

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA
FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERÍA CIVIL Y DEL
AMBIENTE
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**OPTIMIZACIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD EN LA PRODUCCIÓN DE
ELEMENTOS PREFABRICADOS EN UNA PLANTA DE CONCRETO
APLICANDO CONCEPTOS DE LA FILOSOFÍA LEAN CONSTRUCTION
EN LA CONSTRUCCIÓN DE UN PUENTE EN EL TERMINAL
PORTUARIO DEL SUR EN LA PROVINCIA DE ISLAY – MATARANI**

Tesis para optar por el título de Ingeniero Civil que presenta la Bachiller:

JOSELINE PAOLA INFANTES RODRÍGUEZ

AREQUIPA – PERÚ

2015

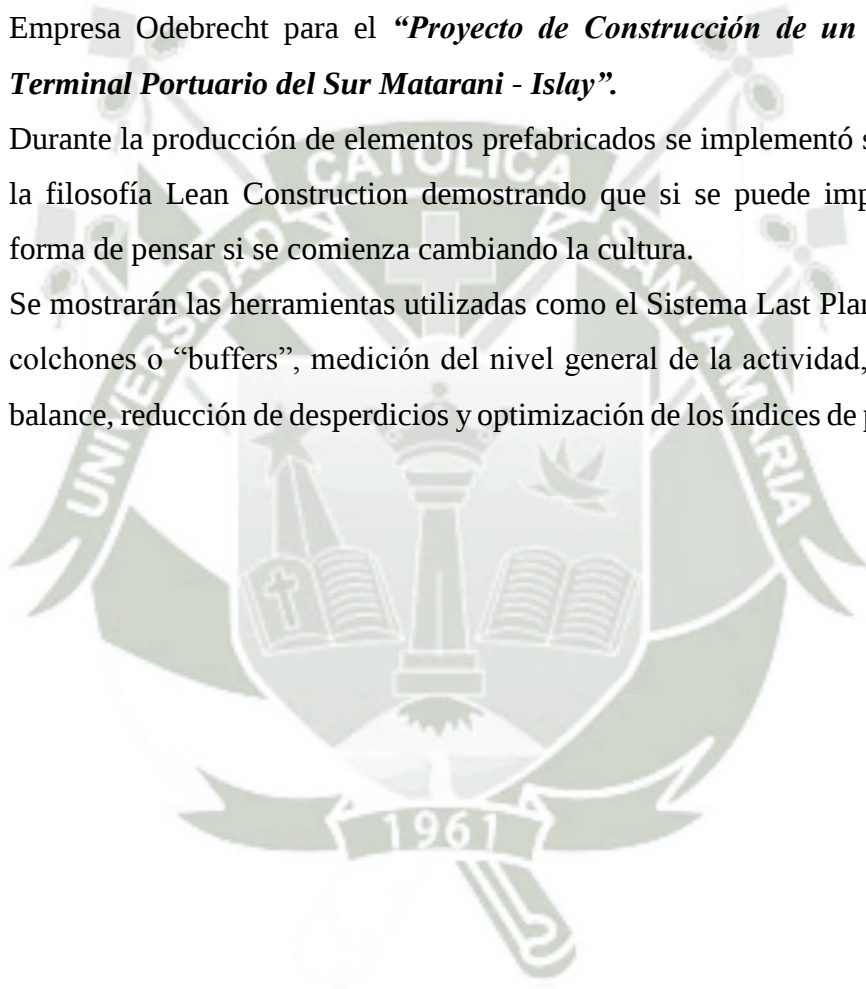
RESUMEN

Los desperdicios de concreto, trabajos rehechos, técnicas poco eficientes, procedimientos constructivos equivocados, no contar con el debido conocimiento de las propiedades del concreto tienen un efecto negativo en la productividad y por ende en los resultados operativos y económicos en la fabricación de prefabricados.

Esta investigación se centra en la planta de prefabricadas implementada por la Empresa Odebrecht para el ***“Proyecto de Construcción de un Puente en el Terminal Portuario del Sur Matarani - Islay”***.

Durante la producción de elementos prefabricados se implementó sucesivamente la filosofía Lean Construction demostrando que si se puede implementar esta forma de pensar si se comienza cambiando la cultura.

Se mostrarán las herramientas utilizadas como el Sistema Last Planner, el uso de colchones o “buffers”, medición del nivel general de la actividad, uso de cartas balance, reducción de desperdicios y optimización de los índices de productividad.



AGRADECIMIENTO:

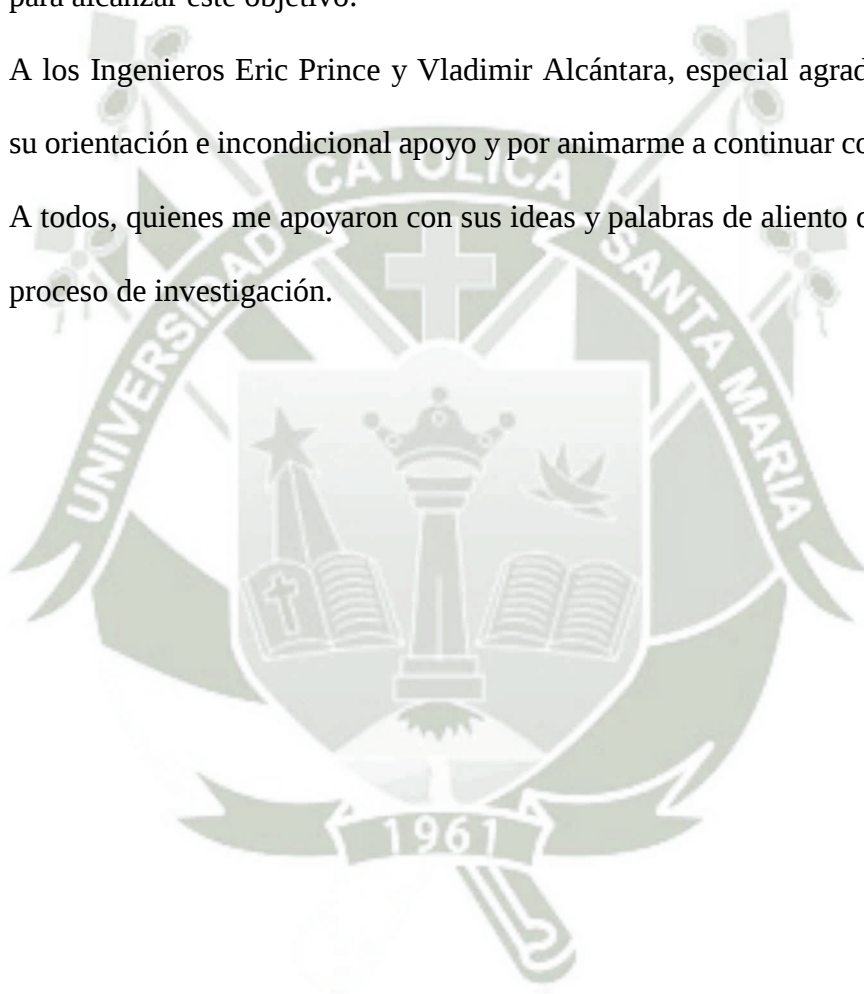
Primeramente a Dios y a la Virgen María, por la vida y mi familia.

A mis queridos padres Rubén y Angélica, quienes con sus sabios consejos y esfuerzos me han enseñado que con sacrificio y dedicación se llega al éxito.

A mi hermana Nicola, quien siempre estuvo apoyándome incondicionalmente para alcanzar este objetivo.

A los Ingenieros Eric Prince y Vladimir Alcántara, especial agradecimiento por su orientación e incondicional apoyo y por animarme a continuar con este trabajo.

A todos, quienes me apoyaron con sus ideas y palabras de aliento durante todo el proceso de investigación.



ÍNDICE

RESUMEN	2
AGRADECIMIENTO:	3
ÍNDICE	4
LISTA DE FIGURAS	8
LISTA DE TABLAS	10
1. CAPITULO I: GENERALIDADES.....	11
1.1 PROBLEMA.....	11
1.2 PROBLEMÁTICA	11
1.3 OBJETIVOS	13
1.3.1 OBJETIVO GENERAL	13
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
1.4 JUSTIFICACIÓN	14
1.5 ALCANCES	14
1.6 METODOLOGÍA	15
1.7 HIPÓTESIS	16
1.8 VARIABLES	16
1.9 ANTECEDENTES	17
2. CAPITULO II: MARCO CONCEPTUAL	21
2.1 DEFINICIONES BÁSICAS	21
2.2 PRODUCTIVIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN	22
2.2.1 CONCEPTO DE PRODUCTIVIDAD	22
2.2.2 FACTORES QUE AFECTAN LA PRODUCTIVIDAD	24
2.2.3 DIAGNÓSTICO DE LA PRODUCTIVIDAD	30
2.3 LEAN CONSTRUCTION	31

2.3.1	MODELO DE CONVERSIÓN DE PROCESOS (PRODUCCIÓN TRADICIONAL)	31
2.3.2	MODELO DE FLUJO DE PROCESOS (PRODUCCIÓN LEAN).....	32
2.3.3	ORIGEN	32
2.3.4	CONCEPTO	33
2.3.5	OBJETO DE LEAN CONSTRUCTION	34
2.3.6	ETAPAS DE LEAN CONSTRUCTION	35
2.3.7	NIVELES DE LEAN CONSTRUCTION.....	35
2.3.8	LOS 11 PRINCIPIOS FUNDAMENTALES DEL LEAN CONSTRUCTION 36	
2.3.9	CARACTERÍSTICAS DEL LEAN CONSTRUCTION	36
2.3.10	DESPERDICIOS	37
2.3.11	PRINCIPALES CAUSAS DE LOS DESPERDICIOS DEL CONCRETO..	38
2.4	LAST PLANNER SYSTEM	40
2.4.1	SISTEMA DE MEJORAMIENTO DE LA PRODUCTIVIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN.....	41
3.	CAPITULO III: IMPLEMENTACIÓN DE LA PLANTA DE PREFABRICADOS	48
3.1	CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO	48
3.1.1	UBICACIÓN	48
3.1.2	DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	50
3.2	FABRICACIÓN DE ELEMENTOS PREFABRICADOS.....	53
3.2.1	HABILITACIÓN Y ARMADO DE MALLA DE ACERO	53
3.2.2	COLOCACIÓN DEL ENCOFRADO:.....	55
3.2.3	COLOCACIÓN DEL CONCRETO.....	57
3.2.4	CURADO	58
3.2.5	DESENCOFRADO, IZAJE Y ALMACENAMIENTO DE PREFABRICADOS	59
3.2.6	PLAZO DE EJECUCIÓN	64
3.2.7	ACTIVIDADES DE MAYOR INCIDENCIA.....	64
3.3	PRESUPUESTO DE LA OBRA	67

3.4	IMPLEMENTACIÓN DEL LAST PLANNER	69
3.4.1	REUNIÓN DE CONOCIMIENTO DEL GRUPO DE TRABAJO	69
3.4.2	PROGRAMA MAESTRO	70
3.4.3	LOOK AHEAD	70
3.4.4	REVISIÓN DE LA PLANIFICACIÓN INTERMEDIA	73
3.4.5	PLANIFICACIÓN SEMANAL	73
3.4.6	DURACIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN	77
4.	CAPITULO IV. RESULTADOS DE LA IMPLEMENTACIÓN.....	78
4.1	MEJORAS EN EL PORCENTAJE DE ACTIVIDADES COMPLETADAS (P.A.C.)	78
4.2	CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO (C.N.C.)	82
4.3	DESPERDICIO DE CONCRETO.....	83
4.4	LA PRODUCTIVIDAD	86
4.5	MEJORAS DE LOS RATIOS DE PRODUCTIVIDAD.....	98
4.6	PROPUESTAS DE MEJORAS IMPLEMENTADAS.....	101
4.6.1	LAST PLANNER.....	101
4.6.2	JUICIO EXPERTO	101
4.6.3	OPTIMIZAR EL USO DE RECURSOS	102
4.6.4	DESPERDICIOS	112
4.7	EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS A PARTIR DE LA APLICACIÓN DE LAS PROPUESTAS DE MEJORA	113
4.8	LECCIONES APRENDIDAS	120
4.8.1	ENFOCARSE EN EL FLUJO NO EN EL PROCESO.....	120
4.8.2	IDENTIFICAR LAS RESTRICCIONES DEL FLUJO DE PRODUCCIÓN 120	
4.8.3	SISTEMA DE PRODUCCIÓN TIPO PUSH VS PULL	121
4.8.4	EL OBJETIVO DE TODA EMPRESA ES GENERAR UTILIDADES NO MEJORAR SUS EFICIENCIAS	122
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	122

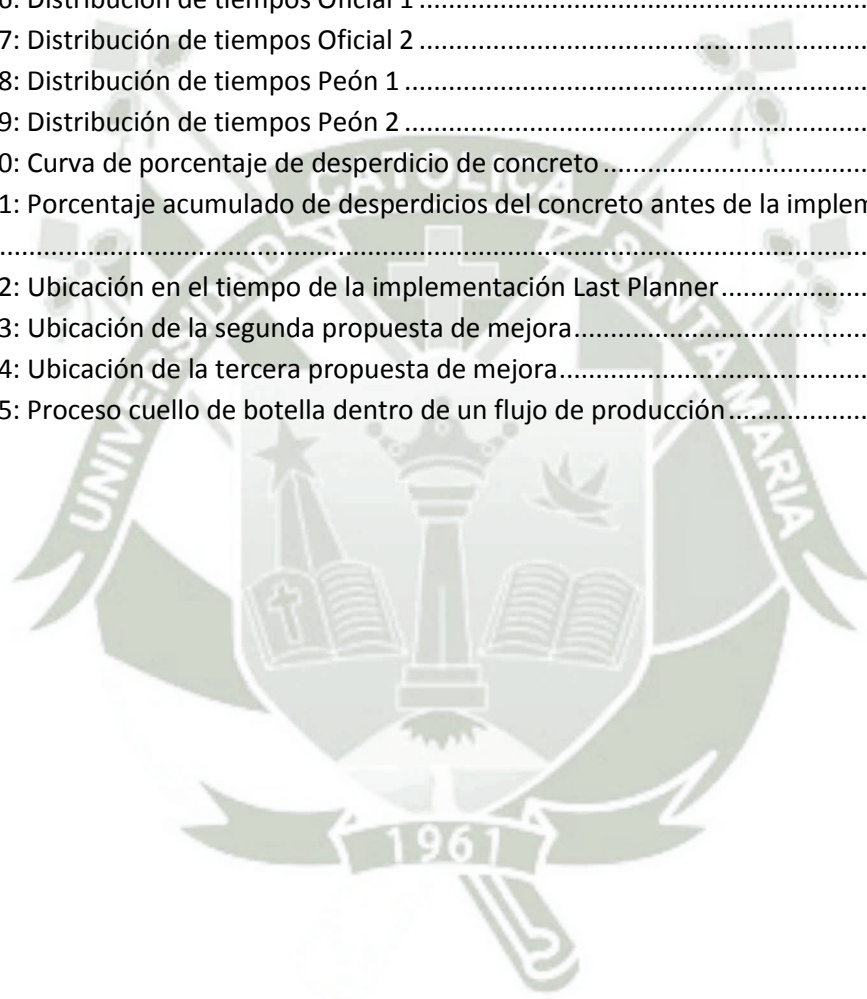
5.1	CONCLUSIONES	122
5.2	RECOMENDACIONES.....	126
6.	BIBLIOGRAFÍA.....	128



LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1: Los 07 tipos de desperdicios de Toyota	17
Figura 2.1: Factores que afectan negativamente la productividad	26
Figura 2.2: Ciclo de mejoramiento de la productividad.....	28
Figura 2.3: Esquema para la medición de la productividad en obras de construcción	29
Figura 2.4: Procesos clásicos de conversión de una entrada en una salida.....	31
Figura 2.5: Niveles del Lean Construction.....	35
Figura 2.6: Modelo de programación semanal.....	44
Figura 2.7: Resumen sistema “Ultimo Planificador”	46
Figura 3.1: Ubicación del muelle (Google Earth, 2013).....	48
Figura 3.2: Micro Localización del Proyecto.....	49
Figura 3.3: Macro Localización del Proyecto.....	49
Figura 3.4: Planta general del puente y muelle (Proyecto Matarani, 2013).....	50
Figura 3.5: Planta General del Puente de acceso (Proyecto Matarani, 2013)	51
Figura 3.6: Planta General del Muelle (Proyecto Matarani 2013)	52
Figura 3.7: Inicio de puente de acceso al proyecto Matarrani.....	53
Figura 3.8: Armado de mallas de acero.....	54
Figura 3.9: Aplicación de desmoldante	54
Figura 3.10: Izaje de malla de acero.....	55
Figura 3.11: Encofrado prefabricado.....	55
Figura 3.12: Encofrado prefabricado tipo Pi	56
Figura 3.13: Encofrado interior con malla gallinero.....	56
Figura 3.14: Colocación de concreto	57
Figura 3.15: Lavado de superficie de concreto	58
Figura 3.16: Curado de prefabricado	58
Figura 3.17: Identificación prefabricado	59
Figura 3.18: Cajuela parte inferior molde encofrado.....	60
Figura 3.19: Gata usada en prefabricado tipo PI.....	60
Figura 3.20: Izaje de prefabricado.....	61
Figura 3.21: Almacenamiento de prefabricados.....	61
Figura 3.22: Prefabricados tipo U del puente de acceso	62
Figura 3.23: Prefabricado Tipo U (Proyecto Matarani, 2013)	63
Figura 3.24: Prefabricado tipo PI (Proyecto Matarani, 2013)	63
Figura 3.25: Etapas de vaciado (Proyecto Matarani, 2013)	64
Figura 3.26: Diagrama de Pareto de Ciclo de Actividades.....	66
Figura 3.27: Diagrama de Pareto de partidas de la Planta de Prefabricados	68
Figura 4.1: Evolución del % de cumplimiento semanal.....	81
Figura 4.2: Prefabricado tipo U (Proyecto Matarani, 2013).....	84
Figura 4.3: Prefabricado tipo PI (Proyecto Matarani 2013)	84
Figura 4.4: Evolucion del % de desperdicio de concreto.....	85
Figura 4.5: Clasificación de actividades asociadas al vaciado de concreto	87

Figura 4.6: Distribución del trabajo para el Capatáz	90
Figura 4.7: Distribución del trabajo para el Operario	90
Figura 4.8: Distribución del trabajo para el Oficial 01.....	91
Figura 4.9: Distribución del trabajo para el Oficial 02.....	91
Figura 4.10: Distribución del trabajo para el Peón 1.....	91
Figura 4.11: Distribución del trabajo para el Peón 2.....	92
Figura 4.12: Distribución del trabajo para el Peón 3.....	92
Figura 4.13: Distribución de tiempos durante vaciado de prefabricados.....	104
Figura 4.14: Distribución de tiempos de Capataz	104
Figura 4.15: Distribución de tiempos Operario.....	105
Figura 4.16: Distribución de tiempos Oficial 1	105
Figura 4.17: Distribución de tiempos Oficial 2	106
Figura 4.18: Distribución de tiempos Peón 1	106
Figura 4.19: Distribución de tiempos Peón 2	106
Figura 4.20: Curva de porcentaje de desperdicio de concreto	112
Figura 4.21: Porcentaje acumulado de desperdicios del concreto antes de la implementación Last Planner	113
Figura 4.22: Ubicación en el tiempo de la implementación Last Planner.....	114
Figura 4.23: Ubicación de la segunda propuesta de mejora.....	115
Figura 4.24: Ubicación de la tercera propuesta de mejora.....	116
Figura 4.25: Proceso cuello de botella dentro de un flujo de producción.....	121



LISTA DE TABLAS

Tabla 1.1. Los tres niveles de desperdicios	18
Tabla 1.2: Incidencia de costo por rubros de un presupuesto de obra	20
Tabla 3.1: Actividades de producción de prefabricados	65
Tabla 3.2: Presupuesto de Obra	67
Tabla 3.3: Look Ahead por tres semanas	72
Tabla 3.4: Formato de la planilla para la medición del P.A.C.....	74
Tabla 4.1: Ejemplo de medición del P.A.C.....	79
Tabla 4.2: Causas de incumplimiento mas incidentes	80
Tabla 4.3: Evolución del % de cumplimiento semanal.....	81
Tabla 4.4: Porcentaje acumulado de desperdicios del concreto en la última semana de producción de prefabricados	85
Tabla 4.5: Detalle de la Carta Balance.....	88
Tabla 4.6: Distribución de tiempo y % de participación.....	89
Tabla 4.7: Diagrama de Pareto - Tiempo no Contributorio.....	89
Tabla 4.8: Indices de productividad antes de implementación Last Planner.....	99
Tabla 4.9: Indicadores al inicio de producción de prefabricados.....	117
Tabla 4.10: Indicadores al final de la producción de prefabricados	117
Tabla 4.11: Ahorro en Gastos Generales por reducción de plazo.....	118
Tabla 4.12: Ahorro en costo directo por productividad.....	119

CAPITULO I: GENERALIDADES

1.1 PROBLEMA

La baja productividad en la producción de prefabricados de Concreto en la Planta implementada por la empresa constructora Odebrecht, para la fabricación de prefabricados los que serán usados para el “***Proyecto de Construcción de un Puente en el Terminal Portuario del Sur Matarani - Islay***”.

1.2 PROBLEMÁTICA

Un elemento prefabricado es una pieza estructural de concreto armado que en su mayoría es elaborada en una planta o sitio de grandes dimensiones y son elaborados a base de cemento, agua y agregados. Puede llevar aditivos y acero de presfuerzo, su forma, sensiblemente ortoédrica, facilita su construcción en serie debido a la producción tipo industrializada, ya que se generan grandes moldes para su elaboración y por esta característica pueden fabricarse más fácilmente, en costo y tiempo representa un gran avance en comparación con los métodos tradicionales y cumple con estándares de calidad muy estrictos debido a la calidad en sus materiales y su sistema constructivo.

Adicional a esto hay prefabricados manuales, que se hace en grandes cantidades en plantas establecidas en obra.

El principal problema de estas plantas son las pérdidas que se generan si no se controlan los procesos y se garantiza la continuidad del flujo de producción. Como parte de la presente tesis se ha analizado dichos problemas en la planta prefabricada implementada por la empresa Odebrecht para el “***Proyecto de Construcción de un Puente en el Terminal Portuario del Sur Matarani - Islay***”, donde se pudo observar lo siguiente:

Al arranque del proyecto se restó importancia a la planificación de la obra, las actividades y la producción de prefabricados estaban siendo ejecutados según su demanda o lo requerido por el proyecto, sistema de producción “Push”. Debido a que la producción de prefabricados no estaba vinculado a una programación semanal, no se pudo tener un control de las actividades que se venían ejecutando, no se habían establecido métricas o ratios para controlar la producción como el Índice de Productividad de Mano de Obra, ratios de desperdicio de acero, concreto

y debido a ello no se lograba analizar el cumplimiento semanal en busca de la mejora continua.

Esto implicaba pérdidas económicas para el contratista que en su momento no fueron cuantificadas, pero al transcurrir la obra, se iban dando a conocer las improductividades y la falta de control de obra, lo cual motivó la implementación de un sistema que permita ser más eficientes en los procesos de prefabricación, a través de la filosofía de Lean Construction.

La Filosofía Lean Construction es la producción compuesta de Flujos y Conversiones para un determinado producto. Esta filosofía está basada en el tiempo como parámetro de control. Se enfoca en la optimización de las operaciones productivas de manera coordinada teniendo siempre un enfoque hacia la eliminación de pérdidas y creación de valor hacia el cliente, se entiende que en todos los sistemas industriales de producción existen conversiones de flujos y que para el análisis se parte del concepto de que toda actividad consume costo y tiempo. Solo las actividades convertidas adicionan valor al material o insumo transformándolo en un producto. Adicionalmente a ello se considera el flujo del proceso no considerado en la administración tradicional de la obra.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

Optimizar las operaciones productivas de la planta de prefabricados de concreto implementado en el ***“Proyecto de Construcción de un Puente en el Terminal Portuario del Sur Matarani - Islay”***.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Demostrar analítica y cuantitativamente que con la correcta aplicación de la Filosofía Lean Construction, sus herramientas y sus metodologías de gestión (Last Planner), se pueden reducir costos y el plazo de obra partiendo de una toma de decisiones en base al seguimiento diario para la mejora de la productividad.
- ✓ Evaluar las ventajas del uso de los Índices de Productividad (IP) para llevar un control constante en obra del uso de recursos asociados a la producción (Mano de Obra) y como estos nos permiten tomar decisiones oportunas buscando optimizar nuestros procesos y el uso de recursos.
- ✓ Demostrar como el uso y análisis de Cartas Balance plantean soluciones claras y directas para la mejora de la productividad y optimizar el uso de recursos.

1.4 JUSTIFICACIÓN

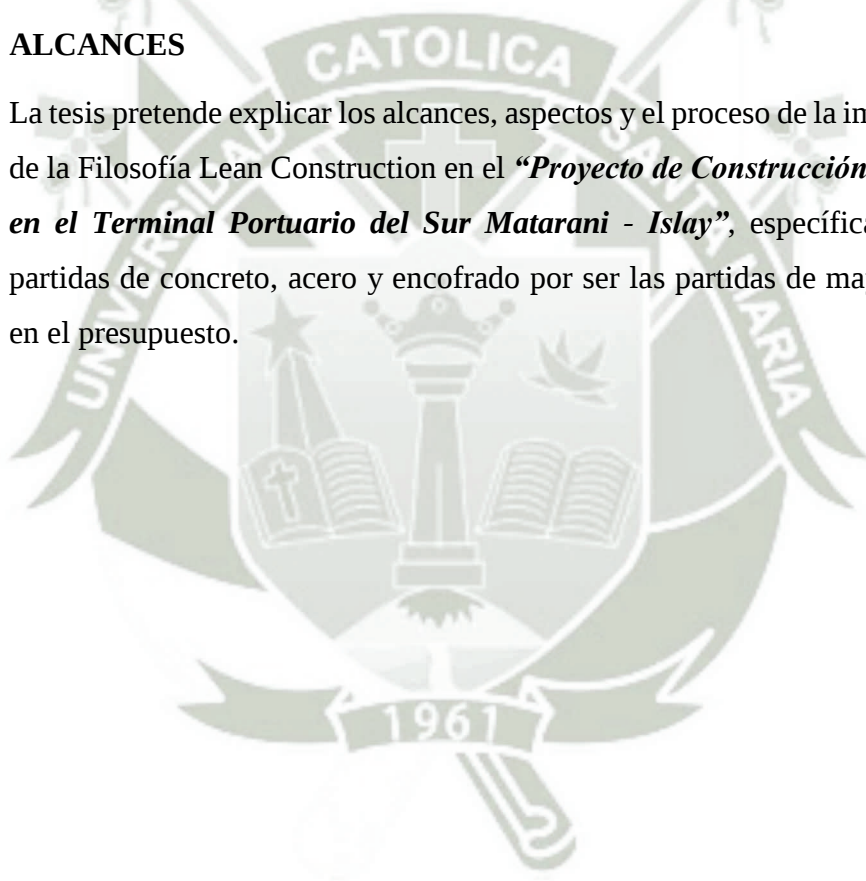
Si no se controlan los recursos en un proyecto de construcción, se puede llegar a tener pérdidas de hasta el 30% del costo de la obra. (José Díaz, 2013)

La finalidad de esta tesis es demostrar que se puede incrementar la productividad, eficiencia, y reducir las pérdidas en la producción de prefabricados; aplicando la Filosofía Lean Construction como una forma de trabajo.

Esto puede servir para muchas empresas que buscan mejorar su productividad, reducir desperdicios y tener rendimientos más óptimos para obtener un impacto final en el aumento de las ganancias o utilidades en la realización de sus actividades, que es el objetivo final de todas las empresas.

1.5 ALCANCES

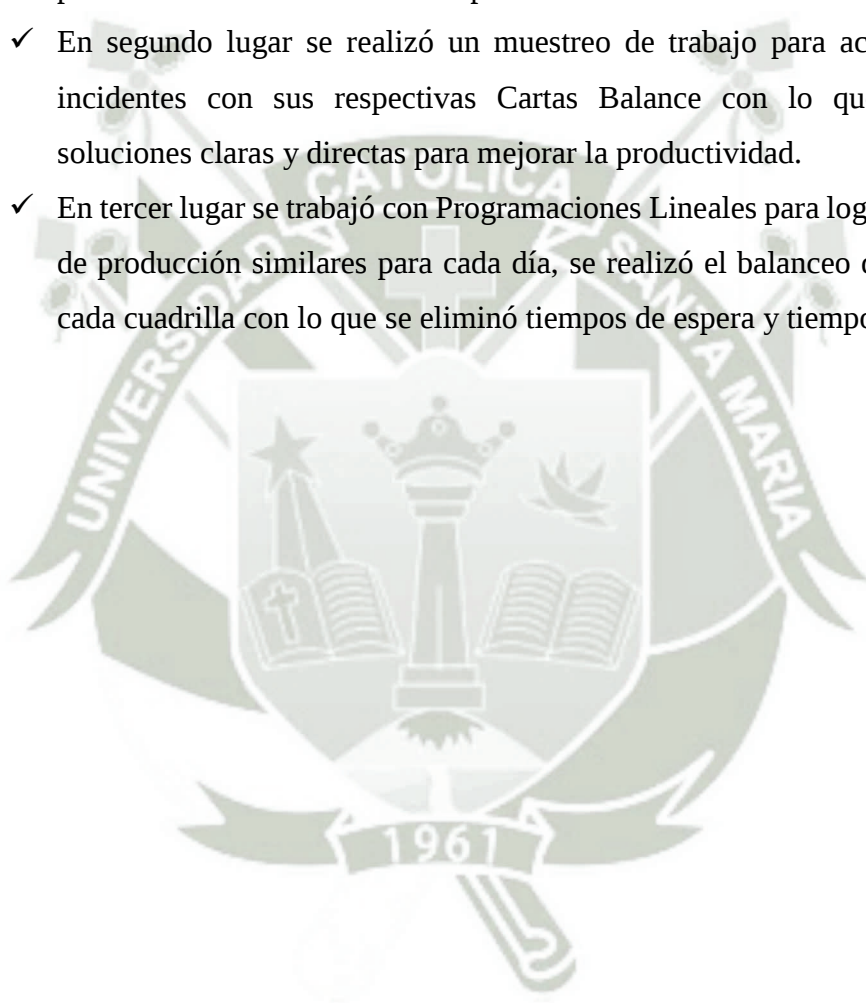
La tesis pretende explicar los alcances, aspectos y el proceso de la implementación de la Filosofía Lean Construction en el ***“Proyecto de Construcción de un Puente en el Terminal Portuario del Sur Matarani - Islay”***, específicamente en las partidas de concreto, acero y encofrado por ser las partidas de mayor incidencia en el presupuesto.



1.6 METODOLOGÍA

Para lograr los objetivos indicados, se ha desarrollado las siguientes tareas:

- ✓ En primer lugar se tomaron mediciones de rendimientos reales de todas las actividades en la producción de los elementos prefabricados en el formato llamado I.S.P. (Informe Semanal de Producción).
- ✓ Con los rendimientos del I.S.P. se hizo una gráfica que muestre los rendimientos día a día (Curva de Productividad) con lo cual se estimó la producción de las cuadrillas del personal obrero.
- ✓ En segundo lugar se realizó un muestreo de trabajo para actividades más incidentes con sus respectivas Cartas Balance con lo que se propuso soluciones claras y directas para mejorar la productividad.
- ✓ En tercer lugar se trabajó con Programaciones Lineales para lograr volúmenes de producción similares para cada día, se realizó el balanceo de recursos en cada cuadrilla con lo que se eliminó tiempos de espera y tiempos muertos.



1.7 HIPÓTESIS

Con la implementación de Lean Construction se mejoró la productividad en la producción de prefabricadas de concreto en la planta implementada por la empresa Odebrecht en el *“Proyecto de Construcción de un Puente en el Terminal Portuario del Sur Matarani - Islay”*.

1.8 VARIABLES

Variables independientes

- ✓ Elementos prefabricados de concreto.

Variables Dependientes

- ✓ Tiempo productivo
- ✓ Tiempo contributorio
- ✓ Tiempo no contributorio
- ✓ Rendimientos de productividad

1.9 ANTECEDENTES

La prefabricación es un método industrial de producción de elementos o partes de una construcción en planta o fábrica y su posterior instalación o montaje en la obra. Esta técnica, que ha tenido un enorme desarrollo a nivel mundial, presenta claras ventajas cuando se requiere utilizar elementos repetitivos e industrializar las faenas de construcción y mejorar su productividad.

De acuerdo a estadísticas del mercado, las empresas dedicadas al rubro de producción de elementos prefabricados de concreto generan una reducida confiabilidad en torno al cumplimiento de las especificaciones técnicas del cliente (calidad) y el suministro oportuno de los requerimientos de los frentes de trabajo por la elevada demanda de los elementos prefabricados en el proyecto en ejecución.

En el estudio práctico de control de desperdicios de materiales en la construcción, el objetivo primordial del Lean es minimizar el desperdicio. Muda (palabra japonesa cuyo significado es desperdicio), es todo aquello que no agrega valor y por lo cual el cliente no está dispuesto a pagar.

A continuación serán mencionados brevemente y detallados:



Figura 1.1: Los 07 tipos de desperdicios de Toyota

Fuente: Guía de Lean Manufacturing

Dentro de estas categorías, existen muchos otros tipos de desperdicios más específicos. Para definir desperdicio y entender como asignarlo, es de gran ayuda pensar en tres niveles. El nivel uno es para los grandes desperdicios. Los de este nivel son relativamente fáciles de ver y trabajar con ellos puede generar un gran impacto.

El nivel dos es sobre los desperdicios de procesos y métodos; y en el nivel tres, están los desperdicios menores dentro del proceso.

Quitando los grandes desperdicios, se logra exponer y llegar a los demás tipos:

NIVEL UNO GRANDES DESPERDICIOS	NIVEL DOS DESPERDICIOS DE PROCESOS Y MÉTODOS	NIVEL TRES DESPERDICIOS MENORES EN LOS PROCESOS
- Pobre layouts de planta	- Pobre diseño del lugar de trabajo	- Doble manejo
- Rechazos	- Falta de mantenimiento	- Caminar en exceso
- Re trabajo	- Almacenes temporales.	- Producir para almacenar
- Producto dañado	- Problemas con los equipos.	- Trabajo en papel
- Tamaño del contenedor	- Métodos inseguros.	- Velocidad de producción y alimentación de materiales
- Tamaño del lote		
- Pobre iluminación		
- Equipo sucio		
-El material no se entrega en los puntos que se requiere		

Tabla 1.1. Los tres niveles de desperdicios

Fuente: Guía de Lean Manufacturing

Se han desarrollado estudios generales del efecto que tienen los desperdicios en las obras de construcción, tomando en cuenta el cubicaje de desmonte en obra comparado con el m² de área techada, Galarza (2011). Por otro lado se han realizado investigaciones sobre monitoreo y control de desperdicios, Naupari (2008), donde este último elaboró una investigación en un proyecto de edificación de 17 pisos en Lima, específicamente en controles de desperdicios y su relación con los indicadores de calidad.

Ambos trabajos concluyen en que los desperdicios tienen efectos negativos en la productividad y en el control de costos, además promueven una planificación más responsable y compromiso por los miembros del equipo, ya sean indirectos o ejecutores directos.

Galarza (2011) concluye en su proyecto de tesis, que existe una relación directa e indirecta en la productividad de las cuadrillas con los desperdicios de albañilería, tarrajeo y en general con cualquier etapa constructiva.

El efecto más importante en dichos estudios es el económico, según Galarza, entre los materiales de mayor valor económico en sus proyectos de estudio, se encuentran el concreto y el acero. Según las mediciones presentadas en una obra sin sistema de gestión de calidad, solo en sótanos se han cuantificado un 37% de desperdicio o un equivalente a 183 m³, si se estima un P.U. promedio de 250 soles (concreto premezclado) las pérdidas se traducen a S/. 45,750.00 soles.

INCIDENCIA DE COSTOS de la Construcción

Durante los últimos años, el aumento de la actividad en el sector construcción ha propiciado la aparición de nuevas empresas constructoras tanto nacionales como extranjeras, frente a este incremento de la competencia, los contratistas deberían buscar disminuir sus costos de operación así como el abaratamiento de sus procesos constructivos para así volverse más competitivas en el mercado. Una de las maneras de conseguir este objetivo es mejorar la productividad de las partidas que tienen un mayor impacto en el costo final del proyecto.

En nuestro país se han estudiado y difundido muchas herramientas que tienen como finalidad medir, controlar y evaluar la productividad de la mano de obra (informes de productividad, cartas balance, niveles generales de actividad, etc.), Del mismo modo se han realizado investigaciones y diagnósticos sobre el tema, sin embargo, existe poca información disponible en nuestro medio sobre el control de los materiales, pese a que representan una parte importante del costo directo de las obras como lo muestra el siguiente cuadro:

ESTRUCTURA DEL COSTO	% INCIDENCIA
Mano de Obra	22%
Materiales	28%
Equipos	22%
Subcontratas	16%
Costos Indirectos	12%
TOTAL	100%
GG Oficina Principal	5%
Utilidad Bruta	12%
Venta Total	117%

Tabla 1.2: Incidencia de costo por rubros de un presupuesto de obra
(Elaborado por Manuel Wu, 2007)

Este cuadro fue presentado en julio del año 2007 por Manuel Wu, encargado de compras de una de las empresas constructoras más reconocidas del país, durante la semana de Inducción #12 del programa de formación de ingenieros jóvenes. Se tomaron como referencia las obras ejecutadas por la empresa durante el 2007.

En él se aprecia que la principal incidencia en el valor final de las obras está dada por el costo de los materiales (28%), superando incluso a la mano de obra (22%). Es decir, los materiales como recurso, son igual y en muchas ocasiones más valiosos que la mano de obra por lo que es necesario mantener un control estricto sobre su uso en obra.

CAPITULO II: MARCO CONCEPTUAL

2.1 DEFINICIONES BÁSICAS

Es conveniente revisar los siguientes conceptos:

- ✓ **Productividad.-** Corresponde a la relación entre los insumos que entran a un sistema productivo y los productos que salen de un sistema, expresados preferentemente en términos físicos (mano de obra, materiales, equipos y otros).
- ✓ **Planificación.-** Acto de definir el criterio para generar las estrategias de producción así como las directivas para lograr que se cumplan con éxito dichos criterios.
- ✓ **Flujo de Trabajo.-** El movimiento de información y materiales a través de la red de unidades de producción.
- ✓ **Pérdidas.-** Es toda aquella actividad que tiene un costo, pero que no agrega valor al producto terminado.
- ✓ **Lean Construction (Construcción sin pérdidas).-** Es aquel tipo de producción cuyo manejo operacional apunta a la eliminación y/o reducción de pérdidas. Cuenta con una serie de herramientas de gestión de producción que le permiten reducir las pérdidas a niveles bastante bajos.
- ✓ **Tiempo o Trabajo Productivo (TP).-** Trabajo que aporta en forma directa a la producción, agrega valor al producto terminado.
- ✓ **Tiempo o Tiempo Contributorio (TC).-** Trabajo de apoyo, que debe ser realizado para que pueda ejecutarse el trabajo productivo. Actividad aparentemente necesaria, pero que no aporta valor. Es una pérdida de segunda categoría.
- ✓ **Tiempo o Tiempo no Contributorio (TNC).-** Cualquier actividad que no genera valor, y que caiga directamente en la categoría de pérdida, son actividades que no son necesarias, tiene un costo y no agregan valor.
- ✓ **Muestreo del Trabajo.-** Método de medición del nivel de actividad (Distribución de la utilización de tiempo), de un proyecto u operación. Técnica de muy bajo costo, alta precisión y gran efectividad para implementar procesos de cambio y mejoramiento de productividad.

- ✓ **Benchmarking.-** Se refiere a la comparación de nuestra performance actual contra la del líder del negocio de un área en particular. En esencia significa encontrar e implementar la mejor practica de nuestro campo.
- ✓ **Calidad.-** Medida de conformidad a las especificaciones. Esta aprobación atañe por un lado al cliente que quiere ver el proyecto terminado y funcionando y por otro, a las etapas productivas y todos los detalles involucrados en estas actividades.
- ✓ **Rentabilidad.-** Medida del atractivo financiero que tiene el proyecto, expresado en su capacidad de generar retornos por sobre la inversión o algún otro parámetro.
- ✓ **Innovación.-** Corresponde al proceso de adopción de productos, procesos o servicios por diversas razones.

2.2 PRODUCTIVIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN

2.2.1 CONCEPTO DE PRODUCTIVIDAD

En la industria de la construcción se ha rechazado muchas ideas del sector manufacturero, debido a que en la práctica la construcción un industria muy diferente a otros sectores, dado que cada proyecto de construcción representa una realidad distinta que tiene que ser diseñada, construida y operada de formas específicas de acuerdo a las condiciones de sitio, condiciones geológicas, entorno geográfico, clima, etc.

Todos los contratistas están de acuerdo que para ser competitivos se necesita producir más por cada sol o dólar gastado en la construcción.

Aunque todos estén de acuerdo con este concepto, muy pocos toman la acciones para implementarlo. Esto se demuestra con las estadísticas, que han confirmado que los trabajadores de construcción son improductivos en el 50% del tiempo empleado en obra.

Por ello en este capítulo nos referimos al estudio de la Productividad, así como las bases conceptuales para el análisis y la mejora de ésta.

La productividad puede ser analizada a nivel macroeconómico y a nivel microeconómico.

El primer nivel se ocupa de:

- Métodos de Contratación.
- Legislación del trabajo.
- Organizaciones laborales.

En el segundo nivel, nos enfrentamos con:

- La gestión y la operación de un Proyecto.

Como profesionales en la construcción nuestro interés se concentra sobre todo a nivel microeconómico, es decir, a la gestión y las operaciones del Proyecto.

Para mejorar la productividad; debemos ser capaces de medirla, una vez medidos los valores de la productividad de las actividades o procesos interesados, los comparamos con los valores usados en la preparación de la estimación base o con algunos estándares de producción y determinamos eventuales desviaciones.

Aunque no exista un estándar formal para la productividad, existen muchas fuentes de datos de productividad a las cuales se deben hacer referencia.

Entonces primeramente diremos que, Productividad es la relación entre lo producido y lo gastado en ello. Se expresa como:

$$Productividad = \frac{Cantidad\ Producida}{Recurso\ Empleado}$$

La productividad también puede definirse como una medida de eficiencia, entendiéndose como eficiencia a la cantidad de recurso consumido en (horas hombre, tiempo, horas – máquina, bolsas, unidades, etc.) para obtener algún resultado.

Un sistema o un proceso son más eficientes cuantos menos recursos consuma para obtener un resultado dado. Así, un indicador de productividad podría ser la cantidad de m² construido por S/. gastado, o el número de viviendas por la cantidad de dinero invertido para la construcción de esta vivienda.

En el lenguaje coloquial, en general se usan indistintamente las palabras Rendimiento y Productividad, sin embargo es importante aclarar que el Rendimiento es definido como la inversa de la Productividad es decir:

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Recurso Empleado}}{\text{Cantidad Producida}}$$

2.2.2 FACTORES QUE AFECTAN LA PRODUCTIVIDAD

2.2.2.1 FACTORES QUE TIENEN UN EFECTO NEGATIVO SOBRE LA PRODUCTIVIDAD

Hay muchos factores que afectan la productividad en la construcción, sin embargo, lo importante para el Administrador de Obra, es saber cuáles son los más negativos, para poder actuar sobre ellos y disminuir su efecto. La Figura 2.1 ilustra en forma gráfica esta situación, indicando solo algunos de los innumerables factores que afectan a la productividad en la construcción.

Es importante entonces, comprender que la Productividad es un problema extremadamente complejo, debido a la cantidad y a las características de los elementos que tienen relación con ella.

Los principales factores que afectan negativamente a la productividad son los siguientes:

1. Sobretiempo programado y/o fatiga.
2. Errores en planos y especificaciones.
3. Muchas modificaciones durante la ejecución del prefabricado.
4. Diseños muy complejos.
5. Diseños incompletos, atrasados.
6. Agrupamientos de los trabajadores en espacios reducidos.
7. Falta de supervisión del trabajo.
8. Reasignación de la mano de obra de tarea en tarea.
9. Ubicación inapropiada de los materiales.
10. Temperatura o clima adversos.
11. Mala o escasa iluminación de los frentes de trabajo.
12. Rotación alta de personal (Contrataciones y despidos).
13. Disponibilidad limitada de mano de obra adecuada y capacitada.
14. Composición y tamaño inadecuado de cuadrillas.

15. Exceso de tiempo en toma de decisiones.
16. Exigencia excesiva de control de calidad.
17. Interrupciones no controladas (ida a los servicios).
18. Horas del día y día de la semana, que provocan variaciones en el desempeño de las personas.

Los factores que afectan la Productividad se pueden agrupar en tres subconjuntos según Martínez y Alarcón (Martínez 1988), estos son:

- Ineficiencia.
- Baja moral de la mano de obra.
- Retrasos.



