82,567.20	
			Encofrado Verticales	m2	22,370.35	60.17	56.24	1,346,024.15	1,258,141.95	87,882.20	
			Encofrado Horizontales	m2	34,989.53	37.85	37.49	1,324,353.59	1,311,879.82	12,473.77	
		Materiales	Acero	kg	1,664,596.98	5%	3.37%	195,590.15	131,827.76	63,762.39	
			Concreto	m3	16,578.00	5%	4.36%	224,723.08	195,958.52	28,764.55	
"Edificio Prana"	11,689,741.02	Mano de obra	Acero	kg	288,940.99	0.99	0.93	286,051.58	269,224.24	16,827.34	116,300.12
			Concreto Verticales	m3	2,132.15	43.18	34.35	92,066.24	73,235.33	18,830.90	
			Concreto Horizontales	m3	1,601.68	42.17	31.20	67,542.85	49,978.17	17,564.68	
			Encofrado Verticales	m2	20,302.20	55.38	56.24	1,124,335.84	1,141,825.94	- 17,490.10	
			Encofrado Horizontales	m2	13,476.07	42.17	37.49	568,285.87	505,265.03	63,020.84	
		Materiales	Acero	kg	288,940.99	5%	3.37%	33,950.57	22,882.68	11,067.88	
			Concreto	m3	3,733.83	5%	4.36%	50,613.93	44,135.35	6,478.58	

Tabla N° 46. Cuadro resumen de márgenes proyectados hacia otros proyectos.

# CONCLUSIONES

- La herramienta ISP proporciona la información de medición necesaria para evaluar la productividad de las distintas actividades; dependiendo la necesidad, se puede detallar más el control para la obtención de ratios específicos, ya sea por niveles, alturas, elementos o sectores según sea requerido. Una vez identificadas las actividades de bajo rendimiento el uso de Cartas Balance es primordial para identificar las deficiencias y causas de la baja producción de las cuadrillas de trabajo. A su vez, la programación conjunta y el análisis de restricciones son fundamentales para llevar a cabo una programación más confiable que permita reducir los porcentajes de no cumplimiento del PPC para garantizar de los objetivos de avance requeridos.
- La capacitación constante y principalmente al inicio del proyecto contribuye enormemente a superar los problemas del inicio de la curva de aprendizaje y de contar en ocasiones con personal no idóneo o poco capacitado para las actividades requeridas; además del uso de la tecnología bien aplicada como un facilitador a la hora de la búsqueda de solución de problemas, una vez identificadas las causas de desperdicios es importante buscar una solución adecuada y tecnológica que permita la mitigación o eliminación de la causa encontrada. El control de plazos y control de costos con mediciones más detalladas contribuirá a localización de pérdidas para minimizar las mismas (el control que se haga en campo sobre el personal obrero influye en la disminución de los tiempos no contributivos ya que el sólo hecho de estar siendo observados contribuye a la reducción de tiempos ociosos). También debe haber un cambio en el mejoramiento de los procesos, incluyendo el diseño, el abastecimiento y posterior operación ya sea en la construcción y/o producción de materias.
- De acuerdo a los resultados obtenidos, se aprecia que con la utilización del Last Planner System se obtienen resultados beneficiosos para proyecto si lo comparamos

con el no uso del Last Planner en el proyecto, esto se ve reflejado en la mejora del porcentaje de plan cumplido (de 69% al inicio del estudio a un 84% al finalizar el mismo), y un margen neto resultante de 165,537.68, lo cual a su vez es resultante de la optimización en la utilización de la mano de obra y de materiales. Asimismo, Según la tendencia observada para el acero (material) y encofrado de verticales (mano de obra), daba a indicar que haber tenido mayor metrado por ejecutar la pérdida se habría llegado a eliminar por completo, por lo que para futuros proyectos, esta pérdida no debería presentarse de aplicar la gestión de desperdicios desde una etapa temprana del proyecto.

- La base para cualquier mejora en la gestión de cualquier proyecto es la medición, no se puede mejorar lo que no se puede medir; a partir de la medición se forma un punto de partida, se evalúa, se toman medidas correctivas y se sacan conclusiones que permitan mejorar los resultados obtenidos. El control que se realice estará limitado a la cantidad de gente y el tiempo que se dispone para realizar el llenado y análisis de las herramientas de gestión; sin embargo, dada la cantidad de dinero que se ahorra al reducir los desperdicios es justificable la contratación de más personal para llevar a cabo el seguimiento y control del proyecto.

