



**UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

TESIS

**PRODUCTIVIDAD EN LA FABRICACIÓN DE ELEMENTOS
PREFABRICADOS DE CONCRETO EN PLANTA
INSTALADA EN OBRA PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL
PUERTO DE MATARANI**

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO CIVIL

MAURICIO JOSÉ AYALA HUANCA

Lima – Perú

2016

© 2016, Universidad Alas Peruanas. Todos los derechos reservados.

**“El autor autoriza a la UAP a reproducir la tesis en su totalidad o en parte,
con fines estrictamente académicos”**

DEDICATORIA

Al creador de todas las cosas, el que me ha dado fortaleza para continuar cuando a punto de caer he estado; con toda la humildad que de mi corazón puede emanar, dedico primeramente mi trabajo a Dios.

De igual forma, dedico esta tesis a mis abuelos que han sabido formarme con buenos sentimientos, hábitos y valores, lo cual me ha ayudado a salir adelante en los momentos más difíciles.

De igual forma, dedico esta tesis a mi madre que ha sabido formarme con buenos sentimientos, hábitos y valores, lo cual me ha ayudado a salir.

Mis padrinos que me han brindado su apoyo incondicional en cada momento de mi formación.

A mi familia en general, porque estaban ahí conmigo compartiendo buenos y malos momentos.

AGRADECIMIENTO

Primero agradezco a mi Universidad Alas Peruanas por haberme aceptado ser parte de ella y abierto las puertas de su seno científico para poder estudiar mi carrera, así como también a los diferentes docentes que brindaron sus conocimientos y su apoyo para seguir adelante día a día.

Agradezco también a mis Abuelos, Padrinos, Tíos y mi Madre por apoyarme todo este tiempo con sus consejos y por estar ahí conmigo siempre.

Y para finalizar, también agradezco a todos los que fueron mis compañeros de clase durante todos los niveles de la universidad ya que gracias al compañerismo, amistad y apoyo moral han aportado en un alto porcentaje a mis ganas de seguir adelante en mi carrera profesional.

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 muestran 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.

SUMMARY

Waste concrete , remade jobs, inefficient techniques, construction procedures wrong , not having the proper knowledge of the properties of concrete have a negative effect on productivity and thus on the operational and economic in the manufacture of prefabricated results.

This research focuses on plant prefabricated implemented by the Odebrecht Company for the project "Construction of a bridge in South Matarani Port Terminal - Islay".

During the production of prefabricated elements are successively implemented Lean Construction philosophy proving that if you can implement this thinking if you start changing the culture.

The tools used as the Last Planner System , using mattresses or " buffers " , measuring the general level of activity, use of balance cards, reducing waste and optimizing productivity indices are displayed.

LISTA DE TABLAS

TABLA 2.1: RESISTENCIA POR EDADES DEL CONCRETO	9
TABLA 2.2: CLASIFICACIÓN DE TECNOLOGÍAS SEGÚN REQUERIMIENTO EN OBRA	26
FUENTE: UNIVERSIDAD DE CHILE FACULTAD DE ARQUITECTURA Y URBANISMO	26
TABLA 2.3: PROCESOS DE PRODUCCIÓN	42
TABLA 2.4: TRABAJOS PRODUCTIVOS, CONTRIBUTORIOS Y NO CONTRIBUTORIOS	55
TABLA 2.5: MODELO DE IDENTIFICACIÓN DE PREFABRICADO DE CONCRETO.....	85
TABLA 4.1: PRESUPUESTO DE OBRA.....	88
TABLA 4.2: ACTIVIDADES DE PRODUCCIÓN DE PREFABRICADOS.....	90
TABLA 4.3: LOOK AHEAD POR TRES SEMANAS	95
TABLA 4.4: EJEMPLO DE FORMATO DE ANÁLISIS DE RESTRICCIONES	97
TABLA 4.5: FORMATO DE LA PLANILLA PARA LA MEDICIÓN DEL P.A.C	98
TABLA 4.6: ACTA DE REUNIÓN	99
TABLA 5.1: EJEMPLO DE MEDICIÓN DEL P.A.C.....	102
TABLA 5.2: CAUSAS DE INCUMPLIMIENTO MÁS INCIDENTES	103
TABLA 5.3: EVOLUCIÓN DEL % DE CUMPLIMIENTO SEMANAL	104
TABLA 5.4: PORCENTAJE ACUMULADO DE DESPERDICIOS DEL CONCRETO EN LA ÚLTIMA SEMANA DE PRODUCCIÓN DE PREFABRICADOS.....	108
TABLA 5.5: CLASIFICACIÓN DE ACTIVIDADES ASOCIADAS AL VACIADO DE CONCRETO	110
TABLA 5.6: DETALLE DE LA CARTA BALANCE	110
TABLA 5.7: DISTRIBUCIÓN DE TIEMPO Y % DE PARTICIPACIÓN	111
TABLA 5.8: ÍNDICES DE PRODUCTIVIDAD ANTES DE IMPLEMENTACIÓN LAST PLANNER.....	115
TABLA 5.9: DISTRIBUCIÓN DE TIEMPOS DURANTE VACIADO DE PREFABRICADOS.....	118
TABLA 5.10: PORCENTAJE ACUMULADO DE DESPERDICIOS DEL CONCRETO ANTES DE LA IMPLEMENTACIÓN LAST PLANNER	123
TABLA 5.11: PROGRAMACIÓN DE LLEGADA DE ACERO A OBRA	124
TABLA 5.12: UBICACIÓN EN EL TIEMPO DE LA IMPLEMENTACIÓN LAST PLANNER	125
TABLA 5.13: UBICACIÓN DE LA SEGUNDA PROPUESTA DE MEJORA	126
TABLA 5.14: UBICACIÓN DE LA TERCERA PROPUESTA DE MEJORA.....	127
TABLA 5.15: PRODUCTIVIDAD DE VACIADO DE CONCRETO AL INICIO DE PRODUCCIÓN DE.....	128
TABLA 5.16: PRODUCTIVIDAD DE VACIADO DE CONCRETO AL FINAL DE LA PRODUCCIÓN DE PREFABRICADOS	128
TABLA 5.17: AHORRO EN GASTOS GENERALES POR REDUCCIÓN DE PLAZO	129
TABLA 5.18: COSTO PREVISTO UNITARIO.....	130
TABLA 5.19: COSTO PREVISTO PARA METRADO DE LAS TRES PRIMERAS SEMANAS	130
TABLA 5.20: COSTO REAL DE LAS TRES PRIMERAS SEMANAS ANTES DE LA IMPLEMENTACIÓN..	130
TABLA 5.21: COMPARACIÓN DE COSTOS	130
TABLA 5.22: COSTO PREVISTO PARA METRADO DE LAS 7 SEMANAS SIGUIENTES.....	131
TABLA 5.23: COSTO REAL DE LAS 7 SEMANAS DESPUÉS DE LA IMPLEMENTACIÓN.....	131
TABLA 5.24: COMPARACIÓN DE COSTOS	131

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 2.1: FACTORES QUE AFECTAN NEGATIVAMENTE LA PRODUCTIVIDAD	33
GRÁFICO 2.2: CICLO DE MEJORAMIENTO DE LA PRODUCTIVIDAD.....	35
GRÁFICO 2.3: ESQUEMA PARA LA MEDICIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD EN OBRAS DE CONSTRUCCIÓN	36
GRÁFICO 2.4: MODELO CONVENCIONAL DE PRODUCCIÓN EN LA CONSTRUCCIÓN.....	43
GRÁFICO 2.5: ESQUEMA DE PROCESO DE PRODUCCIÓN, CONVERSIÓN Y FLUJO.....	45
GRÁFICO 2.6: LA FORMACIÓN DE ASIGNACIONES EN EL PROCESO DE PLANIFICACIÓN	48
GRÁFICO 2.7: PORCENTAJES DE TRABAJOS PRODUCTIVOS, CONTRIBUTORIOS Y NO CONTRIBUTORIOS EN ALGUNOS PAÍSES DE SUDAMÉRICA.....	55
GRÁFICO 2.8: CURVAS DE PRODUCTIVIDAD EN DISMINUCIÓN.....	57
GRÁFICO 2.9: CURVAS DE PRODUCTIVIDAD EN MEJORA.....	58
GRÁFICO 2.10: FORMATO DE CARTA BALANCE EN BLANCO	60
GRÁFICO 2.11: FORMATO DE CARTA BALANCE CON DATOS	61
GRÁFICO 3.1: ORGANIGRAMA DE LOS RESPONSABLES DE ÁREA	68
GRÁFICO 4.1: DIAGRAMA DE PARETO DE PARTIDAS DE LA PLANTA DE PREFABRICADOS	89
GRÁFICO 4.2: DIAGRAMA DE PARETO DE CICLO DE ACTIVIDADES.....	91
GRÁFICO 4.3: EJEMPLO DE TAREO DIARIO CON RENDIMIENTOS.....	93
GRÁFICO 5.1: EVOLUCIÓN DEL % DE CUMPLIMIENTO SEMANAL	105
GRÁFICO 5.2: EVOLUCIÓN DEL % DE DESPERDICIO DE CONCRETO	108
GRÁFICO 5.3: DIAGRAMA DE PARETO - TIEMPO NO CONTRIBUTORIO	111
GRÁFICO 5.4: DISTRIBUCIÓN DEL TRABAJO PARA EL CAPATÁZ.....	112
GRÁFICO 5.5: DISTRIBUCIÓN DEL TRABAJO PARA EL OPERARIO.....	112
GRÁFICO 5.6: DISTRIBUCIÓN DEL TRABAJO PARA EL OFICIAL 01	113
GRÁFICO 5.7: DISTRIBUCIÓN DEL TRABAJO PARA EL OFICIAL 02	113
GRÁFICO 5.8: DISTRIBUCIÓN DEL TRABAJO PARA EL PEÓN 1	113
GRÁFICO 5.9: DISTRIBUCIÓN DEL TRABAJO PARA EL PEÓN 2	114
GRÁFICO 5.10: DISTRIBUCIÓN DEL TRABAJO PARA EL PEÓN 3	114
GRÁFICO 5.11: DISTRIBUCIÓN DE TIEMPOS DE CAPATAZ	118
GRÁFICO 5.12: DISTRIBUCIÓN DE TIEMPOS OPERARIO	119
GRÁFICO 5.13: DISTRIBUCIÓN DE TIEMPOS OFICIAL 1	119
GRÁFICO 5.14: DISTRIBUCIÓN DE TIEMPOS OFICIAL 2	120
GRÁFICO 5.15: DISTRIBUCIÓN DE TIEMPOS PEÓN 1.....	120
GRÁFICO 5.16: DISTRIBUCIÓN DE TIEMPOS PEÓN 2.....	121
GRÁFICO 5.17: CURVA DE PORCENTAJE DE DESPERDICIO DE CONCRETO.....	122

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 2.1: DESCARGA DEL CAMIÓN MEZCLADOR HACIA LA ESTRUCTURA.	13
FIGURA 2.2: PRODUCCIÓN MANUAL DE CONCRETO	27
FIGURA 2.3: MODELO DE UNA MINI PLANTA.	28
FIGURA 2.4: PLANTA PRODUCTORA DE CONCRETO PREMEZCLADO CHILE	29
FIGURA 2.5: MAL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN POR DEFECTOS DE DISEÑO EN BAÑO	49
FIGURA 2.6: MAL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN POR DEFECTOS DE DISEÑO EN COCINA	49
FIGURA 2.7: PÉRDIDA: ESPERA PARA VACIAR POR FALTA DEL MIXER.	50
FIGURA 2.8: PÉRDIDA: ACARREO DE MATERIALES EN OBRA.....	51
FIGURA 2.9: PÉRDIDA: MOVIMIENTO DE TRABAJADORES DEL LUGAR DE TRABAJO.	51
FIGURA 2.10: PÉRDIDA: GRAN CANTIDAD DE INVENTARIO GENERA PÉRDIDA DE ESPACIO Y DINERO.	52
FIGURA 2.11: PÉRDIDA: GRAN CANTIDAD DE PRODUCCIÓN DE MATERIALES INNECESARIOS.....	52
FIGURA 2.12: TIEMPO PRODUCTIVO – VACIADO DE LOSA.....	53
FIGURA 2.13: TIEMPO CONTRIBUTORIO: PREPARACIÓN DE MEZCLA	54
FIGURA 2.14: TIEMPO NO CONTRIBUTORIO: OPERADOR DURMIENDO.....	54
FIGURA 3.1: UBICACIÓN DEL MUELLE (GOOGLE EARTH, 2013).....	65
FIGURA 3.2: MICRO LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO	66
FIGURA 3.3: PLANTA GENERAL DEL PUENTE Y MUELLE (PROYECTO MATARANI, 2013)	72
FIGURA 3. 4: PLANTA GENERAL DEL PUENTE DE ACCESO (PROYECTO MATARANI, 2013)	73
FIGURA 3. 5: PLANTA GENERAL DEL MUELLE (PROYECTO MATARANI 2013)	73
FIGURA 3. 6: INICIO DEL PUENTE DE ACCESO (PROYECTO MATARANI, 2013)	74
FIGURA 3.7: VISTA PLANTA DE UBICACIÓN DE PILOTES.....	75
FIGURA 3. 8: CANTIDAD TOTAL DEL MUELLE (PROYECTO MATARANI, 2013).....	76
FIGURA 3.9: DETALLE DE PILOTE	76
FIGURA 3.10: PREFABRICADOS TIPO U DEL PUENTE DE ACCESO	77
FIGURA 3.11: PREFABRICADO TIPO U (PROYECTO MATARANI, 2013).....	78
FIGURA 3.12: PREFABRICADO TIPO PI (PROYECTO MATARANI, 2013)	79
FIGURA 3.13: ETAPAS DE VACIADO (PROYECTO MATARANI, 2013)	79
FIGURA 3.14: ARMADO DE MALLAS DE ACERO	80
FIGURA 3.15: APLICACIÓN DE DESMOLDANTE	80
FIGURA 3.16: IZAJE DE MALLA DE ACERO.....	81
FIGURA 3.17: ENCOFRADO PREFABRICADO	81
FIGURA 3.18: ENCOFRADO PREFABRICADO TIPO PI	82
FIGURA 3.19: ENCOFRADO INTERIOR CON MALLA GALLINERO	82
FIGURA 3.20: COLOCACIÓN DE CONCRETO	83
FIGURA 3.21: LAVADO DE SUPERFICIE DE CONCRETO	84
FIGURA 3.22: CURADO DE PREFABRICADO	84
FIGURA 3.23: IDENTIFICACIÓN PREFABRICADO.....	85
FIGURA 3.24: CAJUELA PARTE INFERIOR MOLDE ENCOFRADO.....	86
FIGURA 3.25: GATA USADA EN PREFABRICADO TIPO PI	86
FIGURA 3.26: IZAJE DE PREFABRICADO	87
FIGURA 3.27: ALMACENAMIENTO DE PREFABRICADOS	87