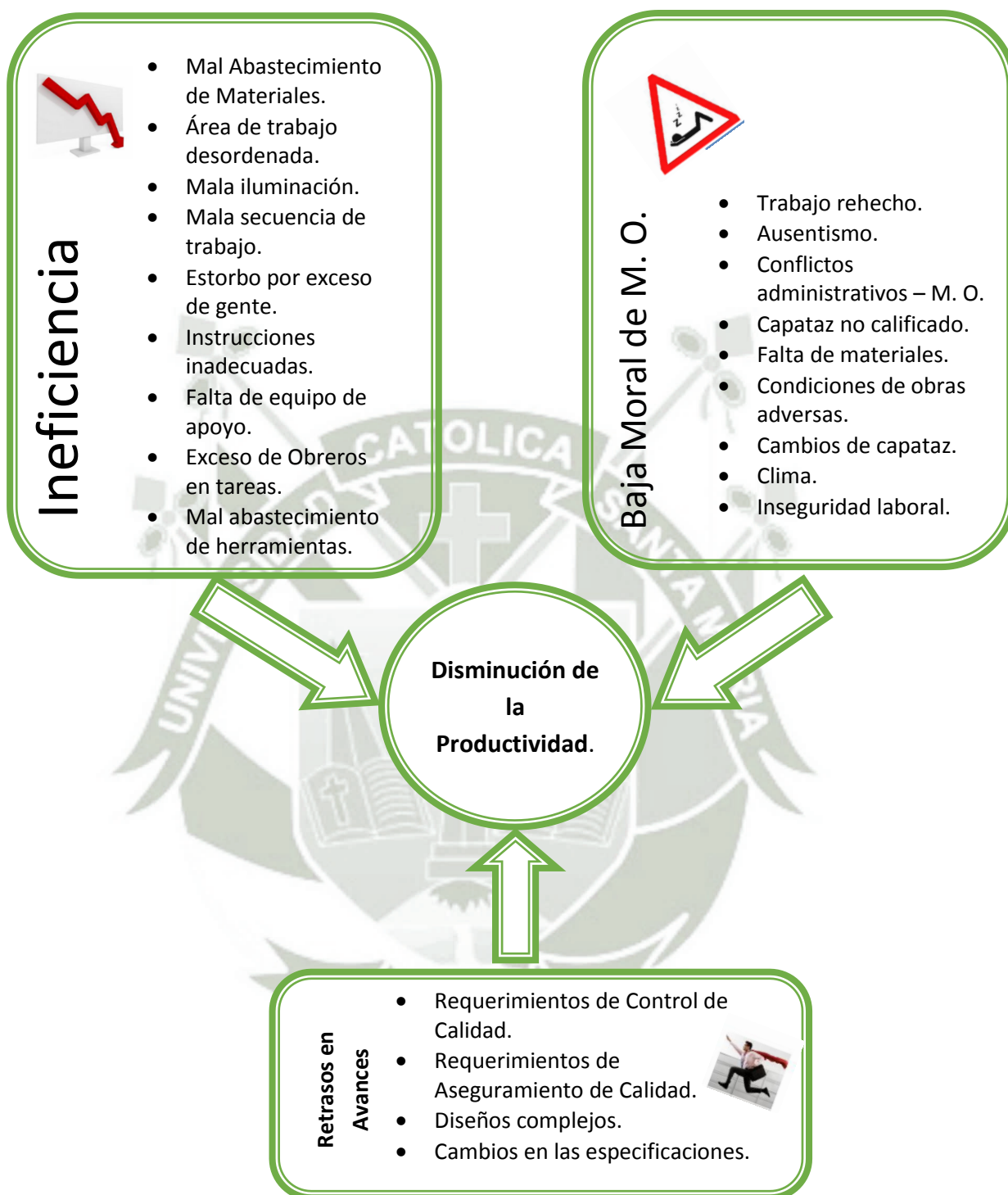


Figura 2.1: Factores que afectan negativamente la productividad

Fuente: Martínez, 1988

2.2.2.2 FACTORES QUE TIENDEN A MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD

Los principales factores que ayudan a un mejoramiento de la Productividad, son los que se indican a continuación:

1. Aprovechamiento del fenómeno aprendizaje.
2. Programas educacionales y de capacitación del personal.
3. Programas de seguridad en la obra.
4. Uso de materiales y equipos innovadores.
5. Prefabricación de partes de la obra.
6. Utilización de técnicas modernas de planificación.
7. Utilización de ayudas computacionales.
8. Uso de hormigón premezclado.
9. Aplicación de ingeniería del valor.
10. Programas de motivación del personal.
11. Revisión de diseños para una construcción más simple (mejoramiento de la constructabilidad).
12. Estandarización de las partes y elementos de la obra.
13. Pre planificación de las operaciones.
14. Programación a intervalos cortos, a nivel de cuadrillas.
15. Practica eficiente de adquisiciones.
16. Uso de modelos a escala para el análisis de ejecución de operaciones y de la distribución de áreas.
17. Usar incentivos en los contratos de obra.
18. Disponibilidad suficiente de herramientas.
19. Uso de los estudios de tiempos y movimientos, para mejorar la eficiencia, reducir la fatiga y trabajos más racionalmente.
20. Buena supervisión del trabajo.
21. Aplicación de las herramientas de ingeniería, industria, a la construcción.
22. Optimización del sistema productivo (instalación de faena).

2.2.2.3 MEJORAMIENTO DE LA PRODUCTIVIDAD

La descripción que se ha presentado en relación al gran número de problemas que pueden afectar la productividad en la construcción, nos muestra un patrón para poder evaluar la situación que se presenta en las plantas de prefabricados y para que se tome acciones correctivas orientadas a la solución de problemas identificados; que permitan mejorar la Productividad.

Para llevar a cabo lo anterior, es conveniente utilizar el ciclo de mejora de la productividad, tal como se muestra en la Figura 2.2.

Cada una de las etapas comprende actividades que deben ser realizadas para el mejoramiento. Estas son:

1. Medición de la productividad.
 - Toma de datos.
 - Análisis y procesamiento
2. Evolución de la productividad.
 - Diagnóstico.
 - Identificación del problema.
 - Determinación del curso de acción.
 - Evolución de alternativas.
3. Sistemas o planes de mejoramiento.
 - Implementación estratégica y acciones de mejoramiento.
 - Seguimiento y control de la implementación y sus resultados.

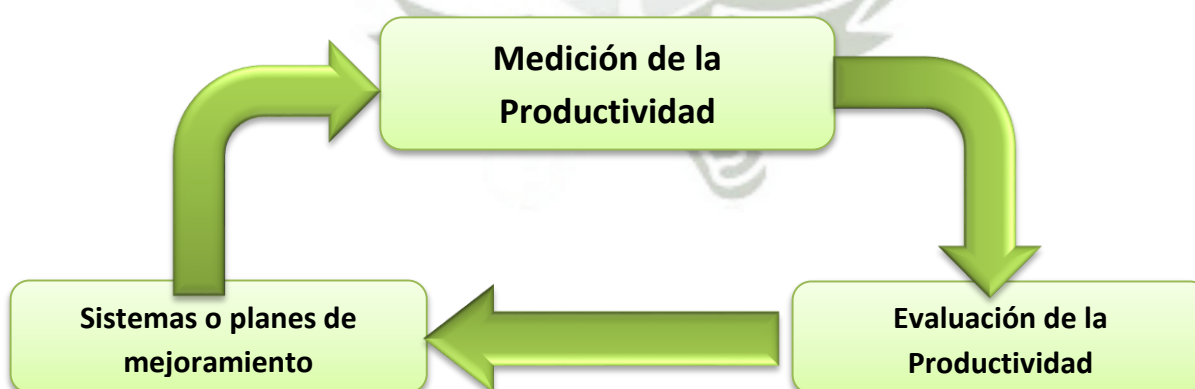


Figura 2.2: Ciclo de mejoramiento de la productividad

Fuente: Serpell, 1997

Una de las actividades básicas para el mejoramiento, es la medición de la Productividad. La Figura 2.1 representa un esquema sencillo que puede ser utilizado para medir la productividad de las obras de construcción; este esquema puede ser aplicado a nivel general, es decir para medir la productividad global, o puede utilizarse para la medición de algunas actividades importantes o un conjunto de ellas.

El sistema de mediciones de la productividad tiene los siguientes objetivos:

Determinar las razones que hacen que una obra o actividad sea más productiva que otras que tienen características similares o iguales.

- Medir e identificar las diferencias existentes.
- Evaluar el desempeño en forma objetiva.
- Servir de marca de referencia para las otras etapas del ciclo mejorando la productividad. Realizar análisis de tendencia, proyectando los resultados hacia el futuro (término de obra).
- Realizar pronósticos de costos, plazos, etc.



Figura 2.3: Esquema para la medición de la productividad en obras de construcción

Fuente: Serpell, 1997

2.2.3 DIAGNÓSTICO DE LA PRODUCTIVIDAD

Para poder realizar el diagnóstico de productividad en proyectos de construcción debemos tener en cuenta los siguientes puntos.

- **Muestreo de trabajo del nivel general de obra**

Este es un muestreo estadístico que se realiza de forma aleatoria en el cual se contabiliza el TP, TC y TNC, así como los diferentes componentes de cada uno de estos tipos de trabajo. Esta medición está orientada a la cuantificación de cómo es usado el tiempo por el personal obrero en todo el proyecto. De esta forma evaluar numéricamente que porcentaje del tiempo de trabajo total de los obreros se dedica a labores contributivas (TC) y cuanto a labores no contributivas (TNC).

- **Muestreo del trabajo para actividades particulares con sus respectivas cartas de balance**

Este es un muestreo estadístico de actividades específicas. Se evalúa el porcentaje de tiempo que se dedica dentro de cada actividad, a cada componente de la partida, por cada obrero que compone la cuadrilla en análisis.

- **Encuestas a profesionales responsables del proyecto**

Entrevistas para conocer la organización interna de la administración del proyecto, las responsabilidades de cada profesional en el nivel de detalle de la planificación del proyecto, así como los esfuerzos realizados para el mejoramiento de los sistemas de producción.

- **Encuestas a personal obrero**

Entrevistas orientadas a obtener mayor información de los sistemas de administración, el grado de detalle y la forma en que se transmite la información de la planificación a los obreros así como el control de la producción y los factores que la afectan.

2.3 LEAN CONSTRUCTION

2.3.1 MODELO DE CONVERSIÓN DE PROCESOS (PRODUCCIÓN TRADICIONAL)

La industria de la construcción ha sido entendida tradicionalmente como un proceso de producción en que las materias primas (entradas) son convertidas o transformadas en productos (salida), respondiendo a un modelo de producción conocido como “Modelo de Conversión”, el mismo se muestra en la Figura 2.4. Este modelo también considera subprocesos, denominados genéricamente, subprocesos de conversión.

Materiales, Mano de Obra, etc.

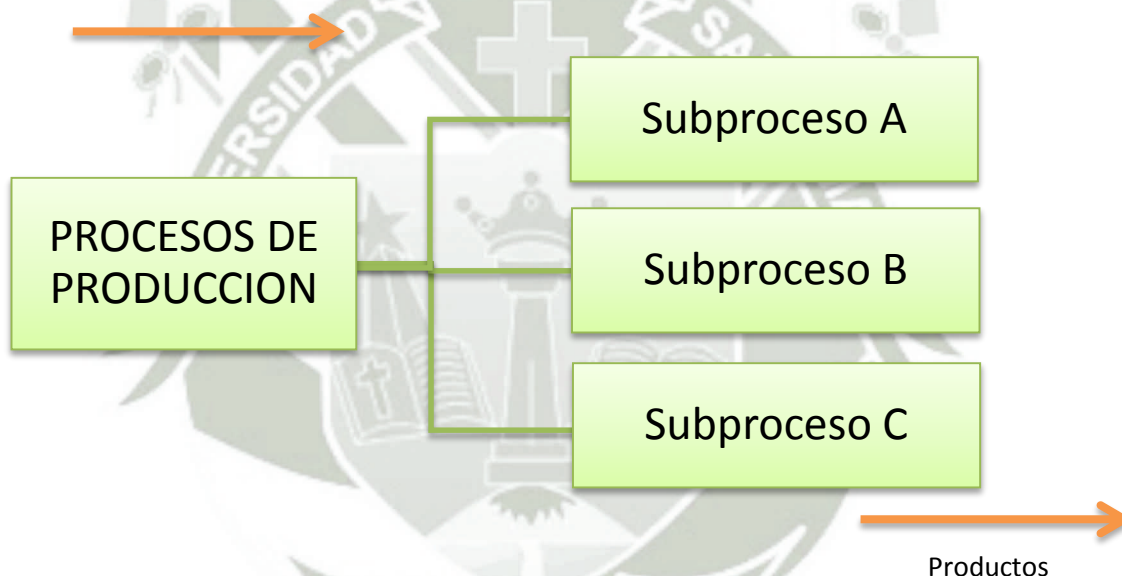


Figura 2.4: Procesos clásicos de conversión de una entrada en una salida

Fuente: Koskela, 2000

Este modelo posee los siguientes errores: No diferencia entre las actividades de conversión, tales como vaciado de concreto, albañilería, etc. (actividades que agregan valor, también llamado trabajo productivo) y las actividades de flujo, tales como esperas, controles, movimientos, etc. (actividades que no agregan valor). Estas pueden ser divididas en dos:

El Tiempo Contributorio, que es un trabajo de apoyo, debe ser realizado para que pueda ejecutarse y este sea productivo; como ejemplo dar y recibir instrucciones, controles, transportes, limpieza); pero aquellas, que no aporta valor son Tiempo no Contributorio como esperas, descansos, trabajos rehechos, viajes, etc. , que deben evitarse.

Este modelo considera que todas las actividades deben agregar valor, y de esta manera minimicen los costos.

Una de las premisas fundamentales del modelo, estima que el costo total del proceso puede reducirse minimizando los costos de cada subproceso, ignorando los efectos producidos por la interdependencia entre subprocesos. El modelo no considera la variabilidad de los resultados y los trabajos rehechos, pues se asume que el trabajo pasa linealmente y secuencialmente a través del sistema de producción.

2.3.2 MODELO DE FLUJO DE PROCESOS (PRODUCCIÓN LEAN)

La construcción debe ser vista como un conjunto de procesos compuestos por una serie de flujos. Entonces; daremos una mirada inicial a los proyectos de construcción basados en flujos, enfocados en su valor y pérdidas asociadas.

El modelo de proceso de producción según los principios de Lean Construction, se basa en la consideración de los flujos de un proceso (actividades que no agregan valor), como las actividades de conversión (actividades que agregan valor) permitiendo enfatizar el análisis mediante la minimización y/o eliminación de las actividades de flujo, puesto que constituyen la mayor parte de los pasos en los procesos de producción en la construcción.

El impacto sobre estos tiene una influencia muy superior en el proceso de producción, en comparación a los procesos de conversión, que solo representan entre un 3% a un 20% de los pasos que agregan valor.

2.3.3 ORIGEN

Las primeras ideas de la nueva filosofía de producción se originan en Japón en el año de 1950, las cuales fueron aplicadas en el Sistema Toyota. Las ideas básicas en el Sistema de producción de Toyota es la eliminación de inventarios y pérdidas,

limitación de la producción a pequeñas partes, reducir o simplificar su estructura de producción, entre otras técnicas.

Simultáneamente, los aspectos de calidad han sido implementados por la industria japonesa bajo la dirección de consultores americanos como Deming, Juran y Feigenbaum.

La filosofía de la calidad fue desarrollada basada en un método estadístico de garantía de calidad, fue un acercamiento mucho más amplio que los aplicados hasta el momento, incluyendo ciclos de calidad y otras herramientas, para su desarrollo en las empresas.

Estos conceptos fueron divulgados en los años 80 por Deming (1982) y otros autores. Recién a principios de los años 90 es que la nueva filosofía de producción comienza a tomar auge en cuanto a su difusión.

La nueva filosofía de producción ha sufrido un impulso en su desarrollo, principalmente en Japón, nuevas herramientas han sido desarrolladas paralelamente para aumentar el desarrollo de la filosofía, como el Despliegue de Función de Calidad (QFD) (Akao 1990).

Durante los años 90s en Finlandia se crea una nueva filosofía de Planificación de proyectos, teniendo como modelo el Lean Production Japonés, donde Lauri Koskela sistematiza los conceptos más avanzados de la administración moderna (Benchmarking, Mejoramiento Continuo, Justo a Tiempo), junto con la ingeniería de métodos reformula los conceptos tradicionales de planificar y Controlar las obras. Koskela propone esta nueva filosofía de Control de producción en su tesis de Doctorado “Application of the New Production Philosophy to Construction”, 1992.

2.3.4 CONCEPTO

El concepto básico de Lean Construction es la producción compuesta de flujos y conversiones para un determinado producto, esta filosofía está basada en el tiempo como parámetro de control.

Lean Construction se enfoca en la optimización de las operaciones productivas de manera coordinada teniendo siempre un enfoque hacia la eliminación de pérdidas y creación de valor hacia el cliente, ahora entendemos que en todos los sistemas

industriales de producción existen conversiones de flujo y para el análisis se parte considerando que toda actividad consume costo y tiempo, solo las actividades convertidas, adicionan valor al material o insumo transformándolo en un producto. Adicionalmente a ello se considera el flujo del proceso no considerado en la administración tradicional de obra.

La programación clásica tiene en cuenta solo la conversión de materias primas o insumos en productos, no teniendo en cuenta los flujos o desplazamientos sean verticales u horizontales que tienen que recorrer los materiales, la mano de obra y equipo. Las redes orientadas y cerradas siempre tienen actividades con holguras y el objetivo del Lean Construction es convertir dichas actividades en críticas haciendo que la holgura sea cero, pero teniendo en cuenta los flujos, los mismos que deben ser reducidos al mínimo con el mejoramiento continuo de la disposición en planta (Layout plant) que repercute en una mejora en la producción y por ende en la productividad.

Tener presente que la productividad según la organización mundial del trabajo (OIT) es la relación entre producción y los insumos o materias primas.

En las obras se trabaja con la productividad parcial a diferencia de la productividad total que es la relación de producción entre costo de todos los recursos empleados (costo de mano de obra, equipos, materiales, etc.).

2.3.5 OBJETO DE LEAN CONSTRUCTION

El objetivo primordial de la Filosofía Lean Construction es mejorar continuamente el desempeño con que son llevados a cabo los proyectos de construcción, tradicionalmente el desempeño ha sido vinculado únicamente a la productividad y la calidad del proyecto. Alarcón, basado en un trabajo de Sink, plantea los principales condicionantes del desempeño (Alarcón, 1997).

Las redes orientadas y cerradas siempre tienen actividades con holguras y el objetivo es convertir dichas actividades en críticas (holgura cero) pero teniendo en cuenta los flujos, los mismos que deben ser reducidos al mínimo con el mejoramiento continuo de la disposición en planta que repercute en una mejora en la producción y por ende en la productividad.

2.3.6 ETAPAS DE LEAN CONSTRUCTION

1. Es una herramienta de mejoramiento de la Productividad y calidad de las construcciones.
2. Es un método manufacturero o de fabricación con políticas como el Justo a tiempo (entregas oportunas de los subcontratistas y proveedores).
3. Es una filosofía de administración general.

2.3.7 NIVELES DE LEAN CONSTRUCTION

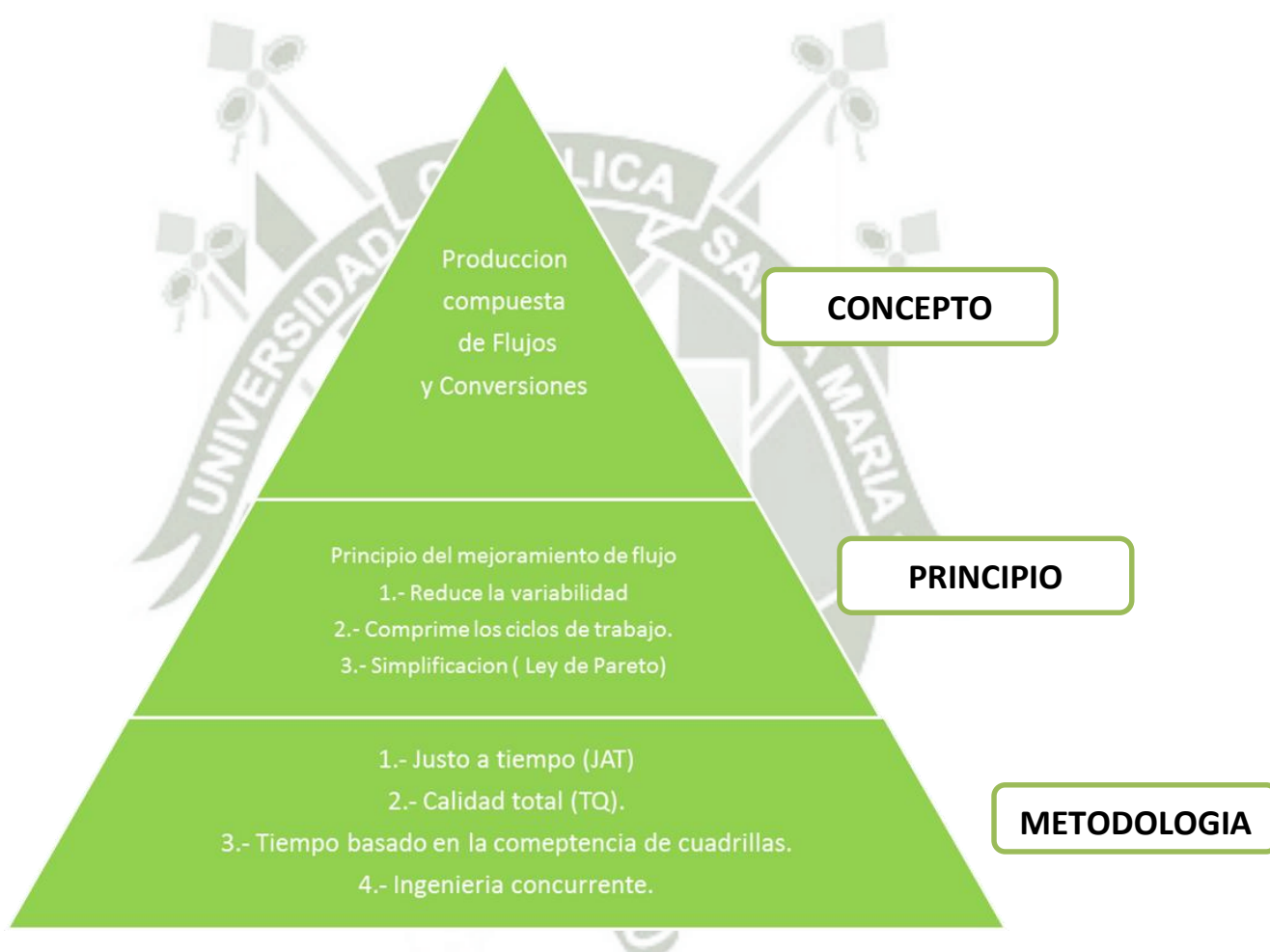


Figura 2.5: Niveles del Lean Construction

Fuente: Koskela, 2000

2.3.8 LOS 11 PRINCIPIOS FUNDAMENTALES DEL LEAN CONSTRUCTION

1. Reduce las proporciones de obra no valorizables adicionando actividades llamadas Waste (pérdida). Que son las actividades que consumen tiempo, recurso o espacio y generan pérdidas. Reducción de actividades que no generan valor.
2. Aumenta los valores finales del producto hasta las consideraciones requeridas. Incremento del valor de la producción a través de una consideración sistemática de los requerimientos del cliente.
3. Reduce la variabilidad (actividades de poco valor)
4. Reduce los tiempos en los ciclos de trabajo.
5. Simplifica por minimización el número de pasos, partes y enlaces entre actividades, trabajos en lotes, sectores, fases.
6. Aumenta la flexibilidad de los resultados o la salida (Out put).
7. Aumenta la transparencia del proceso
8. Enfoca el control al proceso completo.
9. Constituye una mejora continua dentro del proceso.
10. Mejora el balance del flujo con el mejoramiento de la conversión de trabajo.
11. Punto de referencia (Bench Mark) o hacer BenchMarking.

2.3.9 CARACTERÍSTICAS DEL LEAN CONSTRUCTION

1. Trabajo en equipo.
2. Comunicación permanente.
3. Eficiente uso de recursos.
4. Eliminación de pérdidas de tiempo (tiempo no contributivo).
5. Mejoramiento continuo.
6. Contractibilidad: es el óptimo uso del conocimiento constructivo y la experiencia en trabajos similares en planeamiento, diseño logístico y operaciones de campo con la finalidad de alcanzar los objetivos previstos.
7. Mejoramiento de la productividad apoyándose en la ingeniería de métodos como las cartas de balance o actividades múltiples.

8. Reducción de los trabajos no contributarios (tiempo muerto) y aumento del trabajo productivo y un manejo racional de los trabajos contributarios.
9. Utilización del diagrama causa efecto (diagrama espina de pescado) desarrollado por Ishikawa y Deming.
10. Reducir los costos de equipo, materiales y servicios.
11. Reducir los costos de construcción.
12. Reducir la duración de la obra.
13. Las actividades base son críticas, toda holgura es pérdida de costo y tiempo.

2.3.10 DESPERDICIOS

El concepto de desperdicio en general es similar para diversos autores, Ghio (2001) lo define como “Toda aquella actividad que tiene un costo pero que no le agrega valor al producto final”. Por su parte, Formoso (1996) amplía el concepto indicando que se refiere a “Toda ineficiencia que se refleja en el uso de equipos, mano de obra y materiales en cantidades mayores a aquellas necesarias para la construcción de una edificación”. Paliari (1999), sin embargo, plantea una interrogante válida, la cual se debe discutir antes de establecer un concepto definitivo de desperdicio. Este autor sostiene que las pérdidas son un concepto relativo ya que se debe determinar en primer lugar una situación de referencia. Es decir, definir para cada realidad un rendimiento estimado o aceptable de los recursos, considerando así como desperdicio a todo lo que supere este límite. Para estimar el desperdicio de materiales se utilizan normalmente los consumos promedio del sector como situación de referencia, sin embargo, este criterio no es lo ideal ya que cada obra tiene características propias (tecnología, tipo de cuadrillas, procedimientos, metodologías, etc.) que requieren estimaciones más precisas para un control adecuado, también pueden utilizarse los consumos promedio de edificaciones similares o los consumos establecidos en normas técnicas (cuando existan).

Este planteamiento se opone a definiciones como la de Melinghendler (1976) quien por el contrario sostiene que los desperdicios son “todo aquello que diferencia a la obra ejecutada de la obra perfecta” o la de Conwat Quality (1988),

que plantea que es “La diferencia entre la forma como las cosas se hacen ahora y la forma como podrían ser hechas si todo fuera perfecto.”

Considerando ambas posturas podría comenzar a plantearse una definición final para el desperdicio de los materiales y en particular del uso del concreto. Definitivamente es necesario considerar las características particulares de cada proyecto y de cada etapa del mismo al analizar los desperdicios (circunstancias, procedimientos constructivos, equipos, calidad de las cuadrillas, etc.), no es lo mismo por ejemplo, el desperdicio de concreto que se puede tener vaciando una cimentación que el que se obtiene vaciando elementos verticales.

Por otro lado, es fundamental también realizar el contraste con la situación ideal, de esta manera se puede mantener el control de la brecha que existe entre lo real y lo ideal, lo que contribuye al análisis de las causas de estos desperdicios. Sin embargo, no en todas las partidas se puede definir fácilmente una situación ideal.

2.3.11 PRINCIPALES CAUSAS DE LOS DESPERDICIOS DEL CONCRETO

Identificar las causas de los desperdicios y pérdidas que afecten la eficiencia en el uso de concreto es fundamental para plantear una estrategia de disminución de los mismos, se debe determinar el problema raíz, para analizarlo y plantear la mejor forma de eliminarlo.

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

a) 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.

b) Falta de supervisión: La falta de control sobre la mano de obra puede traducirse en bajos rendimientos del personal. Así mismo implicará un mal uso de recursos como materiales y equipos (especialmente cuando han sido subcontratados)

c) 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 inadecuada durante el traslado de recursos cuando esta operación no ha sido planeada eficientemente.

d) 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.

e) 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).

f) 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.

g) Mala calidad: genera fallas que se traducen en re-trabajos o correcciones.

h) 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.

i) 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 pérdida por un mal manejo de los recursos. Puede ser además que la nueva información no esté completa.

j) 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.

k) Trabajos lentos: Generados en su mayoría debido a una excesiva manipulación de equipos y materiales, así como demoras producidas por los propios trabajadores.

l) Falta de un buen 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 LAST PLANNER SYSTEM

Como se mencionó anteriormente el control de la producción está regido por la aplicación del sistema Last Planner. El uso de esta herramienta tiene dentro de sus finalidades asegurar el flujo de las operaciones, posteriormente y solo a partir de esto podríamos optimizarlo con el balance de recursos y finalmente optimizar cada proceso.

El LPS plantea principalmente el conocimiento pleno de lo que “se puede” hacer en la obra para posteriormente enunciar lo que “se hará”. Estos dos subconjuntos, pertenecen al conjunto de lo que “debería” hacerse, según lo que determinen los planificadores.

Existen tres aspectos fundamentales a considerar para tener sistemas de producción efectivos, eficientes y por consiguiente productivos.

Asegurar que los flujos no paren:

En primer lugar, se debe asegurar que los flujos no paren. Usualmente, la continuidad en los trabajos de construcción se ve interrumpida debido a situaciones como falta de recursos, cambios de diseño, falta de información, trabajos que son necesarios rehacer, etc. Esto genera pérdidas en el flujo de las actividades, lo cual se traslada en menor productividad y atrasos.

Para evitar estas pérdidas, es necesario conseguir mayor confiabilidad en el sistema aunque no sea algo sencillo. La construcción es una industria compleja y con alto grado de incertidumbre, ambos factores están presentes en todo momento, los cuales se tienen que aceptar como una realidad.

A través del Sistema Last Planner se logra asegurar que lo planificado se ejecute con mayor probabilidad de éxito. Para ello, se analiza la programación con mayor detalle para un horizonte de tiempo a mediano y corto plazo, verificando que todo aquello que no permite continuar con las actividades sea levantado de manera oportuna, y controlando el porcentaje del plan que se cumple semana a semana. De esta manera, se logra mayor confiabilidad al analizar los resultados e ir mejorando de manera continua a través de la revisión de las causas de incumplimiento con el plan y la toma de decisiones para su corrección inmediata.

Lograr Flujos Eficientes:

Se trata de mantener un sistema donde la producción diaria sea la misma de manera repetitiva, y así lograr balancear los recursos adecuadamente, sobretodo la mano de obra.

Lograr Procesos Eficientes:

El último esfuerzo para conseguir sistemas efectivos, es lograr procesos eficientes, es decir lograr producir cada unidad de trabajo con la menor cantidad de recursos posibles. Lean Construction propone realizar las siguientes acciones: First Run Studies, y algunas técnicas de muestreo como carta balance, medición del nivel general de actividad, prueba de los 5 minutos, etc.

2.4.1 SISTEMA DE MEJORAMIENTO DE LA PRODUCTIVIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN

El sistema CVG se basa en la teoría y herramientas propuestas originalmente por **THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION**. El paquete propuesto ha superado ampliamente la etapa de diagnóstico y la fase teórica para proponer un sistema completamente probado y de inmediata aplicación práctica.

2.4.1.1 PLANIFICACIÓN GENERAL DE OBRA: PROGRAMACIÓN MAESTRA

Define las tareas principales que deberían hacerse. Incorpora todas y cada una de las actividades a realizarse sin incurrir en excesivo detalle, estableciéndola relación entre ellas en términos de tiempo y espacio. Con la programación maestra podemos monitorear el avance global de la producción, pues se fijan hitos que son exigidos normalmente por el plazo del proyecto. Es fundamental tener en cuenta lo siguiente:

- Identificar a los responsables del cumplimiento de cada parte del programa e incorporar a los proveedores y/o subcontratistas que intervienen en las principales tareas de la programación, con el fin de definir en qué periodo de

la programación deben actuar y contemplar las relaciones e interacciones entre ellos.

- Identificar a los agentes externos de los cuales depende la ejecución de las actividades programadas como administraciones públicas, terceros afectados, etc. (stakeholders).
- El plan maestro inicial debe ser objeto de revisiones a partir del aprendizaje obtenido de las planificaciones más detalladas.

2.4.1.2 PROGRAMACIÓN INTERMEDIA: LOOKAHEAD

La programación intermedia, denominada normalmente “Look Ahead”, profundiza en la planificación de las actividades en un plazo intermedio.

Comúnmente se conoce a esta programación como “Look Ahead”, la cual busca profundizar en la planificación de las actividades en un plazo intermedio, con el fin de abordar mayores detalles. Se debe realizar según las necesidades de cada caso en particular, pudiendo variar de 4 hasta 6 semanas. Lo que busca la programación intermedia es determinar lo que “se puede” hacer. Se debe tomar en cuenta lo siguiente:

- Se identifican e incorporan los suministros necesarios (y su gestión) para que el proyecto se desarrolle sin complicaciones.
- Se programan las tareas del flujo de producción necesarias para avanzar en el desarrollo de la planificación maestra; tales como inspección, pruebas y ensayos, así como la intervención de agentes externos. Todo lo anterior con la finalidad de que cuando se requiera agregar algo de aquello en la programación no constituyan un foco de retraso.
- Se identifican recursos necesarios y disponibilidad de los mismos, las consideraciones en temas de seguridad, las medidas para la conservación del medio ambiente y la gestión de residuos.
- Se identifican las restricciones, los responsables de la eliminación de las mismas y los plazos para lograrlo.

2.4.1.3 PLAN SEMANAL

1. Esta es la programación encargada de definir lo que se “hará” durante la semana, tomando en cuenta los resultados de la programación semanal anterior y de lo previsto en la planificación intermedia (Look Ahead), lo que incluye las restricciones. Se debe considerar lo siguiente (Alarcón. Et al, 2011):
2. Se debe realizar una reunión, al principio o al final de la semana, en la que se realice el análisis del cumplimiento de la planificación vencida (PPC) y posteriormente la planificación de la semana entrante. Según Virgilio Ghio, se debe realizar el sábado de la semana precedente, ya que considera este día como un buffer.
3. La reunión debe albergar a todos los implicados en la ejecución(los últimos planificadores); es decir, desde representantes de la dirección, proveedores y subcontratistas implicados, hasta los jefes de cuadrilla responsables. La duración no debe ser mayor a dos horas.
4. La primera tarea en abordar en la reunión es el análisis del cumplimiento de la planificación vencida, en la que se detectaran las causas de los no cumplimientos de modo que se puedan presentar en el Look Ahead a raíz de esto. Ya que antes se mencionó que el aprendizaje es una parte importante del proceso, es importante registrar las medidas correctivas una vez detectadas las causas de no cumplimiento en forma de lecciones aprendidas.
5. Se deben establecer los trabajos que “se harán” durante la semana entrante, en función de los resultados de la tarea anterior: cumplimiento de la programación finalizada, lo previsto en el Look Ahead, restricciones existentes y eliminadas y el inventario de trabajo ejecutable.
6. En la Figura 2.6 se observa un formato de programación semanal el cual contiene un porcentaje de confiabilidad producto del análisis de cumplimiento de las tareas programadas, este último analiza las causas de incumplimiento y muestra las medidas correctivas.

FORMULARIO													Revision: 2		
GESTION DE PROYECTOS													Fecha: Jun - 2013		
PLAN SEMANAL Y ANALISIS DE CONFIABILIDAD													Pagina : 1 de 1		
CODIGO DE PROYECTO : 1301			NOMBRE PROYECTO:		ALLEGRA						AREA / FRENTE :		3 er y 4to nivel		
	Descripcion de la Actividad de 03/06/2013 al 08/06/2013	UND.	CANTIDAD	SEMANA 23							SI	NO	TIPO	ANALISIS DE CUMPLIMIENTO	
				D	L	M	M	J	V	S				CAUSAS DE INCUMPLIMIENTO	MEDIDA CORRECTIVA
	Habilitacion y Colocacion de Acero	kg	3265.221		3E	4A	4B	4C	4D		X				
	Encofrado de Verticales	m2	251.13		3D	3E	4A	4B	4C		X				
	Concreto Verticales	m3	20.82		3D	3E	4A	4B	4C		X				
	Encofrado de Fondo de Fondo de Vigas	m2	66.04		3C	3D	3E	4A	4B		X				
	Encofrado de Costado de Viga y Losa	m2	218.01		3B	3C	3D	3E	4A		X				
	Habilitacion y colocacion de Acero	kg	3940.347		3A	3B	3C	3D	3E		X				
	Concreto Horizontales	m3	45.32		2E	3A	3B	3C	3D			X		Se acabo el cemento martes.	buffer de inventario en cemento.
	Habilitacion y colocacion de IIEE	glb	1		3A	3B	3C	3D	3E			X		Retraso de encofrado losa 3C	mas triplay para encofrado
	Habilitacion y colocacion de IISS	glb	1		3A	3B	3C	3D	3E		X				
	Tarrajeo cieloraso	m2	76.17					S1A	S1B		X				
	tarrajeo Vigas	m2	16.5						S1A		X				
ANALISIS DE CONFIABILIDAD										82%	18%				
										82%					

Figura 2.6: Modelo de programación semanal

Fuente: Autoría Propia

Por otro lado es un aspecto importante el compromiso que deben asumir todos los participantes del proyecto el cual debe estar evidenciado por un sistema de visibilidad pública de los resultados alcanzados semanalmente sean estos resultados buenos o malos. Este sistema de transparencia refuerza el compromiso, sobre todo el de los últimos planificadores.

Finalmente, en la Figura 2.7 se muestra un esquema en donde se resume todos los conceptos y etapas de sistema de planificación “Último Planificador”.



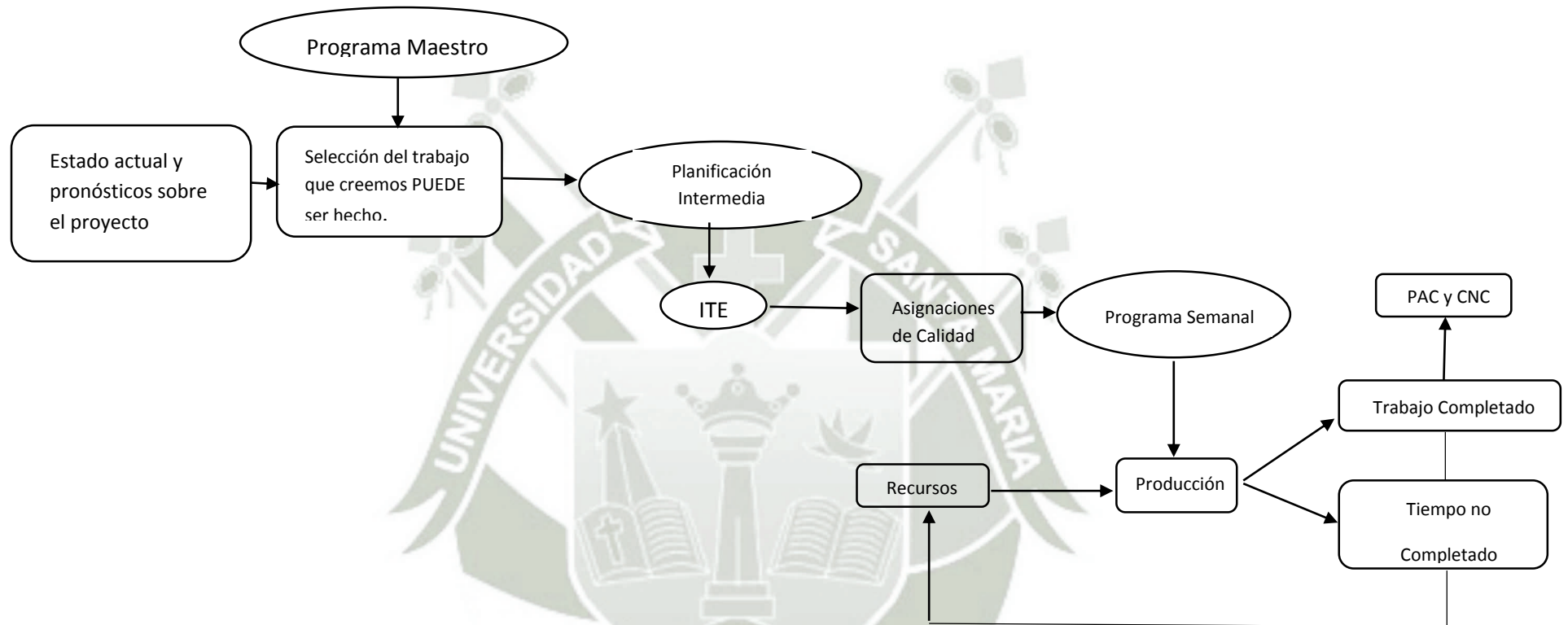


Figura 2.7: Resumen sistema “Ultimo Planificador”

2.4.1.4 HERRAMIENTAS PARA EL CONTROL DE RENDIMIENTOS

El enfoque está dirigido principalmente a la mano de obra, aunque también puede ser aplicado con igual efectividad al equipo y maquinaria.

Para poder controlar nuestro consumo real de mano de obra, es necesario contar con herramientas que nos permitan controlar nuestra productividad en cada partida de control en obra.

Para este fin es indispensable controlar de forma diaria los rendimientos (cociente de las HH consumidas entre los volúmenes de producción real obtenidos en obra). Para este sistema propuesto (de utilización de planificaciones semanales y diarias e implementación de programaciones lineales o trenes de trabajo) el control de la mano de obra es tremendamente más sencillo, rápido y confiable.

Las herramientas de control de la mano de obra deben incluir, dentro de la información que nos entregan para cada partida, lo siguiente:

1. HH consumidas durante la semana.
2. HH acumuladas hasta la fecha.
3. HH totales asignadas a la partida en cuestión en el presupuesto inicial de obra.
4. Rendimiento presupuestado.
5. Rendimiento semanal real.
6. HH ganadas/perdidas a la fecha.
7. HH ganadas/perdidas proyectadas a fin de obra.

Adicionalmente, debido al nivel de planificación que se puede llegar a obtener en el sistema propuesto, es factible controlar el mismo esquema de forma diaria (y acumularse de forma semanal si es que se quisiera). Por otra parte es conveniente acompañar la información antes descrita con un gráfico que trace una recta que marque el rendimiento del presupuesto, una curva con los rendimientos diarios y otra con el rendimiento promedio acumulado a la fecha.

CAPITULO III: IMPLEMENTACIÓN DE LA PLANTA DE PREFABRICADOS

3.1 CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO

3.1.1 UBICACIÓN

La planta implementada por la empresa constructora Odebrecht para la elaboración de prefabricados se encuentra ubicada en el proyecto de construcción de un puente en el “**Terminal Portuario del Sur Matarani – Islay**”, ubicado en la localidad de Matarani, distrito y provincia de Islay, región de Arequipa, a 112 Km de la Ciudad de Arequipa y a 11 Km de la ciudad de Mollendo, entre las coordenadas 16° y 17° de latitud sur y 71° a 72° de longitud oeste del meridiano de Grenwinch. El costo directo estimado de la planta de prefabricados es de \$ 220,102.86.



Figura 3.1: Ubicación del muelle (Google Earth, 2014)



Figura 3.2: Micro Localización del Proyecto



Figura 3.3: Macro Localización del Proyecto

3.1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El Proyecto Matarani es un proyecto formado por infraestructura terrestre (destinado al sistema de recepción, transporte, almacenamiento) e infraestructura acuática (puente de acceso y amarradero).

El sistema de recepción del mineral que llegan mediante vagones, dichos vagones son descargados mediante una grúa pórtico y se transporta el mineral por fajas hasta los almacenes, una vez llenos los almacenes, se realiza el carguío con un cargador frontal a los chutes que están en la faja tubular hacia el muelle donde se encuentra el cargador de navíos que procede con la descarga al barco.

Dentro del área del proyecto encontraremos localizada una zona específica a la que denominaremos planta de prefabricados donde se realizaron todas las actividades relacionados a la fabricación de elementos de concreto. Estos elementos posteriormente serán empleados en la construcción de la plataforma del puente de acceso.

3.1.2.1 DESCRIPCIÓN DEL PUENTE DE ACCESO

Dentro de las exigencias que requiere el proyecto mostramos las características generales del puente.

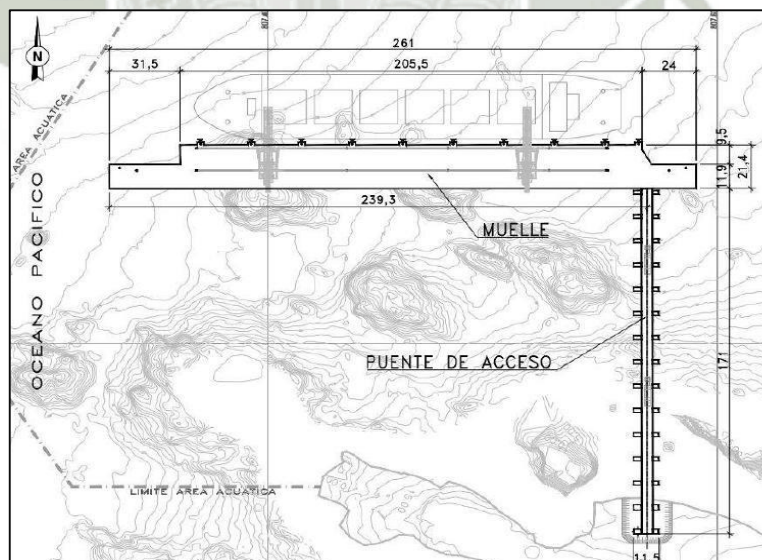


Figura 3.4: Planta general del puente y muelle (Proyecto Matarani, 2013)

Según la Figura 3.4, el puente de acceso tiene dimensiones aproximadas en planta de 5m por 171 m de longitud, y está compuesto por vigas transversales, que son prefabricados de tipo “U” apoyados sobre los pilotes de concreto, con posterior vaciado, prefabricados de tipo “PI” apoyados sobre las vigas transversales, también con vaciado in situ. Estos elementos conforman el tablero.