# RECOMENDACIONES

- La gerencia y el directorio como parte central del eje de desarrollo de la empresa debe de contar con planes de implementaciones para el desarrollo de futuros proyectos generando un valor añadido para el cliente.
- Mejorar el sistema de contratación en el caso de un especialista para mejorar el desarrollo del lean construction, la contratación de un profesional específicamente encargado para la recolección de datos de campo.
- La implementación de cursos de liderazgo como parte de la formación, ya que esto permitirá realizar trabajo y/o proyectos con mejoras en la gestión de desperdicios.
- Mejorar la implementación del método de planificación, Last planner. Esta herramienta de gestión es una de las principales propuestas para el desarrollo de un buen desarrollo de proyecto de construcción.
- La motivación del personal es parte fundamental para el desarrollo de proyectos de construcción ya que el involucramiento directo de las personas hacen que el desarrollo de los proyectos sean más efectivos para ellos se plantea mejorar el plan de recursos humanos, capacitaciones e incentivos.
- Plan de implementación de nuevas tecnologías y sistemas de información, ya que en la actualidad no solo es ver los proyectos desde adentro como parte de ingresos de dinero sino también el mejorar para pensar en futuro, como parte de ellos se piensa en el mejoramiento de la implementación del sistema BIM – Modelamiento de información en la construcción que va de la mano con un buen sistema de mejoras como es el lean construction.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Serpol, A., & Verbal, R. (1990). Análisis de operaciones mediante Cartas Balance, N° 9, Diciembre, Chile.

Koskela, Lauri (1992) Application of the New Production Philosophy to Construction

Jay Heyzer / Barry Render 8va Edición (2008) Dirección de la producción y de operaciones Orihuela, Pablo y Estebes, Delfín. “Aplicación del método de la línea de balance a la planificación maestra”. 5to encuentro latinoamericano de gestión y economía de la construcción (ELAGEC). Cancún, México. 2013.

Guillermo Mejía Aguilar (2007). “Seguimiento de la Productividad en Obra: Técnicas de Medición de Rendimientos de Mano de Obra”. Escuela de Ingeniería Civil, Universidad Industrial de Santander, Colombia.

Botero Botero, Luis Fernando (2006.). “Construcción sin pérdidas, análisis de procesos y filosofía lean construction”. Segunda edición, Colombia: Editorial Legis.

McGraw Hill Construction (2013). Lean Construction: Leveraging collaboration and advanced practices to Increase Project Efficiency Bedford, MA 60pp

Guio, V. (2001). Productividad en Obras de Construcción: Diagnostico y Critica. Lima.

X. Brioso, "Gestión de Seguridad en Proyectos de Construcción según la Extensión del PMBOK® Guide del PMI. Caso Español", en: Project Management Institute, PMI Global Congreso 2005 - Latin America, (2005), Ciudad de Panamá (Panamá)

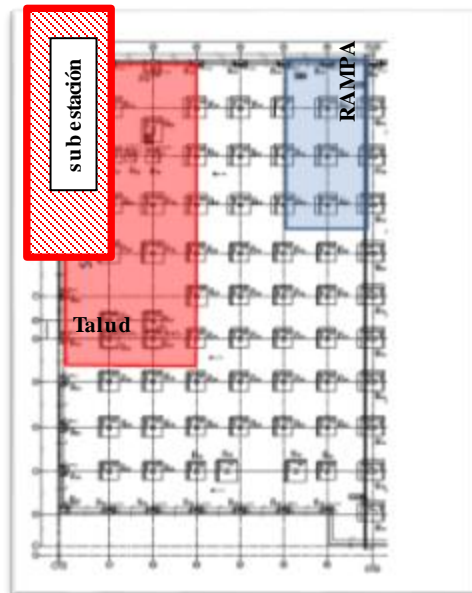
Ronald Mccaffer (2000) ARTICLE Developing project management competency: Perspectives from the construction industry



Luis Felipe Martínez C. "Programas de mejoramiento de la productividad para obras de construcción". Revista de Ingeniería de Construcción, N°5, Julio - Diciembre 1988.