FIGURA 5.1: PREFABRICADO TIPO U (PROYECTO MATARANI, 2013).....	107
FIGURA 5.2: PREFABRICADO TIPO PI (PROYECTO MATARANI 2013)	107
FIGURA 5.12: UBICACIÓN DE LA SEGUNDA PROPUESTA DE MEJORA	126
FIGURA 5.3: PROCESO CUELLO DE BOTELLA DENTRO DE UN FLUJO DE PRODUCCIÓN.....	133

ÍNDICE

AGRADECIMIENTO	iii
RESUMEN	iv
SUMMARY	v
LISTA DE TABLAS	vi
LISTA DE FIGURAS	viii
ÍNDICE	x
INTRODUCCIÓN.....	xvii
CAPITULO I: PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO	1
1.1 DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA	1
1.2 DELIMITACIÓN Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	1
1.2.1. Delimitaciones.....	1
1.2.1.1 Delimitación espacial.....	1
1.2.1.2 Delimitación temporal.....	1
1.2.1.3 Delimitación Social	1
1.2.1.4 Delimitación Conceptual.....	1
1.2.2. Definición del problema	1
1.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	1
1.3.1 Problema principal	1
1.4 OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN OBJETIVO	2
1.4.1 OBJETIVO GENERAL.....	2
1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	2
1.5 HIPÓTESIS GENERAL.....	3
1.6 VARIABLES E INDICADORES.....	3
1.6.1 Variable independiente	3
1.6.2 Variable dependiente	3
1.7 VIABILIDAD	3
1.7.1 Viabilidad económica	3
1.7.2 Viabilidad técnica	3
1.7.3 Viabilidad operativa	3
1.8 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN	4
1.8.1 Justificación	4
1.8.2 Importancia	4

1.9	LIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	4
1.10	TIPO Y NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN	5
1.10.1	Tipo de investigación	5
1.10.2	Nivel de investigación	5
1.11	MÉTODO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	5
1.11.1	Método de la investigación	5
1.11.2	Diseño de la investigación	5
1.12	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	6
1.12.1	Técnicas	6
1.12.1.1	Entrevistas	6
1.12.1.2	Observación directa	6
1.12.1.3	Revisión bibliográfica	6
1.12.1.4	Modelamiento	6
1.12.2	Instrumentos	6
1.12.2.1	Guía de entrevistas	6
1.13	COBERTURA DEL ESTUDIO	6
1.13.1	Universo	6
1.13.2	Muestra	7
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO		8
2.1.	DEFINICIONES BÁSICAS SOBRE EL CONCRETO	8
2.1.1.	Definición de concreto	8
2.1.2.	Criterios de diseño	9
2.1.3.	Dosificaciones del concreto	9
2.1.4.	Mezclado:	10
2.1.5.	Aditivo:	11
2.1.6.	Transporte:	11
2.1.6.1.	Mezclado y transporte en camiones de tambor giratorio	11
2.1.6.2.	Concreto mezclado en Camión	12
2.1.6.3.	Concreto dosificado en seco	12
2.1.6.4.	Transporte del concreto mezclado en planta	12
2.1.7.	Descarga	13
2.1.8.	Colocación	13
2.2.	TIPOS DE CONCRETO PREMEZCLADO USADOS EN OBRA	14

2.2.1. Concreto convencional clase 2	14
2.2.2. Concreto estructural clase 1.....	14
2.2.3. Concretos rápidos y ret	14
2.2.4. Concreto arquitectónico.....	15
2.2.5. Concreto MR	15
2.2.6. Concreto permeable.....	16
2.2.7. Relleno fluido	16
2.2.8. Concreto Autocompactable.....	16
2.2.9. Concreto ligero.....	17
2.2.10. Concreto fluido	17
2.2.11. Concreto alta resistencia	17
2.2.12. Concreto lanzado	18
2.3. CONTROL DE CALIDAD	18
2.4. DEFINICIÓN Y DESCRIPCIÓN DE UNA PLANTA DOSIFICADORA DE CONCRETO PREMEZCLADO	19
2.4.1. Proceso de fabricación en la planta dosificadora de concreto premezclado..	20
2.4.1.1. Mini plantas de concreto premezclado en obra	20
2.5. PRODUCTIVIDAD Y GESTIÓN DE LA CADENA DE SUMINISTROS PARA LA PRODUCCIÓN DE CONCRETO EN OBRA.....	21
2.5.1. Productividad	21
2.5.2. Planificación	21
2.5.3. Flujo de Trabajo.....	21
2.5.4. Pérdidas.....	21
2.5.5. Tiempo o Trabajo Productivo (TP).....	21
2.5.6. Tiempo o Tiempo Contributivo (TC).....	22
2.5.7. Tiempo o Tiempo no Contributivo (TNC)	22
2.5.8. Muestreo del Trabajo	22
2.5.9. Benchmarking.....	22
2.5.10. Calidad	22
2.5.11. Efectividad, eficiencia y eficacia.....	22
2.6 LA CONCEPCIÓN TRADICIONAL DE LA CONSTRUCCIÓN	23
2.7 ANTECEDENTES DEL USO DE MINI PLANTAS.....	24
2.8 PRODUCTIVIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN	26

2.8.1	Tecnologías Actuales En La Producción De Concreto	26
2.8.1.1	Preparación manual del concreto.....	27
2.8.1.2	Producción semi industrializada	27
2.8.1.3	Elaboración automatizada	28
2.8.2	Concepto De Productividad.....	29
2.8.3	Factores Que Afectan La Productividad	31
2.8.3.1	Factores que tienen un efecto negativo sobre la productividad	31
2.8.3.2	Factores que tienden a mejorar la productividad.....	34
2.8.3.3	Mejoramiento De La Productividad	34
2.8.4	Diagnóstico De La Productividad	37
2.8.4.1	Muestreo de trabajo del nivel general de obra	37
2.8.4.2	Muestreo del trabajo para actividades particulares con sus respectivas cartas de balance.....	37
2.8.4.3	Encuestas a profesionales responsables del proyecto.....	37
2.8.4.4	Encuestas a personal obrero	37
2.9	LEAN CONSTRUCTION.....	38
2.9.1	Origen.....	38
2.9.2	Bases Teóricas	39
2.9.2.1	Producción Lean	39
2.9.2.2	Just in Time	40
2.9.2.3	Control total de la calidad.....	41
2.9.2.4	Conceptos relacionados con la producción Lean	41
2.9.2.5	Procesos de producción.....	41
2.9.2.6	Modelo de producción convencional	42
2.9.2.7	Nuevo modelo de producción para la construcción	44
2.9.2.8	Implementación de la filosofía Lean	46
2.9.2.9	Sistema del Último Planificador o Last Planner System	47
2.9.3	Pérdidas en los procesos de producción	48
2.9.3.1	Tipo 1: Pérdidas por defectos	49
2.9.3.2	Tipo 2: Pérdidas por tiempos de espera	49
2.9.3.3	Tipo 3: Pérdidas por transportes (acarreo)	50
2.9.3.4	Tipo 4: Pérdidas por movimiento de trabajadores	51
2.9.3.5	Tipo 5: Pérdidas por inventarios	52

2.9.3.6	Tipo 6: Pérdidas debidas a la sobreproducción	52
2.9.3.7	Tipo 7: Pérdidas debidas a las etapas del proceso innecesarias	53
2.9.4	Medición de tiempos para la identificación de pérdidas.....	53
2.9.4.1	Tiempo Productivo (TP)	53
2.9.4.2	Tiempo Contributorio (TC):.....	54
2.9.4.3	Tiempo No Contributorio (TNC):.....	54
2.9.5	Estado actual del problema.....	56
2.10	METODOLOGÍA	56
2.10.1	Lean Project Delivery System (LPDS).....	56
2.10.1.1	Curvas de Productividad	56
2.10.1.2	Presupuesto de Obra	58
2.10.1.3	Sectorización	59
2.10.1.4	Nivel General de Actividad	59
2.10.1.5	Carta Balance.....	59
2.10.1.6	Informe semanal de producción (I.S.P).....	62
2.10.2	Last Planner System O El Último Planificador	62
2.10.2.1	Programación maestra	62
2.10.2.2	Look Ahead	63
2.10.2.3	Programación Semanal.....	63
2.10.2.4	Programación Diaria (Parte Diario).....	63
2.10.2.5	Análisis de Restricciones.....	64
2.10.2.6	Porcentaje de Plan Cumplido (PPC)	64
CAPÍTULO III: DESARROLLO DEL PROYECTO		65
3.1.	ALCANCE	65
3.1.1.	Ubicación.....	65
3.1.2.	Plazo de ejecución	66
3.2.	DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA.....	66
3.3.	ORGANIGRAMA	68
3.3.1.	Cargos y responsabilidades	68
3.3.1.1.	Gerente de Proyecto	68
3.3.1.2.	Ingeniero Residente.....	69
3.3.1.3.	Ingeniero de Campo	69
3.3.1.4.	Ingeniero de Oficina Técnica	69

3.3.1.5.	Encargado de Almacén	70
3.4.	DESCRIPCIÓN INGENIERIL	71
3.4.1.	Descripción general	71
3.4.2.	Características del puente y del muelle.....	72
3.4.2.1.	Zapata:.....	74
3.4.2.2.	Estribo:	74
3.4.2.3.	Pilotes con camisas metálicas 1168 mm	75
3.4.2.4.	Pilotes con camisas metálicas 1473 mm	75
3.5.	FABRICACIÓN DE ELEMENTOS PREFABRICADOS.....	77
3.5.1.	Tipos de prefabricados	77
3.5.1.1.	Descripción de los pre-fabricados prefabricados de tipo “u”	77
3.5.1.2.	Prefabricados de tipo “pi”	78
3.5.2.	Proceso constructivo	80
3.5.2.1.	Habilitación y armado de malla de acero	80
3.5.2.2.	Colocación Del Encofrado:.....	81
3.5.2.3.	Colocación Del Concreto.....	83
3.5.2.4.	Curado	84
3.5.2.5.	Desencofrado, Izaje Y Almacenamiento De Prefabricados	85
	CAPITULO IV: IMPLEMENTACIÓN DE LAST PLANER	88
4.1.	GENERALIDADES	88
4.2.	PRESUPUESTO DE OBRA	88
4.3.	ACTIVIDADES DE MAYOR INCIDENCIA	90
4.4.	SITUACIÓN INICIAL DE OBRA	91
4.5.	REUNIÓN DE CONOCIMIENTO DEL GRUPO DE TRABAJO	92
4.6.	TAREO DIARIO.....	92
4.7.	LOOK AHEAD.....	94
4.7.1.	Materiales:	94
4.7.2.	Mano de Obra	94
4.7.3.	Equipos y herramientas.....	94
4.7.4.	Diseño	94
4.8.	ANÁLISIS DE RESTRICCIONES	96
4.9.	REVISIÓN DE LA PLANIFICACIÓN INTERMEDIA	96
4.10.	PLANIFICACIÓN SEMANAL	96

4.11.	DURACIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN	100
CAPITULO V: DISCUSIÓN Y APLICACIÓN		101
5.1.	GENERALIDADES	101
5.2.	MEJORAS EN EL PORCENTAJE DE ACTIVIDADES COMPLETADAS (P.A.C.) ...	101
5.3.	CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO (C.N.C.)	106
5.4.	DESPERDICIO DE CONCRETO.....	107
5.5.	LA PRODUCTIVIDAD	109
5.6.	INDICADOR UTILIZADO PARA EL CONTROL DE RECURSOS HORAS HOMBRE EN EL PROCESO DE VACIADO DE CONCRETO	115
5.7.	PROPUESTAS DE MEJORAS IMPLEMENTADAS	116
5.7.1.	Last Planner	116
5.7.2.	Juicio experto	116
5.7.3.	Mejorar El Proceso De Colocación De Concreto	117
5.7.4.	Esperas	121
5.7.5.	Desperdicios.....	122
5.7.6.	Logística.....	123
5.7.7.	Recursos Humanos	124
5.8.	EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS A PARTIR DE LA APLICACIÓN DE LAS PROPUESTAS DE MEJORA	124
5.9.	LECCIONES APRENDIDAS.....	132
5.9.1.	Enfocarse en el flujo no en el proceso.....	132
5.9.2.	Identificar las restricciones del flujo de producción	132
5.9.3.	Sistema de producción tipo Push vs Pull	133
5.9.4.	El objetivo de toda empresa es generar utilidades no mejorar sus eficiencias	134
CONCLUSIONES		135
RECOMENDACIONES		137
BIBLIOGRAFÍA		138
ANEXOS		140

INTRODUCCIÓN

Una correcta elección entre el concreto premezclado en planta y el elaborado in situ, se fundamenta en las particularidades especiales de la obra en cuestión, en los aspectos técnicos y en los costos beneficios asociados con cada uno de ellos. En este contexto, existen situaciones de obra como la ubicación de difícil acceso o las cantidades muy variables de demanda durante el día, lo cual genera la dependencia constante con la empresa mezcladora. Esto conlleva a un sobre control para que el concreto se encuentre siempre listo en el momento preciso de vaciado. Es así que se hace factible la preparación del concreto in situ, siendo consiente con ellos de aplicar un adecuado control de calidad, desde contar con los insumos calificados hasta la mano de obra preparada para tal fin.