El total de elementos que serán prefabricados e instalados en el puente de acceso es de 73 unidades.

Sobre el puente transitarán vehículos, que van desde la tierra hasta el muelle. El tablero del puente tiene una cota variable de +10.60 m, en el inicio, hasta la cota +7.00 m en la conexión con el muelle.

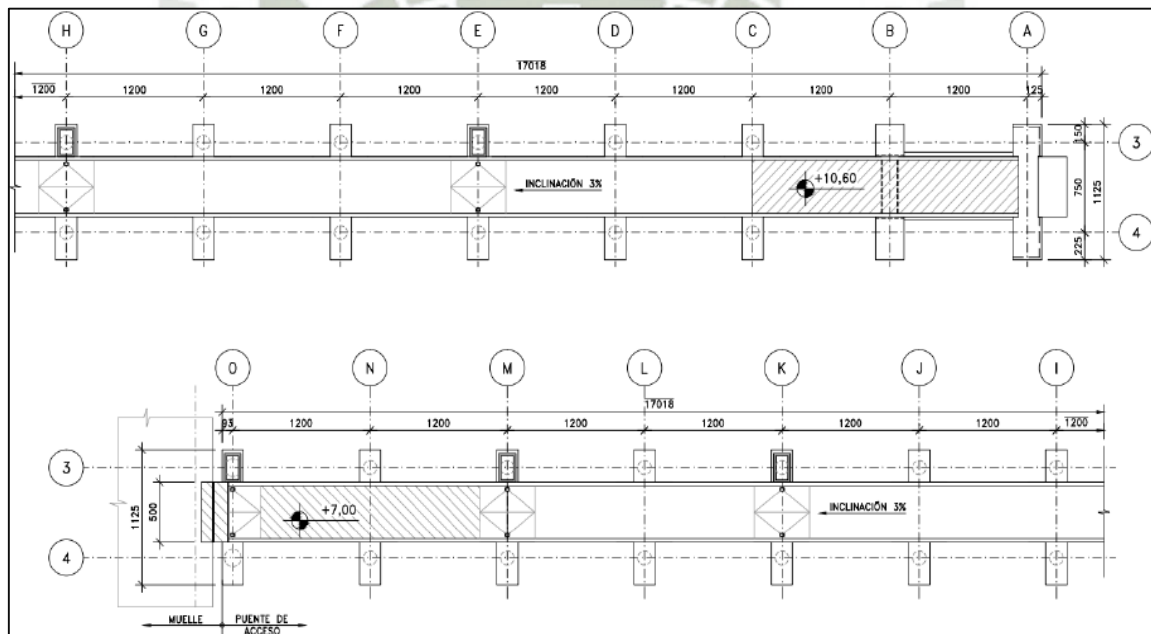


Figura 3.5: Planta General del Puente de acceso (Proyecto Matarani, 2013)

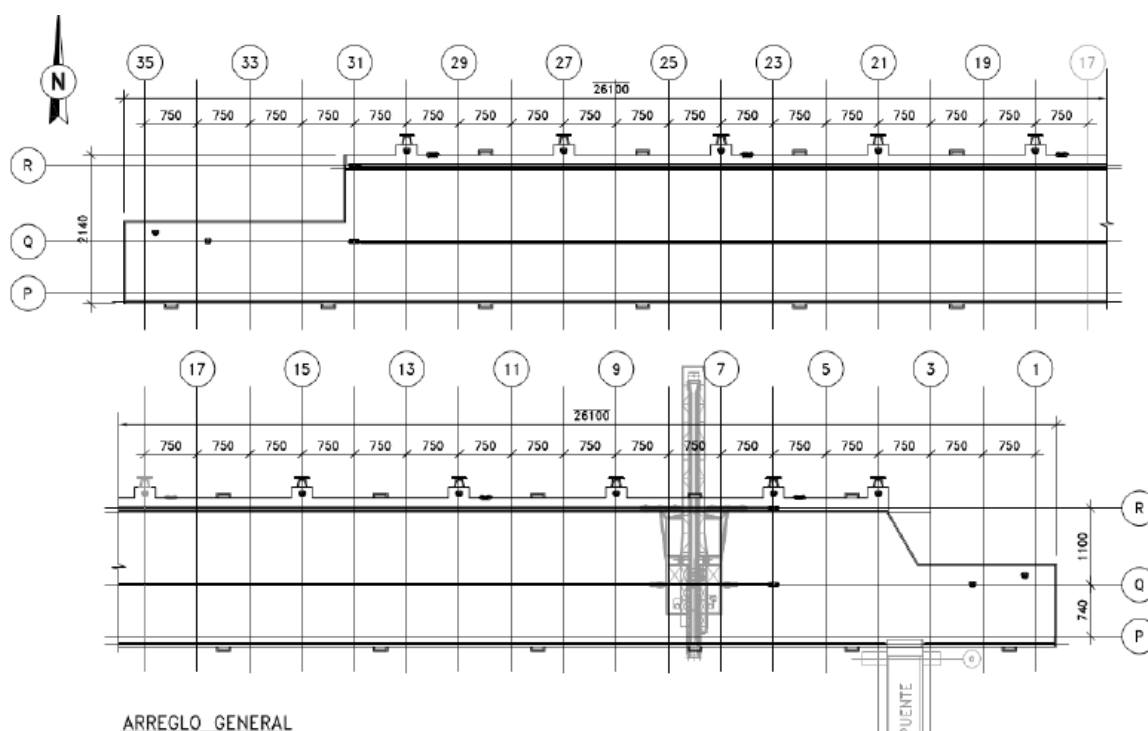


Figura 3.6: Planta General del Muelle (Proyecto Matarani 2013)

El inicio del puente de acceso está constituido por (zapata, estribo y viga de trabamiento).

Zapata:

La estructura de la zapata tiene como objetivo apoyar las vigas longitudinales del puente de acceso, la misma funciona de forma independiente y tiene su fundación embebida en la roca.

Estribo:

La estructura del estribo tiene como objetivo apoyar las vigas longitudinales y hacer la transición con la retroárea.

Vigas de trabamiento:

Las vigas de trabamiento sirven para transmitir las fuerzas entre la zapata y el estribo, las mismas también están embebidas en la roca.

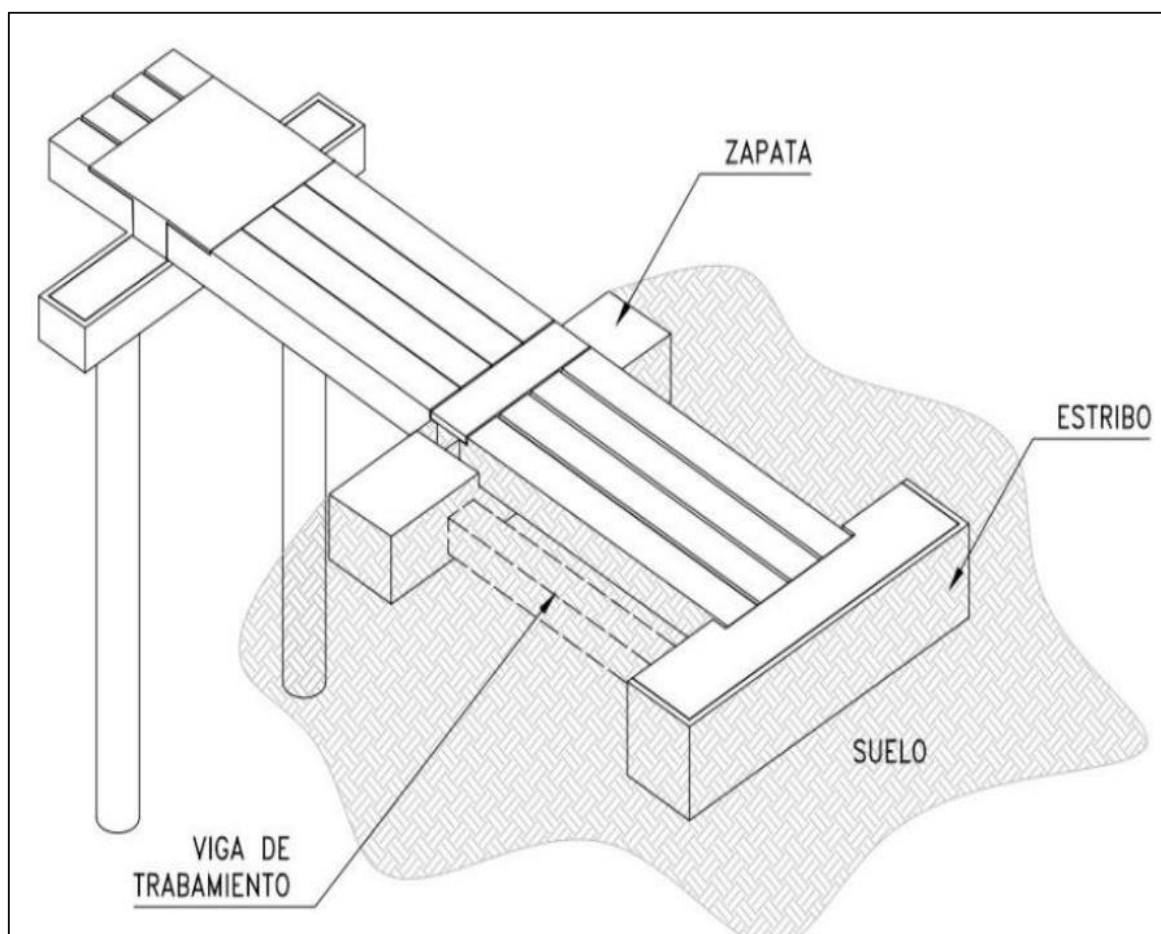


Figura 3.7: Inicio de puente de acceso al proyecto Matarrani

3.2 FABRICACIÓN DE ELEMENTOS PREFABRICADOS

La operación de la planta de prefabricados está basado en una planta industrial, en donde la producción se realiza de forma secuencial. Esta planta es una cadena de actividades en la que el producto final resulta ser la suma de varias acciones en una secuencia ya establecida. La cadena inicia con la recepción del acero y concluye con el elemento de concreto ya construido o fabricado.

3.2.1 HABILITACIÓN Y ARMADO DE MALLA DE ACERO

Primero se realizará la limpieza de acero (de ser necesario), para luego proceder al armado de las mallas de acero según el plano de detalle correspondiente.



Figura 3.8: Armado de mallas de acero
Elaboración propia

Estas mallas de acero serán colocadas en el molde del encofrado de prefabricado con ayuda de la grúa pórtico.



Figura 3.9: Aplicación de desmoldante

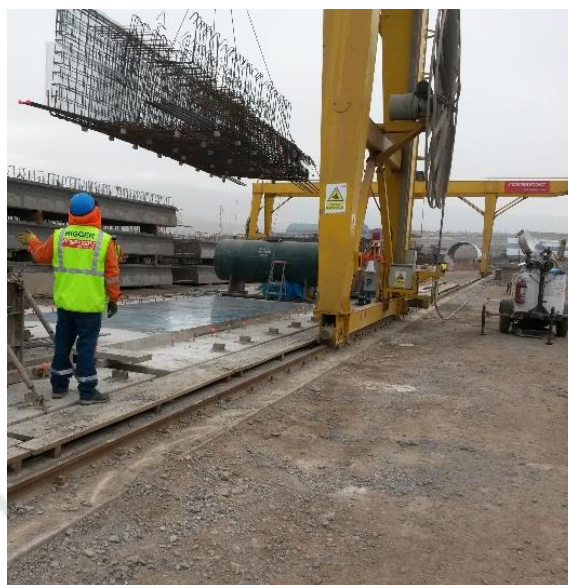


Figura 3.10: Izaje de malla de acero

3.2.2 COLOCACIÓN DEL ENCOFRADO:

Previo limpieza de las caras del encofrado y aplicación de desmoldante (**MARCA EUCO DESMOLDANTE**) como también la fijación de los dados de espaciamiento, la altura de estos será de acuerdo a los recubrimientos indicados en los planos. El sellado final de las uniones de los encofrados se realizará con silicona con el fin de no perder pasta durante el vaciado de concreto.



Figura 3.11: Encofrado prefabricado

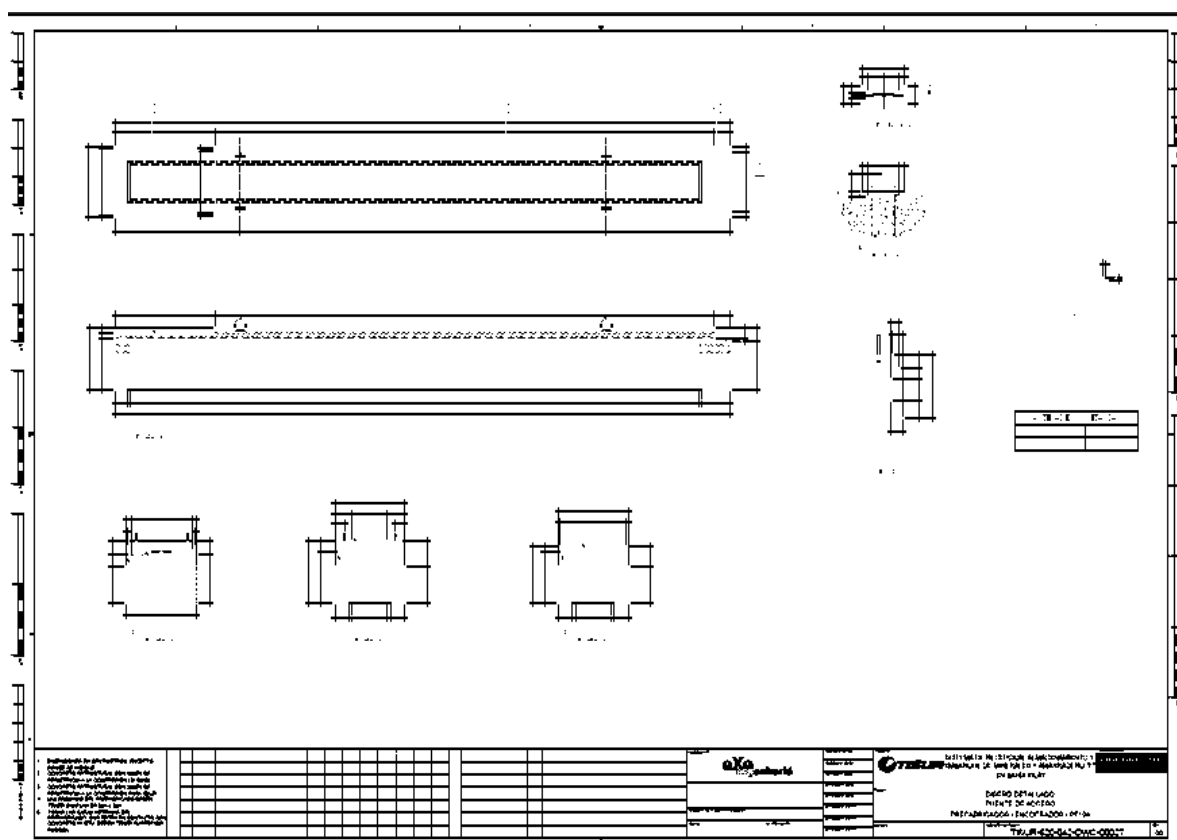


Figura 3.12: Encofrado prefabricado tipo Pi

En los prefabricados tipos “U” se hará uso de malla gallinero como encofrado interior, en zona donde el prefabricado recibirá un concreto de 2º Fase.



Figura 3.13: Encofrado interior con malla gallinero

3.2.3 COLOCACIÓN DEL CONCRETO

El concreto premezclado será despachado por camiones mezcladores desde una planta externa y dirigido hacia la ubicación de los encofrados.

El diseño de mezcla usado es de 40 MPa de resistencia a la compresión a los 28 días.

El concreto debe ser colocado continuamente teniendo cuidado en mantener nivelado la superficie horizontal del concreto y evitando cualquier desplazamiento del encofrado, acero o algún otro accesorio inmerso.

La consolidación del concreto empieza inmediatamente después que el mismo se ubique en su posición final, usando vibradores eléctricos para evitar la segregación del concreto.



Figura 3.14: Colocación de concreto

Los prefabricados tipo “PI” que recibirán un concreto de 2da fase para ello tendrán la superficie acabada en la cara horizontal con el agregado expuesto, este acabado se logrará lavando la superficie de concreto con agua a presión, como se muestra en la Figura 3.15.



Figura 3.15: Lavado de superficie de concreto

3.2.4 CURADO

El curado deberá iniciarse en las caras horizontales inmediatamente después de que el concreto fue colocado o cuando la exudación haya finalizado.

En las otras caras el curado será aplicado tan pronto como se finalice el desencofrado. La superficie del concreto será cubierta con mantas húmedas de yute.



Figura 3.16: Curado de prefabricado

3.2.5 DESENCOFRADO, IZAJE Y ALMACENAMIENTO DE PREFABRICADOS

Los paneles son removidos posteriormente en un tiempo no menor a 12 horas después de haber colocado concreto. La resistencia a la compresión alcanzada para el desencofrado fue de 10 MPa.

Cada prefabricado de concreto es identificado antes de ser transportado al área de almacenaje. La identificación se realizó de la siguiente forma:

Tipo de Prefabricado	Numero	Fecha de Vaciado
PF 104	01	11/03/2014



Figura 3.17: Identificación prefabricado

Los prefabricados son izados cuando alcancen su resistencia mínima de compresión de 28 MPa. Para lograr despegar el prefabricado tipo Pi de su molde, se usó una gata de 50 ton.

Para realizar este trabajo, se dejaba una cajuela en la parte inferior del molde, en donde se colocaba la gata hidráulica (ver Figura 3.18). Una vez que el prefabricado se despegue del molde, se procede al izaje.



Figura 3.18: Cajuela parte inferior molde encofrado



Figura 3.19: Gata usada en prefabricado tipo PI

Luego, los prefabricados son transportados desde el área de fabricación hacia el área de almacenamiento usando la grúa pórtico o una grúa telescópica de 80 ton. o similar.



Figura 3.20: Izaje de prefabricado

En algunos casos y dependiendo del tipo de losa a trasladar, cuatro estrobos y un gancho giratorio fueron conectados directamente hacia los ganchos de izaje de las losas para realizar esta maniobra.

Los prefabricados fueron almacenados en cuatro niveles de manera secuencial como está indicado en la Figura 3.21.

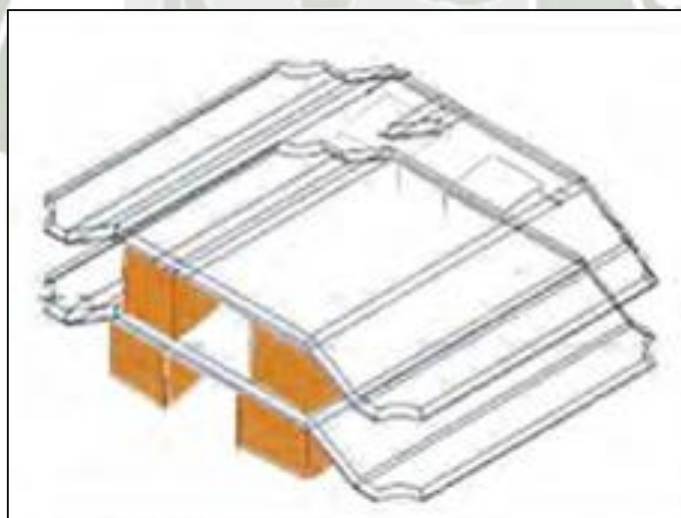


Figura 3.21: Almacenamiento de prefabricados

El acabado final y la limpieza de las caras inferiores de los prefabricados se realizaban durante el almacenamiento, colocando el prefabricado sobre bloques de concreto de sección 60x60 cm.

3.2.5.1 DESCRIPCIÓN DE LOS PRE-FABRICADOS

PREFABRICADOS DE TIPO “U”

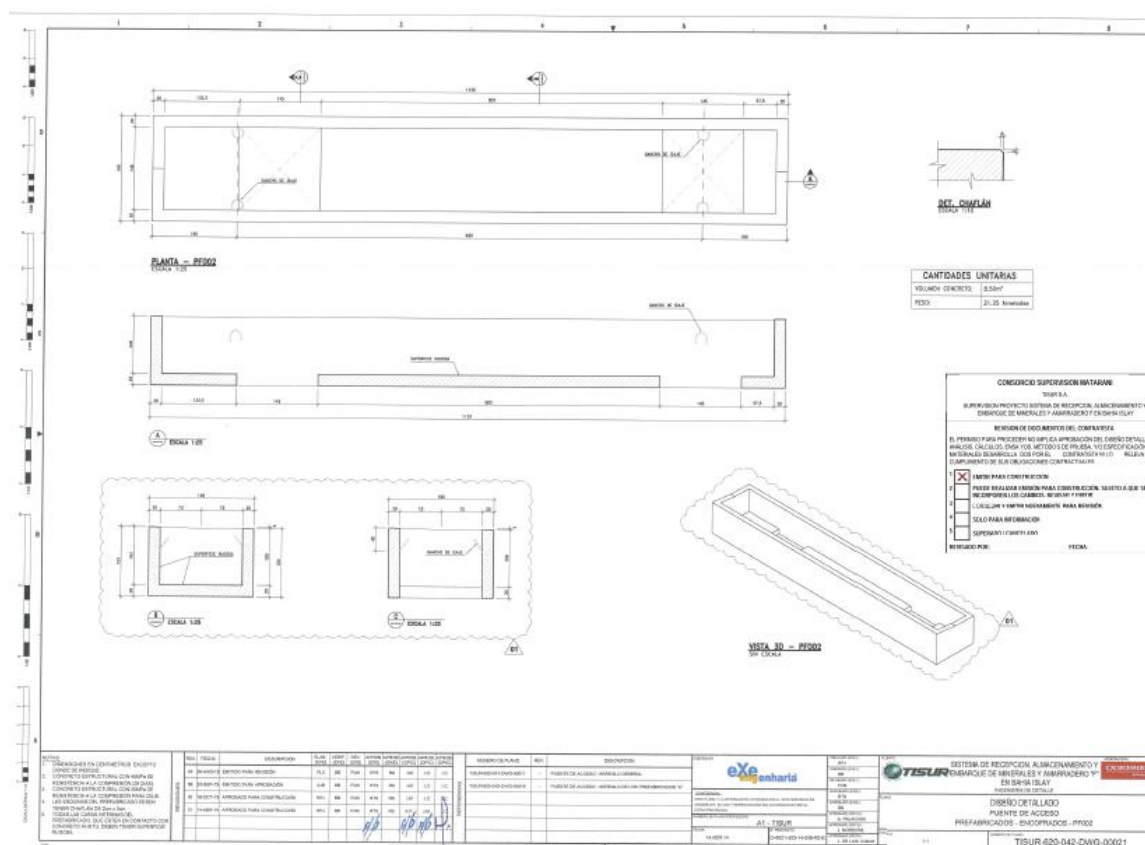


Figura 3.22: Prefabricados tipo U del puente de acceso
(Proyecto Matarani, 2013)

De acuerdo a la Figura 3.22, los prefabricados de tipo “U” son las vigas transversales de la estructura del puente de acceso. El diseño de las vigas transversales fue separado en dos grupos, debido a su sección variable, siendo 1,86 x 1,2 m en las extremidades y 1,86 x 1,3 m en el medio, cuya longitud es de 11.25 m donde una vez concretados se colocaran los elementos prefabricados de tipo “PI” que están apoyados:

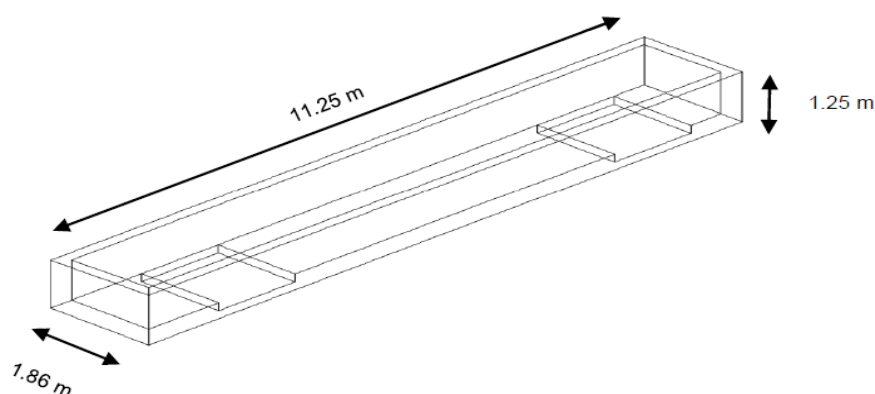


Figura 3.23: Prefabricado Tipo U (Proyecto Matarani, 2013)

PREFABRICADOS DE TIPO “PI”

Los prefabricados de tipo “PI” componen las vigas longitudinales y la losa de la estructura del puente de acceso. El diseño de las vigas longitudinales fue separado en dos grupos: las vigas longitudinales externas y las vigas longitudinales internas. Cuya sección promedio es de 1.23X1.00 y longitud 11m. La longitud del vano entre ejes transversales es constante en todo el puente, siendo 12 m. Cada grupo es presentado en la secuencia junto con sus características, como sección y cargas. Una vez instalados las vigas PI se procederá con la segunda etapa de vaciado.

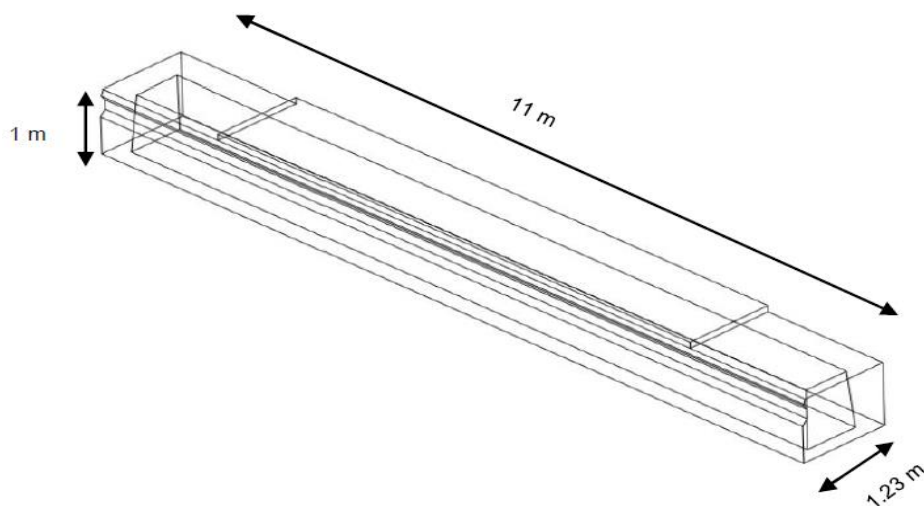


Figura 3.24: Prefabricado tipo PI (Proyecto Matarani, 2013)

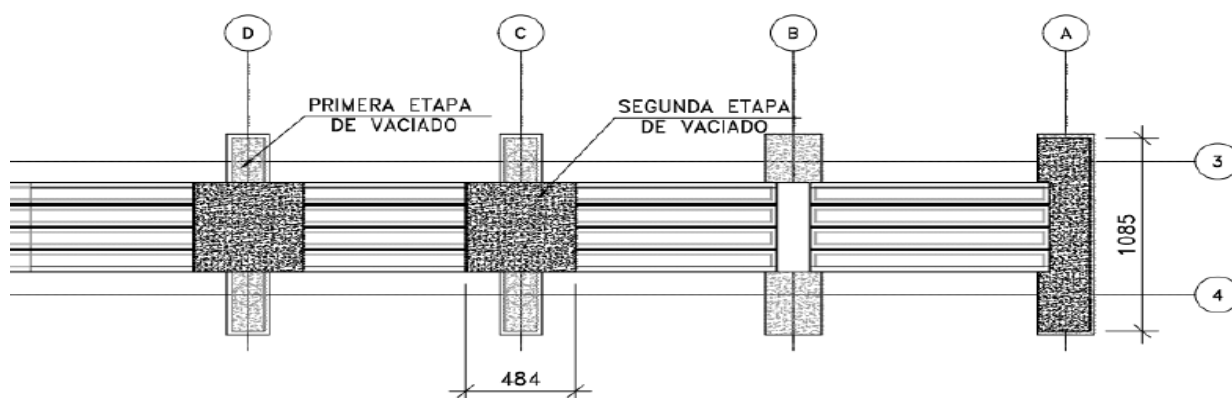


Figura 3.25: Etapas de vaciado (Proyecto Matarani, 2013)

3.2.6 PLAZO DE EJECUCIÓN

El plazo que estipula el contrato para la ejecución de prefabricados fue de 13 semanas.

3.2.7 ACTIVIDADES DE MAYOR INCIDENCIA

Durante la producción de prefabricados se buscó realizar la mejora de la productividad de los procesos que lo componen, para lo cual se elaboró un Diagrama de Pareto de donde se pudo identificar las actividades que formaban parte del flujo de producción, luego se contabilizaron las actividades que generaban más retraso o incumplimientos debido a, entre otros, problemas de calidad, poca coordinación con proveedores y deficiente coordinación con las diferentes áreas del proyecto. Los resultados de dicho conteo se muestran en la Tabla 3.1 y su respectivo Diagrama de Pareto se muestra en la Figura 3.26, de donde se puede apreciar que es la actividad de Vaciado de Concreto, la actividad que presentaba mayores pérdidas y una baja productividad, sustento que sirvió para enfocar los esfuerzos en poder identificar las causas de dichos retrasos y tomar acción sobre ello.

PREFABRICADOS				
Nº	ACTIVIDAD CON DEFECTOS	Nº DE FALLAS	ACUM. Nº FALLAS	% ACUMULADO
1	ARMADO MALLAS DE ACERO	5	5	16.67%
2	LIMPIEZA DE ENCOFRADO	1	6	20.00%
3	IZAJE MALLA DE ACERO	2	8	26.67%
4	ENCOFRADO	7	15	50.00%
5	COLOCACION MALLA GALLINERO COMO ENCOFRADO INTERIOR	1	16	53.33%
6	VACIADO DE CONCRETO FC = 40 Mpa	11	27	90.00%
7	DESENCOFRADO	2	29	96.67%
8	CURADO	1	30	100.00%

Nº	ACTIVIDAD	Nº DE FALLAS	ACUM. Nº FALLAS	% ACUMULADO
1	VACIADO DE CONCRETO FC = 40 Mpa	11	11	36.67%
2	ENCOFRADO	7	18	60.00%
3	ARMADO MALLAS DE ACERO	5	23	76.67%
4	IZAJE MALLA DE ACERO	2	25	83.33%
5	DESENCOFRADO	2	27	90.00%
6	LIMPIEZA DE ENCOFRADO	1	28	93.33%
7	COLOCACION MALLA GALLINERO COMO ENCOFRADO INTERIOR	1	29	96.67%
8	CURADO	1	30	100.00%

Tabla 3.1: Actividades de producción de prefabricados

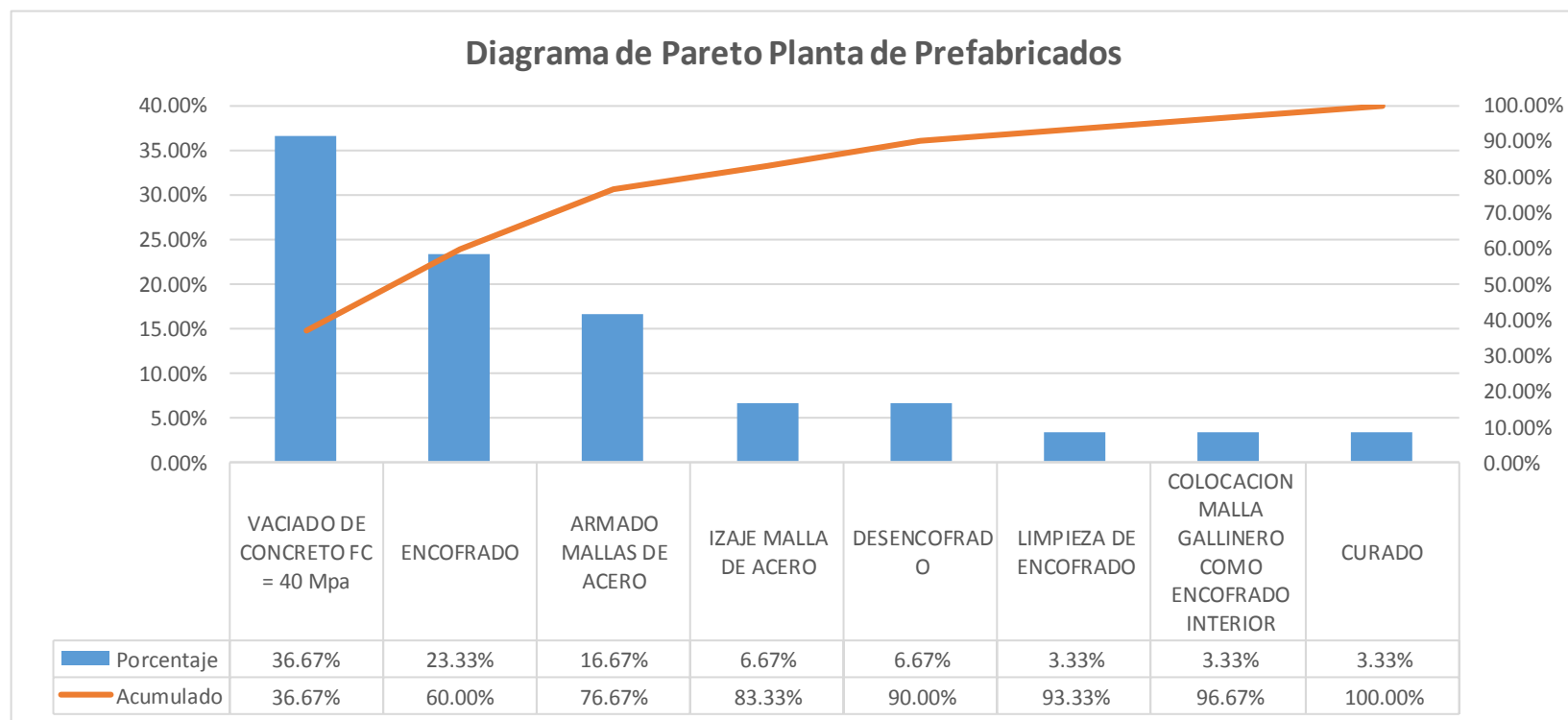


Figura 3.26: Diagrama de Pareto de Ciclo de Actividades

Del diagrama anterior se observa que la actividad de vaciado de concreto $f'c=40$ Mpa abarca el 36.67% de incidencia durante la producción de prefabricados. Es por esto que se evaluó el rendimiento de la cuadrilla de concreto para controlar y mejorar de manera positiva a la eficiencia del uso del concreto durante el ciclo de vaciado.

3.3 PRESUPUESTO DE LA OBRA

A continuación se muestra el resumen del presupuesto, en él se puede observar los costos globales de cada etapa.



Código	Descripción	UMed	Cantidad	Costo Unitario [USD]	Costo Total [USD]
	Planilla - PROYECTO TISUR				2,746,948.90
	OFF SHORE				2,746,948.90
	Viaducto - VIADUCTO				1,707,170.58
	Pilotes - VIADUCTO				
13.34	Trabajos en Acantilado	glb	1.00	100,000.00	100,000.00
13.35	Suministro y Transporte - Pilotes - VIADUCTO	ton	131.00	1,679.46	220,009.26
13.36	Habilitación - Pilotes - VIADUCTO	und	36.00	2,654.07	95,546.52
13.37	Hincado - Pilotes - VIADUCTO	und	36.00	24,371.48	877,373.28
13.38	Acero de refuerzo - Pilotes - VIADUCTO	Ton	154,000.00	1.54	237,160.00
13.39	Concreto - Pilotes - VIADUCTO	m3	616.00	287.47	177,081.52
	Cabezales - VIADUCTO				
	Elementos Prefabricados de Concreto 40MPa - VIADUCTO				1,039,778.32
13.40	Concreto prefabricado - Cabezal - VIADUCTO	m3	121.80	262.07	31,920.13
13.41	Encofrado prefabricados - Cabezal - VIADUCTO	m2	871.00	45.56	39,682.76
13.42	Acero de refuerzo de prefabricados - Cabezal - VIADUCTO	Kg	32,020.00	1.54	49,310.80
	Concreto - In Situ - VIADUCTO				
13.43	Concreto In Situ- Cabezal - VIADUCTO	m3	149.49	280.40	41,917.00
13.44	Acero de refuerzo In Situ - Cabezal - VIADUCTO	Kg	32,020.00	1.54	49,310.80
	Viga longitudinal - VIADUCTO				
	Elementos Prefabricados de Concreto - VIADUCTO				
13.45	Concreto prefabricado - Viga longitudinal - VIADUCTO	m3	443.71	317.26	140,771.43
13.46	Encofrado prefabricados - Viga longitudinal - VIADUCTO	m2	3,324.00	35.34	117,470.16
13.46	Acero de refuerzo de prefabricado -Viga longitudinal - VIADUCTO	Kg	114,950.00	1.54	177,023.00
	Concreto - In Situ - VIADUCTO				
13.47	Concreto In Situ- Viga Longitudinal - VIADUCTO	m3	372.00	280.40	104,308.80
13.48	Encofrados -Viga Longitudinal - VIA DUCTO	m2	75.00	31.78	2,383.50
13.49	Acero de refuerzo -Viga Longitudinal - VIADUCTO	Kg	80,000.00	1.54	123,200.00
13.50	Junta de expansión - Viga Longitudinal - VIADUCTO	m	2.00	272.55	545.10
	Barandas - VIADUCTO				
13.51	Barandas metalicas - VIADUCTO	m	200.00	187.47	37,494.00
	Guarda riel - VIADUCTO				
13.52	Guarda Riel - VIADUCTO	m	400.00	104.82	41,928.00
13.53	Sardinell de concreto - VIADUCTO	m3	12.00	626.07	7,512.84
13.54	Grout - (aplica para varios servicios)	m3	50.00	1,500.00	75,000.00

Tabla 3.2: Presupuesto de Obra

Fuente: Base de datos de la empresa

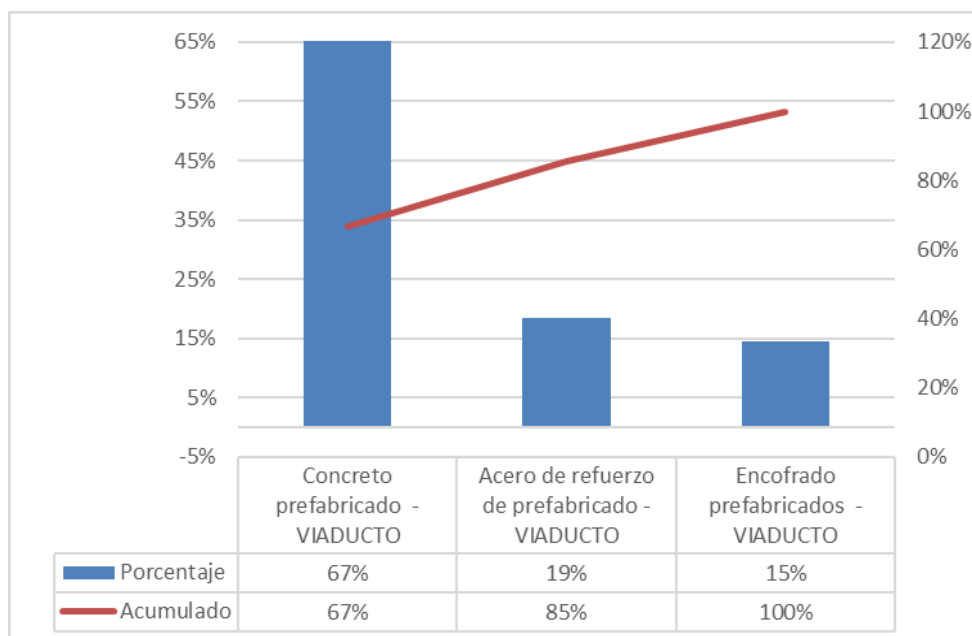


Figura 3.27: Diagrama de Pareto de partidas de la Planta de Prefabricados

Del diagrama de Pareto podemos identificar que la partida de concreto representa un 67%, acero el 19% y encofrado un 15% del presupuesto de dicha partida.

Pero este análisis no es suficiente para poder identificar, controlar y mejorar el rendimiento de las actividades que aporten de manera positiva a la eficiencia del uso del concreto durante el vaciado de los elementos prefabricados.

Se utilizará el diagrama de Ishikawa, consulta de expertos, reuniones para lluvias de ideas y seguimiento de los indicadores de control de avance para poder elaborar propuestas de mejora.

SITUACIÓN INICIAL DE OBRA

Al inicio de actividades se contaba con retraso respecto al cronograma de obra debido a que la mano de obra era gente local y no tenía experiencia ni la capacitación técnica adecuada para el armado de encofrados y vaciado de concreto de estructuras prefabricadas.

Se generó un tiempo de espera de 30 minutos mientras llegaba el despacho de concreto premezclado debido a la falta de coordinación y anticipación del responsable de producción y el proveedor, manteniendo a todo el personal en actividades no productivas.

La primera semana de iniciado las labores en el taller de prefabricados, la grúa pórtico tuvo problemas mecánicos por un día dejando paralizadas las actividades de colocación de encofrado y concreto. Esto se debió a la falta de anticipación en los mantenimientos preventivos de la grúa en coordinación con el área de equipos.

3.4 IMPLEMENTACIÓN DEL LAST PLANNER

La implementación del Sistema Ultimo Planificador inició el 10 de marzo de 2014, hasta ese momento el Jefe de Frente junto con el capataz desarrollaban las actividades de acuerdo a la urgencia sin contar con un plan de trabajo para la semana. Por ello se vio la necesidad de implementar el Sistema Last Planner que nos permita tener un control sobre el planeamiento de obra para garantizar su cumplimiento.

A continuación se detallará los pasos que se siguió para la implementación del “Last Planner” en la planta de prefabricados.

3.4.1 REUNIÓN DE CONOCIMIENTO DEL GRUPO DE TRABAJO

Lo fundamental al iniciar la implementación de cualquier método de trabajo es conocer al grupo con el cual se interactúa. Para ello, fue necesario reunir al grupo de trabajo que estaría involucrado en la implementación del sistema “Ultimo planificador”, en este caso se contó con el Jefe de Producción, Jefe de Frente y el capataz de acero, concreto y encofrado. La primera reunión que se realizó el 3 de marzo del 2014 en donde se explicó brevemente cuales son los principios que están detrás del sistema, cómo se implementa, qué indicadores se medirán y qué resultados se esperan obtener. En la reunión se enfatizó que no se buscaba adelantar arbitrariamente las actividades a realizar semanalmente, sino que se necesitaba un compromiso real para que efectivamente supieran decir que “no” cuando vieran que una actividad programada no podría ser realizada y buscar las causas que pudieran conllevar a la no ejecución de determinadas actividades, ello nos permitió tener un proceso de planificación confiable y transparente. La idea fue acogida por los involucrados y se mostraron abiertos a participar en esta nueva forma de planificación.

3.4.2 PROGRAMA MAESTRO

La programación maestra de la planta de prefabricados se encuentra adjunta en el **Anexo 4.1** de la presente tesis.

3.4.3 LOOK AHEAD

El Look Ahead para la producción de prefabricados, denominada también programación intermedia, se realizó mediante una planificación tentativa de las actividades que podían ser desarrolladas en las siguientes 3 semanas. La programación se realiza semanalmente revisando las tareas cumplidas en la semana anterior y sincerando y proyectando las actividades a ejecutar en las próximas tres semanas. Mediante esta metodología se desarrolló este nivel intermedio de planificación.

Una vez realizada la planificación proyectada a tres (03) semanas, se procede a analizar cada semana a fin de identificar restricciones, eventos que impidan se ejecute nuestro Plan Semanal.

Se tomó en cuenta las siguientes restricciones: despacho y llegada de materiales, mano de obra, compatibilización de la ingeniería, planos de construcción, estado del mantenimiento de equipos y herramientas.

- **Materiales:** tiene que ver principalmente con la presencia de los materiales en campo, debe haber una revisión previa al desarrollo de cada actividad para constatar si se encuentran todos los materiales en obra o en proceso de compra, realizando una trazabilidad para conocer si su llegada será antes de la fecha requerida en campo. Es necesario una coordinación con los proveedores y subcontratistas, sobretodo se enfatizó con el proveedor de concreto premezclado puesto que ya venía acumulando despachos tardíos o fuera de fecha.
- **Mano de Obra:** se debe contar con la cantidad suficiente de personal para realizar las actividades, no basta con tener una considerable cantidad de trabajo por realizar si no hay quien ejecute y si el personal está adecuadamente capacitado para cumplir la labor que se le encargue.
- **Equipos y herramientas:** se refiere a contar con todos los equipos necesarios que se utilizarán en campo y que se cuente en constante coordinación con el

área de equipos para su respectivo mantenimiento. Inicialmente se tuvieron problemas con las fallas de la Grúa Pórtico debido a falta de mantenimientos preventivos. Ante ello, se decidió asignar un responsable permanente que se encargue de llevar un Check List semanal de mantenimiento de equipos críticos.

- **Diseño:** Las mallas de acero y los encofrados deben estar minuciosamente revisados por el supervisor de calidad y supervisión para evitar los rediseños. Los planos deben estar con detalles e información consistente y completa, sin ambigüedad. Las incompatibilidades en los planos de ingeniería son también una causa de incumplimiento en las actividades de acero.