# ANEXOS

## Anexo I: Panel Fotográfico



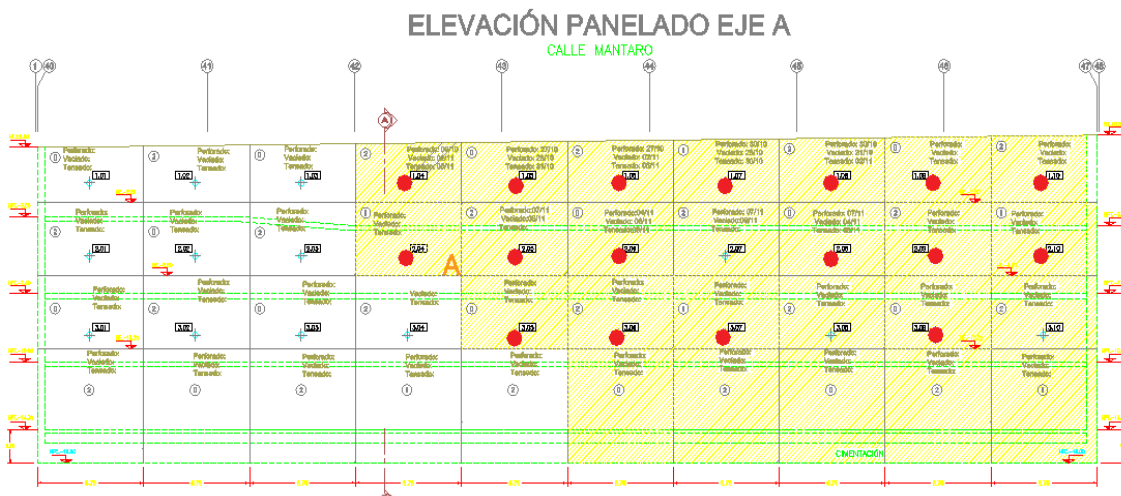
Excavación Masiva- Planta



La zona de rampa ya fue terminada



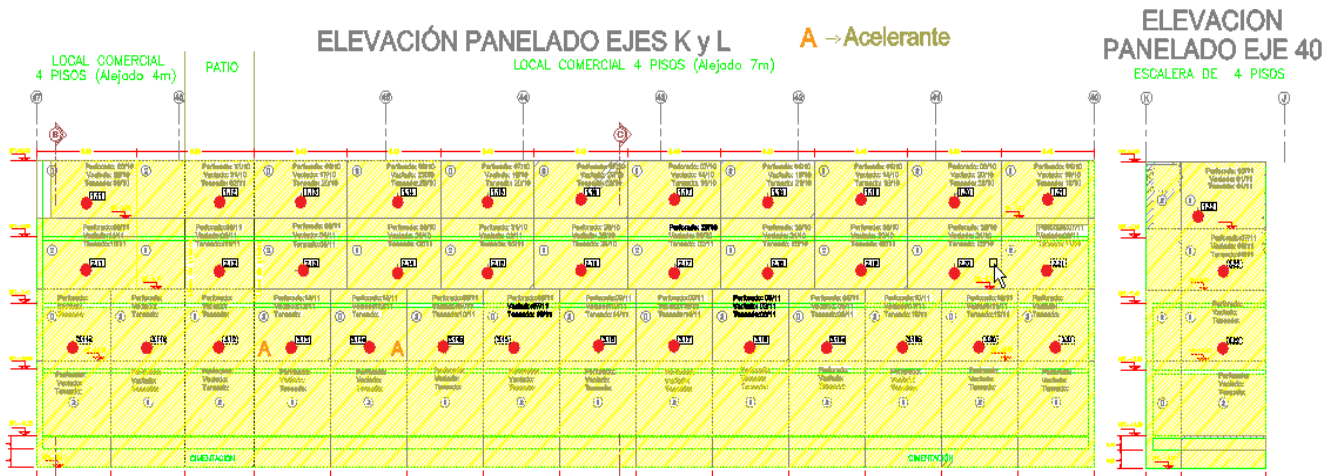
Muro anclado eje A.



Panelado de vaciados de concreto realizados, eje A



Eje A; Trabajos bajos de limpieza de muro.



Trabajo de Muro anclado eje K



Muro anclado eje K



Trabajos en interior del proyecto





Vista aérea del área del proyecto





Volumen de excavación de Sub estación eléctrica, interferencia en Obra de eje A-F/40-43



Sub Estación eléctrica, edificación pendiente a demoler.





Área Superior y Exteriores

## **Anexo II: Planos**