Es razón del presente estudio justamente presentar una metodología de producción del concreto in situ, evaluando los principales factores que eleven su productividad, aminorando los costos de producción y en consecuencia promoviendo el modelo “productor - abastecedor” que tantos beneficios puede traer si se conocen las ventajas y desventajas del método acorde con las condiciones de obra respectiva. La tecnología empleada se trata de una planta de elementos de concreto prefabricado.

CAPITULO I: PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO

1.1 DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA

1.2 DELIMITACIÓN Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. Delimitaciones

1.2.1.1 *Delimitación espacial*

1.2.1.2 *Delimitación temporal*

1.2.1.3 *Delimitación Social*

1.2.1.4 *Delimitación Conceptual*

1.2.2. Definición del problema

1.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.3.1 Problema principal

De qué manera la implementación de la Filosofía Lean Construction y adicionales, influyen en la Productividad de la Planta, para la producción de prefabricados de Concreto para el “*Proyecto de Construcción de un Puente en el Terminal Portuario del Sur Matarani - Islay*”

Es importante comentar como parte adicional de la investigación que 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 improproductividades 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.

1.4 OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN OBJETIVO

1.4.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar la manera cómo la implementación de la Filosofía Lean Construction y adicionales, influyen en la Productividad de la Planta, para la producción de prefabricados de Concreto para el “Proyecto de Construcción de un Puente en el Terminal Portuario del Sur Matarani - Islay”

1.4.2 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 cómo el uso y análisis de Cartas Balance plantean soluciones claras y directas para la mejora de la productividad y optimizar el uso de recursos.

1.5 HIPÓTESIS GENERAL

Si se Implementa la Filosofía Lean Construction y adicionales, entonces se influye positivamente en la Productividad de la Planta, para la producción de prefabricados de Concreto para el “Proyecto de Construcción de un Puente en el Terminal Portuario del Sur Matarani - Islay”.

1.6 VARIABLES E INDICADORES

1.6.1 Variable independiente

- Elementos prefabricados de concreto.

1.6.2 Variable dependiente

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

1.7 VIABILIDAD

1.7.1 Viabilidad económica

El trabajo de investigación fue viable económicamente ya que el costo es asumido en su totalidad por el investigador en todas las etapas de la investigación.

1.7.2 Viabilidad técnica

La viabilidad técnica de este trabajo de investigación se evidenció en la disponibilidad y accesibilidad a los recursos requeridos para su realización, en la organización en donde se desarrolló el prototipo y se facilitó el software y hardware necesarios para la realización.

1.7.3 Viabilidad operativa

Se utilizaron de forma adecuada herramientas y técnicas propias de la investigación para el desarrollo del marco metodológico, el análisis y la

aplicación del prototipo, así como también la estadística descriptiva para verificar y contrastar la hipótesis, por consiguiente el estudio ha sido operativamente viable.

1.8 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN

1.8.1 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.

1.8.2 Importancia

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 pre esfuerzo, 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.

1.9 LIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

No existieron limitaciones que alcanzaran a ocasionar algún riesgo en el desarrollo de estudio. Los desembolsos por adquisición de tecnología de hardware, software y componentes de comunicaciones fueron asumidos por la empresa donde se desarrolló el prototipo, la compra de material bibliográfico fue asumida por el investigador.

1.10 TIPO Y NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN

1.10.1 Tipo de investigación

Esta investigación es aplicada porque está basada en conocimientos adquiridos. "La investigación aplicada se encuentra ligada profundamente con la investigación básica, porque depende de los resultados y avances de esta última". Asimismo, es tecnológica porque se "aplica la tecnología de información al proceso en referencia para conocer si su aplicación es eficiente" y permitir el logro de los objetivos propuestos.

1.10.2 Nivel de investigación

Esta investigación es descriptiva porque "pretende medir o recoger información de manera independiente o conjunta sobre las variables de investigación". Asimismo es predictiva, porque estuvo "orientada a la anticipación de fenómenos, al explorar, describir y explicar las condiciones y factores que influyen en el fenómeno con la posibilidad de intervenirlo a futuro".

1.11 MÉTODO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

1.11.1 Método de la investigación

Para el desarrollo de este trabajo de investigación, se utilizó el método científico por proporcionar "un planteamiento ordenado y un nivel estricto en el tratamiento de los datos y análisis de resultados, así como el diseño de ciertas herramientas para recabar información; para la tabulación y análisis de la información obtenida". En consecuencia, el presente trabajo de investigación siguió un método comprobado de recopilación, tabulación y análisis de los antecedentes obtenidos y se comprobó directamente en el campo, en el que se presentó el hecho materia de investigación.

1.11.2 Diseño de la investigación

El diseño seleccionado para el desarrollo de este trabajo de investigación, fue experimental porque proporciona "un estudio en el que se manipulan intencionalmente una o más variables independientes (supuestos causas antecedentes), para analizar las consecuencias que la manipulación tiene sobre una o más variables dependientes (supuestos efectos-consecuentes), dentro de una situación de control para el investigador.

1.12 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

1.12.1 Técnicas

1.12.1.1 *Entrevistas*

Esta técnica fue aplicada a los roles sociales entre actores primarios y secundarios tales como: gerente de proyecto, ingenieros de oficina técnica, ingenieros de campo y capataces

1.12.1.2 *Observación directa*

Esta técnica permitió conocer el proceso de Control de la productividad para el cumplimiento de la programación; a través de visitas de campo, coordinadas con los responsables del proyecto.

1.12.1.3 *Revisión bibliográfica.*

La técnica de revisión bibliográfica proporciono la oportunidad de recopilar y seleccionar fuentes de información fiables, las que fueron utilizadas como sustento en toda la investigación.

1.12.1.4 *Modelamiento*

La técnica de modelamiento tuvo lugar en la representación de los datos recopilados durante la investigación.

1.12.2 Instrumentos

1.12.2.1 *Guía de entrevistas*

La guía de entrevistas sirvió como instrumento para poder realizar la técnica de entrevistas. Estas guías tuvieron un patrón de preguntas libres y secuenciales.

1.13 COBERTURA DEL ESTUDIO

1.13.1 Universo

La unidad de análisis que sirvió de base para la definición de la población estuvo representada por los informes técnicos concernientes al proceso de gestión del

“Proyecto de Construcción de un Puente en el Terminal Portuario del Sur Matarani - Islay”

1.13.2 Muestra

La muestra representativa está conformada por los informes técnicos concernientes al proceso de gestión del *“Proyecto de Construcción de un Puente en el Terminal Portuario del Sur Matarani - Islay”*.

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. DEFINICIONES BÁSICAS SOBRE EL CONCRETO

El término concreto premezclado, se aplica al concreto preparado en planta en instalaciones fijas o móviles y transportadas hasta el lugar de utilización por camiones especiales denominados camiones mezcladores.

Sin embargo el concreto preparado in situ con una mini planta puede ser tanto premezclado mezclado en su totalidad por la planta, siendo entregado listo para su utilización. Permitiendo esto: (1) ahorros de tiempo en espera, (2) control de calidad del concreto, con ajustes de diseño. (3) reducción de los costos de producción del concreto, entre otros.

Si bien es cierto parte del estudio muestra las ventajas y limitaciones mediante la evaluación de la productividad de fabricación del concreto in situ, se deben tener en cuenta limitantes tecnológicas con respecto al concreto, que a diferencia de otros materiales, es perecible con el tiempo, es decir existe un tiempo predeterminado en el cual es posible trabajarlo.

De esta manera surgen nuevos objetivos de estudio como la productividad, calidad y economía en dichos proceso que son objetos del presente trabajo. Es adecuado desde este punto de vista manejar algunos conceptos que faciliten el entendimiento de esta investigación.

2.1.1. Definición de concreto

El concreto es un producto artificial que consiste de un medio adherente denominado pasta, dentro del cual se encuentra embebidas partículas de un medio ligado denominado agregado. Los materiales que participan en la fabricación del concreto son: Agregado pétreo, agua y cemento. Excepcionalmente pueden requerir aditivos y el cual está en función al uso final del concreto en estado endurecido.

Se supone y acepta que el concreto ha alcanzado su resistencia de trabajo a los 28 días y es por eso que normalmente las exigencias de resistencia se especifican y verifican a esa edad. En realidad, en condiciones favorables, la resistencia del concreto sigue incrementando a medida que aumenta su edad, aproximadamente en los valores indicados a continuación en promedio.

Tabla 2.1: Resistencia por edades del concreto

EDAD	Resistencia (%)
3 días	35
7 días	59
28 días	100

Fuente: ACI

2.1.2. Criterios de diseño

La selección de las proporciones de los materiales integrantes de la unidad cubica de concreto, conocida usualmente como diseños de mezcla, puede ser definida como el proceso de selección de los ingredientes más adecuados y de la combinación más conveniente y económica de los mismos, con la finalidad de obtener un producto que en el estado fresco tenga trabajabilidad y consistencia adecuada, y que endurecido cumpla con los requisitos establecidos.

La selección de los diferentes materiales que componen la mezcla de concreto y de la proporción de cada uno de ellos debe ser siempre el resultado de un acuerdo razonable entre la economía y el cumplimiento de los requisitos que debe satisfacer el concreto en estado fresco y al endurecido.

Los factores que determinan la composición de la mezcla del concreto son:

- Las propiedades del concreto endurecido fijadas por el diseñador de la estructura
- Las propiedades del concreto fresco fijadas por el tipo de construcción y las técnicas puestas en obra.
- El grado de control de calidad.

2.1.3. Dosificaciones del concreto

Es el cálculo de las proporciones en peso de los componentes del concreto en Kg/m³ para el pesaje en la balanza, cumpliendo con las especificaciones del proyecto estando acorde con las actualizaciones del diseño.

Las dosificaciones en planta, generalmente se realizan en peso, puesto que son más precisas que las realizadas en volumen, además estas plantas cuentan con máquinas inscriptoras que registran con exactitud el peso del cemento de los áridos y su grado de humedad. Estos hechos permiten optimizar el uso

especialmente del cemento y obtener un concreto confiable de acuerdo a lo solicitado por el proyecto.

La máxima tolerancia para la colocación de los materiales componente del concreto son: Agua cementos y aditivos +/-1%, agregado fino +/-2%, agregado grueso hasta 38mm +/-3% según el ASTM C94 y la variación en la relación agua cemento (a/c) +/- 0.02.

2.1.4. Mezclado:

Es la operación de batir los materiales de insumo. Para tal actividad se debe utilizar el equipo y métodos que sean capaces de mezclar eficazmente los materiales del concreto que tengan el mayor tamaño del agregado especificado, para producir mezclas uniformes con revenimiento que sea práctico para el trabajo.

Para la operación de mezclado, el agua deberá ingresar antes que el cemento y los agregados y continuara fluyendo hasta que transcurra la cuarta parte del tiempo de mezclado.

Es preferible que el cemento se cargue junto con los otros agregados pero debe entrar después de que aproximadamente el 10% del agregado haya entrado en la mezcladora.

El material de una tanda no deberá comenzar con ingresar a la mezcladora antes de que la totalidad de la anterior haya sido descargada.

El cemento deberá ser mezclado en cantidades para empleo inmediato. Si el fraguado del concreto ya se ha iniciado en la mezcladora no deberá ser remezclado no utilizado.

Tiempo de mezclado: el tiempo de mezclado es el medido a partir del momento en que todos los ingredientes estén dentro de las mezcladoras.

El tiempo de mezclado debe basarse en la capacidad de la mezcladora para producir un concreto uniforme, para tal fin se debe seguir las indicaciones del fabricante de la mezcladora, algunas especificaciones usuales son la de 1 minuto por yarda cubica (0.76m³) más ¼ de minuto por cada yarda adicional de capacidad.