De acuerdo a las funciones de la planificación intermedia, se tomó una secuencia lógica para el desarrollo de las actividades al tomar en cuenta su prioridad de ejecución, además se consideró la capacidad de la cuadrilla para la designación del trabajo.

De esta manera se desarrolló la planificación intermedia durante toda la implementación del sistema.

REGISTRO																								
LOOKAHEAD / PLANIFICACION INTERMEDIA																								
N.	Descripcion de Actividad / RESTRICCION	UND.	Cantidad	Fecha Requeri da	Resp.	Semana 4					Semana 5					Semana 6								
						10/3	11/3	12/3	13/3	14/3	17/3	18/3	19/3	20/3	21/3	24/3	25/3	26/3	27/3	28/3				
						L	M	M	J	V	L	M	X	J	V	L	M	X	J	V				
	Acero fy=4200																							
1	Armado malla de acero					PF106	PF106	PF106	PF003	PF106	PF106	PF107	PF110	PF003	PF106	PF106	PF106	PF003	PF106	PF106	PF106	PF106	PF106	PF106
2	Preparacion de Encofrado						PF106	PF106	PF003	PF106			PF110	PF003	PF106	PF106	PF106	PF003		PF106	PF106	PF106	PF106	PF106
3	Izaje malla de acero						PF106	PF106	PF106	PF003	PF106	PF106	PF107	PF110	PF003	PF106	PF106	PF106	PF003	PF106	PF106	PF106	PF106	PF106
	Restricciones																							
	Coordinar despacho con proveedor.	kg.	39732	07/03/14	P. Becerra																			
	Verificar fecha de mantenimiento de grua	und.	1	07/03/14	M. Ayala																			
	Encofrado																							
4	Encofrado						PF106	PF106	PF106	PF003	PF106	PF106	PF107	PF110	PF003	PF106	PF106	PF106	PF003	PF106	PF003	PF106	PF106	PF106
5	Colocacion Malla gallinero como encofrado interior						PF106	PF106	PF106	PF003	PF106	PF106	PF107	PF110	PF003	PF106	PF106	PF106	PF003	PF106	PF003	PF106	PF106	PF106
	Restricciones																							
	Coordinar despacho con proveedor	m2	1147.18	07/03/14	P. Becerra																			
	Coordinar con RR HH el ingreso de personal																							
	Asegurar entrega de EPP a personal.																							
	Concreto																							
6	Vaciado de concreto f'c = 40 Mpa						PF107	PF106	PF106	PF003	PF106	PF106	PF107	PF110	PF003	PF106	PF106	PF106	PF003	PF106	PF003	PF106	PF106	PF106
	Restricciones																							
	Entregar a proveedor programacion requerida de concreto	m3	178.12	07/03/14	M. Ayala																			
	Coordinar con el area de calidad liberaciones.																							
	Verificar via de acceso para ingreso de mixer																							
7	Desencofrado						PF106	PF106	PF106	PF106	PF003			PF106	PF107	PF110	PF003	PF106	PF106	PF106	PF106		PF106	PF003
8	Curado						PF106	PF106	PF106	PF106	PF003			PF106	PF107	PF110	PF003	PF106	PF106	PF106	PF106		PF106	PF003

Tabla 3.3: Look Ahead por tres semanas

En este formato se ve reflejado el trabajo que se debe hacer antes de liberar las restricciones y lo que puede hacerse una vez analizadas y eliminadas.

En el **Anexo 4.2** se puede observar los Look Ahead que se generaron para las 7 semanas de implementación.

3.4.4 REVISIÓN DE LA PLANIFICACIÓN INTERMEDIA

Esta reunión se realizó el 8 de marzo del 2014 la que consistió en determinar el estado de las actividades con respecto a las restricciones y la probabilidad de removerlas. Esta revisión brindó la primera oportunidad para estabilizar el flujo de trabajo tomando en cuenta que ciertas actividades, llegado el momento de realizarlas, no se podrían ejecutar por tener alguna restricción que impide que ésta sea ejecutada. En este caso no se presentó ningún tipo de restricción que impidiese el desarrollo de las actividades programadas para la semana de implementación de “Last Planner” ya que estas pudieron ser removidas a tiempo tal es el caso de que se tuvo una mejor coordinación con los proveedores de materiales y de igual manera con el proveedor del concreto premezclado, de esta manera se evitó, las esperas de mixer se decidió comunicar a la planta concretera media hora antes de finalizar los trabajos de encofrado para así evitar las esperas.

3.4.5 PLANIFICACIÓN SEMANAL

La planificación semanal busca controlar a la unidad de producción, para ello se trabajó con el siguiente formato, en donde, se identifican las actividades a ejecutar durante la semana entrante, así como también un resumen del porcentaje de avance real vs. previsto y su respectivo Porcentaje de Actividades Cumplidas (PAC).

N.	Actividad	Semana 4					Avan. Progr. (Und.)	% Avan Progr.	Avan Real	% Avan Real	PAC (%)
		10/3	11/3	12/3	13/3	14/3					
		L	M	X	J	V					
1	Armado malla de acero	PF106	REPROGRAMACION	PF106	PF106	PF106	6	100	5	83%	0
2	Limpieza de encofrado	PF106		PF106	PF106	PF106	7	100	5	71%	0
3	Izaje malla de acero	PF106	PF106	PF106	PF106	PF106	7	100	6	86%	0
4	Encofrado	PF106	PF106	PF106	PF106	PF106	7	100	6	86%	0
5	Colocacion Malla gallinero como encofrado interior	PF003	PF106	PF106/PF106	PF106	PF106	8	100	7	88%	0
6	Vaciado de concreto f'c = 40 Mpa	PF104	PF106	PF003/PF106	PF106/PF106	PF106	7	100	7	100%	1
7	Desencofrado		PF104	PF106	PF003/PF106	PF106/PF106	7	100	7	100%	1
8	Curado		PF104	PF106	PF003/PF106	PF106/PF106	7	100	7	100%	1
										PAC	38%

Tabla 3.4: Formato de la planilla para la medición del P.A.C

El día considerado como inicio de semana fue el lunes y el día de termino el viernes.

La reunión para preparar el trabajo semanal se realizó el día lunes, en esta reunión participaron el Jefe de Producción, el Jefe de Frente y el capataz. Todos los días lunes se trataba los siguientes puntos:

- Revisión del P.A.C. de la semana anterior.
- Revisión de las causas de no cumplimiento (C.N.C.)
- Buscar soluciones para las C.N.C.
- Revisión del rendimiento de los trabajadores de la semana anterior.
- Preparar el trabajo para la semana dependiendo del número de trabajadores.
- Revisión de la secuencia de ejecución de las actividades de acuerdo a la prioridad.
- Control de los materiales, equipos y herramientas.

Para tratar de cumplir con el trabajo de la semana, se estableció un responsable para la ejecución y seguimiento de las actividades.

a

ODEBRECHT	REGISTRO	GP-01-01
	GENERALES	Revisión: 0
	ACTA DE REUNIÓN	Fecha: 03/03/2014
		Página: Pág.. 1/2

Asunto:	Reunión General de Obra ##-## -02	Lugar:	Islay - Matarani
Obra:	Planta de Prefabricados	Departamento:	Arequipa
Coordinador:	Ing. Mauricio Ayala	Fecha:	06/03/2014
Área:	Produccion	Hora:	2:00 pm - 3:00 pm

CONDICIÓN	COMPañÍA	NOMBRES	FIRMA	ABREVIATURA	PARTICIPACIÓN	CARGO
Oblig.	Odebrecht	Juan Luis de las Casas		JLC	+	Director de Proyecto
Oblig.	Odebrecht	Paulo Becerra		PB	+	Responsable de Produccion
Oblig.	Odebrecht	Mauricio Ayala		MA	+	Responsable de Servicio
Oblig.	Odebrecht	Alfredo Ciriaco		AC	+	Capataz
Oblig.	Odebrecht	Beatriz Torres		BT	+	RP Calidad
Oblig.	Odebrecht	Peter Galves		PG	+	Rp Seguridad
Oblig.	Odebrecht	Juan Paz		JP	+	RP Equipos

Participación: (+) Presente
 (-) Parcialmente Presente
 (#) Ausente

Estos responsables fueron: el Jefe de Producción, Jefe de Frente y capataz cada uno tomo un número de actividades para cumplir estas funciones.

3.4.6 DURACIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN

La implementación cubrió un lapso de 7 semanas, se inició el 10 de marzo del 2014 y finalizó el 22 de abril del 2014. Se trabajó de lunes a viernes excepto los días festivos. Durante las 7 semanas se midió el avance físico mediante la productividad, el rendimiento de las cuadrillas y el porcentaje de actividades completadas (P.A.C.) y control de desperdicios.

Antes de la implementación se hizo un diagnóstico del avance de las primeras 3 semanas del 17 de febrero del 2014 al 08 de marzo del 2014. El diagnostico básicamente consistió en la toma de datos sobre el rendimiento de la cuadrilla y la forma como se llevaba la planificación de la planta de prefabricados para, una vez realizada la implementación, comparar los resultados obtenidos con los resultados del diagnóstico y así poder corroborar que el sistema realmente brinda excelentes resultados en la planta de prefabricados.

Una vez que se ha detallado el caso de estudio y se ha indicado sobre la metodología que se utilizó para la implementación del “Last Planner” en la planta de prefabricados de “**PROYECTO MATARANI**”, a continuación en el capítulo V se mostraran los resultados obtenidos durante las 10 semanas de investigación.

CAPITULO IV. RESULTADOS DE LA IMPLEMENTACIÓN

Este capítulo es uno de los más importantes de la investigación ya que muestra los resultados obtenidos para luego poder concluir sobre los aspectos positivos y negativos de la implementación.

Se comentará acerca de los indicadores que se midieron, el porcentaje de actividades completadas (P.A.C.), las causas de no cumplimiento (C.N.C.), los ratios y curva de productividad.

4.1 MEJORAS EN EL PORCENTAJE DE ACTIVIDADES COMPLETADAS (P.A.C.)

El P.A.C. se midió desde la primera semana de implementación hasta el final de la misma, es decir desde el 10 de marzo del 2014 hasta el 23 de abril del 2014. Como ya se mencionó anteriormente la semana considerada de trabajo fue de lunes a viernes, y los días sábado como buffer por si alguna actividad no se desarrollaba con normalidad durante la semana y se pueda recuperar el tiempo no realizado y no se presente retraso para cumplir con la planificación semanal, por tal motivo una vez transcurrida la semana todos los días lunes se determinaba el valor del indicador P.A.C. de la semana anterior. Una vez calculado este indicador se procedía a desarrollar la planificación para la semana siguiente.

En el Anexo 5.1 se puede observar la programación semanal que se realizó para las siete (07) semanas de estudio. A continuación en la Tabla 4.1 se presenta un ejemplo de cómo se midió el P.A.C. al final de la semana. El ejemplo mostrado corresponde a la primera semana de implementación, por lo tanto los datos de la tabla representan el desempeño del trabajo realizado con la aplicación del sistema.

a

N.	Actividad	Semana 4					Avan. Progr. (Und.)	% Avan. Progr.	Avan. Real	% Avan. Real	PAC (%)	Análisis de Cumplimiento	
		10/3	11/3	12/3	13/3	14/3						CAUSAS DE INCUMPLIMIENTO	MEDIDA CORRECTIVA
		L	M	X	J	V							
1	Armado malla de acero	PF106	REPROGRAMACION	PF106	PF106	PF106	6	100	5	83%	0	Se paraliza producción para realizar una reprogramación.	
2	Limpieza de encofrado	PF106		PF106	PF106	PF106	7	100	5	71%	0		
3	Isaje malla de acero	PF106	PF106	PF106	PF106	PF106	7	100	6	86%	0		
4	Encofrado	PF106	PF106	PF106	PF106	PF106	7	100	6	86%	0		
5	Colocación Malla gallinero como encofrado interior	PF003	PF106	PF106/PF106	PF106	PF106	8	100	7	88%	0	Mala programación de pedido de concreto a planta concretaria.	
6	Vaciado de concreto f'c = 40 Mpa	PF104	PF106	PF003/PF106	PF106/PF106	PF106	7	100	7	100%	1		
7	Desencofrado		PF104	PF106	PF003/PF106	PF106/PF106	7	100	7	100%	1		
8	Curado		PF104	PF106	PF003/PF106	PF106/PF106	7	100	7	100%	1		
											PAC	38%	

Tabla 4.1: Ejemplo de medición del P.A.C.

Como se puede observar en la tabla anterior, el valor del P.A.C. obtenido corresponde al 38% de cumplimiento de lo planificado. Se ha colocado “1” en las actividades que presentan un avance real igual o mayor que el avance programado, así, de las ocho (08) tareas planificadas tres (03) de ellas se cumplieron en su totalidad de acuerdo a lo proyectado.

Durante la primera semana de implementación al avance real menor que el programado se le ha colocado “0”, como es el caso de la actividad 1 “Armado de malla de acero” y actividad 2 “Limpieza de encofrado” en las que se tuvo un 83% y 71% de avance y no el 100% como estaba planificado debido a que se realizó una paralización de trabajos para realizar una reprogramación ya que hasta esa fecha se presentaban atrasos en la producción de prefabricados.

Ahora bien, si el tiempo no se cumplió de acuerdo a lo programado debe indicarse el motivo de atraso, es por eso que la última columna de la tabla superior se ha destinado precisamente para describir el problema que ocasionó el no cumplimiento de la actividad y señalar la medida correctiva que se tomó para solucionar el problema y no se cometa el mismo error en las próximas semanas, generando un ciclo de mejora continua.

Básicamente este es el procedimiento que se utilizó para completar la planilla del trabajo semanal y lógicamente para medir el P.A.C.

Antes de pasar a mostrar los resultados, es importante indicar que previo a la implementación del sistema, se realizó un diagnóstico del estado actual de la obra,

es decir, se tomó datos tanto de productividad como de programación durante la producción de prefabricados.

El diagnostico comenzó el día 17 de febrero del 2014 y finalizó el 08 de marzo del 2014, esto se hizo con el propósito de comparar posteriormente los resultados antes y después de la implementación para llegar así a corroborar que el Last Planner generó importantes mejoras en la programación semanal durante la producción de prefabricados.

Para poder identificar las actividades que no se desarrollaban normalmente y como se mencionó anteriormente se tuvo una reunión con cada uno de los responsables de la planta para identificar las causas de atraso en obra, en el Anexo 5.2 se muestra el Diagrama de Ishikawa realizado en la reunión de lluvia de ideas. De todas las causas identificadas las de mayor incidencia se puede decir fueron las siguientes:

Descripción	Conteo
Mano de Obra	
Cuadrillas mal distribuidas	11
Falta de orden y limpieza	4
Personal con falta de experiencia	5
Subcontrato	
Falta de coordinación con el proveedor de concreto	8
No cumple con el slump de 7" - 8"	1
Equipo	
Baja confiabilidad del vibrador	2
Vibradores insuficientes	2
Falta de Mantenimiento de Equipo	
Método de trabajo	
Falta de personal del área de calidad	2
Estacionamiento de mixer	3
Vías de acceso alternas para el vaciado	4
Medio ambiente	
Deficiente Layout de vía de acceso	5
Falta de planificación con otras áreas	2
Falta de espacio para maniobras del mixer	2

Tabla 4.2: Causas de incumplimiento mas incidentes

Fuente: Elaboración Propia

De la tabla anterior podemos observar las causas principales de la deficiencia de la etapa de vaciado de prefabricados.

Finalmente en la se muestran los resultados que se obtuvo hasta el 25 de abril del 2014. Los valores de la columna del P.A.C. Promedio de la Tabla 4.3 se los calculó mediante un promedio acumulado. Estos valores están separados antes y después de la implementación. El valor 38% es el promedio acumulado desde la semana 1 a la 3, antes de la implementación, es decir, la suma del valor de P.A.C. de la primera, segunda y tercera semana dividido para las tres con un atraso de 5 vigas que no se realizaron.

	Semana	Fecha inicio	Fecha termino	PAC (%)	PAC Promedio (%)
Antes de la Implementacion	1	17/02/2014	21/02/2014	25	25
	2	24/02/2014	28/02/2014	0	13
	3	03/03/2014	08/03/2014	0	8
Despues de la Implementacion	4	10/03/2014	14/03/2014	38	38
	5	17/03/2014	21/03/2014	100	69
	6	24/03/2014	28/03/2014	100	79
	7	31/03/2014	04/04/2014	100	85
	8	07/04/2014	11/04/2014	100	88
	9	14/04/2014	19/04/2014	100	90
	10	21/04/2014	25/04/2014	100	91

Tabla 4.3: Evolución del % de cumplimiento semanal

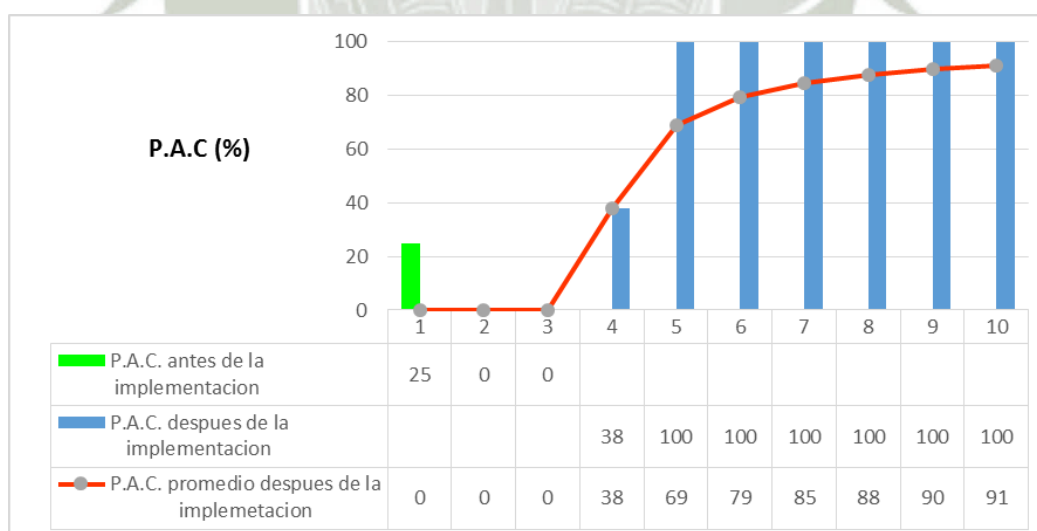


Figura 4.1: Evolución del % de cumplimiento semanal

La Figura 4.1, representa la evolución del P.A.C. al final de cada semana, como se dijo, antes de la implementación del sistema se hizo un seguimiento durante las tres primeras semanas sobre la planificación con la que se desarrollaba el proyecto, los resultados que se obtuvo está representado en las barras de color verde. A partir de la semana 4 se aplicó el sistema en la obra hasta la semana 10, las barras de color azul representan los resultados obtenidos.

Ahora bien, se puede observar claramente que el nivel del cumplimiento de la planificación mejoro con la implementación del sistema, la mayoría de los valores son del 100% excepto en la semana 4, ya que el martes 14 de marzo del 2014 se paralizaron los trabajos para poder realizar una reprogramación de obra y poder nivelar el trabajo ya que se contaba con un atraso de obra lo que ocasionaría que el plazo meta no se cumpliera.

En esta reunión se acordó se realizaría un programa de capacitación para el personal obrero ya que estos no contaban con la experiencia requerida por ser gente de la zona , se trabajaría horario extendido, se daría incentivos de 1 jornal de trabajo, y se trabajaría con un buffer del día sábado que nos serviría como colchón para recuperar trabajos que no se pudiesen cumplir durante la semana por la variabilidad a la que se encuentra expuesto todo tipo de proyecto y así poder llegar a la fecha meta.

En la semana 5 ya se logró un incremento de este indicador, significa que se comenzó a planificar de una manera más efectiva y se captó la idea sobre el funcionamiento del sistema por parte de los involucrados.

Como se puede ver en la Tabla 4.3, el P.A.C. promedio alcanzado durante las 7 semanas de implementación es del 91%, lo que nos indica que en la planta de prefabricados se logró obtener un buen desempeño de la planificación.

4.2 CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO (C.N.C.)

Mantener un registro de las causas de no cumplimiento y aprender de ellas es la base del mejoramiento continuo, si no se sabe el origen del problema difícilmente se podrá tomar acciones correctivas para el futuro.

En la planta de prefabricados durante toda la implementación semana a semana se registró las causas que impedían el desarrollo de las actividades, si una tarea no se

cumplía se anotaba el origen del no cumplimiento, esto permitía adelantarse a los problemas de las semanas futuras.

Ahora bien, se puede decir que las causas más frecuentes para el no cumplimiento de las actividades programadas se debió en su mayoría a la variabilidad a la que se encuentra expuesta siempre todo proyecto ya que se presentaron problemas en la planta concretera por falta de mantenimiento en esta, la mala programación de pedido de concreto a la planta, problemas de abastecimiento de la misma para todos los frentes de trabajo, el factor climático, incidentes de trabajo, días festivos, inasistencias de personal.

Además, como se puede ver cada causa de no cumplimiento tiene su origen, este puede ser interno y externo. La causa de origen interno se refiere a problemas manejables por la empresa, es decir errores directamente dentro de la planta, por el contrario las causas externas corresponden a problemas que no son manejables por la empresa pero repercuten negativamente en la producción.

No se presentaron inconvenientes con los proveedores ya que al trabajar con una planificación intermedia o Look Ahead nos permitió proveer los materiales con anticipación por lo que al momento de realizar los trabajos semanales se contaba con el material disponible para los trabajos a realizar.

4.3 DESPERDICIO DE CONCRETO

De acuerdo a la Figura 4.2, podemos observar que las dimensiones del prefabricado tipo U son de 11.25 m. de largo, 1.86 m. de ancho por 1.25 m. de altura, el volumen teórico para este tipo de prefabricados es de aproximadamente 8.43 m³ aproximadamente.

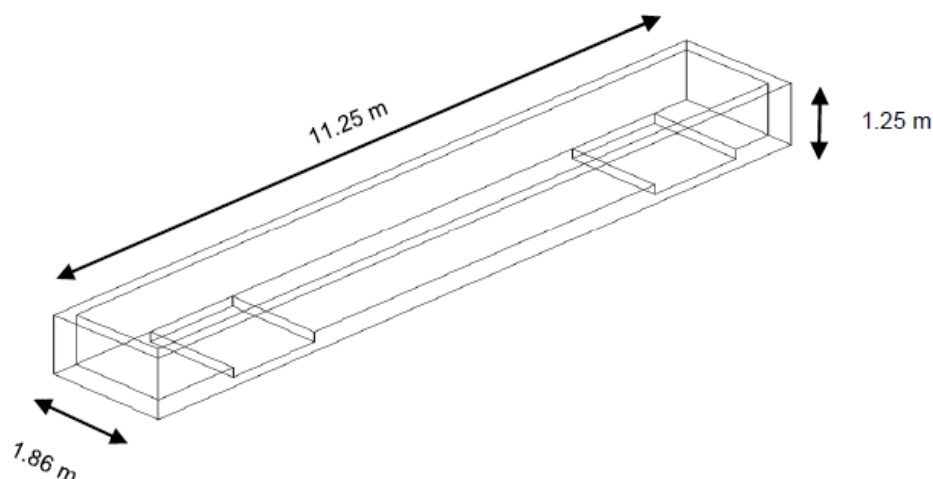


Figura 4.2: Prefabricado tipo U (Proyecto Matarani, 2013)

Para los prefabricados tipos Pi sus medidas son variables ya que contamos con distintos tipos de elementos y por tal motivo sus volúmenes de concreto también lo son.

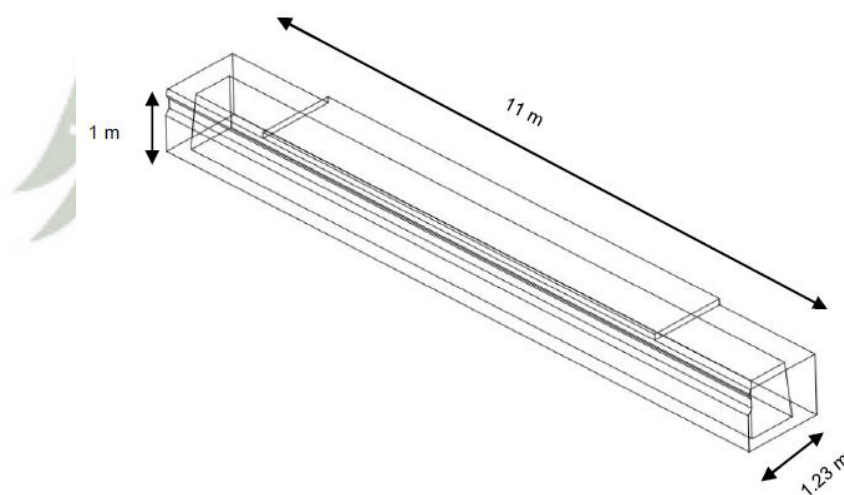


Figura 4.3: Prefabricado tipo PI (Proyecto Matarani 2013)

Tomando en cuenta lo expuesto anteriormente, este informe considerara como desperdicio del concreto a todo consumo de recurso (materiales y horas hombre) en cantidades mayores a las necesarias durante el vaciado de prefabricados.

a

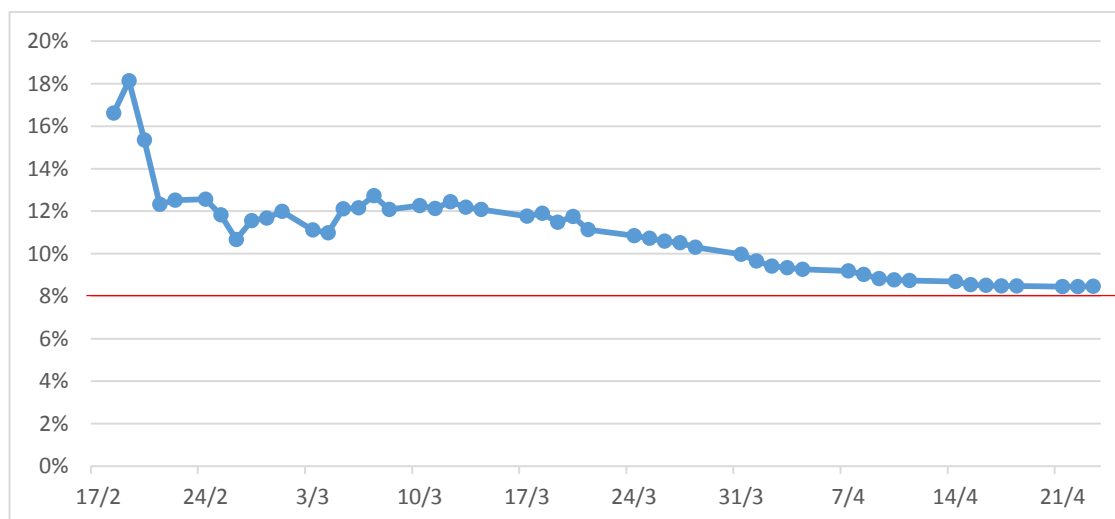


Figura 4.4: Evolucion del % de desperdicio de concreto

En la Figura 4.4: Evolucion del % de desperdicio de concreto, podemos observar el porcentaje de desperdicio y como es la tendencia de esta a lo largo del tiempo. Se realizó propuestas de mejora para el uso eficiente, pero también se deberá considerar los factores negativos que perjudicaran el buen desempeño de los trabajos.

Desperdicio	Semana 9					Semana 10		
	14/4	15/4	16/4	17/4	18/4	21/4	22/4	23/4
	L	M	X	J	V	L	M	X
Vol. Concreto realizado (M3)	17.00	17.00	17.00	17.00		17.00	11.50	10.00
Vol. Concreto teorico (M3)	15.82	16.33	15.82	15.82		15.82	10.61	9.17
Desperdicio	1.18	0.67	1.18	1.18	-	1.18	0.89	0.83
Porcentaje de desperdicio diario	7%	4%	7%	7%		7%	8%	9%
Porcentaje de desperdicio acumulado	10%	10%	10%	10%		10%	10%	10%
Desperdicio Meta	8%	8%	8%	8%	8%	8%	8%	8%

Tabla 4.4: Porcentaje acumulado de desperdicios del concreto en la última semana de producción de prefabricados

De la Tabla 4.4 observamos que el porcentaje acumulado de desperdicio al final de la producción de prefabricados es del 10%, logrando reducir el porcentaje diario de concreto con porcentajes de 7 a 9%.

En el Anexo 5.3 se puede apreciar la tendencia del porcentaje de desperdicio de concreto a lo largo del tiempo.

4.4 LA PRODUCTIVIDAD

El flujo de producción depende del acero, encofrado y concreto es por ello que para mejorar el ciclo de producción es necesario identificar las actividades que presentan mayor demora y lo que retrasa el avance normal del ciclo de producción.

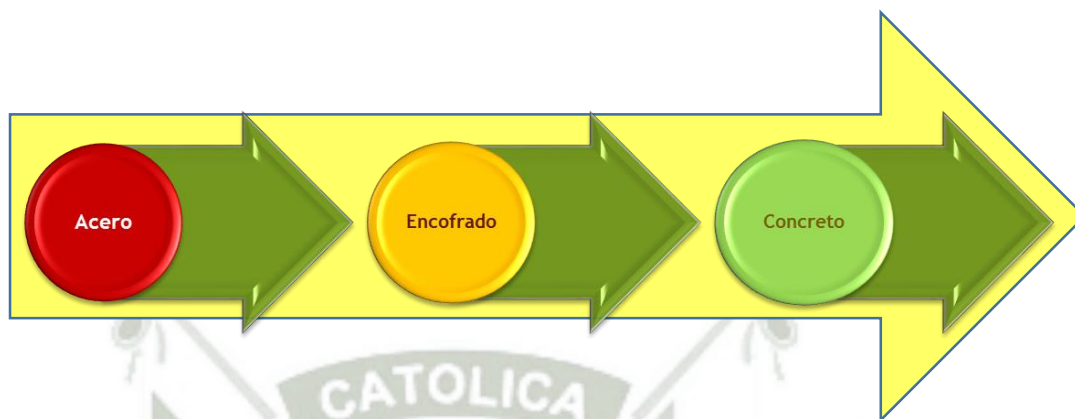


Figura 4.5: Proceso cuello de botella dentro de un flujo de producción

Generalmente en una cadena productiva existen tres tipos de actividades: productivas, contributorias y no contributorias. Para poder realizar la medición de estos utilizamos como herramienta la carta balance la que nos ayudara a balancear la cantidad de trabajadores en las cuadrillas, permitirá detectar perdidas en los procesos tales como tiempos contributorios exageradamente altos, tiempos no contributorios elevados, flujos incompletos, control de tiempos y rendimientos, etc. , y adicionalmente, aunque no es el fin principal, permite hacer un seguimiento a trabajadores con niveles de productividad demasiado bajos para luego tomar medidas correctivas.

Lo que se hizo básicamente fue tomar muestras de las actividades de armado de mallas de acero, encofrado y de vaciado de concreto ya que durante el desarrollo de esta actividad se encontró la mayor parte de causas no cumplidas durante la programación intermedia y permitirá identificar y mejorar la productividad de la cuadrilla.

VACIADO DE CONCRETO

CUADRILLA: 01 capataz + 01 operario + 02 oficial + 03 peones

Primero se identificará los trabajos productivos, contributivos y no contributivos de dicha partida.

TP	TRAB. PRODUCTIVO
A	Vibrado de concreto (A)
B	Colocado de Concreto (B)
C	Reglado de concreto (C)
TC	TRAB. CONTRIBUTORIO
D	Traslado de vibrador (D)
E	Colocado de chute (E)
F	Dirige chute (F)
G	Recepcion de Mezcla (G)
H	Coordinando (H)
TNC	TRAB. NO CONTRIBUTORIO
I	Descansar (I)
J	Esperar (J)
K	Conversar (K)
L	Caminando (L)

Figura 4.6: Clasificación de actividades asociadas al vaciado de concreto

Esta cuadrilla estaba compuesta por un capataz quien es el encargado de supervisar los trabajos, el operario realiza el reglado de concreto, oficial 1 con el peón 1 se encargan del vibrado de concreto, oficial 2 y peón 2 se encargaban de la recepción y colocado de concreto por último el peón 3 era el encargado de colocar y dirigir el chute.

En base a las mediciones realizadas **Anexo 5.4** se pudo obtener los siguientes resultados en cuanto a las actividades que realizan los diferentes miembros de la cuadrilla:

a

N°	CA	OP	OF1	OF2	PE1	PE2	PE3
1	H	H	H	L	K	K	J
2	H	J	J	J	K	K	J
3	J	J	J	J	K	J	J
4	H	H	J	J	K	J	J
5	H	H	J	J	E	J	L
6	J	B	J	G	F	J	G
7	J	B	J	B	J	J	G
8	H	B	A	B	J	D	G
9	H	B	A	B	J	D	B
10	H	C	A	B	F	D	B
11	L	C	A	J	F	D	B
12	H	H	A	B	F	J	J
13	H	C	J	B	J	D	G
14	I	C	A	B	J	D	G
15	I	B	A	B	J	D	B
16	H	B	A	B	F	L	G
17	H	C	A	B	J	D	I
18	H	I	J	B	F	J	G
19	J	I	A	G	J	I	G
20	L	H	A	B	J	D	B
21	L	B	A	B	F	D	G
22	H	B	A	B	J	D	B
23	H	C	A	B	J	D	B
24	H	C	A	G	J	D	B
25	K	C	A	B	F	D	B
26	L	B	A	H	J	D	B
27	K	B	A	B	J	D	G
28	H	C	I	B	J	J	G
29	K	C	A	B	J	D	B
30	I	C	A	I	F	D	I

NOMENCLATURA

	A
	B
	C
	D
	E
	F
	G
	H
	I
	J
	K
	L

Tabla 4.5: Detalle de la Carta Balance

En la Tabla 4.6 se observa el porcentaje de trabajo productivo, tiempo Contributorio y tiempo no contributorio de la cuadrilla de vaciado de concreto de donde podemos apreciar la siguiente distribución de tiempo:

Tipo de Tiempo	N° Medidas	% de Participación
Tiempo Productivo	71	33.8%
Tiempo Contributorio	65	31.0%
Tiempo No Contributorio	74	35.2%
TOTAL	210	100.0%

Tabla 4.6: Distribución de tiempo y % de participación

Del diagrama anterior podemos observar que el tiempo no contributorio que se tiene durante la actividad de vaciado de concreto es mayor a los tiempos productivos y contributorios ya que este representa el 35.24% del 100% de dicha actividad.

Para poder identificar las actividades por las que se encuentra compuesto el tiempo no contributorio se realizó el diagrama de Pareto.

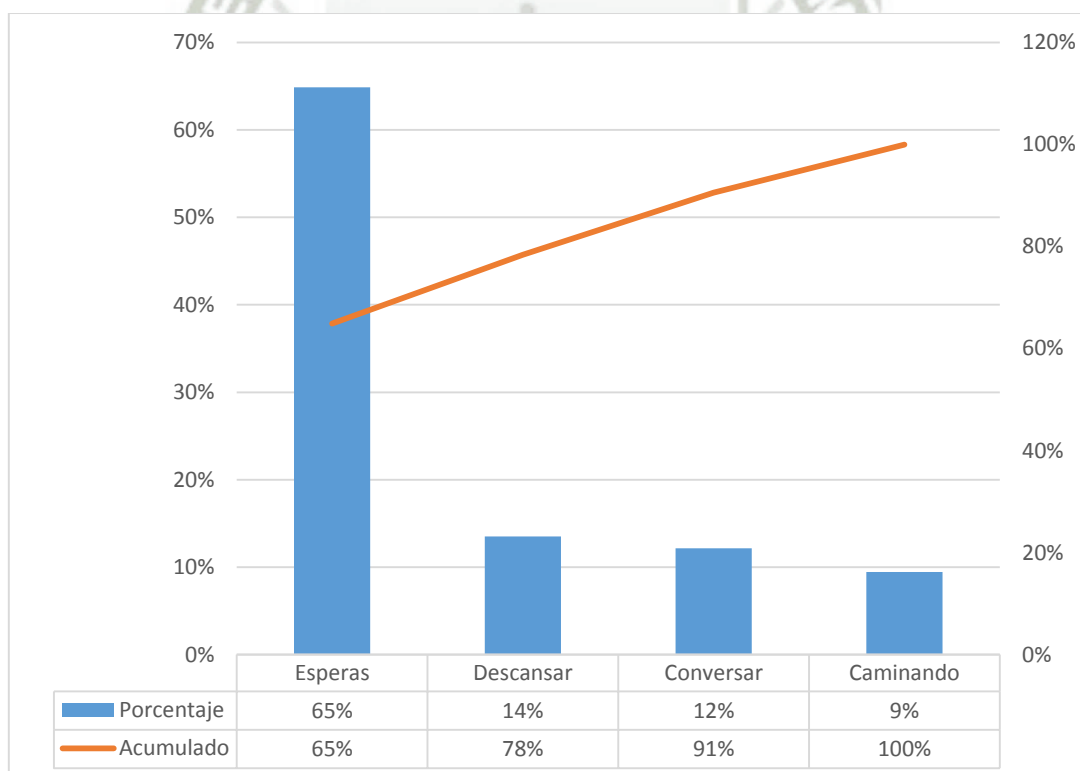


Tabla 4.7: Diagrama de Pareto - Tiempo no Contributorio

a

Del diagrama anterior podemos identificar que las esperas representan el 65% mientras que descansar, conversar y caminar representan el 35% del tiempo no contributivo durante el vaciado de prefabricados, por lo que se puede concluir que las esperas representan un alto porcentaje durante dicha actividad lo que significa una pérdida de tiempo y dinero para la empresa. La distribución de tiempo de nuestra cuadrilla se encuentra de la siguiente manera:

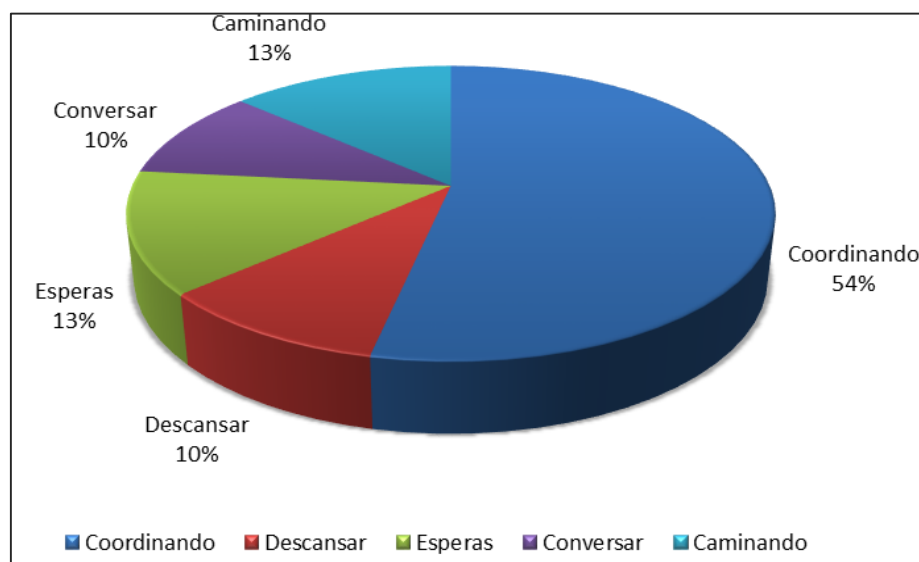


Figura 4.7: Distribución del trabajo para el Capatáz

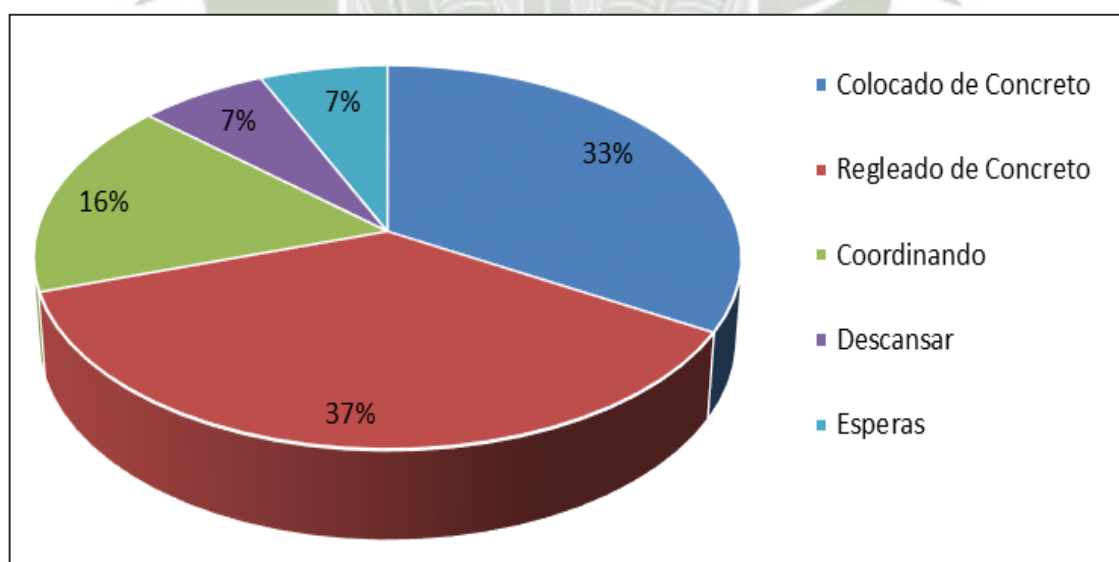


Figura 4.8: Distribución del trabajo para el Operario

a

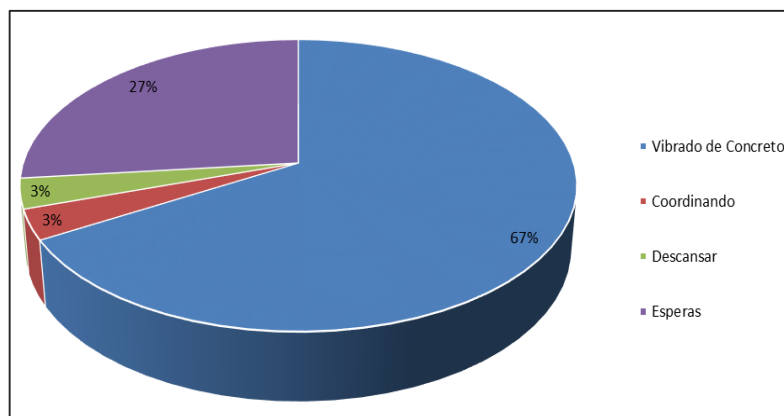


Figura 4.9: Distribución del trabajo para el Oficial 01

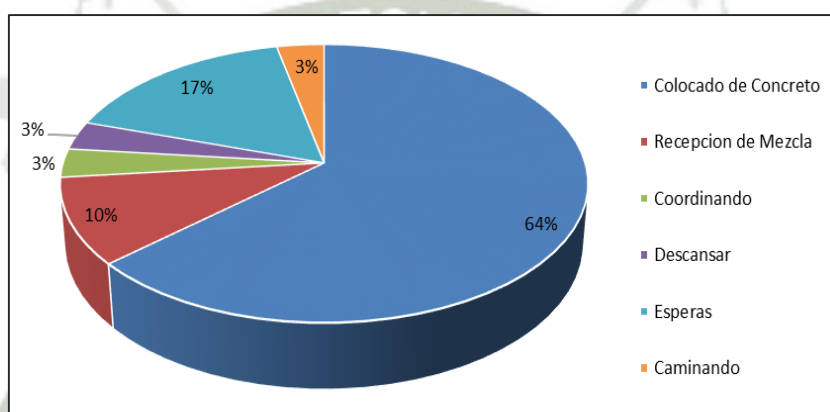


Figura 4.10: Distribución del trabajo para el Oficial 02

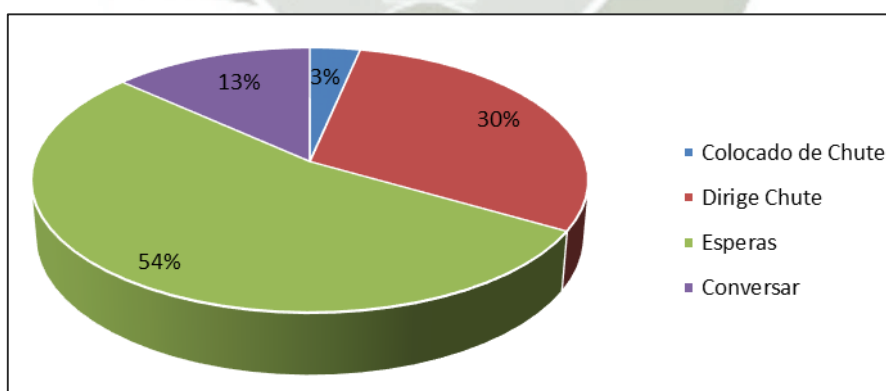


Figura 4.11: Distribución del trabajo para el Peón 1

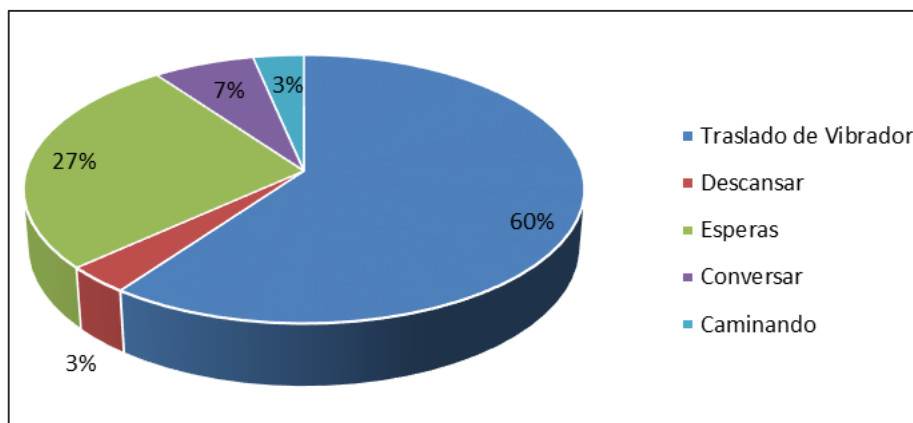


Figura 4.12: Distribución del trabajo para el Peón 2

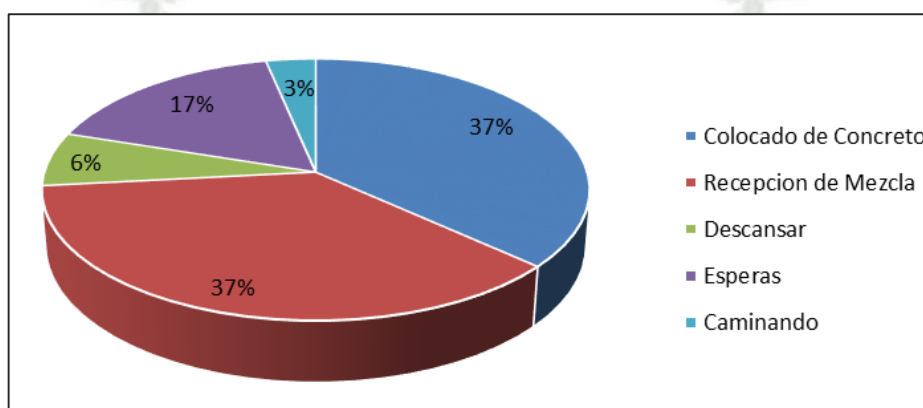


Figura 4.13: Distribución del trabajo para el Peón 3

Como se puede observar de las figuras anteriores los oficiales tienen un 66% de trabajo productivo, el operario tiene un 70% de trabajo productivo, mientras que los peones el 37% de trabajo productivo.