2.1.5. Aditivo:

Son productos capaces de disolverse en agua, que se adicionan durante el mezclado en porcentajes no mayores de 5% de la masa del cemento, con el propósito de producir una modificación positiva, en el comportamiento del concreto en estado fresco y/o condiciones de trabajo.

Los aditivos químicos deberán ser incorporados a la mezcladora en forma de solución, empleando de preferencia, equipo dispersante mecánico. La solución deberá ser considerada como parte del agua de mezclado.

Cuando se usen dos o más aditivos, estos deberán ser colocados separadamente.

2.1.6. Transporte:

Consiste en trasladar el concreto desde el lugar de mezclado hasta el lugar donde se va a colocar el concreto (vigas, columnas, zapatas, etc.). Dependiendo del volumen del concreto y de las condiciones de obra, se definirán las formas de transporte del concreto.

Antes del transporte y colocación del concreto el residente debe verificar que los elementos donde se va a colocar el concreto, estén en buenas condiciones, verificándose lo siguiente: los encofrados, las armaduras, las tuberías de agua y desagüe. Tuberías instalaciones eléctricas y cajas, las rampas y andamios, los equipos (winches, elevadores, etc.).

2.1.6.1. *Mezclado y transporte en camiones de tambor giratorio*

Algunas especificaciones limitan el tiempo de mezclado a un máximo de 1.5 horas a partir del momento en que el cemento hay entrado en el tambor y hasta que termine la descarga. El ACI recomienda que el mezclado debe prolongarse por lo menos 90 segundos después de que todos los materiales estén dentro del tambor mezclador y no poner límites, mientras no exceda el agua de mezclado especificado, no se agrega agua de reemplado o mientras el concreto conserve propiedades físicas plásticas satisfactorias, consistencia y homogeneidad para su colocación y consolidación, esta manera es preferida cuando el concreto tiene temperatura fresca o cuando no hace calor.

2.1.6.2. *Concreto mezclado en Camión*

El camión mixer (conocido también como camión-hormigonera, camión mezclador y/o agitador, entre otros), consiste en un camión equipado con una hormigonera. Debido a esta disposición, le es posible transportar hormigón premezclado al mismo tiempo que procede a su amasado. Es el método más seguro y utilizado para transportar hormigón en trayectos largos y es poco vulnerable en caso de un retraso.

El camión mixer se presenta en dos versiones, la mezcladora que es la más común, más conocida como camión mixer y la agitadora. La primera trabaja en estrecha relación con las centrales dosificadoras en seco, de las cuales recibe la mezcla para proceder a su amasado, mientras que las segundas trabajan en combinación con las centrales amasadoras teniendo sólo la misión de agitar y transportar el hormigón.

El mixer posee una capacidad que oscila normalmente entre 6 y 8 m³ (actualmente hay equipos de mayor volumen), siendo más frecuentes en la actualidad valores cercanos a este último.

2.1.6.3. *Concreto dosificado en seco*

Los materiales secos se transportan a la obra en el tambor y el agua de mezclado se lleva por separado. El agua se agrega a presión y el mezclado se completa con las usuales 70 y 100 revoluciones. En general se logran mayores tiempos de espera. Sin embargo la humedad libre de los agregados provoca algo de hidratación del cemento.

2.1.6.4. *Transporte del concreto mezclado en planta*

En este caso el camión o equipo de transporte solo sirve como unidad despachadora. Si fuera el caso de un camión mezclador, este gira a velocidad de carga durante la carga y luego se reduce la velocidad de agitación o se detiene después de completar la carga.

El tiempo transcurrido para la descarga del concreto es también de 1.5 horas y el volumen transportado puede ser hasta 80 % de la capacidad del tambor.

2.1.7. Descarga

Es el proceso mediante el cual el concreto premezclado se descarga sobre los camiones mezcladores, fajas transportadoras o directamente en los moldes encofradores de una estructura. Según el ACI-304 la máxima altura permitida para la colocación del concreto es de 1.50m. No se presentaron problemas en la obra en estudio por dicha condición.



Figura 2.1: Descarga del camión mezclador hacia la estructura.

Fuente: Elaboración propia

2.1.8. Colocación

Condiciones para colocar concreto:

- La temperatura del ambiente debe de estar entre 5 y 28 °C.
- Que no haya lluvia ni granizadas.
- Que la temperatura de los encofrados metálicos no debe exceder los 50°C.

El concreto se colocara lo más cerca posible, a fin de evitar la segregación. La operación de colocación debe de ser continua en capas horizontales que no excedan de 50 cm. cada capa se colocara hasta cuando la capa inferior todavía se pueda vibrar o responda a la vibración, evitando que se formen juntas frías.

La colocación debe ser continua hasta terminar el paño o una sección que está definida por las juntas de construcción predeterminadas.

El concreto retemplado (aumentado de agua después del inicio de la fragua inicial) no debe de utilizarse para los elementos estructurales. El colocado del concreto de elementos horizontales apoyados sobre columnas o vigas se realizaran después de transcurrido un tiempo necesario para que el concreto de la columna o de la viga tenga características técnicas apropiadas (resistencia a la compresión- flexión)

2.2. TIPOS DE CONCRETO PREMEZCLADO USADOS EN OBRA

2.2.1. Concreto convencional clase 2

Concreto de uso general para todo tipo de construcciones que no requieran características especiales y son utilizados en: Pisos, losas, muros, cimentaciones, banquetas, guarniciones, etc. Ofrece:

- Excelente trabajabilidad y cohesión
- Fácilmente moldeable
- Compatible con impermeabilizantes y fibras
- Limpio y libre de contaminantes.

2.2.2. Concreto estructural clase 1

Concreto de alta calidad que cumple con las especificaciones más estrictas de los reglamentos de construcción como en obras tipo A o B1 (Escuelas, teatros, edificios públicos, bibliotecas, cines, centros comerciales, etc.) Ofrece:

- Resistencias mayores o iguales que 250 y menores que 400 kg/cm²
- Agregados de origen caliza o basalto
- Excelente trabajabilidad y cohesión
- Mayor durabilidad que la de un concreto convencional.

2.2.3. Concretos rápidos y ret

Diseñado para obras de elevada exigencia estructural donde se requiera un descimbrado rápido de los elementos colados. Donde el concreto alcanza su resistencia al 100% en 14, 7 o 3 días, y si su necesidad es aún mayor

proporcionamos concretos a 16, 24, 48 horas. Garantizando la resistencia a la compresión solicitada. Ofrece:

- Acelera la velocidad de construcción
- Rápido descimbrado
- Optimiza el uso de las cimbras
- Menores costos de construcción
- Acelera la puesta en servicio de la estructura.

2.2.4. Concreto arquitectónico

El concreto arquitectónico, estructural o decorativo, es un concreto pensado y destinado a brindar una gama de alternativas estéticas en cuestión de acabados y colores, dependiendo las necesidades del constructor y de la obra misma. Puede ser solicitado en cualquier resistencia, tamaño de agregado y grado de trabajabilidad. Ofrece:

- Concreto aparente
- Concreto elaborado con cemento blanco
- Concreto de cualquier color
- Los colores son integrales, la superficie puede ser martelinada
- Colores uniformes en toda la superficie del concreto
- Colores que no se degradan por la acción de la luz ultravioleta
- Concreto con agregado expuesto sin necesidad de martelinar
- Concreto con agregado de mármol
- Concreto estampado

2.2.5. Concreto MR

Este concreto se ha diseñado para ser utilizado en la construcción de elementos que estén sujetos a esfuerzos de flexión, por lo tanto su campo de aplicación se encuentra en la construcción de pavimentos, pisos industriales, infraestructura urbana, proyectos carreteros, etc. Ofrece:

- Bajos costos de mantenimiento
- Mayor durabilidad que los pavimentos de asfalto
- Mayor seguridad en la conducción de vehículos
- Agregados gruesos de origen caliza, basalto

- Mayor resistencia al impacto

2.2.6. Concreto permeable

Es un material que una vez colocado no impide el paso del agua pluvial hacia el subsuelo lo que permite la recuperación de los mantos freáticos, por lo que puede ser aplicado en la construcción de andadores, banquetas, carpeta de rodamiento para tránsito ligero, estacionamientos a cielo abierto, etc. Ofrece:

- Alta permeabilidad
- Ayuda a la alimentación del manto freático
- Colocación similar a la del concreto convencional
- Acabado final rugoso

2.2.7. Relleno fluido

Es un mortero de peso ligero que puede ser utilizado como relleno en obra civil. Por sus propiedades rellena con mayor facilidad huecos o espacios que un concreto o mortero convencional. Puede ser utilizado como relleno compactado para sub-bases y bases, relleno de cepas y zanjas.

- Agregados finos de origen andesita 5 mm.
- Revenimientos base de 18 cm.
- Autonivelante por su gran trabajabilidad y condiciones mecánicas.
- No requiere vibrado ni compactado.

2.2.8. Concreto Autocompactable

Es un concreto diseñado para que se coloque sin necesidad de vibradores en cualquier tipo de elemento. A condición de que la cimbra sea totalmente estanca, este concreto puede ser colocado en: Muros y columnas de gran altura, elementos de concreto aparente, elementos densamente armados, secciones estrechas, etc. Ofrece:

- Puede elaborarse en cualquier grado de viscosidad
- El concreto se compacta dentro de las cimbras por la acción de su propio peso
- Fluye dentro de la cimbra sin que sus componentes se segreguen
- Llena todos los resquicios de la cimbra aún con armado muy denso
- No se requiere de personal para colocar el concreto
- Acabados aparentes impecables

2.2.9. Concreto ligero

Un concreto para ser usado en elementos secundarios de las edificaciones que requieran ser ligeras para reducir las cargas muertas o para colar elementos de relleno que no soporten cargas estructurales, también puede ser usado en: Losas y muros, muros divisorios, Capas de nivelación, Relleno de nivelación, etc. Ofrece:

- Disminuye el peso de la estructura
- Disminuyen las cargas a la cimentación
- Disminuye el consumo de energía en sitios con clima extremo

2.2.10. Concreto fluido

Son concretos elaborados en base a las especificaciones de los Concretos Convencionales y Estructurales Clase I y II, pero que por sus propiedades físicas de plasticidad y fluidez, permiten al usuario obtener grandes beneficios en la colocación y en el acabado final. Pueden ser utilizados en muros, columnas, lozas apretadas, muros de poco espesor, etc. Ofrece:

- Buena trabajabilidad y cohesión
- Rapidez en la colocación
- Fácilmente moldeable
- Facilita la consolidación del concreto en elementos densamente armados

2.2.11. Concreto alta resistencia

El concreto de Alta Resistencia se elabora para obtener valores de resistencia a la compresión entre 500 y 1000 kg/cm². Ideales para: Edificios de gran altura, puentes, elementos pretensados o postensados, columnas muy esbeltas, pisos con gran resistencia a la abrasión sin necesidad de usar endurecedores superficiales, etc.

- Reducción en la geometría de elementos verticales y horizontales
- Mayor área de servicio
- Menor peso de los edificios
- Altas resistencias a edades tempranas
- Concreto de baja permeabilidad
- Concreto de mayor durabilidad

2.2.12. Concreto lanzado

Se define concreto lanzado como un mortero o concreto transportado a través de una manguera y proyectado neumáticamente a alta velocidad sobre una superficie. Dicha superficie puede ser concreto, piedra, terreno natural, mampostería, acero, madera, poli estireno, etc. A diferencia del concreto convencional, que se coloca y luego se compacta (vibrado) en una segunda operación, el concreto lanzado se coloca y se compacta al mismo tiempo, debido a la fuerza con que se proyecta desde la boquilla.

Si la mezcla que se va a lanzar cuenta sólo con agregados finos, se le llama mortero lanzado, y si los agregados son gruesos se le denomina concreto lanzado. Por otra parte, el concreto con agregado fino es conocido como gunite, y cuando incluye agregado grueso, como shotcrete, aunque también se llama gunite al concreto lanzado por la vía seca, y shotcrete al concreto lanzado por la vía húmeda.

2.3. CONTROL DE CALIDAD

En la actualidad han alcanzado gran desarrollo las técnicas estadísticas para los ámbitos industriales, mismos que el sector constructivo las ha asimilado y a la vez adaptado a su realidad. Todo ello sin dejar de lado la conciencia de que hoy se tiene la necesidad del aseguramiento de la calidad de la construcción. El ing. Jiménez Montoya, ilustre profesor e investigador español del concreto armado, entiende por control de calidad al conjunto de acciones y decisiones que se toman, bien para cumplir las especificaciones o para comprobar que éstas hayan sido cumplidas.

Las estructuras de concreto armado construidas suelen diferir de las proyectadas. En este sentido, el grado de concordancia entre ambas, está considerado como un índice de la calidad en la ejecución. El concreto en obra resulta un material sujeto a la influencia de numerosas variables, como pueden ser: las características y variabilidad de cada uno de sus componentes (cemento, agregados, agua, adiciones minerales y aditivos químicos); las tecnologías de dosificación, mezclado, transporte, vertido y curado, y por último, las variaciones inherentes a la elaboración y manipulación de los especímenes y los métodos de ensayo. Se trata de un material de construcción muy singular pues exhibe

propiedades como: ser heterogéneo y anisotrópico; que puede ser elaborado entregado y colocado en obra en estado fresco y en condiciones en las que no es posible siquiera constatar si tendrá un adecuado desempeño. Esta es la razón por la que si se desean mantener las propiedades del concreto dentro de un rango aceptable, es preciso establecer un determinado nivel de control de calidad.

2.4. DEFINICIÓN Y DESCRIPCIÓN DE UNA PLANTA DOSIFICADORA DE CONCRETO PREMEZCLADO

Es un conjunto de máquinas y equipos que de manera automática o semiautomática (con la ayuda de un hombre) realizan las actividades principales para la fabricación de concreto.

Industrialmente es manejado bajo un sistema de computadora que no solo proporciona cálculo muy preciso, indicando la cantidad exacta de cada componente, sino que también controla el proceso de mezcla permitiendo manejar parámetros como la calidad y la consistencia del producto.

El cargo de los materiales de insumo, se realiza directamente a un camión mezclador en el cual se lleva a cabo el proceso de mezclado para luego proceder a utilizar el concreto producido.

Las partes que componen una planta de concreto premezclado son:

- Zona para acopio de materiales
- Tolva de agregados alimentado por pala cargadora
- Cinta balanza para pesar los áridos
- Silos de cemento
- Sinfín de descarga de cemento de los silos
- Una balanza para pesar el agua
- Un depósito de aditivos
- Una cinta de alimentación de tolva a camión mezclador
- Depósito de agua
- Zona de residuos de material
- Zona de laboratorio y ensayos
- Zona de posas de lavado de camiones mezclador

2.4.1. Proceso de fabricación en la planta dosificadora de concreto premezclado

El proceso de fabricación se lleva a efecto en las siguientes fases:

- Determinar el tipo de concreto a dosificar
- Pesar los componentes según la dosificación elegida (agregados, cemento, agua y aditivos)
- Los componentes pre mezclado y amasados se descargan sobre la cinta que los transporta el camión mezclador
- El camión mezclador es el u se encarga del mezclado y de la descarga al punto solicitado

El operario que realiza estas tareas es el dosificador que permanece la cabina de mando desde donde se controla manual o automáticamente toda la operación. También controla los distintos elementos que componen la central como pesos, silos, tolvas, etc.

2.4.1.1. *Mini plantas de concreto premezclado en obra*

Equipos con los mismos principios de una planta dosificadora de concreto premezclado, ejecuta las principales actividades de fabricación de concreto, con la diferencia de que esta no ocupa tanta área de trabajo. Además el proceso de mezclado se lleva a cabo en su totalidad, quedando listo para vaciar.

Entre las principales características se puede resaltar:

- Poseer cuba mezcladoras a régimen forzados con palas y paredes anti desgaste e intercambiables
- Brazos raspantes o cangilones que realizan automáticamente la carga de los agregados
- Simultaneidad en las operación de dosificación de agregados y mezcla por medio de mecanismos independientes
- Alta velocidad de mezcla por medio de estrellas rotantes motorizadas
- Dosificaciones con celdas electrónicas
- Dimensiones compactas en silo a caballo

Las más resaltantes ventajas en comparación con las plantas de concreto premezclado industriales son:

- El autoabastecimiento de agregados sin necesidad de equipos secundaria (palas mecánicas , otros)
- El batido de los materiales puede realizar a un 100% , listo para el vaciado (dosificadora y mezcladora)
- Es muy fácil de transportar e instalar pudiendo alcanzar lugares inaccesibles que se encuentran lo más cercano posible a la zona de vaciado

2.5. PRODUCTIVIDAD Y GESTIÓN DE LA CADENA DE SUMINISTROS PARA LA PRODUCCIÓN DE CONCRETO EN OBRA

Para poder entender la funcionalidad de la fabricación y utilización del concreto en el marco de la mejora de la productividad y puesto que el estudio mostrara un caso aplicativo de la producción y abastecimiento del concreto en obra, será conveniente remarcar algunos conceptos como:

2.5.1. 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).

2.5.2. 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.

2.5.3. Flujo de Trabajo

El movimiento de información y materiales a través de la red de unidades de producción.

2.5.4. Pérdidas

Es toda aquella actividad que tiene un costo, pero que no agrega valor al producto terminado.

2.5.5. Tiempo o Trabajo Productivo (TP)

Trabajo que aporta en forma directa a la producción, agrega valor al producto terminado.

2.5.6 Tiempo o Tiempo Contributivo (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.

2.5.7 Tiempo o Tiempo no Contributivo (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.

2.5.8 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.

2.5.9 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 práctica de nuestro campo.

2.5.10 Calidad

Medida de conformidad a las especificaciones. Esta aprobación atañe por un lado al cliente que quiere ver el proyecto

2.5.11 Efectividad, eficiencia y eficacia

Normalmente estos términos se usan de manera inapropiada ya que se consideran similares y por tanto se confunden entre sí. Para el presente trabajo se ha visto conveniente tomar las siguientes definiciones.

En el desarrollo de la tesis, se define la efectividad como la capacidad de conseguir los objetivos o metas trazadas sin importar como. En la industria de la construcción, por lo general estos objetivos están definidos mediante "benchmarks" dentro de la programación de la obra; por ejemplo, fecha y en los últimos casos hora para el vaciado de la losa.

La eficiencia está más relacionada a los usos de los recursos, esto es, a la capacidad de organizarlos para de esta manera evitar las pérdidas o malas utilizations. Un claro ejemplo de eficiencia se aprecia en la programación de los materiales en obra, ya que se busca que llegue la cantidad necesaria y suficiente porque si no se generaría un exceso de inventario, el cual es un tipo de pérdida ya que genera un gasto innecesario y que finalmente no aporta ningún valor agregado. Es por esto que un buen trabajo de logística permitirá que el material llegue oportunamente para ser usado en el frente de trabajo.

Finalmente se puede decir que la eficacia es la combinación tanto de efectividad como de eficiencia, es decir, la capacidad de alcanzar los objetivos trazados mediante una adecuada utilización de los recursos, para de esta manera evitar pérdidas. Siguiendo con el ejemplo anterior citado, el vaciado de la losa se realizara de manera eficaz si es que se llega a realizar en la fecha y hora establecida en la programación y sin desperdicios de horas hombre o de materiales.

Por tanto lo que se busca en toda obra de acuerdo a la nueva filosofía de la construcción es la eficacia.

2.6 LA CONCEPCIÓN TRADICIONAL DE LA CONSTRUCCIÓN

Recientes estudios han demostrado que la planificación representa aproximadamente solo un 10% del coto total de un proyecto, sin embargo regula la ejecución global de este. Por tanto una mala planificación representa la causa principal de los problemas en la construcción, como la no disponibilidad o inadecuada disponibilidad de recursos y por el contrario, una buena planificación es la clave para lograr una buena eficacia y efectividad (Lira 1996).

Sin embargo en general la planificación ha sido resumida a la creación de los presupuestos, programas y otros documentos referentes a las etapas a ser ejecutadas, programas y otros documentos referentes a las etapas a ser ejecutadas durante un proyecto (Bernades 2001). Diversos autores apuntan a que la ineficiencia de la planificación, radica básicamente en los siguientes puntos (Bernades 2001).

- La planificación de producción normalmente está basada solamente en la experiencia de los amaestradores
- El control está basado en general en el intercambio de informaciones

verbales entre el ingeniero con el jefe de obras, cubriendo solamente un corto plazo de ejecución sin ninguna relación con los plazos más largos cubiertos en los planes de ejecución de obras, dando como resultado, la ineficiencia de la utilización de recursos.

- La planificación en otras áreas de la industria, se concentra en las unidades de producción, sin embargo en industria de la construcción, se orienta más bien al control de las actividades. Un control orientado solo en las actividades, mide únicamente el desempeño global y cumplimiento de los contratos no preocupándose de las unidades productivas y cuadrillas.
- Se olvida la incertidumbre inherente en los procesos productivos en los proyectos de construcción, esto se observa de largo plazo muy detallados que llevan a realizare constantes cambios y actualizaciones no contempladas en los planes iniciales.
- En general se aprecian fallas en la aplicación e implementación de software para planificación, adquiridos y utilizados sin antes haber identificado las necesidades reales de sus usuarios y directivos de la empresa. Sin esta identificación, estos programas computacionales generan una gran cantidad de datos apenas relevantes y/o innecesarios.

2.7 ANTECEDENTES DEL USO DE MINI PLANTAS

Los materiales para fabricar concreto (agua, arena, grava y cemento) son relativamente baratos y fáciles de obtener en obra. Sin embargo las proporciones correctas de estos materiales necesarias para producir concreto de buena consistencia y resistencia son obtenidos fácilmente debido a que estos varían considerablemente de acuerdo al tipo de estructura o requerimientos de obra. En consecuencia ni las computadoras se convirtieron en equipos estándares de estas plantas modernas de concreto. Estas computadoras no solo proporcionan cálculos exactos, indicando la cantidad exacta de cada componente, sino que también controlan la maquinaria automática que hace la mezcla asegurando una alta calidad y consistencia del producto.

La republica de china ha estado envuelta en el desarrollo de las maquinarias y equipos utilizados en las plantas de concreto pre-mezclado por más de 20 años.

Taiwán ha obtenido reconocimiento internacional por su habilidad en la planeación, diseño, manufactura e instalación de estas plantas de concreto, portátiles y estacionarias, en otros países.

En Brasil es donde se han experimentado ya el uso de las mini plantas concretaras instaladas en obra teniendo un gran éxito, presionados por lo natural evolución del mercado principalmente en los últimos diez años, las industrias de prefabricados de concreto optaron por equiparse con plantas, pudiendo reducir sustancialmente los costos productivos, mejorando la calidad y la productividad, además de:

- Alcanzando el control absoluto sobre los consumos de la materia prima y mano de obra en producción, se logran resultados como:
- Producción del concreto en el momento exacto de su requerimiento, atendiendo a necesidades de cronograma
- Sustancial reducción de la deformación lenta del concreto a través de una mezcla más homogénea que eleva el módulo de elasticidad
- La simultaneidad entre las operaciones de dosaje, mezclados y descargas en el local donde se está haciendo el vaciado, con la necesidad del cronograma en tiempo real.
- Otras experiencias se presentaron en Venezuela, para la construcción de la obra del metro de Caracas –Venezuela. La constructora Odebrecht responsable de la ejecución del tramo vial del reconocido metro, opto por instalar dos mini-plantas de concreto fabricados en Brasil, siendo estas las encargadas de toda la producción de lechadas (grout) y concreto e inclusive para los prefabricados.
- En otros modelos de mini plantas se encuentran las mini-plantas móviles las cuales se usan Estados Unidos.

Esta planta se puede mezclar hasta 12 metros cúbicos por hora. La arena y la grava se miden en peso volumétrico en la tolva. Un contador de agua provee medidas exactas para un control preciso.

Se añade el; cemento con el rompedor de bolsas Estándar o directamente de la correa con un silo. La planta mezcla tan rápido como se pueden añadir los materiales.

Posee un metro y sistema hidráulico diseñado para mezclar 2.5 metros cúbicos de material seco. El tambor diseñado con palas agresivas para mezclar el cemento. Esta máquina mezcla tan rápido como se añade agua.

En este equipo es posible instalar adicionalmente una balanza de peso en la tova la cual permite medir con precisión la arena, grava y cemento.

2.8 PRODUCTIVIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN

2.8.1 Tecnologías Actuales En La Producción De Concreto

Si bien es cierto desde hace mucho tiempo atrás los avances tecnológicos no fueron ajenos al manejo industrial de los procesos constructivos. En esta tesis de estudio se pretende demostrar la productividad que puede generarse al utilizar este tipo de quipos en la fabricación de concreto y la repercusión de su funcionamiento dentro de la misma obra, se muestran a continuación algunos métodos de producción del concreto; ya en un próximo capítulo se trataran las características específicas por las que se adoptó el uso de mini planta para la obra en estudio.

Una clasificación de la tecnología usada para la fabricación de concreto puede ser dependiente de la capacidad de producción y el tipo de uso de la estructura a construir, tal y como se muestra en la tabla 2.2. Desde el punto de vista se pueden de requerimiento en obra se pueden clasificar en distintas tecnologías.

Tabla 2.2: Clasificación de tecnologías según requerimiento en obra

	Trompo	Mini planta	Planta concretera
Capacidad	1(m3/hora)	6(m3/hora)	25(m3/hora)
Operacion	1 operario		3 operarios
	Manual:	manual	1 .scrapista (grua)
	pala	carretilla	2. Operador peso
		Dosificadora	3. Operador Camion Tolva
uso	Reparaciones	casas	Edificios
	Rellenos	edificios	Sobre 2000 m2
	Parches	10 15 pisos	
		progrmacion lenta	Programacion rapida

Fuente: Universidad de Chile facultad de arquitectura y urbanismo

A continuación se explicará bajo qué procesos se realizan los trabajos de fabricación de concreto con tres tecnologías.

2.8.1.1 Preparación manual del concreto

En este contexto se reconoce el término manual, como realizado en las operaciones de dosificación y mezclado, hechas de forma artesanal. Para la dosificación se utilizan recipientes que puedan contener cantidades de material fácilmente medibles. Manualmente también las operaciones de mezclado con un equipo mezclador de reducidas dimensiones, que proporciona una mezcla uniforme dependiendo del control que se dé, y en pequeñas cantidades por cada ciclo de producción.