En cuanto a los peones tienen un mayor porcentaje de tiempo Contributorio y no contributorio. Se puede ver que el peón 1 quien era el encargado de dirigir el chute tiene 33% y 67% de tiempo Contributorio y no contributorio respectivamente ya que la mayor parte del tiempo se la pasa observando y esperando su momento de actuar.

Finalmente de manera general, la productividad para el frente de concreto se puede ver reflejada en la curva de productividad, y se puede decir que cuando existe una mayor productividad se va obtener una mayor producción por parte de la cuadrilla de trabajo.

ACERO

CUADRILLA: 01 capataz + 02 operario + 04 oficial + 04 peones

Primero se identificará los trabajos productivos, contributivos y no contributivos de dicha partida.

TP	TRAB. PRODUCTIVO
A	Amarra fierro (A)
B	Colocado fierro (B)
TC	TRAB. CONTRIBUTIVO
C	Medir (C)
D	Trasladar fierro (D)
E	Colocar recubrimientos (E)
F	Colocar amarres (F)
G	Coordinar (G)
TNC	TRAB. NO CONTRIBUTIVO
H	Descansar (H)
I	Esperar (I)
J	Conversar (J)
K	Caminando (K)

Figura 4.14: Clasificación de actividades asociadas al armado de mallas de acero

Esta cuadrilla estaba compuesta por un capataz quien es el encargado de supervisar los trabajos, los operarios son los encargados de colocar y verificar medidas del acero, los oficiales son los encargados de colocar y asegurar el acero y los peones de trasladar y colocar los respectivos aceros.

En base a las mediciones realizadas en la carta balance (**Anexo 5.5**) se pudo obtener los siguientes resultados en cuanto a las actividades que realizan los diferentes miembros de la cuadrilla:

a

CARTA DE BALANCE

Número de Observación	CA	OP1	OP2	OF1	OF2	OF3	OF4	PE1	PE2
1	I	G	G	J	J	I	I	I	I
2	G	H	H	G	I	J	I	I	I
3	J	I	G	I	D	D	I	C	C
4	G	B	C	H	A	F	C	F	E
5	G	I	H	A	H	H	F	B	F
6	G	B	H	A	F	I	I	D	D
7	I	B	B	I	F	I	E	I	D
8	I	I	B	A	B	C	C	I	I
9	I	B	A	A	C	I	H	I	J
10	G	A	B	H	F	C	B	E	E
11	K	H	C	D	D	H	I	D	D
12	G	H	D	A	A	F	I	F	H
13	I	B	G	I	B	I	B	C	C
14	H	H	J	A	B	C	E	H	H
15	H	B	I	A	I	I	B	E	E
16	G	B	H	A	B	C	H	D	B
17	I	H	D	I	H	I	C	D	I
18	G	F	I	A	F	C	E	I	I
19	I	H	B	A	F	C	H	D	D
20	I	G	A	H	G	I	E	I	E
21	G	B	H	G	F	G	H	I	I
22	G	I	F	A	C	C	B	D	H
23	K	I	I	E	B	I	E	D	H
24	K	I	J	A	F	C	H	D	D
25	J	B	C	A	B	C	E	H	E
26	K	H	B	H	H	I	F	H	H
27	G	H	B	I	B	D	B	F	H
28	I	A	J	H	B	C	I	D	D
29	G	E	J	H	H	H	H	H	I
30	H	B	K	I	H	H	H	I	I

NOMENCLATURA

	A
	B
	C
	D
	E
	F
	G
	H
	I
	J
	K

Tabla 4.8: Detalle de la Carta Balance

En la Tabla 4.9, se observa el porcentaje de tiempo productivo, tiempo Contributorio y tiempo no contributorio de la cuadrilla de acero de donde podemos apreciar la siguiente distribución de tiempo:

Tipo de Tiempo	Nº Medidas	% de Participacion
Tiempo Productivo	72	26.67%
Tiempo Contributorio	124	45.93%
Tiempo No Contributorio	74	27.41%
TOTAL	270	100.00%

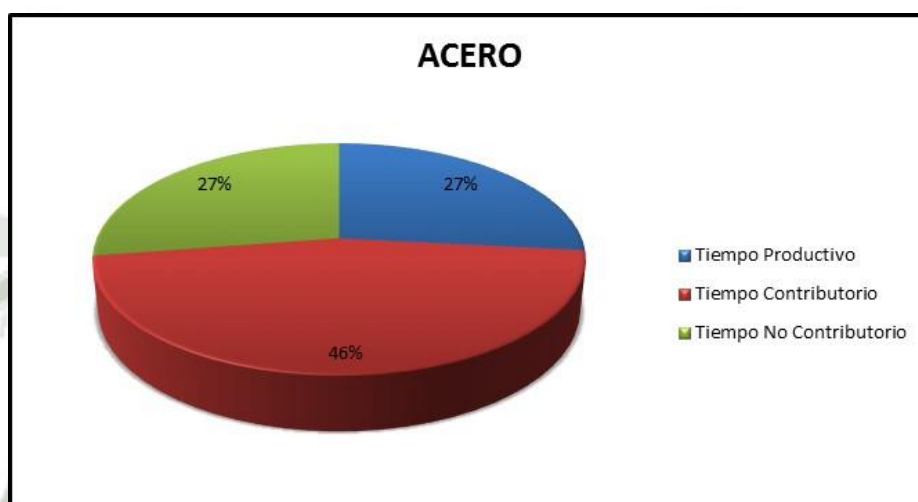


Tabla 4.9: Distribución de tiempo y % de participación

Del diagrama anterior podemos observar que el tiempo no contributorio es de 27.41% mayor que el tiempo productivo y menor que el tiempo contributorio y esto se debía a la falta de experiencia de personal de trabajar con elementos prefabricados y además el banco de depósito de acero estaba muy alejado de la zona de trabajo incrementando el tiempo de acarreo.

ENCOFRADO

CUADRILLA: 01 capataz + 02 operario + 02 oficial + 04 peones

Primero se identificará los trabajos productivos, contributivos y no contributivos de dicha partida.

TP	TRAB. PRODUCTIVO
A	Colocado de paneles (A)
TC	TRAB. CONTRIBUTIVO
B	Trasladar material (B)
C	Trasladar paneles (C)
D	Aplicar Aditivo (D)
E	Limpieza de obra (E)
F	Verificar medida (F)
G	Coordina (G)
TNC	TRAB. NO CONTRIBUTIVO
H	Descansar (H)
J	Esperar (I)
K	Conversar (J)
L	Caminando (K)

Figura 4.15: Clasificación de actividades asociadas al encofrado

Esta cuadrilla estaba compuesta por un capataz quien es el encargado de supervisar los trabajos durante el encofrado, los operarios son los encargados de colocar y verificar el alineamiento de paneles, los oficiales son los encargados de asegurar los paneles y los peones de trasladar el material necesario para el encofrado.

CARTA BALANCE

Número de Observación	CA	OP 1	OP2	OF1	OF2	PE1	PE2
1	G	H	H	G	L	K	J
2	G	A	A	D	F	E	C
3	G	A	A	D	A	B	D
4	F	A	H	A	A	B	E
5	J	H	G	A	F	B	D
6	G	H	A	A	A	B	D
7	H	K	A	J	A	C	D
8	F	F	A	A	G	B	B
9	H	F	J	A	A	J	D
10	J	A	A	A	E	B	E
11	L	H	A	A	F	B	E
12	G	A	J	A	J	B	J
13	F	A	A	J	A	J	C
14	H	A	J	A	E	D	D
15	H	A	A	A	J	E	E
16	G	H	A	G	A	B	H
17	G	G	B	A	J	B	C
18	F	F	A	A	A	B	D
19	G	A	A	A	F	B	A
20	L	F	G	A	F	J	D

NOMENCLATURA

A
B
C
D
E
F
G
H
I
J
K
L

Tabla 4.10: Detalle de la Carta Balance

En base a las mediciones realizadas en las Cartas Balances (**Anexo 5.6**) se obtuvieron los siguientes resultados que se aplicaron a la cuadrilla de trabajo propuesta, de donde podemos observar lo siguiente:

Tipo de Tiempo	N° Medidas	% de Participacion
Tiempo Productivo	57	43.85%
Tiempo Contributorio	54	41.54%
Tiempo No Contributorio	19	14.62%
TOTAL	130	100.00%

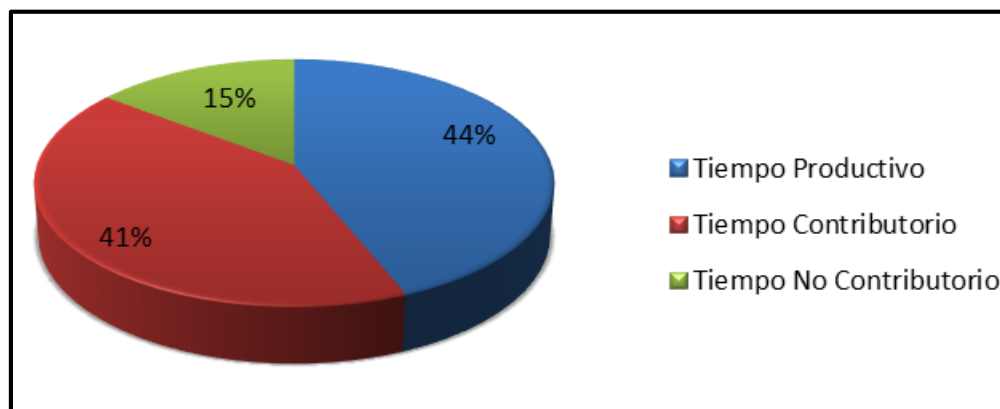


Figura 4.16: Distribución de tiempos durante ENCOFRADO.

Se puede apreciar en la Figura 4.16 que la cuadrilla de encofrado tiene un 44% de tiempo productivo, 41% de tiempo contributorio y con un 15% de tiempo no contributorio.

4.5 MEJORAS DE LOS RATIOS DE PRODUCTIVIDAD

Un indicador importante que se usó durante la ejecución del avance físico de la obra y que fue el indicador en el cual se basó la aplicación de Last Planner es el Informe de Productividad (IP) de donde se obtuvo los Ratios de Productividad de las 3 actividades que conforman nuestro ciclo de producción que es la eficiencia en el uso de los recursos, el cual se representa como la relación entre los recursos utilizados (cantidad de horas hombre) y la cantidad producida (metrado de avance real).

$$IP = \frac{CANTIDAD DE HORAS HOMBRE TOTAL EN DICHA ACTIVIDAD}{VOLUMEN DE CONCRETO UTILIZADO} \left(\frac{HH}{M^3} \right)$$

En el **Anexo 5.7** se muestran los registros históricos de dicho ratio de productividad relacionados a las actividades de vaciado de concreto, colocación de acero y encofrado, respectivamente. Estos datos se obtuvieron cada día por medio de un tareo del personal que conformaban cada una de las cuadrillas y registrando el metrado real ejecutado diariamente por cada actividad, pero para un análisis práctico se tomó los datos acumulados por semana, el ratio definitivo del proyecto será el acumulado final.

Para un análisis más detallado de la evolución de los Ratios de Productividad y los resultados al final de la implementación, vamos a analizar cada actividad por separado.

RATIO DE CONCRETO

En la Figura 4.17 se puede observar la evolución del Ratio de Productividad de la actividad de vaciado de concreto, donde se puede apreciar que el ratio acumulado antes de la implementación del Last Planner, iniciado en la semana 04, tenía un valor de 0.619HH/m³, este se encontraba por encima de la productividad del presupuesto meta que era de 0.49 HH/m³. El ratio de productividad por encima del meta se explica básicamente a retrasos en los vaciados programados debido a descoordinaciones con las demás áreas del proyecto, superposición de requerimientos y fallas en el proveedor en el despacho de concreto.

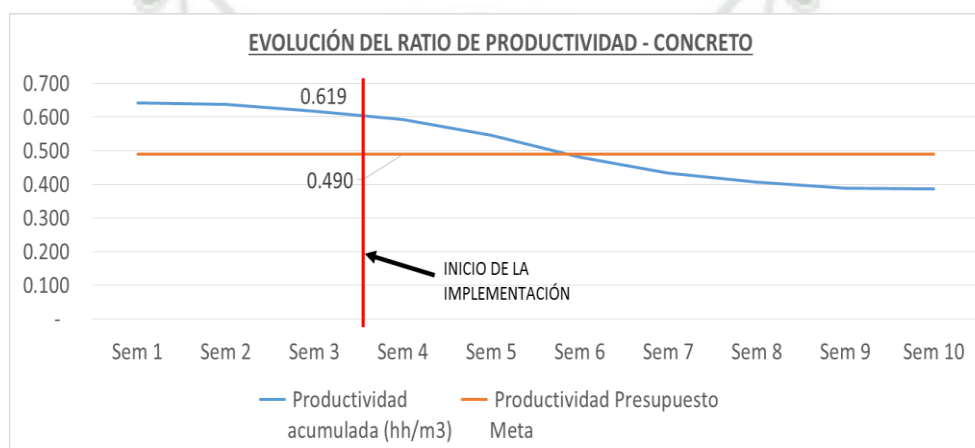


Figura 4.17: Ratio de Productividad del Concreto antes de implementación Last Planner

Fuente: Elaboración propia

RATIO DE ACERO

En la Figura 4.18 se puede observar la evolución del Ratio de Productividad de la actividad de armado de acero, donde se puede apreciar que el ratio acumulado antes de la implementación del Last Planner, tenía un valor de 0.061HH/kg, este se encontraba por encima de la productividad del presupuesto meta que era de 0.055 HH/kg. El ratio de productividad por encima del meta se explica básicamente a demoras en tejido de la malla de acero debido a indefiniciones de ingeniería, además que el personal no estaba adecuadamente capacitado para armado de acero de este tipo de estructuras y muchos eran gente local. Otra causa de demora en el armado de acero se debía a que el banco de almacenamiento de

acero estaba muy alejado de la zona de trabajo y se perdía mucho tiempo en el traslado de las varillas.

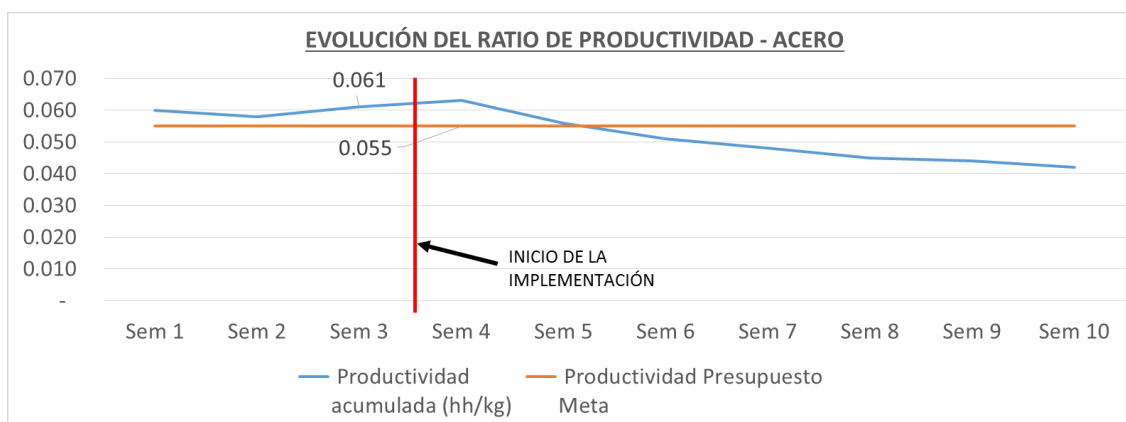


Figura 4.18: Ratio de Productividad del Acero antes de implementación Last Planner

Fuente: Elaboración propia

RATIO DE ENCOFRADO

En la Figura 4.19 se puede observar la evolución del Ratio de Productividad de la actividad de encofrado, donde se puede apreciar que el ratio acumulado antes de la implementación del Last Planner, iniciado en la semana 04, tenía un valor de 1.033 HH/m², este se encontraba por encima de la productividad del presupuesto meta que era de 0.85 HH/m². El ratio de productividad por encima del meta se explica básicamente a problemas con el uso de la grúa pórtico para el traslado de las piezas del encofrado.

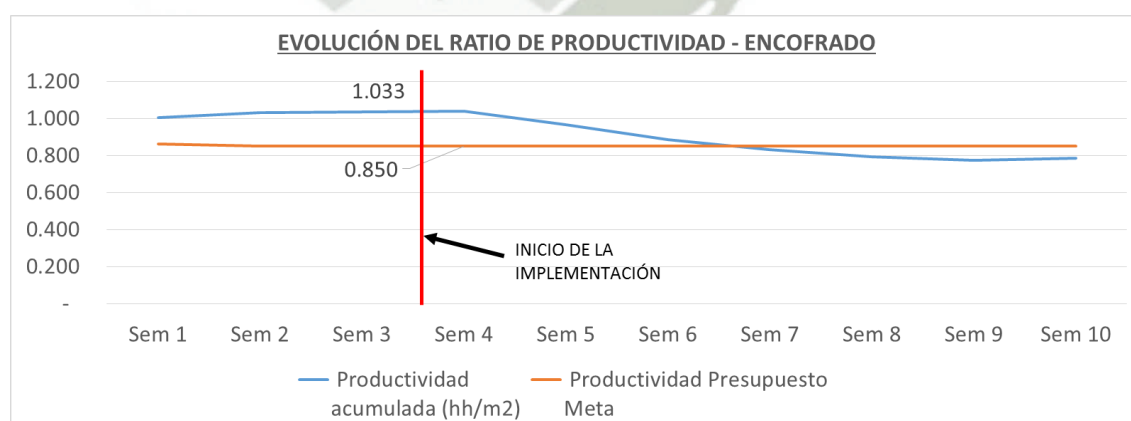


Figura 4.19: Ratio de Productividad del Encofrado antes de implementación Last Planner

Fuente: Elaboración propia

4.6 PROPUESTAS DE MEJORAS IMPLEMENTADAS

4.6.1 LAST PLANNER

La poca preparación del personal obrero, la falta de planificación en obra, la poca coordinación con los proveedores de recursos y la falta de coordinación entre las diferentes áreas internas ocasionó que se tuviese un atraso en la producción de prefabricados teniendo como consecuencia el incumplimiento del plan meta. Para poder levantar todas estas restricciones se implementó la siguiente propuesta.

Por medio de la implementación del Last Planner se elaboró un Look Ahead en donde se identificó todas las actividades que se podían ejecutar a corto plazo y conocer las restricciones que no permitirían realizar estas al 100%.

4.6.2 JUICIO EXPERTO

Después de identificar los factores positivos y negativos en la primera reunión semanal de Last Planner se procedió a realizar reuniones de Juicio Experto con diferentes ingenieros de campo con experiencia en los procesos de gestión de una planta de prefabricados realizando una lluvia de ideas de donde se captaron las ideas trascendentales orientadas a mejorar los procesos de producción. A continuación se muestra los resultados de estas reuniones.

- Realizar una paralización de obra a fin de re-direccionar y equilibrar el flujo de producción para poder cumplir con el programa o cronograma original.
- Mediante una programación semanal de solo 5 días teniendo el día sábado como buffer el cual sirvió para mitigar la variabilidad (falla mecánica de la grúa pórtico, incumplimiento o tardanza en la llegada de concreto a causa del proveedor).
- Necesidad de trabajar horario extendido para poder cumplir con el avance diario meta en caso se presente algún tipo de interferencia o variabilidad (Por ejemplo obstrucción de vías de acceso para la realización de otras actividades de producción).
- Contar con un layout de vías externas y tener mejor coordinación entre el patio de prefabricados con las demás áreas de producción para evitar las interferencias.
-

4.6.3 OPTIMIZAR EL USO DE RECURSOS

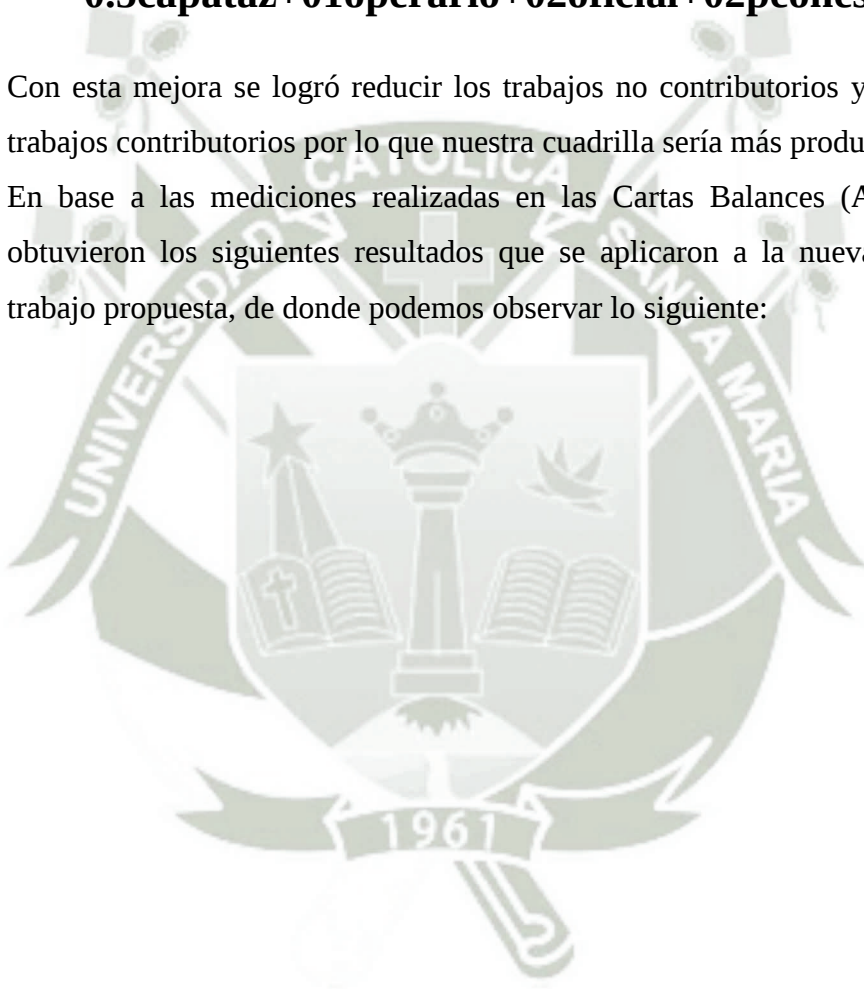
Se pudo reducir el número de peones en la cuadrilla de colocación de concreto, ya que se observó que de los tres (03) peones asignados en esta cuadrilla, sólo era necesario dos para dirigir el chute, pues un personal podría encargarse del traslado de vibrador mientras que el otro se encargaría de la colocación de concreto y de dirigir el chute.

Por lo tanto nuestra cuadrilla optimizada sería:

0.5capataz+01operario+02oficial+02peones

Con esta mejora se logró reducir los trabajos no contributivos y aumentar los trabajos contributivos por lo que nuestra cuadrilla sería más productiva.

En base a las mediciones realizadas en las Cartas Balances (**Anexo 5.8**) se obtuvieron los siguientes resultados que se aplicaron a la nueva cuadrilla de trabajo propuesta, de donde podemos observar lo siguiente:



CARTA DE BALANCE

Número de Observación	CA	OP	OF1	OF2	PE1	PE2
1	H	H	H	L	K	K
2	H	J	J	J	J	E
3	J	J	J	G	J	F
4	H	B	A	B	D	G
5	L	B	A	B	D	B
6	H	B	A	G	J	B
7	J	B	J	G	D	F
8	H	H	A	B	D	B
9	I	B	A	B	J	F
10	J	C	A	B	D	B
11	L	I	A	B	D	G
12	H	C	A	B	D	J
13	H	C	I	B	J	B
14	I	B	A	B	D	B
15	I	B	A	J	D	B
16	H	B	A	B	D	I
17	J	I	A	B	J	B
18	H	B	A	B	D	B
19	H	B	A	B	D	B
20	L	B	A	H	J	F
21	H	B	H	B	D	I
22	H	C	A	B	D	B
23	H	C	A	B	J	F
24	H	J	A	B	D	B
25	K	C	A	B	D	F
26	L	C	A	A	J	B
27	H	C	J	B	D	B
28	J	C	A	B	D	F
29	K	C	A	B	D	B
30	I	C	A	I	D	F

NOMENCLATURA

A
B
C
D
E
F
G
H
I
J
K
L

Tabla 4.11: Detalle de la Carta Balance Concreto

Tipo de Tiempo	N° Medidas	% de Participación
----------------	------------	--------------------

Tiempo Productivo	83	46.11 %
Tiempo Contributorio	54	30.00 %
Tiempo No Contributorio	43	23.89 %
TOTAL	180	100.00 %

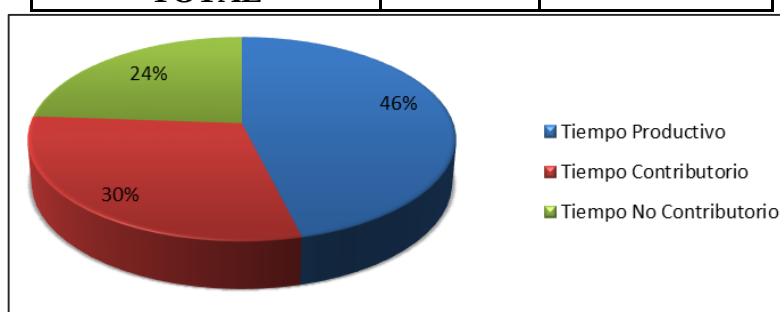


Figura 4.20: Distribución de tiempos durante vaciado de prefabricados.

Como se puede apreciar en la Figura 4.20, con el nuevo dimensionamiento de cuadrilla el trabajo productivo aumentó a un 46% y el tiempo Contributorio a un 30%, por lo que nuestro tiempo no contributorio se redujo a un 24%.

Por lo que podemos concluir que el rendimiento de nuestros trabajadores aumento ya que las actividades que cada uno realizaba se planificó de una forma adecuada dándoles una secuencia lógica al desarrollo de cada una de estas.

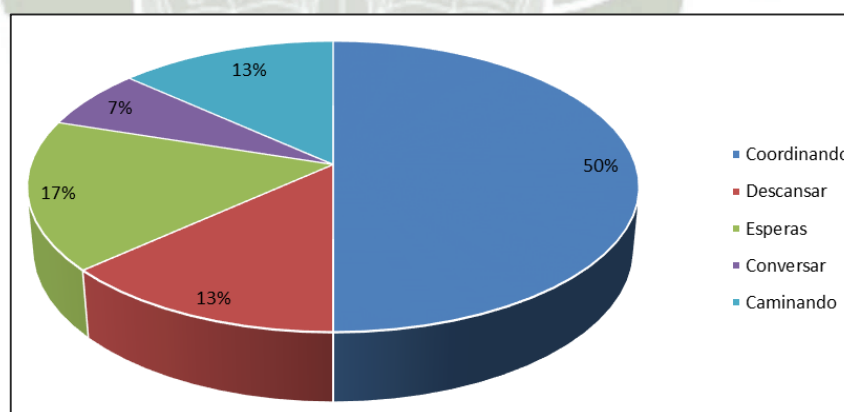


Figura 4.21: Distribución de tiempos de Capataz

Como se puede observar de la Figura 4.21, el capataz tiene mayor tiempo contributorio durante el vaciado de concreto ya que no solo está presente durante

a

el vaciado si no también supervisa otras actividades como son las de resane de prefabricados, el hidrolavado de prefabricados, curado de los mismos, etc.

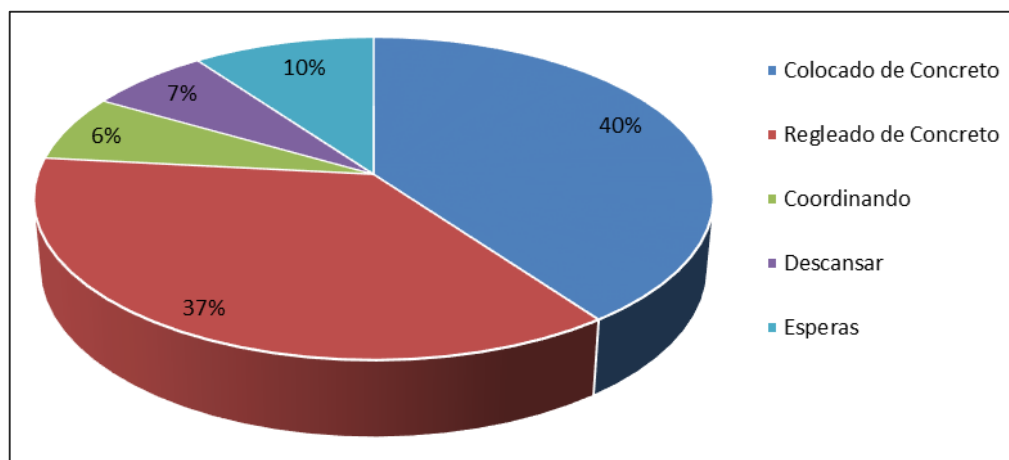


Figura 4.22: Distribución de tiempos Operario

Como se puede observar en la Figura 4.22, el operario tiene un 40% de tiempo productivo, un 37% de tiempo contributorio y su tiempo no contributorio se redujo al 23%.

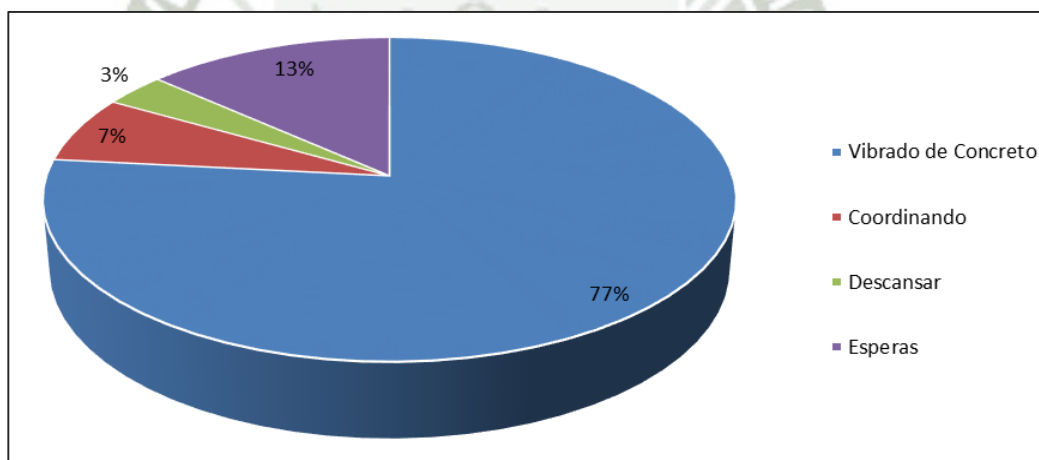


Figura 4.23: Distribución de tiempos Oficial 1

a

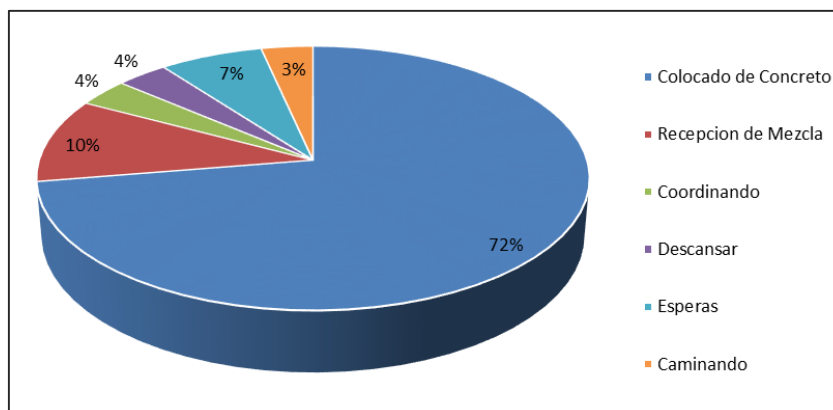


Figura 4.24: Distribución de tiempos Oficial 2

Podemos observar que el tiempo productivo de los oficiales llegó a 77% y 72% respectivamente por lo que los tiempos contributorios y no contributorios se redujeron lo cual permitió aumentar su rendimiento y hacer nuestra cuadrilla más productiva.

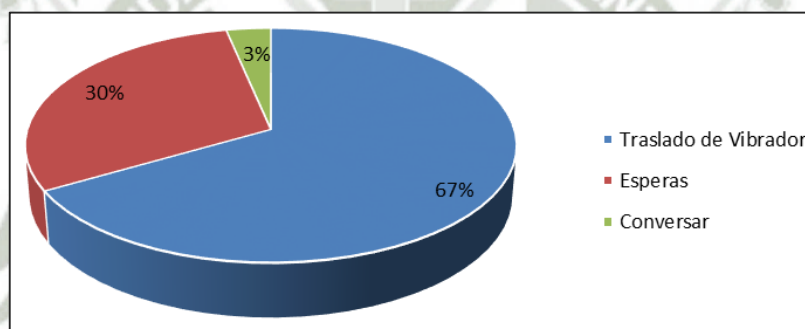


Figura 4.25: Distribución de tiempos Peón 1

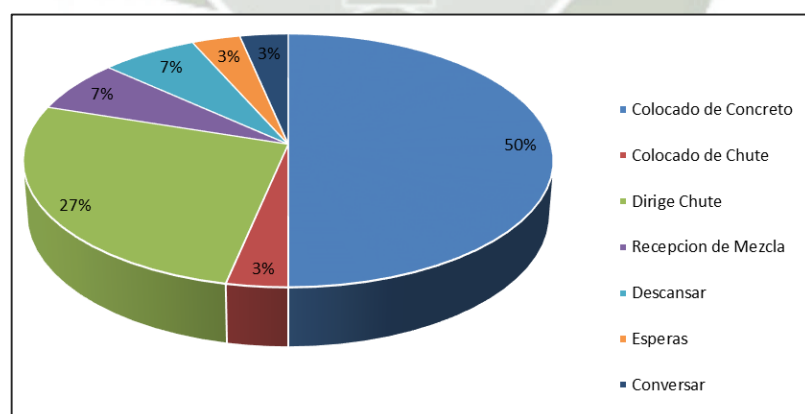


Figura 4.26: Distribución de tiempos Peón 2

El tiempo contributivo del peón 1 fue del 67% y del peón 2 del 37 % con un 50% de trabajo productivo lo que quiere decir que su rendimiento también aumentó. De este modo la productividad se incrementó al producir más y con menos recursos.

OPTIMIZAR RENDIMIENTOS DE ACERO

Al personal se le capacito respecto a los siguientes puntos:

- Detalle de lectura de planos debido a que muchos de los trabajadores que eran de la zona carecían de experiencia en este tipo de proyectos.
- Taller de trabajo en equipo, puesto que la importancia de poder trabajar más coordinadamente y evitar errores de procesos.

En base a las mediciones realizadas en las Cartas Balances (**Anexo 5.9**) se obtuvieron los siguientes resultados que se aplicaron a la cuadrilla de trabajo de donde podemos observar lo siguiente:



CARTA DE BALANCE

Número de Observación	CA	OP1	OP2	OP3	OF1	OF2	OF3	OF4	PE1	PE2	PE3
1	G	C	G	I	C	J	D	D	D	I	D
2	G	C	B	G	B	B	C	I	D	D	D
3	I	A	D	B	D	F	F	D	B	D	D
4	G	B	C	B	A	A	F	C	F	B	D
5	K	C	C	B	D	B	C	F	B	D	F
6	G	B	B	B	D	F	I	E	D	D	J
7	I	B	B	B	I	F	I	I	I	D	D
8	I	G	B	C	C	B	C	B	D	D	I
9	I	C	D	B	C	D	I	E	F	D	I
10	G	D	B	B	H	F	C	C	C	E	E
11	K	H	C	B	A	B	C	F	D	C	D
12	G	C	C	B	C	C	F	I	F	D	H
13	G	C	G	B	I	C	I	C	C	D	C
14	H	I	J	G	C	D	C	E	C	D	B
15	H	C	I	B	A	I	I	C	C	E	E
16	G	B	H	D	D	B	C	H	D	D	C
17	I	H	D	B	A	B	I	B	D	B	C
18	G	F	I	B	C	B	C	E	D	D	C
19	G	C	B	B	C	F	C	B	D	D	B
20	K	G	A	B	A	G	I	E	C	E	E
21	G	B	B	C	G	F	G	H	I	G	F
22	G	I	F	B	D	E	C	B	A	D	E
23	G	I	B	B	E	C	B	E	D	D	H
24	G	B	J	B	C	F	C	H	D	C	C
25	J	B	C	B	C	B	C	E	C	E	E
26	K	K	B	H	D	H	I	F	D	D	D
27	G	A	B	G	I	B	D	B	F	D	H
28	H	A	E	A	A	C	C	E	D	I	D
29	G	E	A	K	C	B	C	B	D	D	D
30	H	B	F	H	A	H	C	E	C	H	E

NOMENCLATURA

	A
	B
	C
	D
	E
	F
	G
	H
	I
	J
	K

Tabla 4.12: Detalle de la Carta Balance Acero

Tipo de Tiempo	N° Medidas	% de Participacion
Tiempo Productivo	138	41.82%
Tiempo Contributorio	149	45.15%
Tiempo No Contributorio	43	13.03%
TOTAL	330	100.00%

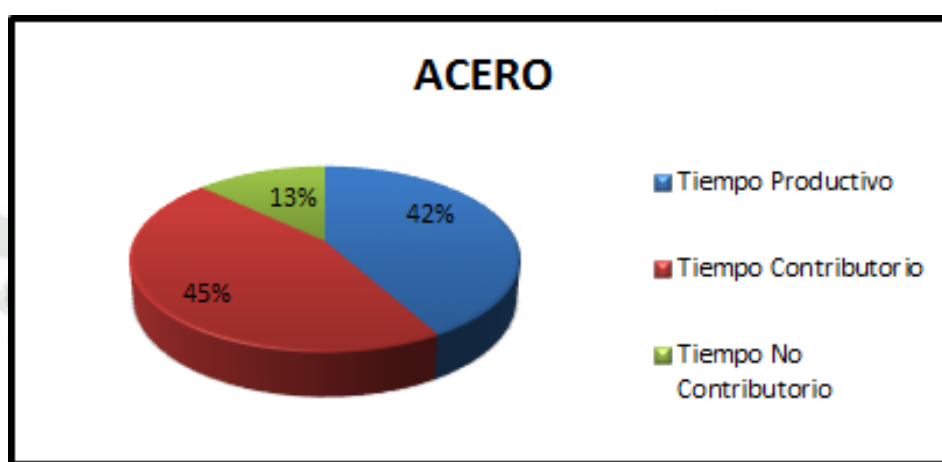


Figura 4.27: Distribución de tiempos durante armado malla de acero.

Gracias a la capacitación se pudo acelerar la curva de aprendizaje respecto al armado de acero consiguiéndose que la misma cuadrilla, que inicialmente armaban una sola viga por día, armen hasta dos vigas por día en las últimas siete (07) semanas.

Como se puede apreciar en la Figura 4.27 con la capacitación de personal y la reubicación del banco de acero a la zona de trabajo, el tiempo productivo aumentó a un 42% y el tiempo Contributorio a un 45%, por lo que nuestro tiempo no contributorio se redujo a un 13%.

Por lo que podemos concluir que el rendimiento de nuestros trabajadores aumento ya que las actividades que cada uno realizaba se planificó de una forma adecuada logrando que la cuadrilla estuviera mejor organizada.

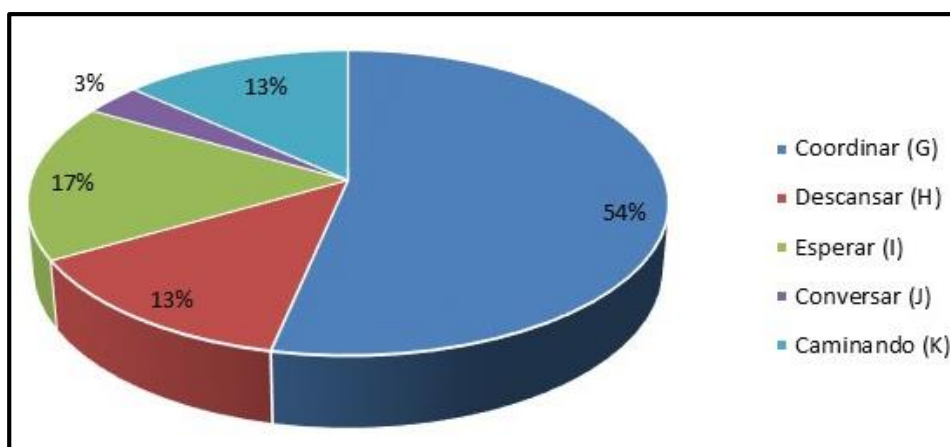


Figura 4.28: Distribución de tiempos de capataz.

Como se puede observar el tiempo contributivo del capataz es del 54% de donde se puede observar que su rendimiento aumento.

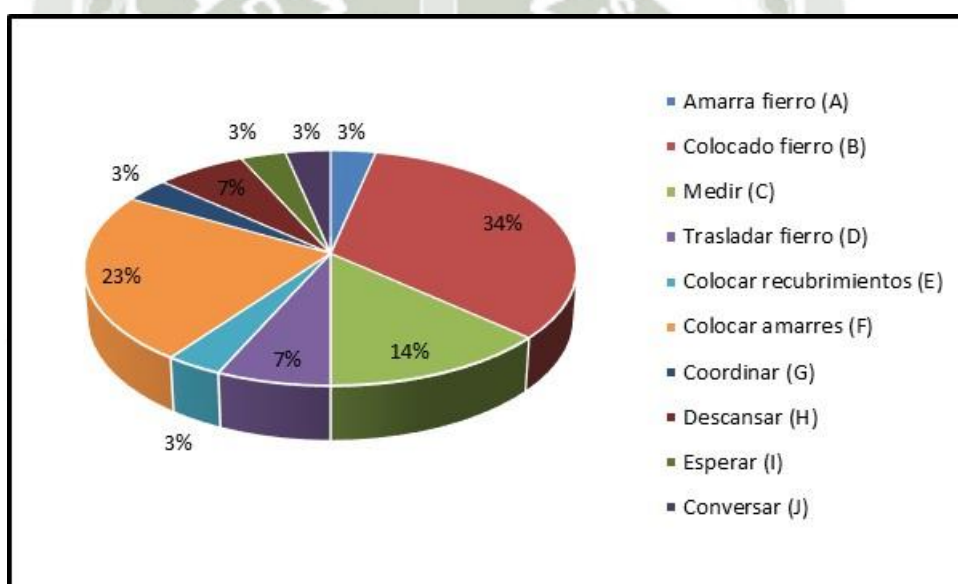


Figura 4.29: Distribución de tiempos de Oficiales

El tiempo productivo de los oficiales es del 37%, el tiempo contributivo del 50% y el tiempo no contributivo del 13% por lo que se puede apreciar que los descansos y esperas disminuyeron.