Figura 2.2: Producción manual de concreto

2.8.1.2 Producción semi industrializada

Las operaciones de carguío, dosificación y mezclado se realizan mediante un equipo como la mini planta, que pertenece al caso en estudio, sin embargo los controles de regulación, para producir una mezcla de calidad, adecuándose a las normativas es realizada por un técnico especializado en concreto. Las operaciones de la planta las realiza el operador, quien vigila el normal desarrollo

de las operaciones y envía reportes de consumo diario mediante el panel de control que posee el equipo.



Figura 2.3: Modelo de una mini planta.

Fuente: elaboración propia

2.8.1.3 Elaboración automatizada

Procesos industriales a gran escala que se realizan con plantas industriales, automatizadas y computarizadas que pueden realizar los trabajos de dosificación en planta y el mezclado en un camión mezclador que a su vez transporta el concreto a la zona de vaciado. Por la cantidad masiva de producción que realizan, estas plantas poseen zonas clasificadas de trabajo, las que ya se explicaron anteriormente en la descripción de la planta de concreto. Generalmente son requeridas para producción de vaciados rápidos y en mayor cantidad. Es posible encontrar aquí otros inconvenientes en el trabajo con las plantas de concreto como la contaminación ambiental y el orden y la limpieza en las áreas de producción.



Figura 2.4: Planta productora de concreto premezclado Chile

Fuente: Elaboración propia

2.8.2 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 es una 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 las 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:

$$\textit{Productividad} = \textit{CantidadProducida} / \textit{RecursoEmpleado}$$

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:

$$\textit{Rendimiento} = \textit{RecursoEmpleado} / \textit{CantidadProducida}$$

2.8.3 Factores Que Afectan La Productividad

2.8.3.1 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. El GRÁFICO 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.

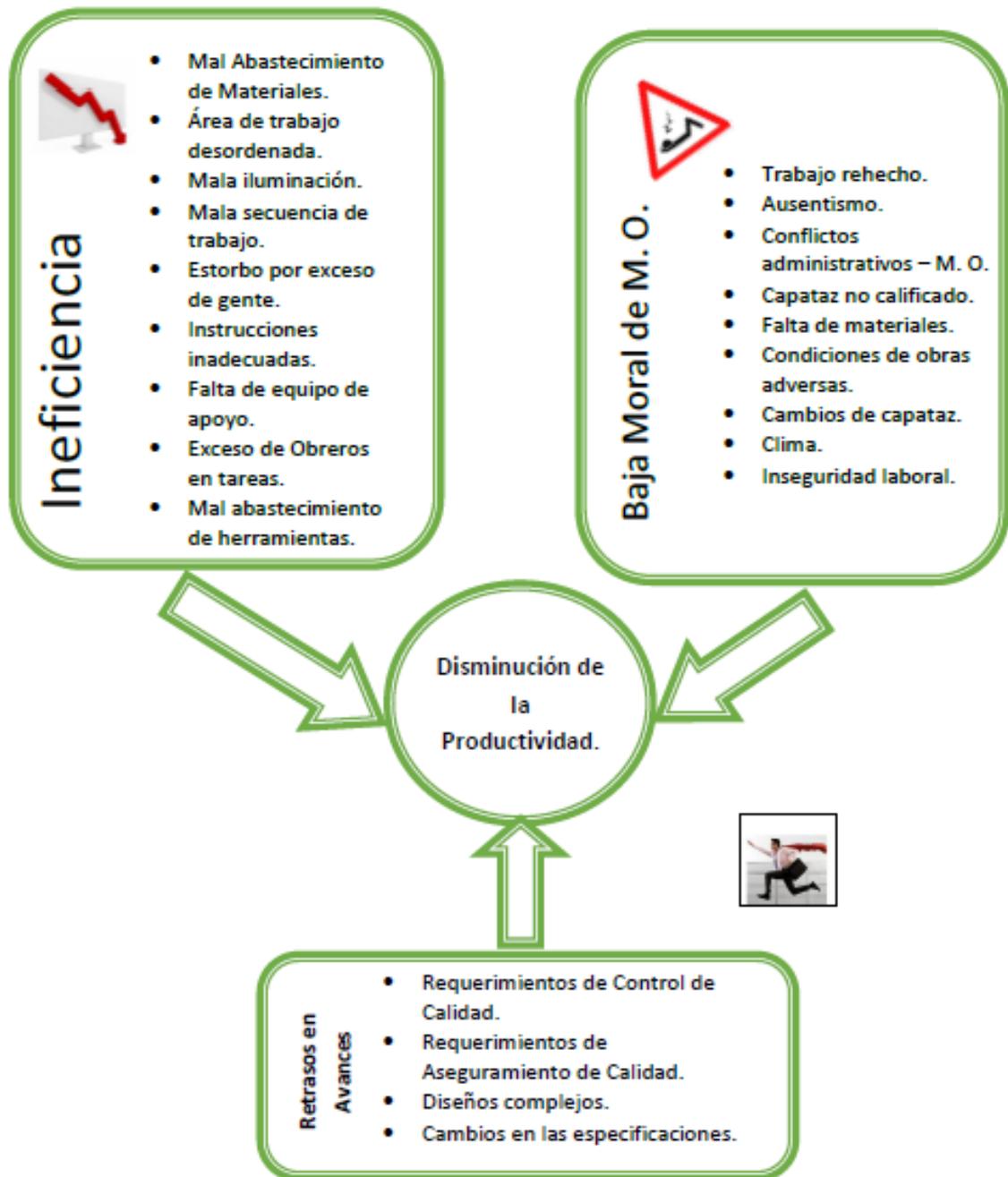
Los principales factores que afectan negativamente a la productividad son los siguientes:

- Sobretiempo programado y/o fatiga.
- Errores en planos y especificaciones.
- Muchas modificaciones durante la ejecución del prefabricado.
- Diseños muy complejos.
- Diseños incompletos, atrasados.
- Agrupamientos de los trabajadores en espacios reducidos.
- Falta de supervisión del trabajo.
- Reasignación de la mano de obra de tarea en tarea.
- Ubicación inapropiada de los materiales.
- Temperatura o clima adversos.
- Mala o escasa iluminación de los frentes de trabajo.
- Rotación alta de personal (Contrataciones y despidos).
- Disponibilidad limitada de mano de obra adecuada y capacitada.
- Composición y tamaño inadecuado de cuadrillas.
- Exceso de tiempo en toma de decisiones.
- Exigencia excesiva de control de calidad.
- Interrupciones no controladas (ida a los servicios).
- 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.
- Mal Abastecimiento de Materiales.
- Área de trabajo desordenada.
- Mala iluminación.
- Mala secuencia de trabajo.
- Estorbo por exceso de gente.
- Instrucciones inadecuadas.
- Falta de equipo de apoyo.
- Exceso de Obreros en tareas.
- Mal abastecimiento de herramientas.
- Ineficiencia
- Baja Moral de M. O.
- Trabajo rehecho.
- Ausentismo.
- Conflictos administrativos – M. O.
- Capataz no calificado.
- Falta de materiales.
- Condiciones de obras adversas.
- Cambios de capataz.
- Clima.
- Inseguridad laboral.
- Retrasos en Avances

GRÁFICO 2.1: Factores que afectan negativamente la productividad



Fuente: Martínez, 1988

2.8.3.2 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:

- Aprovechamiento del fenómeno aprendizaje.
- Programas educacionales y de capacitación del personal.
- Programas de seguridad en la obra.
- Uso de materiales y equipos innovadores.
- Prefabricación de partes de la obra.
- Utilización de técnicas modernas de planificación.
- Utilización de ayudas computacionales.
- Uso de hormigón premezclado.
- Aplicación de ingeniería del valor.
- Programas de motivación del personal.
- Revisión de diseños para una construcción más simple (mejoramiento de la contractibilidad).
- Estandarización de las partes y elementos de la obra.
- Pre planificación de las operaciones.
- Programación a intervalos cortos, a nivel de cuadrillas.
- Practica eficiente de adquisiciones.
- Uso de modelos a escala para el análisis de ejecución de operaciones y de la distribución de áreas.
- Usar incentivos en los contratos de obra.
- Disponibilidad suficiente de herramientas.
- Uso de los estudios de tiempos y movimientos, para mejorar la eficiencia, reducir la fatiga y trabajos más racionalmente.
- Buena supervisión del trabajo.
- Aplicación de las herramientas de ingeniería, industria, a la construcción.
- Optimización del sistema productivo (instalación de faena).

2.8.3.3 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 el GRÁFICO 2.2.

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

Medición de la productividad.

- Toma de datos.
- Análisis y procesamiento

Evolución de la productividad.

- Diagnóstico.
- Identificación del problema.
- Determinación del curso de acción.
- Evolución de alternativas.

Sistemas o planes de mejoramiento.

- Implementación estratégica y acciones de mejoramiento.
- Seguimiento y control de la implementación y sus resultados.

GRÁFICO 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. El gráfico 2.3 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 teniendo 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.

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



Fuente: Serpell, 1997

2.8.4 Diagnóstico De La Productividad

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

2.8.4.1 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).

2.8.4.2 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.

2.8.4.3 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.

2.8.4.4 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

2.9 LEAN CONSTRUCTION

2.9.1 Origen

El entorno actual de los negocios y la globalización han hecho que las empresas enfrenten retos y dificultades, que deben superar para que puedan mantenerse en el competitivo ambiente moderno, en el que son comunes la aplicación de estrategias globales y locales encaminadas a disminuir costos y alcanzar la expansión en nuevos mercados; y que a la vez les exige mantener altos estándares de calidad y procesos flexibles para que puedan responder a cambios en la demanda y requerimientos de los clientes.

Lean es un sistema que, mediante sus herramientas, no solo le permite a las compañías enfrentar un entorno de negocios competitivo y crear una Organización que aprende y mejora continuamente, sino que además se enfoca en el valor agregado que pueda generar a sus clientes.

Lean Production, que se traduce 'Producción Esbelta', es considerado como un sistema o filosofía de mejoramiento de procesos de producción y servicios, que se basa en la eliminación de desperdicios y actividades que no agregan valor al proceso que se adelanta para obtener beneficios extraordinarios en la productividad, competitividad y rentabilidad del negocio; de allí la palabra esbelta a la cual hace referencia, precisamente, a esa empresa o proceso libre de ineficiencias o desperdicios y que funciona o se realiza con el mínimo de recursos que posee la empresa.

En este sentido, son el talento humano, la maquinaria, los sistemas de información existentes, entre otros, los recursos aprovechados para tal fin.

De este modo, el proceso de mejoramiento no contempla la inversión en equipos costosos o contratación de personal adicional.

Este modelo tiene sus inicios en la industria automotriz, específicamente en el sistema de producción de Toyota (Toyota Production System) cuando, a finales de la segunda guerra mundial y tras la devastación de Japón, la industria manufacturera de ese país se vio sensiblemente afectada. Para entonces, la poderosa Toyota quedó sin recursos suficientes para competir con Estados Unidos que para entonces, era el país líder en la fabricación de automóviles. La compañía nipona, encabezada por sus ingenieros Shigeo Shingo y Taiichi Ohno, comenzó a desarrollar las herramientas de manufactura y gestión que sentarían la base para que Toyota gradualmente se convirtiera en uno de los fabricantes

de automóviles más importantes y eventualmente –como sucedió en el año 2007– en el productor número uno a nivel mundial, exhibiendo los mejores estándares de calidad y alcanzando la más alta productividad y rentabilidad de la industria.

A principios de los ochenta, una comitiva del MIT (Massachusetts Institute of Technology) viajó a Japón y realizó un estudio que tenía como fin investigar las acciones y estrategias que la industria automotriz japonesa adelantaba en ese momento y a través de las cuales le quitaba mercado a la norteamericana, a pasos agigantados. El principal descubrimiento de las pesquisas, fue el uso de las herramientas que conformaban el sistema de producción de Toyota. A su regreso a Estados Unidos, la comitiva reunió todas las herramientas que componían este sistema de producción y le dio el nombre de Lean Manufacturing, al mismo tiempo que se encargó de su difusión en el mundo occidental. Sin embargo, fue solo hasta finales de los noventa y principios de la década pasada que Lean comenzó a expandirse masivamente a otras industrias del sector manufacturero y de servicios, principalmente en Estados Unidos y Europa.

2.9.2 Bases Teóricas

2.9.2.1 Producción Lean

El sistema de producción Lean fue desarrollado en Toyota por el ingeniero Ohno después de la Segunda Guerra Mundial, con el propósito de eliminar los desperdicios.

El sistema de producción de Toyota se enfocó en producir los automóviles de acuerdo con los requerimientos de los clientes, entregarlos en el tiempo justo y sin mantener inventarios para la producción. La idea básica del sistema de producción de Toyota es la eliminación de los inventarios y cualquier otro desperdicio, a través de un lote pequeño de producción, tiempos reducidos de alistamiento, máquinas de producción semiautónomas y alianzas estratégicas con los proveedores. Desperdicio se define como la falla en el cumplimiento de lo solicitado por el cliente, no entregar el producto a tiempo o tener un inventario improductivo, es decir un inventario que no esté en proceso (Ghio, 2001)

Por lo tanto, en la producción Lean es fundamental la coordinación entre la línea de producción y las cadenas de suministro (proveedores) para entregar el

producto en el momento justo, cumpliendo los requerimientos del cliente y sin inventario.

Los principios Lean son:

- Especificar claramente el concepto de valor desde la perspectiva del cliente.
- Identificar claramente la cadena de valor y eliminar todos los pasos que no agregan valor al producto.
- Lograr que los pasos que generan valor ocurran sin interrupciones mediante una eficiente gestión entre las interfaces de los diferentes pasos.
- Permitir que el cliente extraiga valor del equipo de proyectos.
- Buscar de manera continua la perfección (eliminar constantemente las pérdidas).

La clave de la visión de flujo radica en la eliminación del desperdicio de los procesos de flujo. Por lo tanto, los principios de reducción del tiempo de entrega, reducción de la variabilidad y simplificación de los procesos son promovidos en el pensamiento Lean. Otro pilar de la Producción Lean es la visión de generación de valor, la cual radica en obtener desde la perspectiva del cliente el mayor valor posible.

2.9.2.2 Just in Time

El punto de partida de la nueva filosofía de producción fue en la ingeniería industrial. La idea radicaba en la eliminación de inventarios, esto a su vez le dio paso a otras técnicas forzadas por la disminución del inventario, entre las cuales se tienen la reducción de los lotes de producción, las alianzas estratégicas con los proveedores y la reducción del tiempo de inicio.

Adicionalmente, se introdujo la producción tipo pull (jalar), en la que la producción se inicia con base en la demanda actual y no con base en planes estadísticos.

El concepto de desperdicio (pérdida) es la piedra angular del Just in Time.

Las siguientes pérdidas o desperdicios en los procesos productivos fueron descubiertos por Shingo los cuales son sobreproducción, esperas, transportes, exceso de maquinaria, inventarios, movimientos, partes y productos defectuosos.

La eliminación de las pérdidas a través del mejoramiento continuo de los procesos, las operaciones y la tecnología es otro principio fundamental del Justo a Tiempo.

2.9.2.3 Control total de la calidad

El punto de partida para el control de la calidad se basó en la inspección de las materias primas y los productos mediante métodos estadísticos. La calidad ha evolucionado de la inspección al control de los procesos, del control de los procesos al mejoramiento continuo de los mismos, y finalmente a diseñar la calidad en el producto y los procesos de producción.

2.9.2.4 Conceptos relacionados con la producción Lean

A partir de la utilización de los métodos Justo a Tiempo y el Control Total de la Calidad, han surgido algunos conceptos que complementan el modelo de gestión basados en los principios Lean.

- Mantenimiento productivo total
- Participación de los empleados
- Mejoramiento continuo
- Competitividad basada en el tiempo
- Ingeniería concurrente
- Estrategia o gestión basada en el valor del producto
- Gestión visual
- Reingeniería

La concepción de la producción Lean ha evolucionado de un grupo de herramientas, a un método de manufactura y finalmente a una filosofía de gestión de la producción.

2.9.2.5 Procesos de producción

Procesos de producción se pueden concebir de tres maneras diferentes como un proceso en el que existe una conversión de entradas en salidas también como un flujo de materiales e información a través del tiempo y además un proceso de generación de valor para los clientes. También como un flujo de materiales e

información a través del tiempo y además un proceso de generación de valor para los clientes.

Las tres concepciones son apropiadas. Sin embargo, el modelo de conversión es el que ha predominado en la industria de la construcción

Tabla 2.3: Procesos de producción

	Modelo de conversión	Modelo de flujo	Modelo de generación de valor
Naturaleza de la construcción	Serie de actividades que convierten entradas en salidas.	Flujos de información y recursos. Compuesto por inspecciones, conversiones, transportes y esperas.	Proceso de creación de valor que cumple con los requerimientos del cliente
Principios	Descomposición jerárquica de las actividades. Control y optimización por actividad.	Descomposición por nudos o uniones. Eliminación de las pérdidas (actividades innecesarias), reducción del tiempo.	Eliminación de la pérdida de valor. Disminución de la brecha entre el valor conseguido y el valor posible.
Métodos y prácticas	Estructura de trabajo por divisiones, método de la ruta crítica. Planeación realizada conforme al inicio de las actividades y responsabilidad de las actividades por contrato o asignaciones.	Trabajo en equipo, reducción rápida de la incertidumbre. Planeación realizada conforme a la calidad y a la liberación de trabajo.	Desarrollo y ensayo del producto final de acuerdo con los medios para cumplir con los requerimientos del cliente. Planeación relacionada con la estructura de trabajo, los procesos y la participación.
Contribución práctica	Tiene en cuenta que las cosas necesarias se hagan.	Tiene en cuenta que lo innecesario se haga lo mínimo posible	Tiene en cuenta que los requerimientos del cliente se cumplan de la mejor manera posible.

Fuente: Ballard, Hernan. The Last Planer System of production control

2.9.2.6 Modelo de producción convencional

El modelo de conversión es el que ha dominado la industria de la construcción. El modelo convencional considera unas entradas, la transformación (conversión) y finalmente unas salidas.

Gráfico 2.4: Modelo convencional de producción en la construcción.



Fuente: Botero. Luis F (2006). *Construcción sin pérdidas*.

En la visión del proceso de conversión convencional, este se puede dividir en subprocesos, los cuales a su vez son procesos de conversión convencionales. El costo total del proceso se puede minimizar, minimizando el costo de cada subproceso. Koskela (1993), las dos aseveraciones anteriores están estrechamente relacionadas con las teorías de control jerárquico de las organizaciones.

En el modelo de conversión, el valor de las salidas de un proceso está asociado con los costos de las entradas de ese proceso, lo que demuestra que en la filosofía tradicional el valor no es muy importante.

En los procesos de producción más complejos, entre los cuales se encuentran los procesos de construcción de obras civiles, la mayor parte de la totalidad de los costos son generados por las actividades de flujo y no por las de conversión. Una deficiente gestión en el control de los procesos, conlleva a mayores complicaciones para el mejoramiento de las actividades de conversión, las cuales generan valor.

El modelo de conversión y las actividades de desarrollo y mejora de este, se enfocan en hacer más eficientes las conversiones, en vez de que éstas sean más efectivas desde la perspectiva del cliente, es decir, que cumplan con los requisitos del cliente. Al no considerar las actividades de flujo, el modelo de conversión presenta algunas deficiencias evidentes en el sector de la construcción.

Las actividades de flujo no generan valor y por ende las pérdidas en los procesos constructivos, la ausencia de planeación al mantener el esquema tradicional de producción, no permite detectarlas generando desperdicios de todo tipo en los proyectos de construcción. El 50% del tiempo de los trabajadores

en el lugar de trabajo, está representando en transportes, esperas o interrupciones por falta de materiales o instrucciones, re procesos, etc. (Botero, 2006). Desde el punto de vista del cliente, estas actividades no son necesarias, ni son importantes, ya que no generan valor.

El control de la producción se enfoca a los subprocesos, limitando la mejora de la producción a las actividades independientemente y no al proceso de construcción como un todo.

Los esfuerzos para la mejora están direccionados a que las conversiones sean más eficientes, en vez de que sean más efectivas desde el punto de vista de valor para el cliente (por lo que el cliente realmente está pagando).

2.9.2.7 Nuevo modelo de producción para la construcción

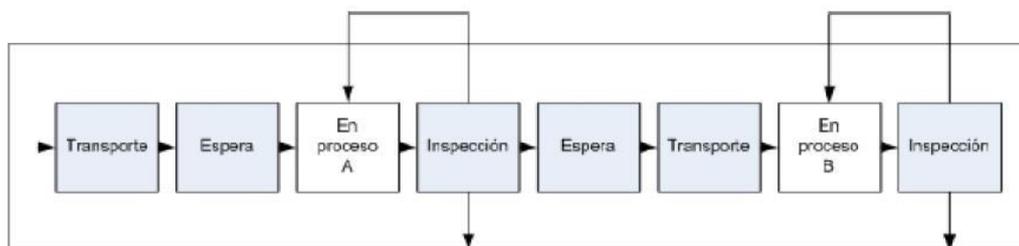
El nuevo modelo conceptual es una síntesis y la generalización de diferentes modelos, como el JIT (Justo a Tiempo) y el TQM (Gestión Total de la Calidad).

Lean construction es una nueva filosofía orientada hacia la administración de la producción en construcción, cuyo objetivo fundamental es la eliminación de las actividades que no agregan valor (pérdidas). Para contribuir a tal fin, Ballard y Howell diseñaron un nuevo sistema de planificación y control denominado Last Planner, con cambios fundamentales en la manera como los proyectos de construcción se planifican y controlan.

El nuevo modelo de producción para la construcción, concibe la producción y sus operaciones como procesos. Koskela, lo define como un flujo de materiales y/o información desde la materia prima hasta el producto final. En este flujo, el material es procesado (conversiones), inspeccionado, se encuentra en espera o es transportado. El procesamiento o los procesos representan el aspecto de conversión de la producción, la inspección, la espera y el movimiento representan el aspecto de flujo de la producción.

Los procesos de flujo se pueden caracterizar por tiempo, costo y valor. El valor se refiere a cumplir con los requerimientos del cliente. En la mayoría de los casos, solo las actividades de conversión (procesamiento) son las que agregan valor.

Gráfico 2.5: Esquema de proceso de producción, conversión y flujo



Los cuadros sombreados representan las actividades que no agregan valor, en contraste con las conversiones.

Fuente: Koskela. *Application of the New Production Philosophy to Construction*

El nuevo modelo de producción implica una visión dual de la producción, consistente en conversiones y flujos. La eficiencia de la producción se atribuye, tanto a las conversiones como a los flujos, en las actividades de conversión depende del nivel de tecnología, las destrezas, la motivación, etc. y en las actividades de flujo depende de la cantidad de las mismas y la eficiencia con las que estas interactúan con las conversiones, es decir de la planeación efectuada. Planeación que por lo general no es considerada como un factor fundamental en el desarrollo de las actividades, debido al simplismo del personal a cargo y al enfoque que existe hacia las actividades de conversión como subprocesos del proceso de construcción. Mientras todas las actividades generan costos y consumen tiempo, solo las actividades de conversión agregan valor a los materiales o a la información que está siendo transformada en producto. Las inspecciones, esperas y transportes representan los flujos dentro de la producción. Debido a los principios tradicionales de gestión, los flujos no han sido mejorados o controlados, esto ha conllevado a flujos complejos, inciertos y confusos, generando un incremento en las actividades que no generan valor.

En el control de los proyectos, el estar apagando incendios (solucionando problemas) constantemente consume los recursos de gestión, lo que deja poco tiempo para la planeación, y por lo tanto no se gestionan actividades de mejora o, peor aún, no se realiza ningún tipo de inspección o control que permita identificar las pérdidas.

Al implementar el nuevo sistema de producción se busca que las actividades de transformación, es decir las que agregan valor, sean más eficientes, así como

minimizar o eliminar las actividades que no lo generan, logrando una mayor productividad del proceso constructivo.

Koskela (1992) en su reporte técnico establece algunos principios para el mejoramiento del proceso de producción, los cuales están dirigidos al proceso de planeación y ejecución de los proyectos constructivos.

2.9.2.8 Implementación de la filosofía Lean

La implementación del nuevo modelo de producción implica un cambio de paradigma, lo que naturalmente genera barreras debido a la resistencia al cambio. Sin embargo, en el reporte técnico de Koskela se presentan cuatro factores fundamentales para el éxito de la implementación:

- Compromiso de la alta gerencia.

El liderazgo es fundamental para lograr un cambio de mentalidad a nivel general. Liderazgo que está representado en la alta gerencia, sin el cual se crean barreras naturales que detienen cualquier esfuerzo a diferentes niveles de la organización. El cambio debe ser aceptado e interiorizado desde el nivel más alto de la organización, con lo que se logra un mejor entendimiento del mismo por parte de las personas involucradas, logrando paso a paso un cambio cultural.

- Enfoque en la medición del desempeño y las mejoras.

La gestión se debe enfocar en la medición de los procesos y el mejoramiento de los mismos y no en el desarrollo de las capacidades. Se deben tener indicadores reales de los procesos que permitan identificar las causas de las pérdidas.

- Participación.

Para la implementación del nuevo modelo de producción, debe existir participación de los empleados, los equipos de trabajo pueden aportar ideas para el mejoramiento de los procesos.

- Aprendizaje.

La implementación requiere del aprendizaje de los principios, conceptos, herramientas, técnicas y demás del nuevo modelo de producción.

Una forma de aprendizaje es la implementación en proyectos piloto a una escala limitada. Adicionalmente, se deben transmitir los resultados de la implementación a todos los niveles de la organización.

2.9.2.9 Sistema del Último Planificador o Last Planner System

El Last Planner System fue desarrollado por Herman Glenn Ballard y Gregory A. Howell, basándose en los principios de la Lean Construction. El sistema desarrollado es una herramienta para controlar las interdependencias existentes entre los procesos y reducir la variabilidad entre estos, y por lo tanto asegurar el cumplimiento de la mayor cantidad de actividades de la planificación dentro de la filosofía Lean Construction, este aseguramiento es posible ya que la ausencia de variabilidad significa producción confiable. La variabilidad solo la podemos controlar teniendo funcionamientos fiables y usando procedimientos simples y estándares para pronosticar fácilmente el desempeño.