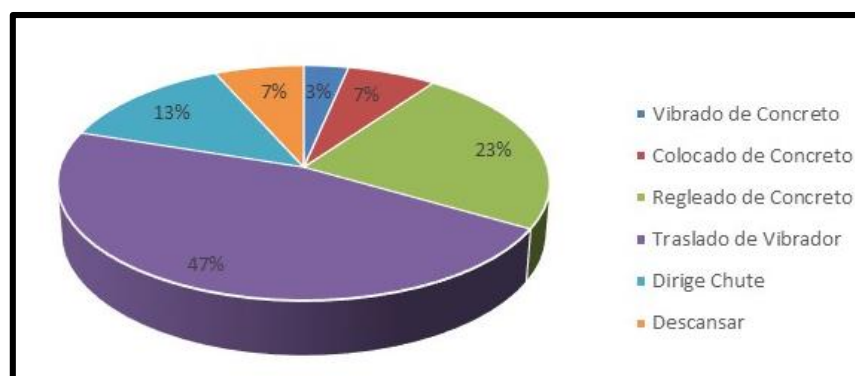


Figura 4.30: Distribución de tiempos de Peon 1

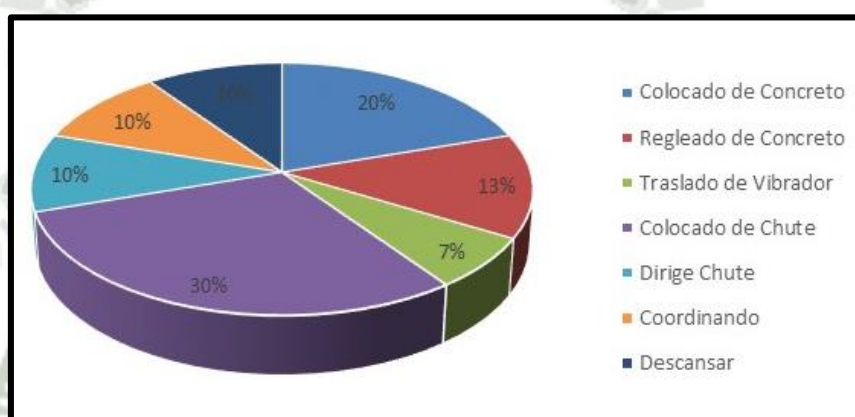


Figura 4.31: Distribución de tiempos de Peon 2

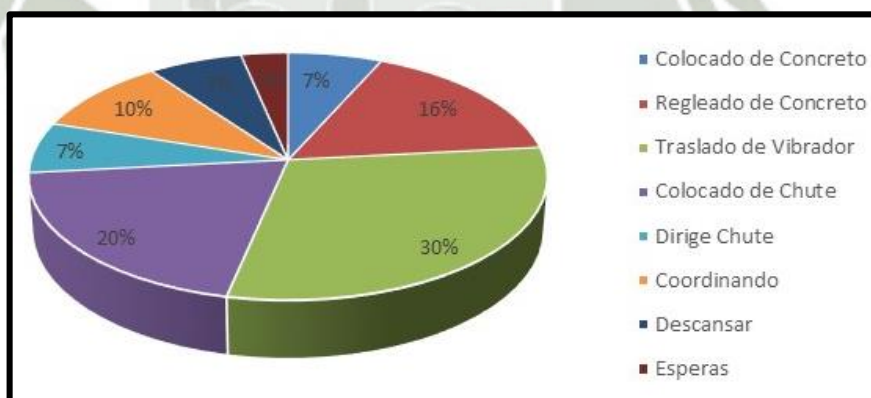


Figura 4.32: Distribución de tiempos de Peon 3

El tiempo contributivo de los peones aumento a un 83% y 73% respectivamente por lo que se puede apreciar que su rendimiento aumento.

ESPERAS

Las esperas era uno de los principales y más importantes factores a controlar durante la operación de la planta de prefabricados ya que esta abastecía a todos

los frentes de trabajo y contaba con un número reducido de mixer lo que ocasionaba esperas de 30 minutos a 60 minutos.

Con respecto a las esperas ocasionadas, las más frecuentes se relacionaban a la impuntualidad del proveedor de concreto que, en promedio, llego a ocasionar 30 minutos de paras en el flujo de producción debido a los siguientes factores a la limitada cantidad de unidades Mixer asignadas para la planta de concreto, pues debido a que la demanda de concreto tenía que ser atendida a los diferentes frentes de trabajo que se encontraban en el proyecto, y la planta no llegaba a abastecerse con todos los pedidos de concreto que se le solicitaba ya que era prioridad los vaciados in situ para el avance físico de obra.

Para poder contrarrestar dicha restricción se implementó la estimación de la proyección semanal de concreto premezclado a requerir utilizando la programación semanal y la técnica Look Ahead Planning (planificar a mediano plazo).

Otras de las mejoras que pudo implementarse, es que se logró mejorar la coordinación con los diferentes frentes de trabajo de la obra evitando programar vaciados en el mismo horario que otros frentes también lo realicen.

4.6.4 DESPERDICIOS

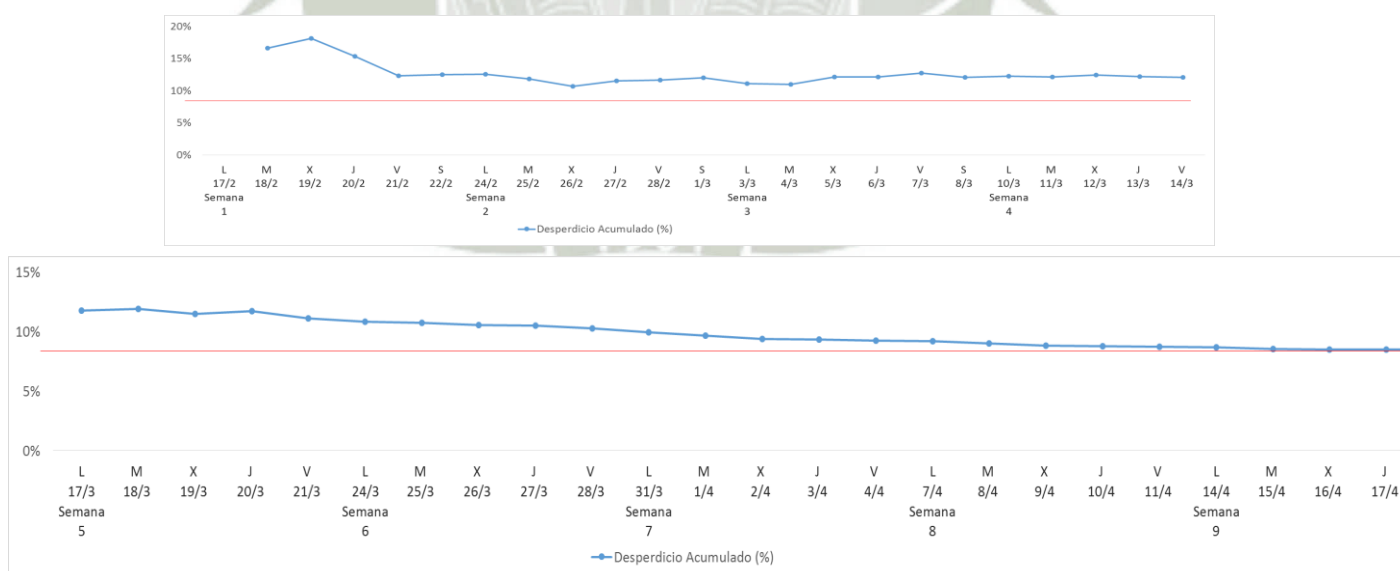


Figura 4.33: Curva de porcentaje de desperdicio de concreto

En la Figura 4.33 se muestra el porcentaje de desperdicio generado en obra entre las semanas 01 y 03, llegando a ser hasta el 13% debido principalmente a la falta de experiencia del personal ya que muchos eran de la zona y no contaban con experiencias previas en trabajos similares en plantas de prefabricados, sumado a esto que no se les dio un entrenamiento inicial para el desarrollo de sus funciones.

Desperdicio	Semana 3					
	3/3	4/3	5/3	6/3	7/3	8/3
	L	M	X	J	V	S
Vol. Concreto realizado (M3)		8.50	9.50	9.50	9.00	
Vol. Concreto teorico (M3)	7.78	7.78	7.33	8.42	7.33	7.33
Desperdicio	-	0.72	2.17	1.08	1.67	-
Vol. Concreto teorico ACUM (M3)	106.10	113.88	121.21	129.63	136.96	144.29
Desperdicio ACUM	11.79	12.51	14.68	15.76	17.43	17.43
Porcentaje de desperdicio diario	0%	9%	30%	13%	23%	0%
Porcentaje de desperdicio acumulado	11%	11%	12%	12%	13%	12%
Desperdicio Meta	8%	8%	8%	8%	8%	8%

Figura 4.34: Porcentaje acumulado de desperdicios del concreto antes de la implementación Last Planner

Como se puede apreciar en la Figura 4.34, el día 05 de marzo se tiene un pico de desperdicio del 30%, esto debido a que la mezcla se encontraba muy fluida ocasionando derrames por la parte inferior del encofrado en las zonas de las juntas del encofrado, ocasionando el desperdicio de 2.17 m³ y consumiendo 3.04 horas hombre de horario extendido.

4.7 EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS A PARTIR DE LA APLICACIÓN DE LAS PROPUESTAS DE MEJORA

Durante la producción de prefabricados se evaluó la evolución de los índices de productividad del vaciado de concreto, para conocer si las propuestas de mejora significativas han dado resultados positivos o negativos. Para ello se analizó la curva de productividad y su comportamiento histórico luego de cada implementación. A continuación se presenta la ubicación histórica de cada implementación y su efecto positivo en la productividad de cuadrillas.

Se tuvo una reunion para analizar restricciones que atrasaban el proyecto.

Descripción	Semana 2						Semana 3					
	24/2	25/2	26/2	27/2	28/2	1/3	3/3	4/3	5/3	6/3	7/3	8/3
	L	M	X	J	V	S	L	M	X	J	V	S
HH diario	5.83	5.83		5.83	5.83	5.83		5.83	5.25	4.67	5.25	
Avance diario	9.50	9.00		9.50	9.50	8.50		8.50	9.50	9.50	9.00	
Productividad diaria	0.61	0.65	-	0.61	0.61	0.63	-	0.63	0.55	0.43	0.58	-
HH acumulado	31.50	37.33	37.33	43.17	49.00	54.83	54.83	60.67	65.92	70.58	75.83	75.83
Avance acumulado	49.50	58.50	58.50	68.00	77.50	86.00	86.00	94.50	104.00	113.50	122.50	122.50
Productividad acumulada (hh/m3)	0.64	0.64	0.64	0.64	0.63	0.64	0.64	0.64	0.63	0.62	0.62	0.62
Productividad Presupuesto Meta	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43
HH ganadas/perdidas (diarios)	-1.18	-1.42	-	-1.18	-1.18	-1.67	-	-1.67	-0.60	-0.01	-0.84	-
HH ganadas/perdidas a fin de obra	-244.33	-240.58	-240.58	-235.93	-231.27	-227.11	-227.11	-222.94	-218.29	-213.63	-209.22	-209.22

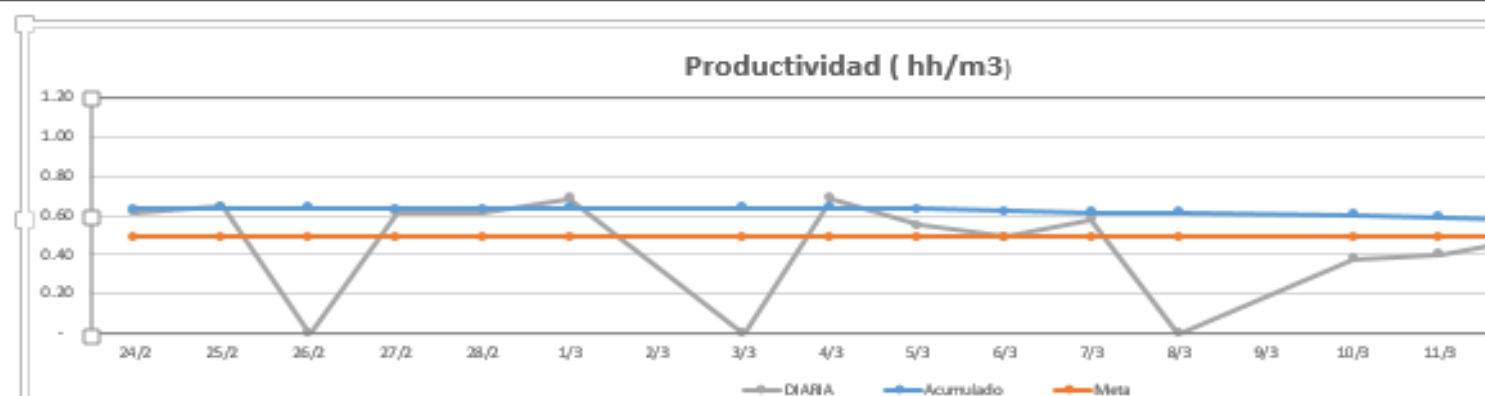


Figura 4.35: Ubicación en el tiempo de la implementación Last Planner

Descripción	Semana 4					Semana 5				
	10/3	11/3	12/3	13/3	14/3	17/3	18/3	19/3	20/3	21/3
	L	M	X	J	V	L	M	X	J	V
HH diario	3.21	3.21	8.25	8.25	8.25	8.25	5.50	6.05	6.05	4.58
Avance diario	8.50	8.00	17.00	16.00	8.00	17.00	8.50	13.00	17.00	16.00
Productividad diaria	0.38	0.40	0.49	0.52	1.03	0.49	0.65	0.47	0.36	0.29
HH acumulado	79.04	82.25	90.50	98.75	107.00	115.25	120.75	126.80	132.85	137.43
Avance acumulado	131.00	139.00	156.00	172.00	180.00	197.00	205.50	218.50	235.50	251.50
Productividad acumulada (hh/m3)	0.60	0.59	0.58	0.57	0.59	0.59	0.59	0.58	0.56	0.55
Productividad Presupuesto Meta	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49
HH ganadas/perdidas (diarios)	0.96	0.71	0.09	-0.42	-4.33	0.09	-1.33	0.33	2.28	3.26
HH ganadas/perdidas a fin de obra	-205.06	-201.14	-192.81	-184.97	-181.05	-172.72	-168.55	-162.18	-153.85	-146.01

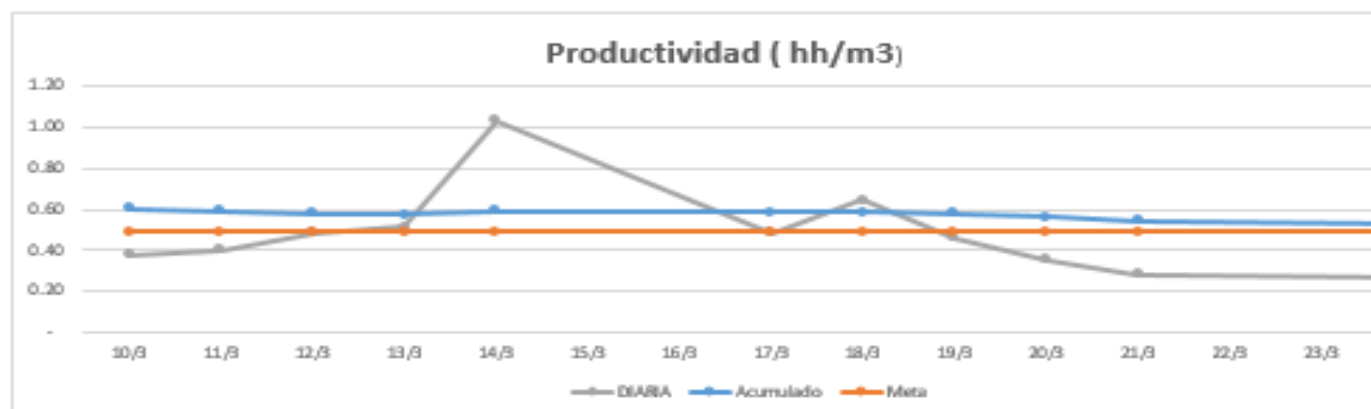


Figura 4.36: Ubicación de la segunda propuesta de mejora

Descripción	Semana 4					Semana 5				
	10/3	11/3	12/3	13/3	14/3	17/3	18/3	19/3	20/3	21/3
	L	M	X	J	V	L	M	X	J	V
HH diario	3.21	3.21	8.25	8.25	8.25	8.25	5.50	6.05	6.05	4.58
Avance diario	8.50	8.00	17.00	16.00	8.00	17.00	8.50	13.00	17.00	16.00
Productividad diaria	0.38	0.40	0.43	0.52	1.03	0.43	0.65	0.47	0.36	0.29
HH acumulado	79.04	82.25	90.50	98.75	107.00	115.25	120.75	126.80	132.85	137.43
Avance acumulado	131.00	139.00	156.00	172.00	180.00	197.00	205.50	218.50	235.50	251.50
Productividad acumulada (hh/m3)	0.60	0.59	0.58	0.57	0.59	0.59	0.59	0.58	0.56	0.55
Productividad Presupuesto Meta	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43
HH ganadas/perdidas (diarios)	0.96	0.71	0.09	-0.42	-4.33	0.09	-1.33	0.33	2.28	3.26
HH ganadas/perdidas a fin de obra	-205.06	-201.14	-192.81	-184.97	-181.05	-172.72	-168.55	-162.18	-153.85	-146.01

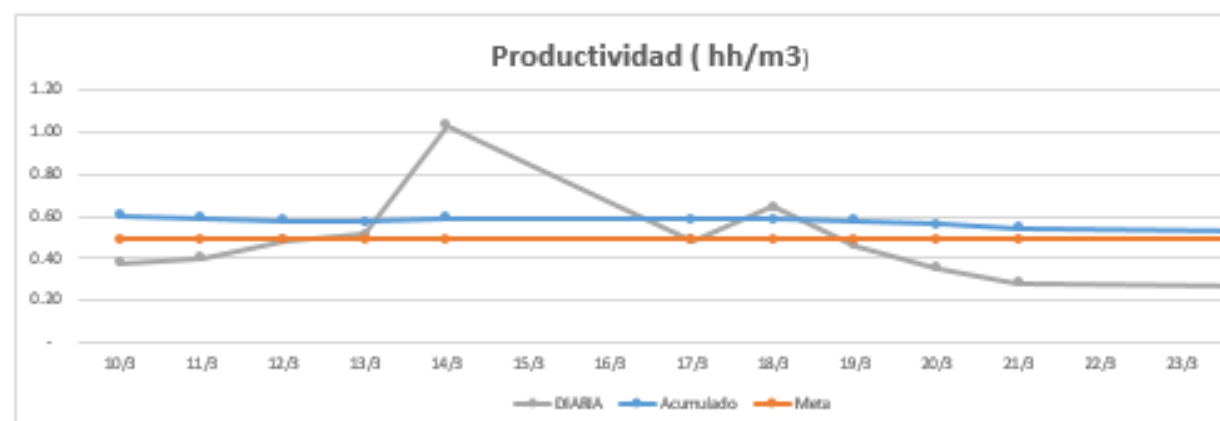


Figura 4.37: Ubicación de la tercera propuesta de mejora

Los resultados observados en la curva de productividad de vaciado de concreto se evaluaban cada semana y se realizaba compromisos para mejorar dichos indicadores, al finalizar y lograr un resultado positivo con la primera propuesta de mejora y su constante proceso de control logrando así un PHVA (Planificar - Hacer - Verificar – Actuar).

Descripción	Semana 1					
	17/2	18/2	19/2	20/2	21/2	22/2
	L	M	X	J	V	S
HH diario		7.00	7.00	5.83		5.83
Avance diario		11.50	10.50	9.00		9.00
Productividad diaria	-	0.61	0.67	0.65	-	0.65
HH acumulado		7.00	14.00	19.83	19.83	25.67
Avance acumulado		11.50	22.00	31.00	31.00	40.00
Productividad acumulada (hh/m3)	-	0.61	0.64	0.64	0.64	0.64
Productividad Presupuesto Meta	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49
HH ganadas/perdidas (diarios)	-	-1.37	-1.86	-1.42	-	-1.42
HH ganadas/perdidas a fin de obra	-269.25	-263.61	-258.47	-254.06	-238.25	-249.65

Tabla 4.13: Productividad de vaciado de concreto al inicio de producción de prefabricados

Descripción	Semana 10					
	21/4	22/4	23/4	24/4	25/4	26/4
	L	M	X	J	V	S
HH diario	4.58	4.58	4.49			
Avance diario	17.00	11.50	10.00			
Productividad diaria	0.27	0.40	0.45			
HH acumulado	221.77	226.35	230.84			
Avance acumulado	575.00	586.50	596.50			
Productividad acumulada (hh/m3)	0.39	0.39	0.39			
Productividad Presupuesto Meta	0.49	0.49	0.49			
HH ganadas/perdidas (diarios)	3.74	1.05	0.41			
HH ganadas/perdidas a fin de obra	12.50	18.14	23.04			

Tabla 4.14: Productividad de vaciado de concreto al final de la producción de prefabricados

Al iniciar la ejecución se tenía 269.25 HH en pérdidas, al final se logró un indicador positivo de 23.04 HH

Asumiendo un costo promedio de USD 6.46 dólares/HH, al inicio se tenía una pérdida aproximada de USD 1,739.32.

Se tenía una programación de 13 semanas para la producción de prefabricados pero con la implementación de la filosofía Lean Construction se logró reducir esta programación a 10 semanas obteniéndose un ahorro por cada viga de USD

1,049.01 dólares en vigas tipo U y de USD 682.19 dólares en vigas tipo Pi, tal y como se resume en a Tabla 4.16.

Lográndose un ahorro total USD 54,568.53 dólares por costo directo y de US\$ 26,688.00 dólares de gastos generales por reducción de plazo al pasar de 13 a 10 semanas. En los costos indirectos o Gastos Generales, el ahorro en costo es por reducción de los pagos de planillas al personal staff, menos días de alquiler de la grúa y la camioneta, y menos gastos por alquiler de campamentos y servicios generales, la cual se detalla en la Tabla 4.15.

	Naturaleza	Recurso	Und	Cantidad	Costo Unitario US\$	Parcial US\$
1	RCE	Ingeniero de Produccion	Mes	0.75	3,800.00	2,850
2	RCE	Responsable de servicio	Mes	0.75	3,200.00	2,400
3	RCE	Ingeniero de Calidad	Mes	0.75	3,000.00	2,250
4	RCE	Topógrafo	Mes	0.75	1,800.00	1,350
5	RCE	Almacenero	Mes	0.75	1,500.00	1,125
6	RCC	Chofer	Mes	0.75	2,250.00	1,688
7	Equipos	Camioneta 4x4	Mes	0.75	1,800.00	1,350
8	Equipos	Grua pórtico	Mes	0.75	9,927.20	7,445
9	Servicios Generales	Alojamiento- Hotel	Persona	7.00	170.00	1,190
10	Servicios Generales	Alimentacion	Persona	7.00	360.00	2,520
11	Servicios Generales	Lavanderia	Persona	7.00	360.00	2,520
					COSTO TOTAL	26,688

Tabla 4.15: Ahorro en Gastos Generales por reducción de plazo

Respecto al ahorro por costo directo, es sustentado por una optimización en los tiempos de producción, al reducir los Índices de Productividad tanto para las partidas de acero, concreto y encofrado, tal y como se detalla en la Tabla 4.16

Código	Descripción	Und.	Cantidad	IP Meta	IP Real	Tarifa MO Prevista	Parcial US\$		
	Viaducto - VIADUCTO								
	Cabezales - VIADUCTO								
	Elementos Prefabricados de Concreto 40MPa - VIADUCTO								
13.4	Concreto prefabricado - Cabezal - VIADUCTO	m3	121.8	0.490	0.389	6.41	78.85		
13.41	Encofrado prefabricados - Cabezal - VIADUCTO	m2	233.48	0.850	0.783	6.24	97.61	Numero de Vigas	13
13.42	Acero de refuerzo de prefabricados - Cabezal - VIADUCTO	Kg	28,150.00	0.055	0.042	6.46	2,364.04	Ahorro por Viga	195.42
	Viga longitudinal - VIADUCTO					AHORRO TOTAL US\$	2,540.50		
	Elementos Prefabricados de Concreto - VIADUCTO								
13.45	Concreto prefabricado - Viga longitudinal - VIADUCTO	m3	440	0.490	0.390	6.41	282.04		
13.46	Encofrado prefabricados - Viga longitudinal - VIADUCTO	m2	454.92	0.850	0.783	6.24	190.19	Numero de Vigas	60
13.46	Acero de refuerzo de prefabricado -Viga longitudinal - VIADUCTO	Kg	89,814.00	0.055	0.042	6.46	7,542.58	Ahorro por Viga	133.58
						AHORRO TOTAL US\$	8,014.81		

Tabla 4.16: Ahorro en costo directo por productividad

4.8 LECCIONES APRENDIDAS

4.8.1 ENFOCARSE EN EL FLUJO NO EN EL PROCESO

Cuando se analiza el sistema de producción lineal de una planta, como es el caso de la planta de prefabricados de concreto objeto de esta tesis, el principal objeto asociado a la eliminación de desperdicios para optimizar el sistema debe ser garantizando en primer lugar que los flujos no paren, después tener procesos eficientes.

Si consideramos que para producir el producto final de la planta de prefabricados, tenemos los siguientes procesos relacionados secuencialmente: acero, encofrado y concreto, no se conseguirán los resultados deseables si analizamos los procesos de manera aislada o independiente. Aun cuando logremos mejorar las eficiencias o la productividad de cada proceso separado, siempre que no se analice el sistema de producción como un todo, es decir como una secuencia de procesos dependientes, esta optimización no dará los resultados deseables.

4.8.2 IDENTIFICAR LAS RESTRICCIONES DEL FLUJO DE PRODUCCIÓN

Una de las técnicas de optimización de los flujos de producción es la denominada Teoría de Restricciones (Theory Of Constraints, de sus siglas en inglés TOC). Con esta teoría se nos enfatiza analizar el sistema de producción como una sucesión de procesos dependientes y se nos da una serie de rutinas a evaluar en nuestro sistema de producción a fin de identificar los cuellos de botella.

La esencia de la Teoría de las Restricciones se basa en cinco puntos correlativos de aplicación:

1. Identificar los cuellos de botella del sistema.
2. Decidir cómo explotarlos.
3. Subordinar todo a la decisión anterior.
4. Superar la restricción del sistema (elevar su capacidad).
5. Si en los pasos anteriores se ha roto una restricción, regresar al paso (1) pero no permitir la inercia.

Un ejemplo práctico para entender el análisis de cada proceso que compone un flujo de producción se muestra en la Figura 4.38, en ella se muestran un sistema de producción compuesto por tres procesos, donde el proceso 2 viene a ser el cuello de botella y por ende la capacidad del sistema está determinada por la capacidad del cuello de botella. Aun cuando hay procesos muchas más productivos, refiriéndonos a los procesos 1 y 3, la capacidad de elevar el sistema de producción no será posible si no elevamos la capacidad de producción del cuello de botella.

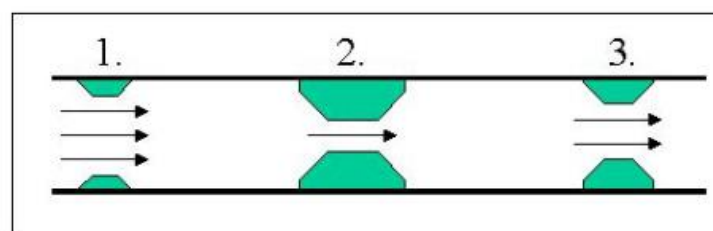


Figura 4.38: Proceso cuello de botella dentro de un flujo de producción

4.8.3 SISTEMA DE PRODUCCIÓN TIPO PUSH VS PULL

La reducción del inventario en una planta de procesos conduce a una optimización de los costos operativos, de ahí su importancia.

El inventario vendría a ser el producto que se encuentra almacenado en planta después de terminado un proceso hasta que el siguiente proceso lo requiera.

En cuanto a la gestión y optimización del inventario, existen dos modelos de producción que debemos conocer y analizar para evaluar si nuestro sistema de producción es eficiente.

En el proyecto en estudio parte de la presente tesis, en las primeras tres (03) semanas el modelo de producción fue de tipo “Push”. Esto se debió a la falta de programación de las actividades y a una ineficiente distribución de los recursos de Mano de Obra, más bien al contrario, era la demanda o los requerimientos de obra la que determinaba la capacidad del proceso de producción, sin embargo, una vez implementados las herramientas de planificación de los prefabricados, a partir de la semana (04) se empezaron a obtener un flujo continuo de producción manteniendo un despacho de 2 vigas prefabricadas por día. El sistema comenzó a

migrar desde entonces a un sistema tipo “Pull”, sin embargo, los procesos de este sistema aun no estaban balanceados, pues lo ideal para minimizar los inventarios (desperdicios) es que todos los procesos que forman parte del flujo o sistema de producción tengan la misma capacidad de procesar el producto, vale decir, buscar equilibrar los tiempos la colocación de los aceros, armado de encofrados y vaciados de concreto.

4.8.4 EL OBJETIVO DE TODA EMPRESA ES GENERAR UTILIDADES NO MEJORAR SUS EFICIENCIAS

Algo que todo profesional de la construcción debe tener en mente como premisa fundamental, es que no es suficiente la medición de los Índices de Productividad ni buscar ser más eficientes en cada uno de nuestros procesos si no observamos un aumento en las utilidades o ingresos brutos de la empresa en la misma proporción que mejoramos las eficiencias de los procesos. El objetivo de toda empresa es ser más rentables económicamente, y todas las herramientas que se vayan a implementar para optimizar nuestros flujos o procesos deben apuntar a ello.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

1. Al inicio de la operación de la planta de prefabricados la productividad real alcanzada de las actividades de acero, concreto y encofrado era menor a la productividad meta debido a que no se tenía un análisis del flujo de procesos y además había muchos tiempos muertos debido a que se tenía un sobredimensionamiento de cuadrilla (tiempos no contributorios).
2. El objetivo primordial de todo proceso de producción, como es el caso de la planta de prefabricados, es garantizar que el flujo no se detenga, luego buscar optimizar el flujo por medio de un Análisis de Restricciones identificando los procesos “cuellos de botella” y, sólo después de ello, analizar los procesos por separado buscando incrementar la productividad del cuello de botella.

3. En nuestra industria es preferible adoptar los sistemas de producción tipo “Pull” que, en comparación con el sistema de producción “Push”, es la que nos permite optimizar los inventarios y producir solo lo necesario, es decir la capacidad del sistema de producción, deberá tener la misma capacidad cuello de botella. Caso contrario se generarán muchos tiempos de muertos o tiempos no contributivos para nuestro personal y equipos que intervienen en la producción.
4. Como premisa, el objetivo de toda empresa es generar utilidades o maximizar las ganancias mas no incrementar las eficiencias. Si nos enfocamos solamente en las eficiencias sin evaluar su impacto en costo, no estamos asegurando el cumplimiento de la premisa principal. Todas las acciones de optimización que se implementen en un proyecto deben conducir a obtener mejores márgenes o resultados económicos en el proyecto.
5. No tener el sistema Last Planner implementado, no asegura el cumplimiento del cronograma y el planeamiento contractual de la obra. La planificación tradicional tiende a avanzar con lo que tenga por frente (producción tipo “Push”) en el día sin proyectarse a tener una secuencia de avance sistematizada.
6. Al hacer la aplicación tardía de la implementación de Last Planner no se tiene los mismos resultados que si se hubieran aplicado desde la etapa de planeamiento.
7. Las metodologías del Lean Construction, para la planificación, control y las propuestas de mejora para la obra, se deben complementar con un análisis de datos históricos que son registrados bajo un enfoque científico que cuantifique los factores negativos y positivos ocasionados por eventos previsibles y no previsibles que afectan al proyecto. Dichos enfoques son elementos bases para las propuestas de mejora del uso eficiente del concreto en la construcción de muros anclados.
8. Dentro de la metodología se identificó factores que están relacionados con el índice de productividad, por tal motivo el ritmo de trabajo para la

- ejecución de prefabricados dependió principalmente de las estrategias y planificación que se realice para poder mantener el tren de trabajos.
9. Si bien las cinco (05) propuestas de mejora que se implementaron (Last Planner, Juicio expertos, Mejoras para colocación de desperdicios, reducir esperas y minimizar desperdicios) han mejorado los resultados operativos del proyecto en estudio, estos pueden variar dependiendo del proyecto, de las circunstancias, del medio geográfico y muchos otros factores endógenos y exógenos que se identificarán en la etapa de planeamiento.
 10. Para la aplicación de la filosofía Lean Construction no es necesario una gran inversión económica, lo que si queda claro es que, a mayor producción de prefabricados se observara de manera más clara la especialización de las cuadrillas, lo cual se verá reflejado en la curva de productividad y la curva de aprendizaje. La aplicación de esta filosofía implica un cambio en la manera de pensar, no implica un incremento en los costos, sino todo lo contrario.
 11. Al implementar propuestas de mejora para la productividad en la construcción se ha tenido un mejor manejo en los desperdicios de concreto quiere decir que existe un factor psicosocial que mientras incentivos a tu equipo de trabajo se reducirá los desperdicios de los materiales de construcción.
 12. Los ahorros en costo por la implementación de la filosofía Lean se dividen en dos. Primero, se refiere a los ahorros por incremento en los Índices de Productividad relacionados a las partidas de Costo Directo del presupuesto de obra. Segundo, se tienen los ahorros por reducción de plazo, impactando directamente sobre los costos indirectos o gastos generales, debido a un menor pago de planillas, menos horas de alquiler de equipos y menos gastos por servicios generales como campamentos, alimentación, movilidad.
 13. Refiriéndose a la productividad de las cuadrillas, se tenía un indicador acumulado, hasta la semana tres, de 0.62 HH/m³, quiere decir que por cada 0.62 horas hombre se había colocado un metro cúbico de concreto vaciado,

dicho indicador estaba por encima del presupuesto meta, el cual manda un índice de 0.49 HH/m³.



5.2 RECOMENDACIONES

- No se puede mejorar aquello que no se puede controlar, y a su vez, aquello que no se mide o registra no se puede controlar. Por ello se sugiere realizar mediciones de carta balance, llevar un control de los Índices de Productividad y registrar los desperdicios de materiales incidentes (acero, concreto, etc.) a lo largo del desarrollo del proyecto para garantizar que se estén usando los recursos eficientemente y tomar decisiones de mejora a partir del análisis de los mismos. La cultura de medición es necesaria para establecer referencias del desempeño del proyecto.
- Se recomienda analizar el sistema de producción y los procesos que lo componen, si bien es cierto la industria de la construcción no es comparable a otras industrias por el bajo nivel de estandarización, es posible analizar todo el flujo de producción de las actividades críticas e incidentes del proyecto.
- Se recomienda tener un Layout Plant indicando los accesos, rutas de circulación e interferencias dentro del proyecto.
- Se recomienda capacitar al personal en el manejo de tiempos, gestión de recursos, reducción de desperdicios y conceptos básicos de planeamiento mostrando ejemplos de implementaciones realizadas en otros proyectos. Esto aceleraría la curva de aprendizaje y se pueden obtener resultados positivos mucho más antes que si dejamos al personal aprendan en pleno desarrollo de los procesos con un ensayo prueba-error.
- En proyectos similares de plantas de prefabricados, se sugiere evaluar con el proyectista estructural el diseño de un concreto de alta resistencia a condiciones tempranas, de esta manera se tendrán menores tiempos de espera para izaje del elemento prefabricado y trasladarlo a su posición final.
- Es conveniente mantener siempre cuadrillas de trabajo fijas, esto permitirá realizar de mejor manera cada nivel de planificación al conocer el número de personas que realizara una actividad, además los datos serán más representativos al no existir una alta rotación de trabajadores y se podrá controlar el desarrollo del proyecto de una forma menos complicada.

- Para que la implementación del Last Planner tenga resultados positivos y sostenibles a lo largo de la ejecución del proyecto, es recomendable contar con el apoyo partiendo desde la Gerencia o Jefatura del Proyecto. Se recomienda realizar un plan de trabajo el que será presentado a Gerencia para obtener una autorización firmada y con orden de ejecución, también es necesario involucrar a la Gerencia en cada proceso para que motive a todos los colaboradores, en caso contrario al no contar con el respaldo de Gerencia dicha implementación no tendría el éxito esperado.
- Se recomienda que en las reuniones de Last Planner se observen los indicadores de HH y el avance real por jornada de trabajo para poder obtener ideas de mejora y comprometer a los involucrados a realizar las mejoras.
- En el proyecto, el área de calidad no contaba con el personal suficiente para realizar las pruebas requeridas por ende se producía trabajos rehechos ocasionando pérdidas económicas y de HH de producción. Se sugiere colocar inspectores de calidad necesarios a fin de garantizar no parar los flujos de producción.

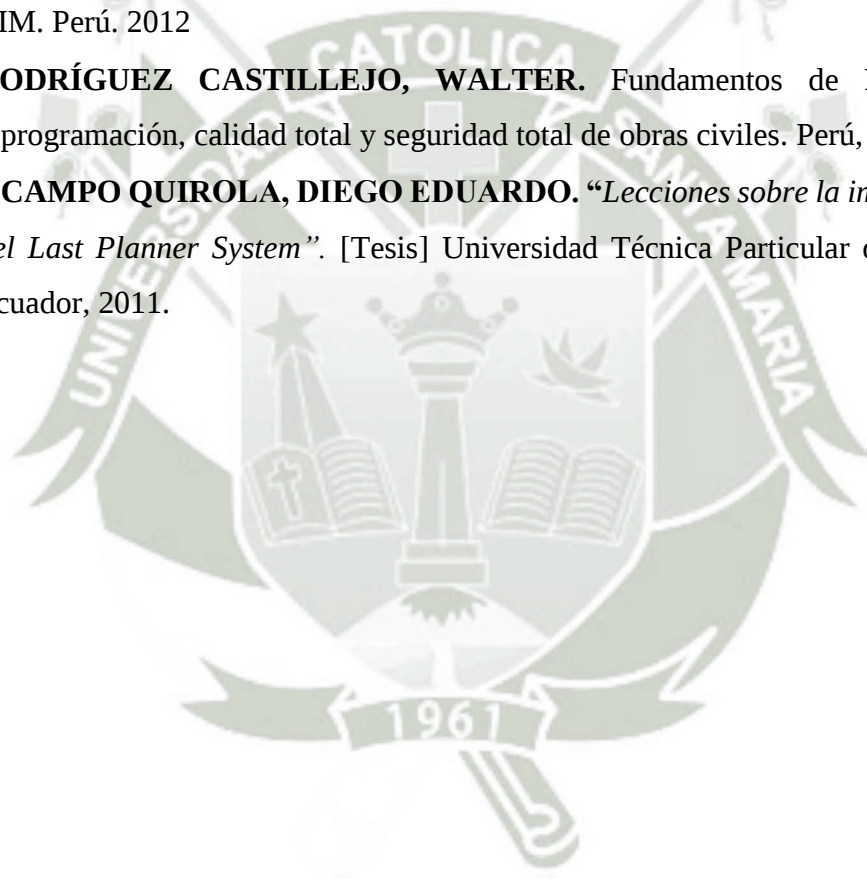


BIBLIOGRAFÍA

- **ALARCÓN, LUIS F. Y GONZALES, VICENTE.** “Buffers de programación: una Estrategia complementaria para reducir la variabilidad en los procesos de Construcción”. Revista ingeniería de construcción, Vol. 18, N° 2. Pontificia universidad católica de Chile, Santiago de Chile. 2003.
- **CALAMPA VEGA, SARAH.** “Aplicación de la Línea de Balance en el sistema Last Planner en proyectos de edificaciones”. [Tesis] Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima, Perú, 2014.
- **DEL CARPIO ORTIZ, ELIZABETH JACQUELINE.** “Optimización del tiempo y costo de la obra ampliación y mejoramiento del sistema de agua potable Arequipa metropolitana lote 3^a – Cono Norte con la aplicación de la filosofía Lean Construction”. [Tesis] Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima, Perú, 2011.
- **GALARZA MEZA, MARCO PAULO.** “*Desperdicio de Materiales en obras de construcción civil: Métodos de medición y control*”. [Tesis] Universidad Católica de Santa María. Arequipa, Perú, 2014.
- **GHIO CASTILLO, VIRGILIO.** “Productividad en obras de construcción; Diagnostico, critica y propuesta”. Lima: Fondo editorial PUCP. 2001. critica y propuesta”. Lima: Fondo editorial PUCP. 2001.
- **HERRERA HERNÁNDEZ, OSCAR ANTONIO.** “Procedimientos constructivos utilizados en la fabricación, transporte y montaje de elementos estructurales prefabricados, utilizados en el proyecto Viaducto Elevado”. [Tesis] Universidad Nacional Autónoma de México. México D. F., 2012.
- **HUARCAYA HUAMANI, JORGE.** “*Ejecución Lean y control de producción en proyectos de Construcción*”. [Tesis] Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima, Perú, 2014.
- **NAUPARI SABERBEIN, PEDRO FERNANDO.** “Planeamiento integral de gestión de la calidad aplicada a los procedimientos constructivos en dos edificios de 17 pisos”. [Tesis] Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima, Perú, 2008.
- **PEREZ URIBE, ÁLVARO PATRICIO.** “*Detección de pérdidas operacionales en la construcción de edificios de oficinas de más de 30.000 m² con plantas libres*”.

[Tesis] universidad de Chile Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas departamento de Ingeniería Civil. Santiago de Chile, Chile, 2010.

- **PRINCE MALDONADO, ERIC GUSTAVO.** “Propuestas de mejora para el uso eficiente del concreto en la construcción de muros anclados en edificaciones de mediana profundidad”. [Tesis] Universidad Nacional de Ingeniería. Lima, Perú, 2014.
- **PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE.** Quinta edición Fundamentos para la Dirección de Proyectos (Guía del PMBOK). Lima, Perú 2013.
- **RODRÍGUEZ CASTILLEJO, WALTER.** Mejoramiento de la productividad en la Construcción de Obras con Lean Construction, Trenchless, Cyclone, EZStrobe, BIM. Perú. 2012
- **RODRÍGUEZ CASTILLEJO, WALTER.** Fundamentos de Programación, reprogramación, calidad total y seguridad total de obras civiles. Perú, 1997.
- **OCAMPO QUIROLA, DIEGO EDUARDO.** “*Lecciones sobre la implementación del Last Planner System*”. [Tesis] Universidad Técnica Particular de Loja. Loja, Ecuador, 2011.



ANEXOS

ANEXO 4.1: PLAN MAESTRO META

ANEXO 4.2: PROGRAMACION LOOK AHEAD

ANEXO 5.1: PLANIFICACION SEMANAL

ANEXO 5.2: DIAGRAMA DE ISHIKAWA

**ANEXO 5.3: CURVA DE PORCENTAJE DE DESPERDICIO DE
CONCRETO ACUMULADO**

**ANEXO 5.4: CARTA BALANCE CONCRETO REALIZADA PARA
MEDIR LOS TIEMPOS PRODUCTIVOS, CONTRIBUTORIOS Y NO
CONTRIBUTORIOS**

**ANEXO 5.5: CARTA BALANCE ACERO REALIZADA PARA MEDIR
LOS TIEMPOS PRODUCTIVOS, CONTRIBUTORIOS Y NO
CONTRIBUTORIOS**

**ANEXO 5.6: CARTA BALANCE ENCOFRADO REALIZADA PARA
MEDIR LOS TIEMPOS PRODUCTIVOS, CONTRIBUTORIOS Y NO
CONTRIBUTORIOS**

ANEXO 5.7: RATIOS DE PRODUCTIVIDAD

**ANEXO 5.8: CARTA BALANCE DE EVALUACIÓN DE MEJORA DEL
PROCESO DE COLOCACIÓN DE CONCRETO**

**ANEXO 5.9: CARTA BALANCE DE EVALUACIÓN DE MEJORA DEL
PROCESO DE ACERO**

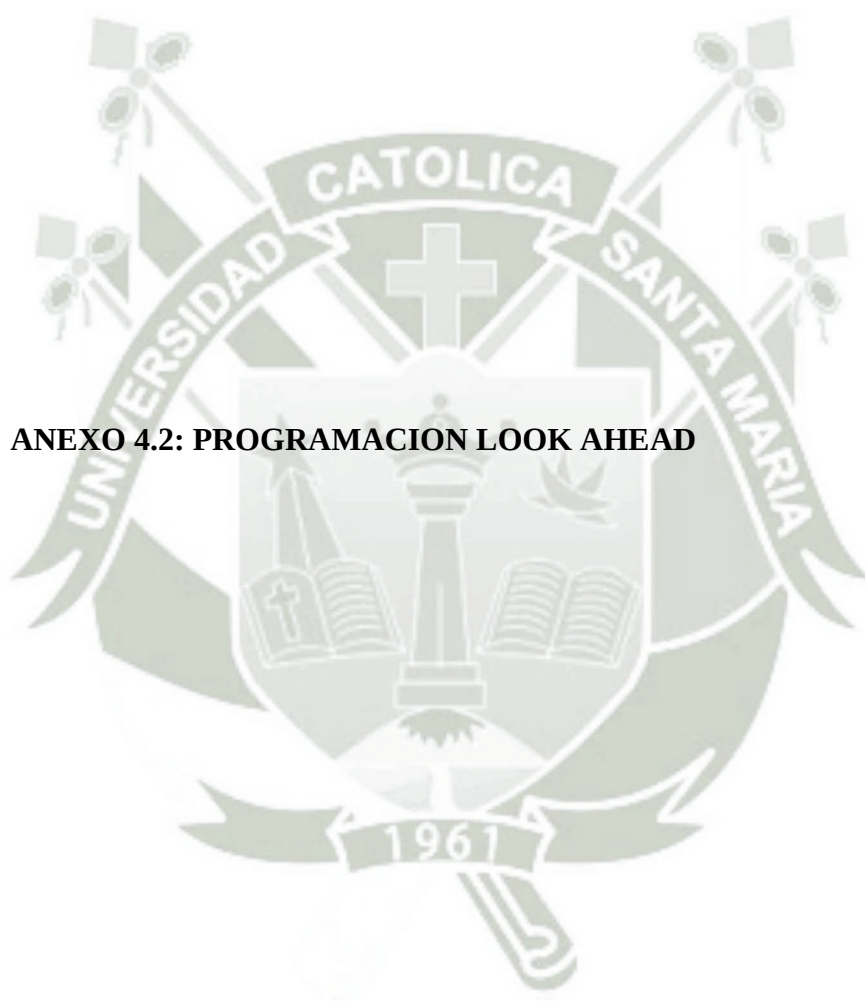


ANEXO 4.1: PLAN MAESTRO META

ANEXO 4.1: PROGRAMA MAESTRO

[illegible]

CLIENTE		PLAN MAESTRO EXTERNO																																			
N.	Actividad	Semana 8						Semana 9						Semana 10						Semana 11						Semana 12						Semana 13					
		7/4	8/4	9/4	10/4	11/4	12/4	14/4	15/4	16/4	17/4	18/4	19/4	21/4	22/4	23/4	24/4	25/4	26/4	28/4	29/4	30/4	1/5	2/5	3/5	5/5	6/5	7/5	8/5	9/5	10/5	12/5	13/5	14/5	15/5	16/5	17/5
		L	M	M	J	V	S	L	M	M	J	V	S	L	M	M	J	V	S	L	M	M	J	V	S	L	M	M	J	V	S	L	M	M	J	V	S
1	Armado malla de acero	PF106	PF003	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105B	PF105B	PF105A	PF105A	PF105B			PF105A	PF002	PF105B	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105B	PF001	PF105A	PF105B	PF105A	PF105A	PF105B	PF105B	PF001	PF108	PF109					
2	Preparacion de Encofrado		PF003	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B		PF105A	PF105A	PF105B			PF002	PF105B	PF105A	PF105B	PF105A		PF105B	PF105A	PF105B	PF001	PF105A		PF105A	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B		PF108	PF109				
3	Izaje malla de acero	PF106	PF003	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105B	PF105B	PF105A	PF105A	PF105B			PF105A	PF002	PF105B	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105B	PF105B	PF001	PF105A	PF105B	PF105A	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF001	PF108	PF109			
4	Encofrado	PF106	PF003	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105B	PF105B	PF105A	PF105A	PF105B			PF105A	PF002	PF105B	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105B	PF105B	PF001	PF105A	PF105B	PF105A	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF001	PF108	PF109			
5	Colocacion Malla gallinero como encofrado interior	PF106	PF003	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105B	PF105B	PF105A	PF105A	PF105B			PF105A	PF002	PF105B	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105B	PF105B	PF001	PF105A	PF105B	PF105A	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF001	PF108	PF109			
6	Vaciado de concreto f'c = 40 Mpa	PF106	PF003	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105B	PF105B	PF105A	PF105A	PF105B			PF105A	PF002	PF105B	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105B	PF105B	PF001	PF105A	PF105B	PF105A	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF001	PF108	PF109			
7	Desencofrado	PF106	PF106	PF003	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105B	PF105A	PF105A	PF105B			PF105B	PF105A	PF002	PF105B	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105B	PF001	PF105A	PF105B	PF105A	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF001	PF108	PF109			
8	Curado	PF106	PF106	PF003	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105B	PF105A	PF105A	PF105B			PF105B	PF105A	PF002	PF105B	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105B	PF001	PF105A	PF105B	PF105A	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF001	PF108	PF109			



ANEXO 4.2: PROGRAMACION LOOK AHEAD

ANEXO 4.2: LOOK AHEAD 03 SEMANAS

LOOK AHEAD SEMANA 04 – PROYECTO MATARANI

N.	Actividad / Restricciones	UND.	Cantidad	Fecha Requerida	Resp.	Semana 4					Semana 5							Semana 6										
						10/3	11/3	12/3	13/3	14/3	17/3	18/3	19/3	20/3	21/3	24/3	25/3	26/3	27/3	28/3								
						L	M	X	J	V	L	M	X	J	V	L	M	X	J	V								
1	Armado malla de acero					PF106	PF106	PF106	PF003	PF106	PF106	PF107	PF110	PF003	PF106	PF106	PF106	PF106	PF003	PF106	PF003	PF106	PF106	PF106	PF106	PF106	PF106	PF106
2	Limpieza de encofrado					PF106	PF106	PF106	PF003	PF106	PF106	PF107	PF110	PF003	PF106	PF106	PF106	PF106	PF003	PF106	PF003	PF106	PF106	PF106	PF106	PF106	PF106	PF106
3	Izaje malla de acero					PF106	PF106	PF106	PF003	PF106	PF106	PF107	PF110	PF003	PF106	PF106	PF106	PF106	PF003	PF106	PF003	PF106	PF106	PF106	PF106	PF106	PF106	PF106
	Restricciones																											
	Coordinar despacho con proveedor.	kg.	42758	07/03/14	P. Becerra																							
	Verificar fecha de mantenimiento de grua	und.	1.00	07/03/14	M. Ayala																							
4	Encofrado					PF106	PF106	PF106	PF003	PF106	PF106	PF107	PF110	PF003	PF106	PF106	PF106	PF106	PF003	PF106	PF003	PF106	PF106	PF106	PF106	PF106	PF106	PF106
	Colocacion Malla gallinero					PF106	PF106	PF106	PF003	PF106	PF106	PF107	PF110	PF003	PF106	PF106	PF106	PF106	PF003	PF106	PF003	PF106	PF106	PF106	PF106	PF106	PF106	PF106
5	como encofrado interior																											
	Restricciones																											
	Coordinar despacho con proveedor	m2	1242.38	07/03/14	P. Becerra																							
	Asegurar entrega de EPP a personal.	und.	9	07/03/14	M. Ayala																							
6	Vaciado de concreto f'c = 40 Mpa					PF106	PF106	PF106	PF003	PF106	PF106	PF107	PF110	PF003	PF106	PF106	PF106	PF106	PF003	PF106	PF003	PF106	PF106	PF106	PF106	PF106	PF106	PF106
	Restricciones																											
	Entregar a proveedor programacion requerida de concreto	m3	192.78	07/03/14	M. Ayala																							
	Coordinar con el area de calidad liberaciones.	und.	25	07/03/14	B. Torres																							
7	Desencofrado					PF106	PF106	PF106	PF106	PF003	PF106	PF106	PF107	PF110	PF003	PF106	PF106	PF106	PF106	PF106	PF003	PF106	PF003	PF106	PF106	PF106	PF106	PF106
8	Curado					PF106	PF106	PF106	PF106	PF003	PF106	PF106	PF107	PF110	PF003	PF106	PF106	PF106	PF106	PF106	PF003	PF106	PF003	PF106	PF106	PF106	PF106	PF106

LOOK AHEAD SEMANA 05 – PROYECTO MATARANI

N.	Actividad	UND.	Cantidad	Fecha Requerida	Resp.	Semana 5						Semana 6								Semana 7															
						17/3		18/3		19/3		20/3		21/3		24/3		25/3		26/3		27/3		28/3		31/3		1/4		2/4		3/4		4/4	
						L	M	X	J	V	L	M	X	J	V	L	M	X	J	V	L	M	X	J	V	L	M	X	J	V	L	M	X	J	V
1	Armado malla de acero					PF106	PF107	PF110	PF003	PF106	PF106	PF106	PF106	PF003	PF106	PF106	PF106	PF106	PF106	PF106	PF106	PF003	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105A				
2	Limpieza de encofrado					PF106	PF107	PF110	PF003	PF106	PF106	PF106	PF106	PF003	PF106	PF106	PF106	PF106	PF106	PF106	PF106	PF003	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105A				
3	lzaje malla de acero					PF106	PF107	PF110	PF003	PF106	PF106	PF106	PF106	PF003	PF106	PF106	PF106	PF106	PF106	PF106	PF106	PF003	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105A				
	Restricciones																																		
	Coordinar despacho con proveedor.	kg.	42758	15/03/14	P. Becerra																														
	Verificar fecha de mantenimiento de grua	und.	1.00	15/03/14	M. Ayala																														
4	Encofrado					PF106	PF107	PF110	PF003	PF106	PF106	PF106	PF106	PF003	PF106	PF106	PF106	PF106	PF106	PF106	PF106	PF003	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105A				
5	Colocacion Malla gallinero como encofrado interior					PF106	PF107	PF110	PF003	PF106	PF106	PF106	PF106	PF003	PF106	PF106	PF106	PF106	PF106	PF106	PF106	PF003	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105A				
	Restricciones																																		
	Coordinar despacho con proveedor	m2	1242.38	15/03/14	P. Becerra																														
	Coordinar con RR HH el ingreso de personal	hh	9	15/03/14	P. Becerra																														
	Asegurar entrega de EPP a personal.	und.	9	15/03/14	D. Pacheco																														
6	Vaciado de concreto f'c = 40 Mpa					PF106	PF107	PF110	PF003	PF106	PF106	PF106	PF106	PF003	PF106	PF106	PF106	PF106	PF106	PF106	PF106	PF003	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105A				
	Restricciones																																		
	Entregar a proveedor programacion requerida de concreto	m3	192.78	15/03/14	M. Ayala																														
	Coordinar con el area de calidad liberaciones.	und.	30	15/03/14	B. Torres																														
	Verificar via de acceso para ingreso de mixer	und.	1	15/03/14	M. Ayala																														
7	Desencofrado					PF106	PF106	PF107	PF110	PF003	PF106	PF106	PF106	PF003	PF106	PF003	PF106	PF106	PF106	PF106	PF106	PF106	PF106	PF003	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105A				
8	Curado					PF106	PF106	PF107	PF110	PF003	PF106	PF106	PF106	PF003	PF106	PF003	PF106	PF106	PF106	PF106	PF106	PF106	PF106	PF003	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105A				

LOOK AHEAD SEMANA 06 – PROYECTO MATARANI

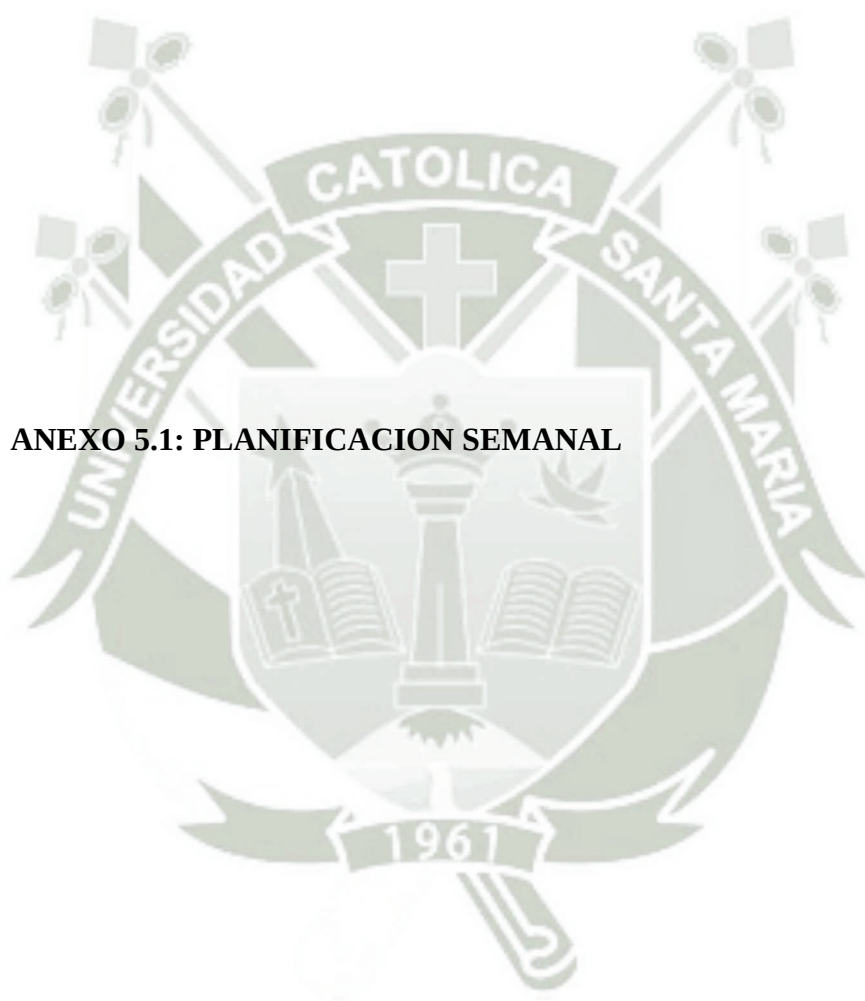
N.	Actividad	UND.	Cantidad	Fecha Requerida	Resp.	Semana 6								Semana 7								Semana 8													
						24/3		25/3		26/3		27/3		28/3		31/3		1/4		2/4		3/4		4/4		7/4		8/4		9/4		10/4		11/4	
						L		M		X		J		V		L		M		X		J		V		L		M		X		J		V	
1	Armado malla de acero					PF106	PF003	PF106	PF106	PF106	PF106	PF106	PF106	PF003	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF002	PF105B	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105B	PF001			
2	Limpieza de encofrado					PF106	PF003	PF106	PF106	PF106	PF106	PF106	PF106	PF003	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF002	PF105B	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105B	PF001			
3	Izaje malla de acero					PF106	PF003	PF106	PF106	PF106	PF106	PF106	PF106	PF003	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF002	PF105B	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105B	PF001			
	Restricciones																																		
	Coordinar despacho con proveedor.	kg.	51293	22/03/2014	P. Becerra																														
	Verificar fecha de mantenimiento de grua	und.	1.00	22/03/2014	M. Ayala																														
4	Encofrado					PF106	PF003	PF106	PF106	PF106	PF106	PF106	PF106	PF003	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF002	PF105B	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105B	PF001			
5	Colocacion Malla gallinero como encofrado interior					PF106	PF003	PF106	PF106	PF106	PF106	PF106	PF106	PF003	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF002	PF105B	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105B	PF001			
	Restricciones																																		
	Coordinar despacho con proveedor	m2	1523.1	22/03/2014	P. Becerra																														
	Asegurar entrega de EPP a personal.	m2	9	22/03/2014	P. Becerra																														
6	Vaciado de concreto f'c = 40 Mpa					PF106	PF003	PF106	PF106	PF106	PF106	PF106	PF106	PF003	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF002	PF105B	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105B	PF001			
	Restricciones																																		
	Entregar a proveedor programacion requerida de concreto	m3	234.2	22/03/2014	M. Ayala																														
	Coordinar con el area de calidad liberaciones.	und.	30	22/03/2014	B. Torres																														
7	Desencofrado					PF106	PF003	PF106	PF003	PF106	PF106	PF106	PF106	PF106	PF106	PF003	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105B	PF105A			
8	Curado					PF106	PF003	PF106	PF003	PF106	PF106	PF106	PF106	PF106	PF106	PF003	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105B	PF105A			

LOOK AHEAD SEMANA 07 – PROYECTO MATARANI

N.	Actividad	UND.	Cantidad	Fecha Requerida	Resp.	Semana 7							Semana 8							Semana 9							18/4							
						31/3		1/4		2/4		3/4		4/4		7/4		8/4		9/4		10/4		11/4		14/4			15/5		16/4		17/4	
						L		M		X		J		V		L		M		X		J		V		L		M		X		J		V
1	Armado malla de acero					PF003	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF001	PF105A	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF108	PF108		
2	Limpieza de encofrado					PF003	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF001	PF105A	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF108	PF108		
3	Izaje malla de acero					PF003	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF001	PF105A	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF108	PF108		
	Restricciones																																	
	Coordinar despacho con proveedor.	kg.	46903	28/03/2014	P. Becerra																													
	Verificar fecha de mantenimiento de grua	und.	1.00	28/03/2014	M. Ayala																													
4	Encofrado					PF003	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF001	PF105A	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF108	PF108		
	Colocacion Malla gallinero					PF003	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF001	PF105A	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF108	PF108		
5	como encofrado interior																																	
	Restricciones																																	
	Coordinar despacho con proveedor	m2	1340.29	28/03/2014	P. Becerra																													
6	Vaciado de concreto f'c = 40 Mpa					PF003	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF001	PF105A	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF108	PF108		
	Restricciones																																	
	Entregar a proveedor programacion requerida de concreto	m3	217.88	28/03/2014	M. Ayala																													
	Coordinar con el area de calidad liberaciones.	m3	217.88	28/03/2014	M. Ayala																													
7	Desencofrado					PF106	PF106	PF003	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105B	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B			
8	Curado					PF106	PF106	PF003	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105B	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B			

LOOK AHEAD SEMANA 08 – PROYECTO MATARANI

N.	Actividad	UND.	Cantidad	Fecha Requerida	Resp.	Semana 8								Semana 9										Semana 10								
						7/4		8/4		9/4		10/4		11/4		14/4		15/5		16/4		17/4		18/4		21/4		22/4	23/4	24/4	25/4	26/4
						L		M		X		J		V		L		M		X		J		V		L		M		X		J
1	Armado malla de acero					PF002	PF105B	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105B	PF001	PF105A	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF108			PF001	PF109							
2	Limpieza de encofrado					PF002	PF105B	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105B	PF001	PF105A	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF108			PF001	PF109							
3	Izaje malla de acero					PF002	PF105B	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105B	PF001	PF105A	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF108			PF001	PF109							
	Restricciones																															
	Coordinar despacho con proveedor.	kg.	32525	04/04/2014	P. Becerra																											
4	Encofrado					PF002	PF105B	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105B	PF001	PF105A	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF108			PF001	PF109							
5	Colocacion Malla gallinero como encofrado interior					PF002	PF105B	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105B	PF001	PF105A	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF108			PF001	PF109							
	Restricciones																															
	Coordinar despacho con proveedor	m2	941.57	04/04/2014	P. Becerra																											
6	Vaciado de concreto f'c = 40 Mpa					PF002	PF105B	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105B	PF001	PF105A	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF108			PF001	PF109							
	Restricciones																															
	Entregar a proveedor programacion requerida de concreto	m3	147.44	04/04/2014	M. Ayala																											
	Coordinar con el area de calidad liberaciones.	m3	217.88	28/03/2014	M. Ayala																											
7	Desencofrado					PF105B	PF105A	PF002	PF105B	PF105A	PF105B	PF105B	PF105A	PF105B	PF001	PF105A	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105A			PF105B	PF108	PF001	PF109					
8	Curado					PF105B	PF105A	PF002	PF105B	PF105A	PF105B	PF105B	PF105A	PF105B	PF001	PF105A	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105A			PF105B	PF108	PF001	PF109					



ANEXO 5.1: PLANIFICACION SEMANAL

ANEXO 5.1: PLANIFICACION SEMANAL

PLAN SEMANAL - SEMANA 4

N.	Actividad	Semana 4					Avan. Progr. (Und.)	% Avan Progr.	Avan Real	% Avan Real	PAC (%)	Analisis de Cumplimiento	
		10/3	11/3	12/3	13/3	14/3						CAUSAS DE INCUMPLIMIENTO	MEDIDA CORRECTIVA
		L	M	X	J	V							
1	Armado malla de acero	PF106	REPROGRAMACION	PF106	PF106	PF106	6	100	5	83%	0		Se paralizo produccion para realizar una reprogramacion.
2	Limpieza de encofrado	PF106		PF106	PF106	PF106	7	100	5	71%	0		
3	Izaje malla de acero	PF106	PF106	PF106	PF106	PF106	7	100	6	86%	0		
4	Encofrado	PF106	PF106	PF106	PF106	PF106	7	100	6	86%	0		
5	Colocacion Malla gallinero como encofrado interior	PF003	PF106	PF106/PF106	PF106	PF106	8	100	7	88%	0	Mala programacion de pedido de concreto a planta concretera.	
6	Vaciado de concreto f'c = 40 Mpa	PF104	PF106	PF003/PF106	PF106/PF106	PF106	7	100	7	100%	1		
7	Desencofrado		PF104	PF106	PF003/PF106	PF106/PF106	7	100	7	100%	1		
8	Curado		PF104	PF106	PF003/PF106	PF106/PF106	7	100	7	100%	1		
											PAC	38%	

PLAN SEMANAL - SEMANA 5

N.	Actividad	Semana 5										Avan. Progr. (Und.)	% Avan Progr.	Avan Real	% Avan Real	PAC (%)	Analisis de Cumplimiento	
		17/3		18/3		19/3		20/3		21/3							CAUSAS DE INCUMPLIMIENTO	MEDIDA CORRECTIVA
		L	M	X	J	V												
1	Armado malla de acero	PF003	PF106	PF106	PF107	PF110	PF003	PF106	PF106	PF106	PF106	10	100	10	100%	1		
2	Limpieza de encofrado	PF003	PF106	PF106	PF107	PF110	PF003	PF106	PF106	PF106	PF106	10	100	10	100%	1		
3	Izaje malla de acero	PF003	PF106	PF106	PF107	PF110	PF003	PF106	PF106	PF106	PF106	10	100	10	100%	1		
4	Encofrado	PF003	PF106	PF106	PF107	PF110	PF003	PF106	PF106	PF106	PF106	10	100	10	100%	1		
5	Colocacion Malla gallinero como encofrado interior	PF003	PF106	PF106	PF107	PF110	PF003	PF106	PF106	PF106	PF106	10	100	10	100%	1		
6	Vaciado de concreto f'c = 40 Mpa	PF106	PF003		PF106	PF106/PF107	PF110	PF003	PF106	PF106	PF106	11	100	10	91%	0	Problemas de abastecimeiento de planta concretera.	Vaciado se realizo al dia siguiente. Se trabajo horario extendido.
7	Desencofrado	PF106		PF106	PF003		PF106	PF106/PF107	PF110	PF003	PF106	10	100	10	100%	1		
8	Curado	PF106		PF106	PF003		PF106	PF106/PF107	PF110	PF003	PF106	10	100	10	100%	1		
															PAC	88%		

PLAN SEMANAL - SEMANA 6

N.	Actividad	Semana 6										Avan. Progr. (Und.)	% Avan Progr.	Avan Real	% Avan Real	PAC (%)	Analisis de Cumplimiento	
		24/3		25/3		26/3		27/3		28/3							CAUSAS DE INCUMPLIMIENTO	MEDIDA CORRECTIVA
		L		M		X		J		V								
1	Armado malla de acero	PF106	PF003	PF106	PF003	PF106	PF106	PF106	PF106	PF106	PF106	10	100	10	100%	1		
2	Limpieza de encofrado	PF106	PF003	PF106	PF003	PF106	PF106	PF106	PF106	PF106	PF106	10	100	10	100%	1		
3	Izaje malla de acero	PF106	PF003	PF106	PF003	PF106	PF106	PF106	PF106	PF106	PF106	10	100	10	100%	1		
4	Encofrado	PF106	PF003	PF106	PF003	PF106	PF106	PF106	PF106	PF106	PF106	10	100	10	100%	1		
5	Colocacion Malla gallinero como encofrado interior	PF106	PF003	PF106	PF003	PF106	PF106	PF106	PF106	PF106	PF106	10	100	10	100%	1		
6	Vaciado de concreto f'c = 40 Mpa	PF106	PF106		PF003	PF106	PF003	PF106	PF106	PF106	PF106	10	100	10	100%	1	Problemas en planta concretera.	
7	Desencofrado	PF106	PF106	PF106	PF106	PF003		PF106	PF003	PF106	PF106	10	100	10	100%	1		
8	Curado	PF106	PF106	PF106	PF106	PF003		PF106	PF003	PF106	PF106	10	100	10	100%	1		
															PAC	100%		

PLAN SEMANAL - SEMANA 7

N.	Actividad	Semana 7										Avan. Progr. (Und.)	% Avan Progr.	Avan Real	% Avan Real	PAC (%)	Analisis de Cumplimiento	
		31/3		1/4		2/4		3/4		4/4							CAUSAS DE INCUMPLIMIENTO	MEDIDA CORRECTIVA
		L	M	X	J	V												
1	Armado malla de acero	PF106	PF106	PF003	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105A	10	100	10	100%	1		
2	Limpieza de encofrado	PF106	PF106	PF003	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105A	10	100	10	100%	1		
3	Izaje malla de acero	PF106	PF106	PF003	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105A	10	100	10	100%	1		
4	Encofrado	PF106	PF106	PF003	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105A	10	100	10	100%	1		
5	Colocacion Malla gallinero como encofrado interior	PF106	PF106	PF003	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105A	10	100	10	100%	1		
6	Vaciado de concreto f'c = 40 Mpa	PF106	PF106	PF106	PF106	PF003	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105A	10	100	10	100%	1		
7	Desencofrado	PF106	PF106	PF106	PF106	PF106	PF106	PF003	PF105A	PF105B	PF105A	10	100	10	100%	1		
8	Curado	PF106	PF106	PF106	PF106	PF106	PF106	PF003	PF105A	PF105B	PF105A	10	100	10	100%	1		
															PAC	100%		

ANEXO 5.1: PLANIFICACION SEMANAL

PLAN SEMANAL - SEMANA 8

N.	Actividad	Semana 8										Avan. Progr. (Und.)	% Avan Progr.	Avan Real	% Avan Real	PAC (%)	Analisis de Cumplimiento	
		7/4		8/4		9/4		10/4		11/4								
		L		M		X		J		V								
1	Armado malla de acero	PF105B	PF105A	PF002	PF105B	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105B	PF105A	10	100	10	100%	1		
2	Limpieza de encofrado	PF105B	PF105A	PF002	PF105B	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105B	PF105A	10	100	10	100%	1		
3	Izaje malla de acero	PF105B	PF105A	PF002	PF105B	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105B	PF105A	10	100	10	100%	1		
4	Encofrado	PF105B	PF105A	PF002	PF105B	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105B	PF105A	10	100	10	100%	1		
5	Colocacion Malla gallinero como encofrado interior	PF105B	PF105A	PF002	PF105B	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105B	PF105A	10	100	10	100%	1		
6	Vaciado de concreto f'c = 40 Mpa	PF105B	PF105A	PF105B	PF105A	PF002	PF105B	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	10	100	10	100%	1		
7	Desencofrado	PF105B	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105A	PF002	PF105B	PF105A	PF105B	10	100	10	100%	1		
8	Curado	PF105B	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105A	PF002	PF105B	PF105A	PF105B	10	100	10	100%	1		
															PAC	100%		

PLAN SEMANAL - SEMANA 9

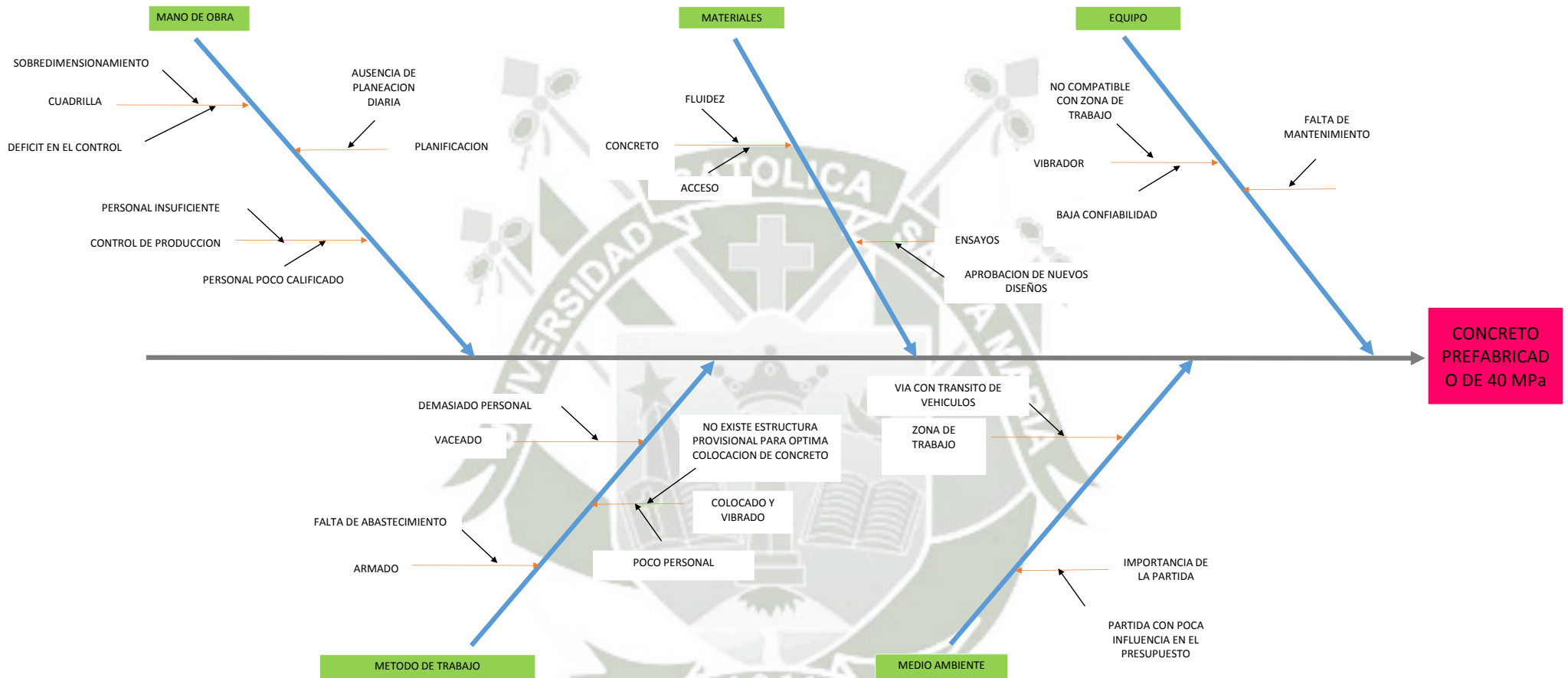
N.	Actividad	Semana 9								Avan. Progr. (Und.)	% Avan Progr.	Avan Real	% Avan Real	PAC (%)	Analisis de Cumplimiento			
		14/4		15/5		16/4		17/4									18/4	
		L		M		X		J							V			
1	Armado malla de acero	PF105B	PF001	PF105A	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105A		10	100	10	100%	1	CAUSAS DE INCUMPLIMIENTO	MEDIDA CORRECTIVA	
2	Limpieza de encofrado	PF105B	PF001	PF105A	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105A		10	100	10	100%	1			
3	Izaje malla de acero	PF105B	PF001	PF105A	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105A		10	100	10	100%	1			
4	Encofrado	PF105B	PF001	PF105A	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105A		10	100	10	100%	1			
5	Colocacion Malla gallinero como encofrado interior	PF105B	PF001	PF105A	PF105A	PF105B	PF105A	PF105B	PF105A		10	100	10	100%	1			
6	Vaciado de concreto f'c = 40 Mpa	PF105B	PF105A	PF105B	PF001	PF105A	PF105A	PF105B	PF105A		10	100	10	100%	1			
7	Desencofrado	PF105A	PF105B	PF105B	PF105A	PF105B	PF001	PF105A	PF105A		10	100	10	100%	1			
8	Curado	PF105A	PF105B	PF105B	PF105A	PF105B	PF001	PF105A	PF105A		10	100	10	100%	1			
															PAC	100%		

PLAN SEMANAL - SEMANA 10

N.	Actividad	Semana 10						
		21/4		22/4	23/4	24/4	25/4	26/4
		L		M	X	J	V	S
1	Armado malla de acero	PF105B	PF108	PF001/PF009				
2	Limpieza de encofrado	PF105B	PF108	PF001/PF009				
3	Izaje malla de acero	PF105B	PF108	PF001/PF009				
4	Encofrado	PF105B	PF108	PF001/PF009				
5	Colocacion Malla gallinero como encofrado interior	PF105B	PF108	PF001/PF009				
6	Vaciado de concreto f'c = 40 Mpa	PF105B	PF105A	PF105B/PF108	PF001/PF009			
7	Desencofrado	PF105B	PF105A	PF105B/PF108	PF105B/PF108	PF001/PF009		
8	Curado	PF105B	PF105A	PF105B/PF108	PF105B/PF108	PF001/PF009		



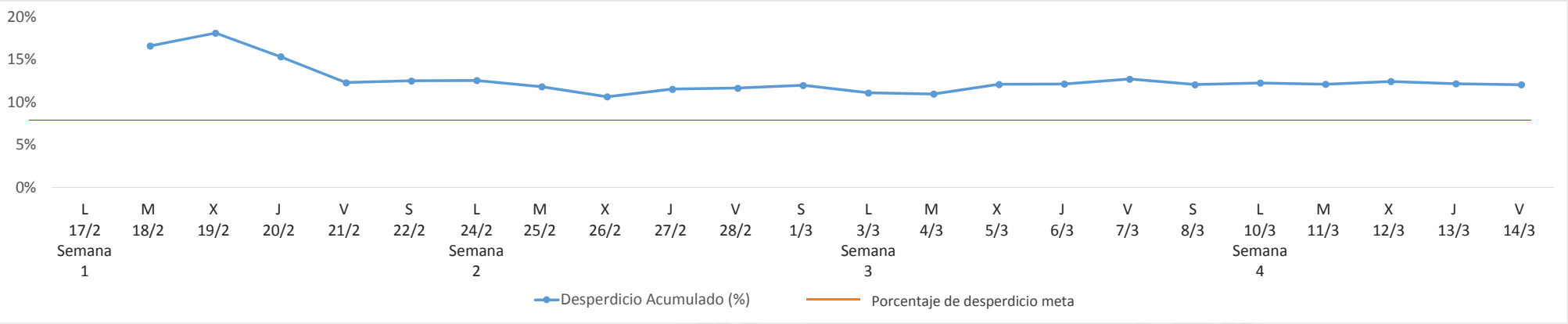
ANEXO 5.2: DIAGRAMA DE ISHIKAWA



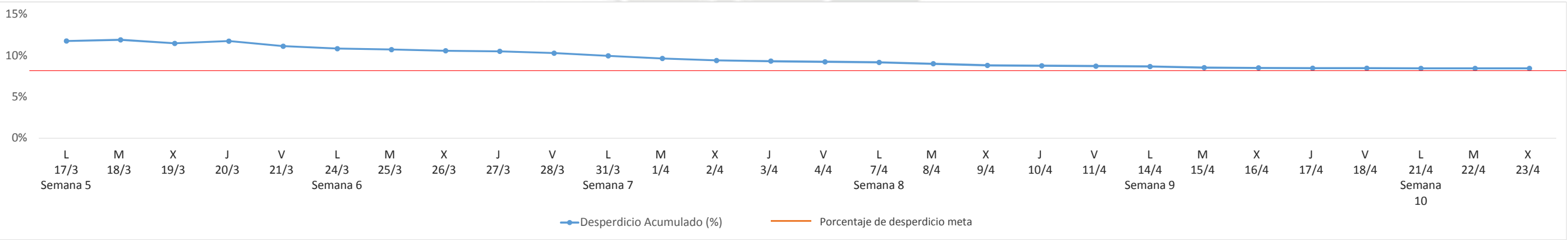
**ANEXO 5.3: CURVA DE PORCENTAJE DE DESPERDICIO DE
CONCRETO ACUMULADO**

ANEXO 5.3: CURVA DE DESPERDICIO

Desperdicio	Semana 1						Semana 2						Semana 3						Semana 4					
	17/2	18/2	19/2	20/2	21/2	22/2	24/2	25/2	26/2	27/2	28/2	1/3	3/3	4/3	5/3	6/3	7/3	8/3	10/3	11/3	12/3	13/3	14/3	
	L	M	X	J	V	S	L	M	X	J	V	S	L	M	X	J	V	S	L	M	X	J	V	
Vol. Concreto colocado (m3)		11.50	10.50	9.00		9.00	9.50	9.00		9.50	9.50	8.50		8.50	9.50	9.50	9.00		8.50	8.00	17.00	16.00	8.00	
Vol. Concreto teórico (m3)	8.36	8.67	8.67	8.42	8.42	7.92	8.42	8.44	7.33	7.92	8.42	7.33	7.78	7.78	7.33	8.42	7.33	7.33	7.33	7.33	14.66	14.66	7.33	
Vol. Desperdicio (m3)	-	2.83	1.83	0.58	-	1.08	1.08	0.56	-	1.58	1.08	1.17	-	0.72	2.17	1.08	1.67	-	1.17	0.67	2.34	1.34	0.67	
Vol. Concreto teorico ACUM (m3)	8.36	17.03	25.70	34.12	42.54	50.46	58.88	67.32	74.65	82.57	90.99	98.32	106.10	113.88	121.21	129.63	136.96	144.29	151.62	158.95	173.61	188.27	195.60	
Vol. Desperdicio ACUM (m3)	-	2.83	4.66	5.24	5.24	6.32	7.40	7.96	7.96	9.54	10.62	11.79	11.79	12.51	14.68	15.76	17.43	17.43	18.60	19.27	21.61	22.95	23.62	
Porcentaje de desperdicio diario		33%	21%	7%	0%	14%	13%	7%	0%	20%	13%	16%	0%	9%	30%	13%	23%	0%	16%	9%	16%	9%	9%	
Porcentaje de desperdicio acumulado		17%	18%	15%	12%	13%	13%	12%	11%	12%	12%	12%	11%	11%	12%	12%	13%	12%	12%	12%	12%	12%	12%	
Desperdicio Meta	8%	8%	8%	8%	8%	8%	8%	8%	8%	8%	8%	8%	8%	8%	8%	8%	8%	8%	8%	8%	8%	8%	8%	



Desperdicio	Semana 5					Semana 6					Semana 7					Semana 8					Semana 9					Semana 10					
	17/3	18/3	19/3	20/3	21/3	24/3	25/3	26/3	27/3	28/3	31/3	1/4	2/4	3/4	4/4	7/4	8/4	9/4	10/4	11/4	14/4	15/4	16/4	17/4	18/4	21/4	22/4	23/4	24/4	25/4	26/4
	L	M	X	J	V	L	M	X	J	V	L	M	X	J	V	L	M	X	J	V	L	M	X	J	V	L	M	X	J	V	S
Vol. Concreto colocado (m3)	17.00	8.50	13.00	17.00	16.00	15.50	9.00	17.00	16.00	15.50	15.00	15.00	17.00	17.00	17.00	17.00	16.50	17.00	17.00	17.00	17.00	17.00	17.00	17.00	17.00	17.00	11.50	10.00			
Vol. Concreto teórico (m3)	15.75	7.33	12.50	14.66	15.75	14.66	8.42	15.75	14.66	14.66	14.66	14.66	16.33	15.82	15.82	15.82	15.82	16.41	15.82	15.82	15.82	15.82	16.33	15.82	15.82	15.82	10.61	9.17			
Vol. Desperdicio (m3)	1.25	1.17	0.50	2.34	0.25	0.84	0.58	1.25	1.34	0.84	0.34	0.34	0.67	1.18	1.18	1.18	0.68	0.59	1.18	1.18	1.18	1.18	0.67	1.18	1.18	-	1.18	0.89	0.83		
Vol. Concreto teorico ACUM (m3)	211.35	218.68	231.18	245.84	261.59	276.25	284.67	300.42	315.08	329.74	344.40	359.06	375.39	391.21	407.03	422.85	438.67	455.08	470.90	486.72	502.54	518.87	534.69	550.51	550.51	566.33	576.94	586.11			
Vol. Desperdicio ACUM (m3)	24.87	26.04	26.54	28.88	29.13	29.97	30.55	31.80	33.14	33.98	34.32	34.66	35.33	36.51	37.69	38.87	39.55	40.14	41.32	42.50	43.68	44.35	45.53	46.71	46.71	47.89	48.78	49.61			
Porcentaje de desperdicio diario	8%	16%	4%	16%	2%	6%	7%	8%	9%	6%	2%	2%	4%	7%	7%	7%	4%	4%	7%	7%	7%	4%	7%	7%	7%	7%	8%	9%			
Porcentaje de desperdicio acumulado	12%	12%	11%	12%	11%	11%	11%	11%	11%	10%	10%	10%	9%	9%	9%	9%	9%	9%	9%	9%	9%	9%	9%	8%	8%	8%	8%	8%			
Desperdicio Meta	8%	8%	8%	8%	8%	8%	8%	8%	8%	8%	8%	8%	8%	8%	8%	8%	8%	8%	8%	8%	8%	8%	8%	8%	8%	8%	8%	8%			



**ANEXO 5.4: CARTA BALANCE CONCRETO REALIZADA PARA
MEDIR LOS TIEMPOS PRODUCTIVOS, CONTRIBUTORIOS Y NO
CONTRIBUTORIOS**

TALLER LEAN CONSTRUCTION

[illegible]

Nº DE MEDICIONES		6							7							8							9							10						
CUADRILLA		CA	OP1	OF1	OF2	PE1	PE2	PE3	CA	OP1	OF1	OF2	PE1	PE2	PE3	CA	OP1	OF1	OF2	PE1	PE2	PE3	CA	OP1	OF1	OF2	PE1	PE2	PE3	CA	OP1	OF1	OF2	PE1	PE2	PE3
TP	TRAB. PRODUCTIVO																																			
A	Vibrado de concreto (A)																		X							X							X			
B	Colocado de Concreto (B)									X		X					X		X					X		X			X			X			X	
C	Regledo de concreto (C)																																			
TC	TRAB. CONTRIBUTORIO																																			
D	Traslado de vibrador (D)																			X								X						X		
E	Colocado de chute (E)																																			
F	Dirige chute (F)					X																											X			
G	Recepcion de Mezcla (G)				X			X							X						X															
H	Coordinando (H)															X							X						X							
TNC	TRAB. NO CONTRIBUTORIO																																			
I	Descansar (I)																																			
J	Esperar (J)	X	X	X			X		X		X		X	X						X							X									
K	Conversar (K)																																			
L	Caminando (L)																																			
		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		

GESTIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD

TALLER LEAN CONSTRUCTION

OBRA: Proyecto Matarani

ACTIVIDAD: VACIADO DE CONCRETO $f'_c = 400 \text{ kg/cm}^2$

CUADRILLA: 01 CAPATAZ + 01 OPERARIO + 2 OFICIAL + 03 PEÓNES

N° DE MEDICIONES		11							12							13							14							15							
CUADRILLA		CA	OP1	OF1	OF2	PE1	PE2	PE3	CA	OP1	OF1	OF2	PE1	PE2	PE3	CA	OP1	OF1	OF2	PE1	PE2	PE3	CA	OP1	OF1	OF2	PE1	PE2	PE3	CA	OP1	OF1	OF2	PE1	PE2	PE3	
TP	TRAB. PRODUCTIVO																																				
A	Vibrado de concreto (A)				X							X														X							X				
B	Colocado de Concreto (B)					X			X											X							X					X		X			X
C	Reglado de concreto (C)			X													X			X					X												
TC	TRAB. CONTRIBUTIVO																																				
D	Traslado de vibrador (D)						X														X							X								X	
E	Colocado de chute (E)																																				
F	Dirige chute (F)																																				
G	Recepcion de Mezcla (G)																																				
H	Coordinando (H)								X								X																				
TNC	TRAB. NO CONTRIBUTIVO																																				
I	Descansar (I)									X													X							X							
J	Esperar (J)											X		X	X				X		X				X		X					X		X			
K	Conversar (K)																																				
L	Caminando (L)	X																																			
		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	

[illegible]

GESTIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD

TALLER LEAN CONSTRUCTION

OBRA: Proyecto Matarani

ACTIVIDAD: VACIADO DE CONCRETO $f'_c = 400 \text{ kg/cm}^2$

CUADRILLA: 01 CAPATAZ + 01 OPERARIO + 2 OFICIAL + 03 PEÓNES

Nº DE MEDICIONES		21							22							23							24							25						
CUADRILLA		CA	OP1	OF1	OF2	PE1	PE2	PE3	CA	OP1	OF1	OF2	PE1	PE2	PE3	CA	OP1	OF1	OF2	PE1	PE2	PE3	CA	OP1	OF1	OF2	PE1	PE2	PE3	CA	OP1	OF1	OF2	PE1	PE2	PE3
TP	TRAB. PRODUCTIVO																																			
A	Vibrado de concreto (A)			X							X							X							X						X					
B	Colocado de Concreto (B)		X		X							X				X			X			X						X				X			X	
C	Regledo de concreto (C)									X							X						X							X						
TC	TRAB. CONTRIBUTORIO																																			
D	Traslado de vibrador (D)						X								X						X							X						X		
E	Colocado de chute (E)																																			
F	Dirige chute (F)																																			
G	Recepcion de Mezcla (G)																																			
H	Coordinando (H)								X							X						X														
TNC	TRAB. NO CONTRIBUTORIO																																			
I	Descansar (I)																										X				X					
J	Esperar (J)																																			
K	Conversar (K)																																			
L	Caminando (L)	X																																		
		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	2	1	1	1	2	1	1	1	1	

N° DE MEDICIONES		26							27							28							29							30						
CUADRILLA		CA	OP1	OF1	OF2	PE1	PE2	PE3	CA	OP1	OF1	OF2	PE1	PE2	PE3	CA	OP1	OF1	OF2	PE1	PE2	PE3	CA	OP1	OF1	OF2	PE1	PE2	PE3	CA	OP1	OF1	OF2	PE1	PE2	PE3
TP	TRAB. PRODUCTIVO																																			
A	Vibrado de concreto (A)			X							X								X							X						X				
B	Colocado de Concreto (B)		X					X		X		X								X							X			X						
C	Reglado de concreto (C)																X							X							X					
TC	TRAB. CONTRIBUTIVO																																			
D	Traslado de vibrador (D)					X							X														X								X	
E	Colocado de chute (E)																																			
F	Dirige chute (F)																																	X		
G	Recepcion de Mezcla (G)												X								X															
H	Coordinando (H)															X																				
TNC	TRAB. NO CONTRIBUTIVO																																			
I	Descansar (I)				X																								X				X			X
J	Esperar (J)					X							X					X		X	X						X									
K	Conversar (K)							X															X													
L	Caminando (L)	X																																		
		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	

**ANEXO 5.5: CARTA BALANCE ACERO REALIZADA PARA MEDIR
LOS TIEMPOS PRODUCTIVOS, CONTRIBUTORIOS Y NO
CONTRIBUTORIOS**

TALLER LEAN CONSTRUCTION

OBRA: Proyecto Matarani
ACTIVIDAD: ACERO PREFABRICADOS
CUADRILLA: 01 CAPATAZ + 03 OPERARIO + 04 OFICIAL + 03 PEONES

[illegible][illegible]

TALLER LEAN CONSTRUCTION

OBRA: Proyecto Matarani
ACTIVIDAD: ACERO PREFABRICADOS
CUADRILLA: 01 CAPATAZ + 03 OPERARIO + 04 OFICIAL + 03 PEÓNES

[illegible][illegible]

[illegible]

**ANEXO 5.6: CARTA BALANCE ENCOFRADO REALIZADA PARA
MEDIR LOS TIEMPOS PRODUCTIVOS, CONTRIBUTORIOS Y NO
CONTRIBUTORIOS**

TALLER LEAN CONSTRUCTION

[illegible]

N° DE MEDICIONES		6								7								8								9								10																	
CUADRILLA		CA	OP1	OP2	OF1	OF2	PE1	PE2	PE3	PE4	CA	OP1	OP2	OF1	OF2	PE1	PE2	PE3	PE4	CA	OP1	OP2	OF1	OF2	PE1	PE2	PE3	PE4	CA	OP1	OP2	OF1	OF2	PE1	PE2	PE3	PE4	CA	OP1	OP2	OF1	OF2	PE1	PE2	PE3	PE4					
TP	TRAB. PRODUCTIVO																																																		
A	Colocado de paneles (A)			X	X	X						X		X								X	X					X					X	X								X	X	X							
TC	TRAB. CONTRIBUTORIO																																																		
B	Trasladar material (B)					X													X						X	X																	X			X					
C	Trasladar paneles (C)															X													X																						
D	Aplicar Aditivo (D)						X											X																																	
E	Limpieza de obra (E)																		X																																
F	Verificar medida (F)																				X	X																													
G	Coordina (G)	X																																																	
TNC	TRAB. NO CONTRIBUTORIO																																																		
H	Descansar (H)		X							X																			X																						
J	Esperar (I)								X		X			X																X					X																
K	Conversar (J)											X																																							
L	Caminando (K)																																																		
		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1

TALLER LEAN CONSTRUCTION

OBRA:	Proyecto Matarani
ACTIVIDAD:	ENCOFRADO
CUADRILLA:	01 CAPATAZ + 02 OPERARIO + 2 OFICIAL + 04 PEONES

[illegible][illegible]

GESTIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD

TALLER LEAN CONSTRUCTION

OBRA: Proyecto Matarani
 ACTIVIDAD: ENCOFRADO
 CUADRILLA: 01 CAPATAZ + 02 OPERARIO + 2 OFICIAL + 04 PEÓNES

N° DE MEDICIONES		21								22								23								24								25														
CUADRILLA		CA	OP1	OP2	OF1	OF2	PE1	PE2	PE3	PE4	CA	OP1	OP2	OF1	OF2	PE1	PE2	PE3	PE4	CA	OP1	OP2	OF1	OF2	PE1	PE2	PE3	PE4	CA	OP1	OP2	OF1	OF2	PE1	PE2	PE3	PE4	CA	OP1	OP2	OF1	OF2	PE1	PE2	PE3	PE4		
TP	TRAB. PRODUCTIVO																																															
A	Colocado de paneles (A)													X											X																							
TC	TRAB. CONTRIBUTORIO																																															
B	Trasladar material (B)																X																															
C	Trasladar paneles (C)																																															
D	Aplicar Aditivo (D)																																															
E	Limpieza de obra (E)						X																																									
F	Verificar medida (F)	X				X		X				X									X																											
G	Coordina (G)	X				X						X																																				
TNC	TRAB. NO CONTRIBUTORIO																																															
H	Descansar (H)							X																																								
J	Esperar (I)																																															
K	Conversar (J)																																															
L	Caminando (K)																																															
		2	0		2	1	1	1			2	0		1	0	1	0			1	0		1	0	1	1			2	1		1	1	1	1		1	0		2	0	1	1	1	1	1		

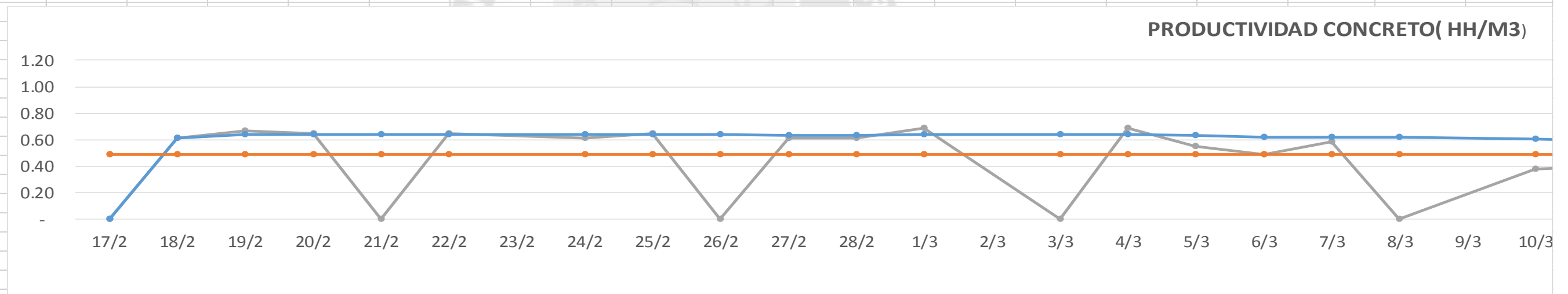
N° DE MEDICIONES		26								27								28								29								30															
CUADRILLA		CA	OP1	OP2	OF1	OF2	PE1	PE2	PE3	PE4	CA	OP1	OP2	OF1	OF2	PE1	PE2	PE3	PE4	CA	OP1	OP2	OF1	OF2	PE1	PE2	PE3	PE4	CA	OP1	OP2	OF1	OF2	PE1	PE2	PE3	PE4	CA	OP1	OP2	OF1	OF2	PE1	PE2	PE3	PE4			
TP	TRAB. PRODUCTIVO																																																
A	Colocado de paneles (A)				X																																												
TC	TRAB. CONTRIBUTORIO																																																
B	Trasladar material (B)																																																
C	Trasladar paneles (C)																																																
D	Aplicar Aditivo (D)																																																
E	Limpieza de obra (E)							X																																									
F	Verificar medida (F)										X																																						
G	Coordina (G)	X			X						X																																						
TNC	TRAB. NO CONTRIBUTORIO																																																
H	Descansar (H)					X																																											
J	Esperar (I)						X								X		X				X																												
K	Conversar (J)																																																
L	Caminando (K)	X																																															
		2	0		2	1	1	1			2	0		1	0	1	0			1	0		1	0	1	1			2	0		1	0	1	0		1	0		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1



ANEXO 5.7: RATIOS DE PRODUCTIVIDAD

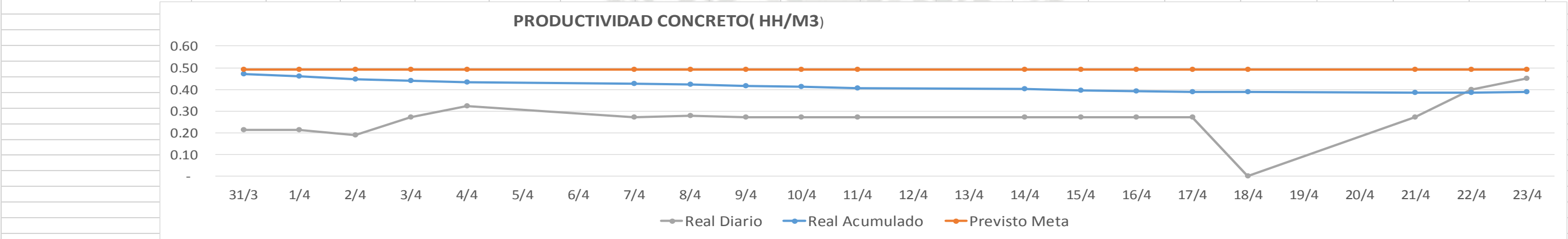
ANEXO 5.5: CURVA DE PRODUCTIVIDAD - PARTIDA DE CONCRETO (1 DE 3)

													Se tuvo una reunion para analizar restricciones que atrasaban el proyecto.					
Descripcion	Semana 1						Semana 2											
	17/2	18/2	19/2	20/2	21/2	22/2	24/2	25/2	26/2	27/2	28/2	1/3	3/3	4/3	5/3	6/3	7/3	8/3
	L	M	X	J	V	S	L	M	X	J	V	S	L	M	X	J	V	S
HH diario		7.00	7.00	5.83		5.83	5.83	5.83		5.83	5.83	5.83		5.83	5.25	4.67	5.25	
Avance diario		11.50	10.50	9.00		9.00	9.50	9.00		9.50	9.50	8.50		8.50	9.50	9.50	9.00	
Productividad diaria	-	0.61	0.67	0.65	-	0.65	0.61	0.65	-	0.61	0.61	0.69	-	0.69	0.55	0.49	0.58	-
HH acumulado		7.00	14.00	19.83	19.83	25.67	31.50	37.33	37.33	43.17	49.00	54.83	54.83	60.67	65.92	70.58	75.83	75.83
Avance acumulado		11.50	22.00	31.00	31.00	40.00	49.50	58.50	58.50	68.00	77.50	86.00	86.00	94.50	104.00	113.50	122.50	122.50
Productividad acumulada (hh/m3)	-	0.61	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.63	0.64	0.64	0.64	0.63	0.62	0.62	0.62
Productividad Presupuesto Meta	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49
HH ganadas/perdidas (diarios)	-	-1.37	-1.86	-1.42	-	-1.42	-1.18	-1.42	-	-1.18	-1.18	-1.67	-	-1.67	-0.60	-0.01	-0.84	-
HH ganadas/perdidas a fin de obra	-269.25	-263.61	-258.47	-254.06	-238.25	-249.65	-244.99	-240.58	-240.58	-235.93	-231.27	-227.11	-227.11	-222.94	-218.29	-213.63	-209.22	-209.22



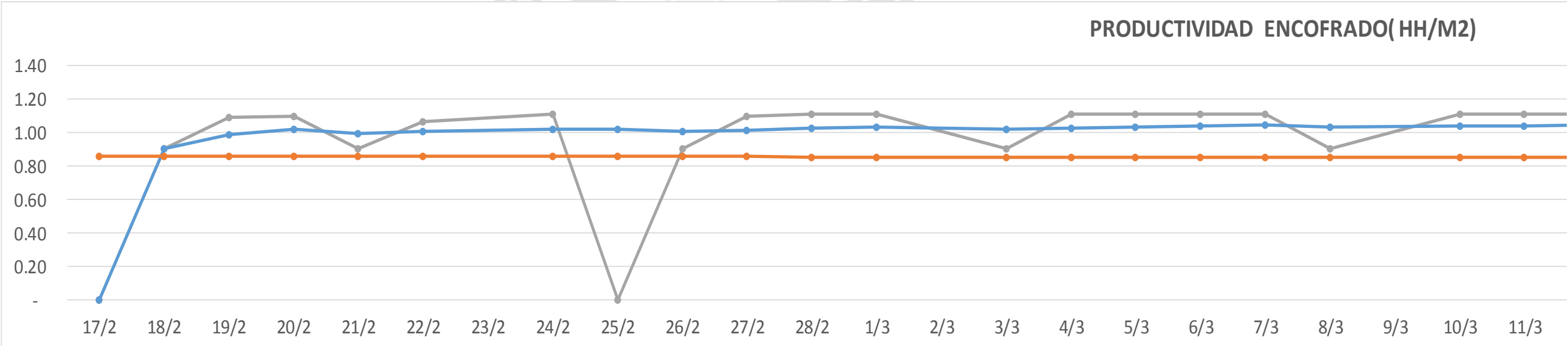
ANEXO 5.5: CURVA DE PRODUCTIVIDAD - PARTIDA DE CONCRETO (3 DE 3)

Descripcion	Semana 7					Semana 8					Semana 9					Semana 10				
	31/3	1/4	2/4	3/4	4/4	7/4	8/4	9/4	10/4	11/4	14/4	15/4	16/4	17/4	18/4	21/4	22/4	23/4	24/4	25/4
	L	M	X	J	V	L	M	X	J	V	L	M	X	J	V	L	M	X	J	V
HH diario	3.21	3.21	3.21	4.58	5.50	4.58	4.58	4.58	4.58	4.58	4.58	4.58	4.58	4.58		4.58	4.58	4.49		
Avance diario	15.00	15.00	17.00	17.00	17.00	17.00	16.50	17.00	17.00	17.00	17.00	17.00	17.00	17.00		17.00	11.50	10.00		
Productividad diaria	0.21	0.21	0.19	0.27	0.32	0.27	0.28	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	-	0.27	0.40	0.45		
HH acumulado	159.43	162.64	165.85	170.43	175.93	180.52	185.10	189.68	194.27	198.85	203.43	208.02	212.60	217.18	217.18	221.77	226.35	230.84		
Avance acumulado	339.50	354.50	371.50	388.50	405.50	422.50	439.00	456.00	473.00	490.00	507.00	524.00	541.00	558.00	558.00	575.00	586.50	596.50		
Productividad acumulada (hh/m3)	0.47	0.46	0.45	0.44	0.43	0.43	0.42	0.42	0.41	0.41	0.40	0.40	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39		
Productividad Presupuesto Meta	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49		
HH ganadas/perdidas (diarios)	4.14	4.14	5.12	3.74	2.82	3.74	3.50	3.74	3.74	3.74	3.74	3.74	3.74	3.74	-	3.74	1.05	0.41		
HH ganadas/perdidas a fin de obra	-102.89	-95.54	-87.21	-78.88	-70.55	-62.22	-54.14	-45.81	-37.48	-29.15	-20.82	-12.49	-4.16	4.17	4.17	12.50	18.14	23.04		



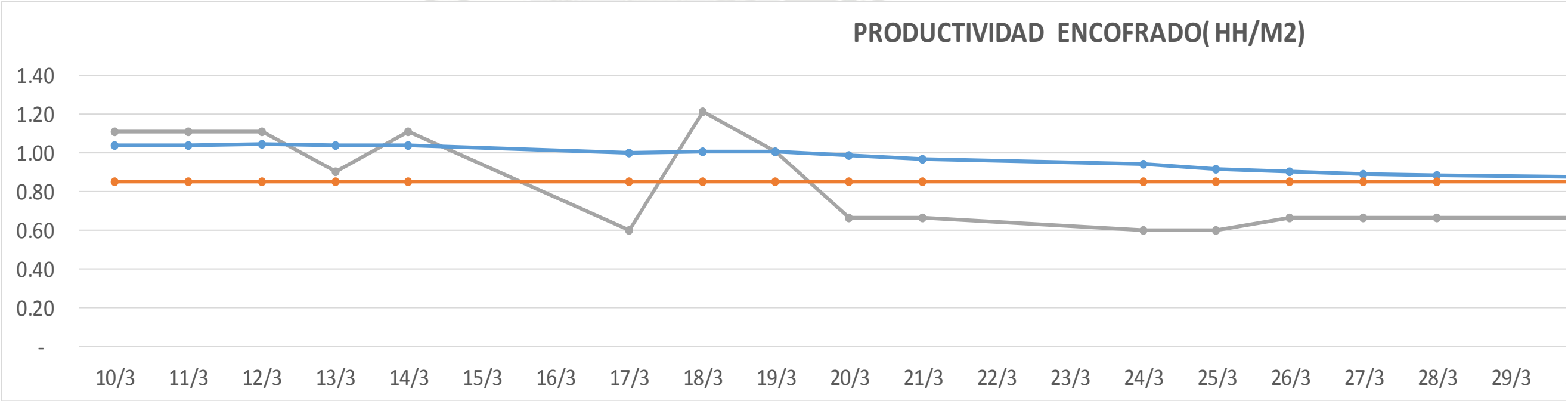
ANEXO 5.5: CURVA DE PRODUCTIVIDAD - PARTIDA DE ENCOFRADO (1 DE 3)

Descripcion	Semana 1						Semana 2						Semana 3					
	17/2	18/2	19/2	20/2	21/2	22/2	24/2	25/2	26/2	27/2	28/2	1/3	3/3	4/3	5/3	6/3	7/3	8/3
	L	M	X	J	V	S	L	M	X	J	V	S	L	M	X	J	V	S
HH diario		45.00	45.00	45.00	45.00	45.00	45.00	-	45.00	45.00	45.00	45.00	45.00	45.00	45.00	45.00	45.00	45.00
Avance diario		49.61	41.31	41.11	49.61	42.16	40.46	-	49.61	41.11	40.46	40.46	49.61	40.46	40.46	40.46	40.46	49.61
Productividad diaria	-	0.91	1.09	1.10	0.91	1.07	1.11	-	0.91	1.10	1.11	1.11	0.91	1.11	1.11	1.11	1.11	0.91
HH acumulado	-	45.00	90.00	135.00	180.00	225.00	270.00	270.00	315.00	360.00	405.00	450.00	495.00	540.00	585.00	630.00	675.00	720.00
Avance acumulado	-	49.61	90.92	132.04	181.65	223.81	264.27	264.27	313.89	355.00	395.46	435.92	485.54	526.00	566.46	606.92	647.38	696.99
Productividad acumulada (hh/m2)	-	0.91	0.99	1.02	0.99	1.01	1.02	1.02	1.00	1.01	1.02	1.03	1.02	1.03	1.03	1.04	1.04	1.03
Productividad Presupuesto Meta	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85
HH ganadas/perdidas (diarios)	-	-2.33	-9.46	-9.66	-2.33	-8.73	-10.20	-	-2.33	-9.66	-10.60	-10.60	-2.83	-10.60	-10.60	-10.60	-10.60	-2.83
HH ganadas/perdidas a fin de obra	-1,933.85	-3,351.43	-3,315.91	-3,280.55	-3,212.45	-280.07	-3,166.83	-3,166.83	-3,124.16	-3,088.80	-3,018.49	-2,984.10	-2,941.93	-2,907.54	-2,873.15	-2,838.76	-2,804.37	-2,762.19



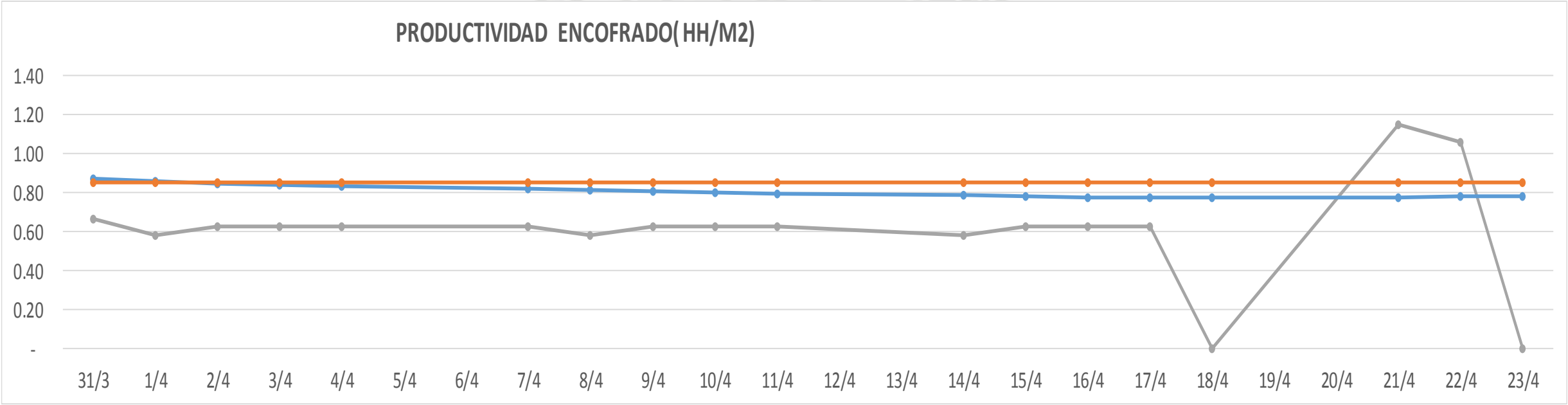
ANEXO 5.5: CURVA DE PRODUCTIVIDAD - PARTIDA DE ENCOFRADO (2 DE 3)

Descripcion	Semana 4					Semana 5					Semana 6				
	10/3	11/3	12/3	13/3	14/3	17/3	18/3	19/3	20/3	21/3	24/3	25/3	26/3	27/3	28/3
	L	M	X	J	V	L	M	X	J	V	L	M	X	J	V
HH diario	45.00	45.00	45.00	45.00	45.00	54.00	54.00	54.00	54.00	54.00	54.00	54.00	54.00	54.00	54.00
Avance diario	40.46	40.46	40.46	49.61	40.46	90.07	44.54	53.44	80.92	80.92	90.07	90.07	80.92	80.92	80.92
Productividad diaria	1.11	1.11	1.11	0.91	1.11	0.60	1.21	1.01	0.67	0.67	0.60	0.60	0.67	0.67	0.67
HH acumulado	765.00	810.00	855.00	900.00	945.00	999.00	1,053.00	1,107.00	1,161.00	1,215.00	1,269.00	1,323.00	1,377.00	1,431.00	1,485.00
Avance acumulado	737.45	777.91	818.37	867.99	908.45	998.52	1,043.06	1,096.50	1,177.42	1,258.34	1,348.41	1,438.49	1,519.41	1,600.33	1,681.25
Productividad acumulada (hh/m2)	1.04	1.04	1.05	1.04	1.04	1.00	1.01	1.01	0.99	0.97	0.94	0.92	0.91	0.89	0.88
Productividad Presupuesto Meta	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85
HH ganadas/perdidas (diarios)	-10.60	-10.60	-10.60	-2.83	-10.60	22.52	-16.12	-8.55	14.81	14.81	22.52	22.52	14.81	14.81	14.81
HH ganadas/perdidas a fin de obra	-2,727.80	-2,693.41	-2,659.02	-2,616.85	-2,582.46	-2,505.89	-2,468.03	-2,422.61	533.75	602.53	679.09	755.66	824.44	893.22	962.00



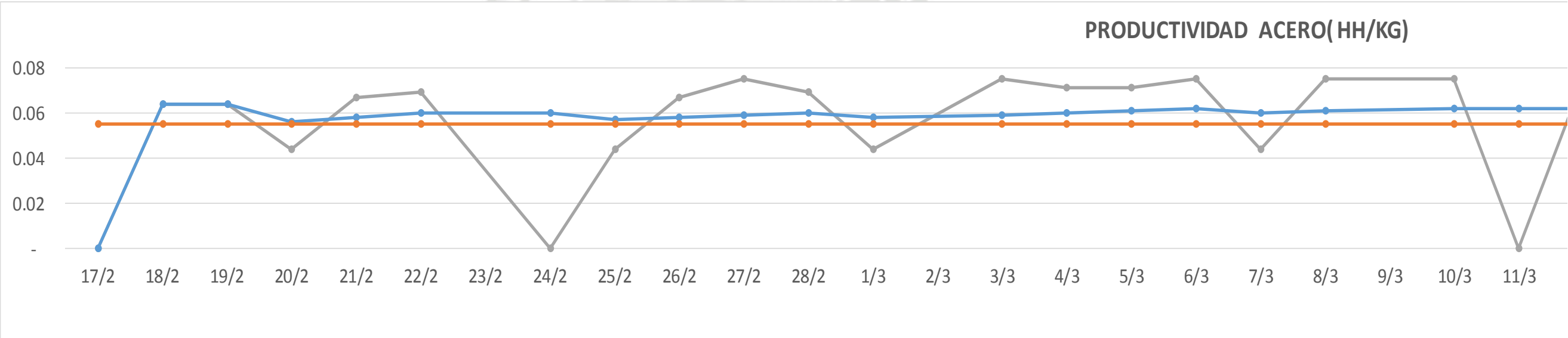
ANEXO 5.5: CURVA DE PRODUCTIVIDAD - PARTIDA DE ENCOFRADO (3 DE 3)

Descripcion	Semana 7					Semana 8					Semana 9					Semana 10				
	31/3	1/4	2/4	3/4	4/4	7/4	8/4	9/4	10/4	11/4	14/4	15/4	16/4	17/4	18/4	21/4	22/4	23/4	24/4	25/4
	L	M	X	J	V	L	M	X	J	V	L	M	X	J	V	L	M	X	J	V
HH diario	54.00	54.00	54.00	54.00	54.00	54.00	54.00	54.00	54.00	54.00	54.00	54.00	54.00	54.00	-	54.00	54.00	-		
Avance diario	80.92	92.68	86.12	86.12	86.12	86.12	92.68	86.12	86.12	86.12	92.68	86.12	86.12	86.12	-	47.11	51.14	-		
Productividad diaria	0.67	0.58	0.63	0.63	0.63	0.63	0.58	0.63	0.63	0.63	0.58	0.63	0.63	0.63	-	1.15	1.06	-		
HH acumulado	1,539.00	1,593.00	1,647.00	1,701.00	1,755.00	1,809.00	1,863.00	1,917.00	1,971.00	2,025.00	2,079.00	2,133.00	2,187.00	2,241.00	2,241.00	2,295.00	2,349.00	2,349.00		
Avance acumulado	1,762.17	1,854.84	1,940.97	2,027.09	2,113.21	2,199.33	2,292.01	2,378.13	2,464.25	2,550.37	2,643.05	2,729.17	2,815.29	2,901.42	2,901.42	2,948.52	2,999.67	2,999.67		
Productividad acumulada (hh/m2)	0.87	0.86	0.85	0.84	0.83	0.82	0.81	0.81	0.80	0.79	0.79	0.78	0.78	0.77	0.77	0.78	0.78	0.78		
Productividad Presupuesto Meta	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85		
HH ganadas/perdidas (diarios)	14.81	24.74	19.21	19.21	19.21	19.21	24.74	19.21	19.21	19.21	24.74	19.21	19.21	19.21	-	-13.94	-10.54	-		
HH ganadas/perdidas a fin de obra	1,030.79	1,109.56	1,182.76	1,255.97	1,329.17	1,402.37	1,481.15	1,554.35	1,627.56	1,700.76	1,779.53	1,852.74	1,925.94	1,999.15	1,999.15	2,039.19	2,082.66	2,082.66		



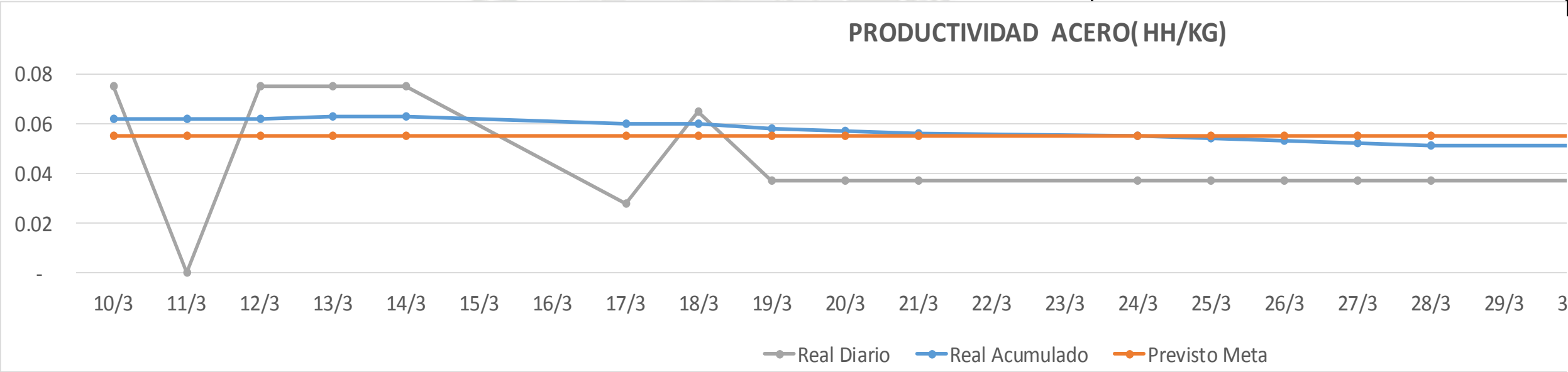
ANEXO 5.5: CURVA DE PRODUCTIVIDAD - PARTIDA DE ACERO (1 DE 3)

Descripcion	Semana 1						Semana 2						Semana 3					
	17/2	18/2	19/2	20/2	21/2	22/2	24/2	25/2	26/2	27/2	28/2	1/3	3/3	4/3	5/3	6/3	7/3	8/3
	L	M	X	J	V	S	L	M	X	J	V	S	L	M	X	J	V	S
HH diario		88.00	88.00	88.00	88.00	88.00	-	88.00	88.00	88.00	88.00	88.00	88.00	88.00	88.00	88.00	88.00	88.00
Avance diario		1,370.46	1,370.46	1,996.02	1,322.88	1,283.88	-	1,996.02	1,322.88	1,180.14	1,283.88	1,996.02	1,180.14	1,240.98	1,240.98	1,180.14	1,996.02	1,180.14
Productividad diaria	-	0.06	0.06	0.04	0.07	0.07	-	0.04	0.07	0.08	0.07	0.04	0.08	0.07	0.07	0.08	0.04	0.08
HH acumulado		88.00	176.00	264.00	352.00	440.00	440.00	528.00	616.00	704.00	792.00	880.00	968.00	1,056.00	1,144.00	1,232.00	1,320.00	1,408.00
Avance acumulado		1,370.46	2,740.92	4,736.94	6,059.82	7,343.70	7,343.70	9,339.72	10,662.60	11,842.74	13,126.62	15,122.64	16,302.78	17,543.76	18,784.74	19,964.88	21,960.90	23,141.04
Productividad acumulada (hh/kg)	-	0.064	0.064	0.056	0.058	0.060	0.060	0.057	0.058	0.059	0.060	0.058	0.059	0.060	0.061	0.062	0.060	0.061
Productividad Presupuesto Meta	0.055	0.055	0.055	0.055	0.055	0.055	0.055	0.055	0.055	0.055	0.055	0.055	0.055	0.055	0.055	0.055	0.055	0.055
HH ganadas/perdidas (diarios)	-	-12.33	-12.33	21.96	-15.87	-17.97	109.78	14.55	-14.16	-25.68	-27.94	12.98	-24.82	-19.86	-18.88	-39.92	12.98	-23.60
HH ganadas/perdidas a fin de obra	-269.25	45.15	120.53	230.31	6,029.60	373.68	373.68	483.46	556.22	621.13	691.74	801.52	866.43	934.69	1,002.94	1,067.85	1,177.63	1,242.54



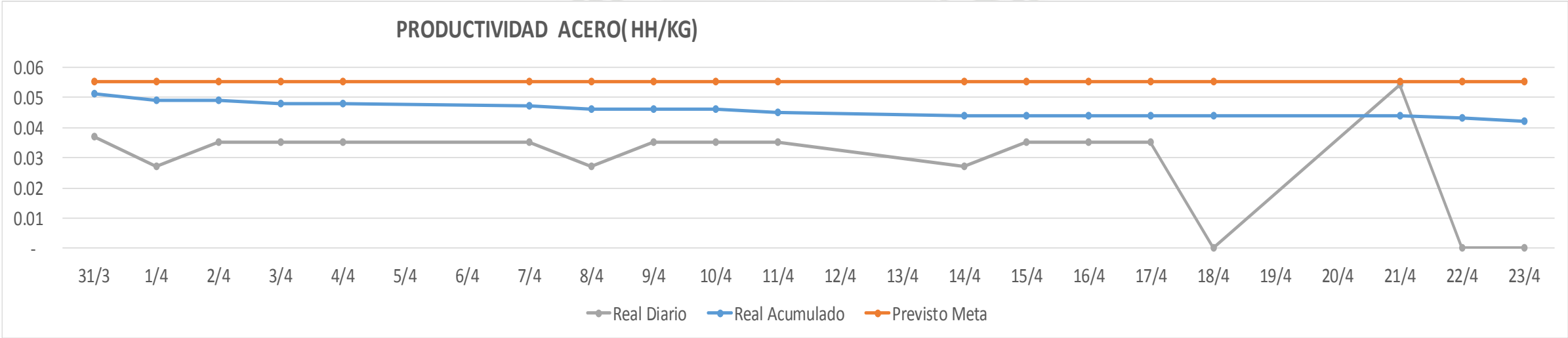
ANEXO 5.5: CURVA DE PRODUCTIVIDAD - PARTIDA DE ACERO (2 DE 3)

Descripcion	Semana 4					Semana 5					Semana 6				
	10/3	11/3	12/3	13/3	14/3	17/3	18/3	19/3	20/3	21/3	24/3	25/3	26/3	27/3	28/3
	L	M	X	J	V	L	M	X	J	V	L	M	X	J	V
HH diario	88.00	-	88.00	88.00	88.00	88.00	88.00	88.00	88.00	88.00	88.00	88.00	88.00	88.00	88.00
Avance diario	1,180.14	-	1,180.14	1,180.14	1,180.14	3,176.16	1,361.10	2,399.28	2,360.28	2,360.28	2,360.28	2,396.16	2,360.28	2,360.28	2,360.28
Productividad diaria	0.08	-	0.08	0.08	0.08	0.03	0.07	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
HH acumulado	1,496.00	1,496.00	1,584.00	1,672.00	1,760.00	1,848.00	1,936.00	2,024.00	2,112.00	2,200.00	2,288.00	2,376.00	2,464.00	2,552.00	2,640.00
Avance acumulado	24,321.18	24,321.18	25,501.32	26,681.46	27,861.60	31,037.76	32,398.86	34,798.14	37,158.42	39,518.70	41,878.98	44,275.14	46,635.42	48,995.70	51,355.98
Productividad acumulada (hh/kg)	0.062	0.062	0.062	0.063	0.063	0.060	0.060	0.058	0.057	0.056	0.055	0.054	0.053	0.052	0.051
Productividad Presupuesto Meta	0.055	0.055	0.055	0.055	0.055	0.055	0.055	0.055	0.055	0.055	0.055	0.055	0.055	0.055	0.055
HH ganadas/perdidas (diarios)	-23.60	64.91	-23.60	-63.52	-27.22	64.78	-23.60	42.49	42.49	43.13	42.49	42.49	42.49	42.49	58.59
HH ganadas/perdidas a fin de obra	1,307.44	1,307.44	1,372.35	1,437.26	1,502.17	1,676.86	1,751.72	1,883.68	2,013.49	2,143.31	2,273.12	2,404.91	2,534.73	2,664.54	2,794.36



ANEXO 5.5: CURVA DE PRODUCTIVIDAD - PARTIDA DE ACERO (3 DE 3)

Descripcion	Semana 7					Semana 8					Semana 9					Semana 10				
	31/3	1/4	2/4	3/4	4/4	7/4	8/4	9/4	10/4	11/4	14/4	15/4	16/4	17/4	18/4	21/4	22/4	23/4	24/4	25/4
	L	M	X	J	V	L	M	X	J	V	L	M	X	J	V	L	M	X	J	V
HH diario	88.00	88.00	88.00	88.00	88.00	88.00	88.00	88.00	88.00	88.00	88.00	88.00	88.00	88.00	-	88.00		-	-	
Avance diario	2,360.28	3,254.94	2,517.84	2,517.84	2,517.84	2,517.84	3,257.28	2,517.84	2,517.84	2,517.84	3,254.16	2,517.84	2,517.84	2,517.84	-	1,639.56	2,111.46	1,995.24	-	-
Productividad diaria	0.04	0.03	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03	0.04	0.04	0.04	0.03	0.04	0.04	0.04	-	0.05	-	-		
HH acumulado	2,728.00	2,816.00	2,904.00	2,992.00	3,080.00	3,168.00	3,256.00	3,344.00	3,432.00	3,520.00	3,608.00	3,696.00	3,784.00	3,872.00	3,872.00	3,960.00	3,960.00	3,960.00		
Avance acumulado	53,716.26	56,971.20	59,489.04	62,006.88	64,524.72	67,042.56	70,299.84	72,817.68	75,335.52	77,853.36	81,107.52	83,625.36	86,143.20	88,661.04	88,661.04	90,300.60	92,412.06	94,407.30		
Productividad acumulada (hh/kg)	0.051	0.049	0.049	0.048	0.048	0.047	0.046	0.046	0.046	0.045	0.044	0.044	0.044	0.044	0.044	0.044	0.043	0.042		
Productividad Presupuesto Meta	0.055	0.055	0.055	0.055	0.055	0.055	0.055	0.055	0.055	0.055	0.055	0.055	0.055	0.055	0.055	0.055	0.055	0.055		
HH ganadas/perdidas (diarios)	45.32	70.50	50.36	50.36	65.15	50.36	70.50	50.36	65.08	50.36	70.50	50.36	-	32.79	116.13	2.00	-	-		
HH ganadas/perdidas a fin de obra	2,924.17	3,103.19	3,241.68	3,380.16	3,518.64	3,657.12	3,836.27	3,974.75	4,113.23	4,251.71	4,430.69	4,569.17	4,707.65	4,846.14	4,846.14	4,936.31	5,052.44	5,162.18		





**ANEXO 5.8: CARTA BALANCE DE EVALUACIÓN DE MEJORA DEL
PROCESO DE COLOCACIÓN DE CONCRETO**

ANEXO 5.6: CARTA BALANCE

GESTIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD

TALLER LEAN CONSTRUCTION

OBRA: Proyecto Matarani
ACTIVIDAD: VACIADO DE CONCRETO $f'c = 400 \text{ kg/cm}^2$
CUADRILLA: 01 CAPATAZ + 01 OPERARIO + 2 OFICIAL + 02 PEÓNES

N° DE MEDICIONES		1						2						3						4						5					
CUADRILLA		CA	OP1	OF1	OF2	PE1	PE2	CA	OP1	OF1	OF2	PE1	PE2	CA	OP1	OF1	OF2	PE1	PE2	CA	OP1	OF1	OF2	PE1	PE2	CA	OP1	OF1	OF2	PE1	PE2
TP	TRAB. PRODUCTIVO																														
A	Vibrado de concreto (A)																						X						X		
B	Colocado de Concreto (B)																					X		X				X		X	
C	Regleado de concreto (C)																														
TC	TRAB. CONTRIBUTIVO																														
D	Traslado de vibrador (D)																								X					X	
E	Colocado de chute (E)												X																		
F	Dirige chute (F)																		X											X	
G	Recepcion de Mezcla (G)																	X							X						
H	Coordinando (H)	X	X	X				X												X											
TNC	TRAB. NO CONTRIBUTIVO																														
I	Descansar (I)																														
J	Esperar (J)								X	X	X	X	X	X	X	X	X		X												
K	Conversar (K)					X	X																								
L	Caminando (L)				X																					X					
		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

N° DE MEDICIONES		6						7						8						9						10					
CUADRILLA		CA	OP1	OF1	OF2	PE1	PE2	CA	OP1	OF1	OF2	PE1	PE2	CA	OP1	OF1	OF2	PE1	PE2	CA	OP1	OF1	OF2	PE1	PE2	CA	OP1	OF1	OF2	PE1	PE2
TP	TRAB. PRODUCTIVO																														
A	Vibrado de concreto (A)			X											X						X										
B	Colocado de Concreto (B)		X						X							X		X		X		X		X							X
C	Reglado de concreto (C)																														
TC	TRAB. CONTRIBUTIVO																														
D	Traslado de vibrador (D)																X													X	
E	Colocado de chute (E)																														
F	Dirige chute (F)																														
G	Recepcion de Mezcla (G)																														
H	Coordinando (H)	X			X						X																	X			
TNC	TRAB. NO CONTRIBUTIVO																														
I	Descansar (I)																														
J	Esperar (J)																														
K	Conversar (K)																														
L	Caminando (L)																														
		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

ANEXO 5.6: CARTA BALANCE

GESTIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD

TALLER LEAN CONSTRUCTION

OBRA: Proyecto Matarani
ACTIVIDAD: VACIADO DE CONCRETO $f'c = 400 \text{ kg/cm}^2$
CUADRILLA: 01 CAPATAZ + 01 OPERARIO + 2 OFICIAL + 02 PEÓNES

N° DE MEDICIONES		11						12						13						14						15					
CUADRILLA		CA	OP1	OF1	OF2	PE1	PE2	CA	OP1	OF1	OF2	PE1	PE2	CA	OP1	OF1	OF2	PE1	PE2	CA	OP1	OF1	OF2	PE1	PE2	CA	OP1	OF1	OF2	PE1	PE2
TP	TRAB. PRODUCTIVO																														
A	Vibrado de concreto (A)			X					X											X							X				
B	Colocado de Concreto (B)				X											X		X			X					X					X
C	Reglado de concreto (C)							X						X						X											
TC	TRAB. CONTRIBUTORIO																														
D	Traslado de vibrador (D)					X					X									X											
E	Colocado de chute (E)																														
F	Dirige chute (F)																								X						
G	Recepcion de Mezcla (G)						X																								
H	Coordinando (H)							X				X																			
TNC	TRAB. NO CONTRIBUTORIO																														
I	Descansar (I)		X																X						X						
J	Esperar (J)								X		X			X		X				X							X	X			
K	Conversar (K)																														
L	Caminando (L)	X																													
		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1

N° DE MEDICIONES		16						17						18						19						20					
CUADRILLA		CA	OP1	OF1	OF2	PE1	PE2	CA	OP1	OF1	OF2	PE1	PE2	CA	OP1	OF1	OF2	PE1	PE2	CA	OP1	OF1	OF2	PE1	PE2	CA	OP1	OF1	OF2	PE1	PE2
TP	TRAB. PRODUCTIVO																														
A	Vibrado de concreto (A)			X					X					X					X								X				
B	Colocado de Concreto (B)		X		X				X		X			X						X											
C	Reglado de concreto (C)																			X											
TC	TRAB. CONTRIBUTORIO																														
D	Traslado de vibrador (D)					X									X					X											
E	Colocado de chute (E)																														
F	Dirige chute (F)															X															X
G	Recepcion de Mezcla (G)													X						X											
H	Coordinando (H)	X							X						X				X							X		X			
TNC	TRAB. NO CONTRIBUTORIO																														
I	Descansar (I)						X		X																						
J	Esperar (J)							X			X																	X			
K	Conversar (K)																														
L	Caminando (L)																									X					
		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

ANEXO 5.6: CARTA BALANCE

GESTIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD

TALLER LEAN CONSTRUCTION

OBRA: Proyecto Matarani
ACTIVIDAD: VACIADO DE CONCRETO $f'c = 400 \text{ kg/cm}^2$
CUADRILLA: 01 CAPATAZ + 01 OPERARIO + 2 OFICIAL + 02 PEÓNES

N° DE MEDICIONES		21						22						23						24						25					
CUADRILLA		CA	OP1	OF1	OF2	PE1	PE2	CA	OP1	OF1	OF2	PE1	PE2	CA	OP1	OF1	OF2	PE1	PE2	CA	OP1	OF1	OF2	PE1	PE2	CA	OP1	OF1	OF2	PE1	PE2
TP	TRAB. PRODUCTIVO																														
A	Vibrado de concreto (A)									X						X					X								X		
B	Colocado de Concreto (B)		X								X		X				X									X				X	
C	Reglado de concreto (C)								X						X																
TC	TRAB. CONTRIBUTIVO																														
D	Traslado de vibrador (D)											X														X					X
E	Colocado de chute (E)																														
F	Dirige chute (F)																		X												X
G	Recepcion de Mezcla (G)				X																				X						
H	Coordinando (H)	X		X		X		X						X						X											
TNC	TRAB. NO CONTRIBUTIVO																														
I	Descansar (I)						X																			X			X		
J	Esperar (J)																	X			X										
K	Conversar (K)																										X				
L	Caminando (L)																														
		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	2	1	1

N° DE MEDICIONES		26						27						28						29						30					
CUADRILLA		CA	OP1	OF1	OF2	PE1	PE2	CA	OP1	OF1	OF2	PE1	PE2	CA	OP1	OF1	OF2	PE1	PE2	CA	OP1	OF1	OF2	PE1	PE2	CA	OP1	OF1	OF2	PE1	PE2
TP	TRAB. PRODUCTIVO																														
A	Vibrado de concreto (A)			X											X						X							X			
B	Colocado de Concreto (B)										X		X			X					X				X						
C	Reglado de concreto (C)		X						X						X					X							X				
TC	TRAB. CONTRIBUTIVO																														
D	Traslado de vibrador (D)																X				X								X		
E	Colocado de chute (E)																														
F	Dirige chute (F)																	X													X
G	Recepcion de Mezcla (G)						X																								
H	Coordinando (H)							X																							
TNC	TRAB. NO CONTRIBUTIVO																														
I	Descansar (I)				X																					X			X		
J	Esperar (J)					X				X		X		X																	
K	Conversar (K)																			X											
L	Caminando (L)	X																													
		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1



**ANEXO 5.9: CARTA BALANCE DE EVALUACIÓN DE MEJORA DEL
PROCESO DE ACERO**

TALLER LEAN CONSTRUCTION

[illegible][illegible]

TALLER LEAN CONSTRUCTION

OBRA:	Proyecto Matarani
ACTIVIDAD:	ACERO DE REFUERZO
CUADRILLA:	01 CAPATAZ + 03 OPERARIO + 04 OFICIAL + 03 PEÓNES

[illegible][illegible]

GESTIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD

TALLER LEAN CONSTRUCTION

OBRA:	Proyecto Matarani
ACTIVIDAD:	ACERO DE REFUERZO
CUADRILLA:	01 CAPATAZ + 03 OPERARIO + 04 OFICIAL + 03 PEÓNES

[illegible][illegible]