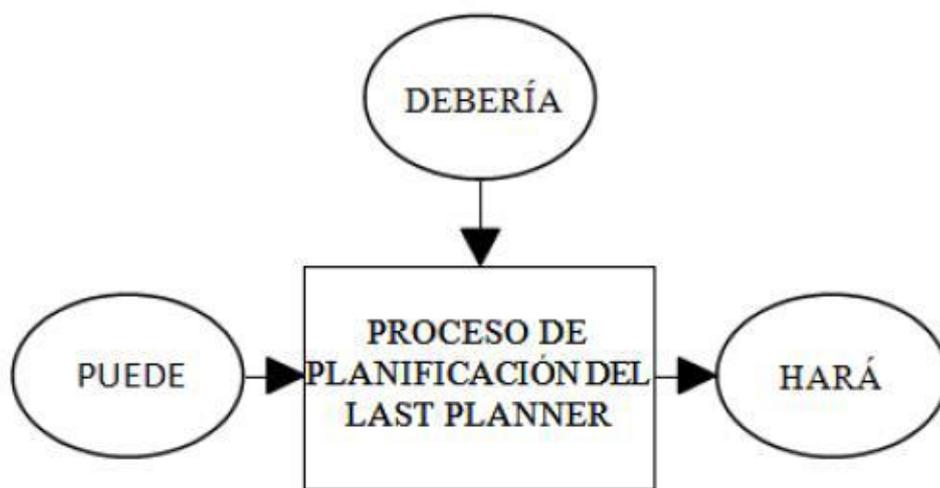
La traducción al castellano de Last Planner es de “Último Planificador” ya que esta persona o grupo de personas son las últimas encargadas de definir las asignaciones para el día a día de la obra. Dentro del glosario de términos de la Lean Construction Institute, Last Planner se define como: “La persona o grupo de personas que producen las asignaciones (tareas o trabajos encargados) para los trabajadores directos”.

Debemos entender que la planificación no es simplemente el desglose de actividades que se preceden unas a otras, con la finalidad de poder obtener el presupuesto para la cuantificación de costo y lograr una programación con un inicio y fin del proyecto. Con la planificación debemos ser capaces de poder definir qué se debe hacer, que es lo que se puede hacer, que es lo que se hará, que acciones se debe tomar para que se cumpla la planificación e indicar los responsables de dicha planificación. Por ello con esta necesidad de cubrir estos puntos mencionados, es que el Last Planner System apunta fundamentalmente a aumentar la fiabilidad de la planificación y con ello mejorar los desempeños. El incremento de fiabilidad se lleva a cabo mediante la Programación Maestra, Planificación Intermedia (Lookahead Planning), Programación Semanal (Weekly Work Plan), Programación Diaria, Análisis de Restricciones, Porcentaje de Plan Cumplido (PPC) y otros.

Como se indicó con anterioridad, el Last Planner es el que determina las “asignaciones” para el día a día, pero estas son producto de una adecuada

planificación, en donde vemos intervenir los conceptos de Debería (Should), Puede (Can), Hará (Will) e hizo (Did). Esto es así ya que el Last Planner indica lo que se Hará (Will), siendo esto ajustado por lo que se Debería (Should), y además considerando las restricciones que presenta él Puede (Can). De esta manera Ballard, presenta un esquema para entender la relación entre estas concepciones durante la planificación de asignaciones.

Gráfico 2.6: La formación de asignaciones en el proceso de planificación



Fuente: BALLARD G.

2.9.3 Pérdidas en los procesos de producción

Son todas las actividades que no agregan valor al proceso, hay 7 tipos básicos de desperdicio que se nombran a continuación:

- Tipo 1: Pérdidas por defectos.
- Tipo 2: Pérdidas por tiempos de espera.
- Tipo 3: Pérdidas por transportes (acarreo)
- Tipo 4: Pérdidas por movimiento de trabajadores.
- Tipo 5: Pérdidas por inventarios.
- Tipo 6: Pérdidas debidas a la sobreproducción.
- Tipo 7: Pérdidas debidas a las etapas del proceso innecesarias.

Y estos se explican a continuación:

2.9.3.1 Tipo 1: Pérdidas por defectos

La forma más simple de desperdicio son los componentes o productos que no satisfacen las especificaciones.



Figura 2.5: Segregación de la mezcla del concreto a la hora de ser colocado

Fuente: Ballard G.



Figura 2.6: Formación de "cangrejas" por mal vibrado de la mezcla de concreto

Fuente: Ballard G.

Estos ejemplos pueden ser exagerados pero son cosas que se ve en planos que generan tiempos de espera en el proyecto y sucede cuando no se hace una buena compatibilización de planos antes de ejecutar la partida.

2.9.3.2 Tipo 2: Pérdidas por tiempos de espera

El tiempo no usado adecuadamente es un desperdicio, pues se incurre en el costo en salarios, costos fijos, tasas de interés, servicios básicos, etc. Cada minuto de cada día debiera usarse productivamente. Ohno (Ingeniero de Toyota)

buscó las razones por las cuales las máquinas y operarios se sub utilizan y trató de solucionarlo.

Se busca mantenimiento preventivo, y la creación de flujos en el sistema productivo, razón a la cual una componente o producto se mueve a la siguiente etapa productiva.



Figura 2.7: Pérdida: Espera para vaciar por falta del mixer.

Fuente: Ballard G.

Hay momentos en las cuales el personal está esperando, sea materiales, agregados etc., lo que hace que genere desperdicio de tiempo.

2.9.3.3 Tipo 3: Pérdidas por transportes (acarreo)

Elementos que se transportan significan un costo, incluso si es solo la energía (recursos) necesario para hacerlo, como por ejemplo, electricidad de un montacarga, o combustible de una excavadora o camión.

A ello se suma el incremento en inventario y el aumento en el tiempo de respuesta producto de incluir el transporte de las partes.

Manejar un proceso productivo con operaciones que se desarrollan a grandes distancias es mucho más complicado que cuando las operaciones están menos dispersas espacialmente.



Figura 2.8: Pérdida: Acarreo de materiales en obra.

Fuente: Ballard G.

2.9.3.4 Tipo 4: Pérdidas por movimiento de trabajadores

Trabajadores que gastan tiempo moviéndose por el sitio de construcción también constituyen una fuente de desperdicio. El tiempo que un operador de un equipo gasta yendo a buscar herramientas o accesorios podría utilizarse mejor si el sitio hubiera sido pensado de modo de tener todo a mano.



Figura 2.9: Pérdida: Movimiento de trabajadores del lugar de trabajo.

Fuente: Ballard G.

2.9.3.5 Tipo 5: Pérdidas por inventarios

Los inventarios usualmente esconden un problema y en la construcción, exponen a los insumos en progreso a daños si no se alcanza el estado final del producto. Pueden generar problemas en el flujo de caja debido a gastos en materiales aun innecesarios.



Figura 2.10: Pérdida: Gran cantidad de inventario genera pérdida de espacio y dinero.

Fuente: Ballard G.

2.9.3.6 Tipo 6: Pérdidas debidas a la sobreproducción

Un elemento clave es hacer y fabricar solo la cantidad requerida de cualquier componente o producto. Esto desafía el concepto occidental, con costos fijos de órdenes, tiempos de preparación y la necesidad de amortizar estos costos en grandes cantidades de unidades hechas. En la construcción además, sobreproducción puede significar alejarse de las actividades críticas o incurrir en problemas de flujo de caja.



Figura 2.11: Pérdida: Gran cantidad de producción de materiales innecesarios
Fuente: Ballard G.

2.9.3.7 Tipo 7: Pérdidas debidas a las etapas del proceso innecesarias

Trabajar más duro de lo necesario podría ser la forma más obvia de desperdicio. Un principio básico es hacer sólo lo necesario, ni más ni menos.

Un ejemplo sería el pintar la superficie del cielo de la losa, pese a que quedará cubierta con un cielo falso.

Las pérdidas en los procesos de producción están asociadas a todo lo que sea distinto de los recursos mínimos de materiales, máquinas y mano de obra necesarios para agregar valor al producto.

2.9.4 Medición de tiempos para la identificación de pérdidas

Koskela (1992), Poco tiempo después de la presentación del informe técnico del académico Finlandés se empezaron a realizar mediciones de los tiempos de trabajo en las actividades de construcción. El tiempo total para ejecutar una actividad ha sido clasificado de la siguiente manera por diferentes autores:

2.9.4.1 Tiempo Productivo (TP)

Es el tiempo empleado en la producción de alguna unidad de construcción. El tiempo empleado en las conversiones, es decir en las actividades que agregan valor, las actividades por las que el cliente está pagando.

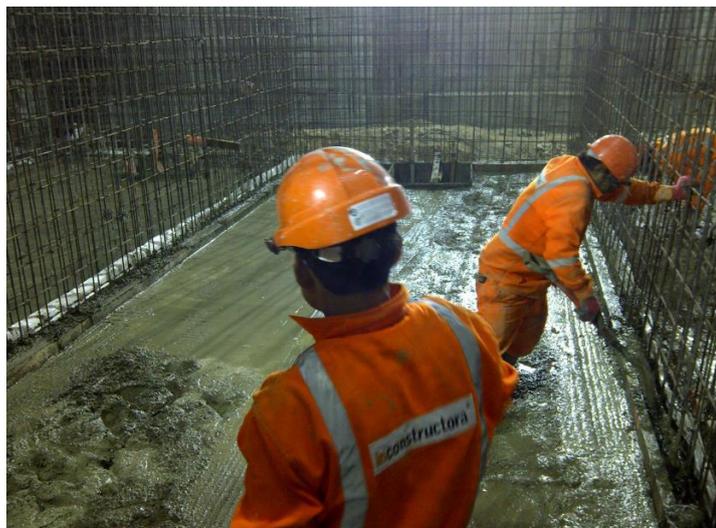


Figura 2.12: Tiempo Productivo – Vaciado de losa

Fuente: Gallagerd.

2.9.4.2 Tiempo Contributorio (TC):

Es el tiempo empleado en las actividades de apoyo necesarias para ejecutar los trabajos que agregan valor. Los flujos necesarios como transporte, supervisión, etc., se consideran como trabajo contributivo.



*Figura 2.13: Tiempo contributivo: Preparación de mezcla
Fuente: Gallagerd.*

2.9.4.3 Tiempo No Contributivo (TNC):

Es el tiempo empleado en cualquier otra actividad diferente a las de soporte o productivas. Las esperas, los reprocesos y demás se consideran como trabajo No Contributivo. Diferentes autores consideran el tiempo de descanso y de necesidades fisiológicas como tiempo no contributivo. Sin embargo, dichos tiempos, siempre y cuando se encuentren claramente establecidos, no deberían ser considerados dentro del tiempo total empleado en la producción de unidades de construcción.



Figura 2.14: Tiempo No Contributivo: Operador durmiendo

Fuente: Ballard G.

A continuación se muestra el siguiente cuadro para mayor detalle.

Tabla 2.4: Trabajos Productivos, Contributorios y No Contributorios

TP	TC	TNC
Vaciado de concreto	Tomar medidas	Descanso
Colocar cerámico	Corte de cerámicos	Viajes
Pintar fachada	Preparación de mezclas	Trabajos rehechos
Colocar cajas eléctricas	Transportar materiales	Tiempo ocioso

Fuente: Propia

Gráfico 2.7: Porcentajes de trabajos Productivos, Contributorios y No contributorios en algunos países de Sudamérica

NIVELES DE ACTIVIDAD GENERAL EN CONSTRUCCIÓN DE EDIFICACIONES



Fuente: Administración de operaciones de construcción

En el gráfico mostrado se compara el porcentaje óptimo de tiempo productivo, contributorio y no contributorio con los de Chile en 2 años, Colombia en un año y Perú en dos años, en esta tabla se nota la diferencia que hay en tiempo no contributorio de nuestro país con Colombia y Chile, esto debe reducirse hasta llegar al óptimo que es 15% y de esta manera aumentar la producción gastando lo mismo, lo cual beneficiaría a todos los involucrados en el proyecto y así a todo el país.

2.9.5 Estado actual del problema

La filosofía Lean Construction ha sido implementada con éxito desde 1993. Algunos programas exitosos de mejoramiento de gestión en construcción han sido desarrollados en: Suecia, Finlandia, Dinamarca, Inglaterra, Estados Unidos, Chile, Brasil, Indonesia, Australia, Venezuela, Ecuador, Perú y Colombia. Actualmente varias compañías peruanas están capacitando al personal en Lean Construction.

A nivel internacional existen dos organizaciones de apoyo, una de ellas es el Lean Construction Institute, fue fundado en agosto de 1997 por Glenn Ballard y Greg Howell como una entidad sin ánimo de lucro. El propósito del Lean Construction Institute es reformar la forma de gestionar la producción en el sector de la construcción y otra es el International Group for Lean Construction, fundado en 1993 por una cadena de profesionales e investigadores del sector de la construcción. Desde el año 1993, el International Group for Lean Construction organiza conferencias anuales sobre los avances en la filosofía Lean Construction.

2.10 METODOLOGÍA

2.10.1 Lean Project Delivery System (LPDS)

LPDS se define como un proceso colaborativo para la gestión integral del proyecto, a lo largo de todo el ciclo de vida de este. Se emplea un equipo en todo el proceso para alinear fines, recursos y restricciones. Se trata de un enfoque por etapas que comprende la definición del proyecto, el diseño, el suministro, el montaje o ejecución y el uso y mantenimiento posterior del edificio, instalaciones o infraestructura. En la presente tesis, como se mencionó anteriormente, solo nos centraremos en la etapa de construcción, es decir la etapa de "Ensamblaje Lean" y las herramientas que se usarán para el control de la producción son las siguientes:

2.10.1.1 *Curvas de Productividad*

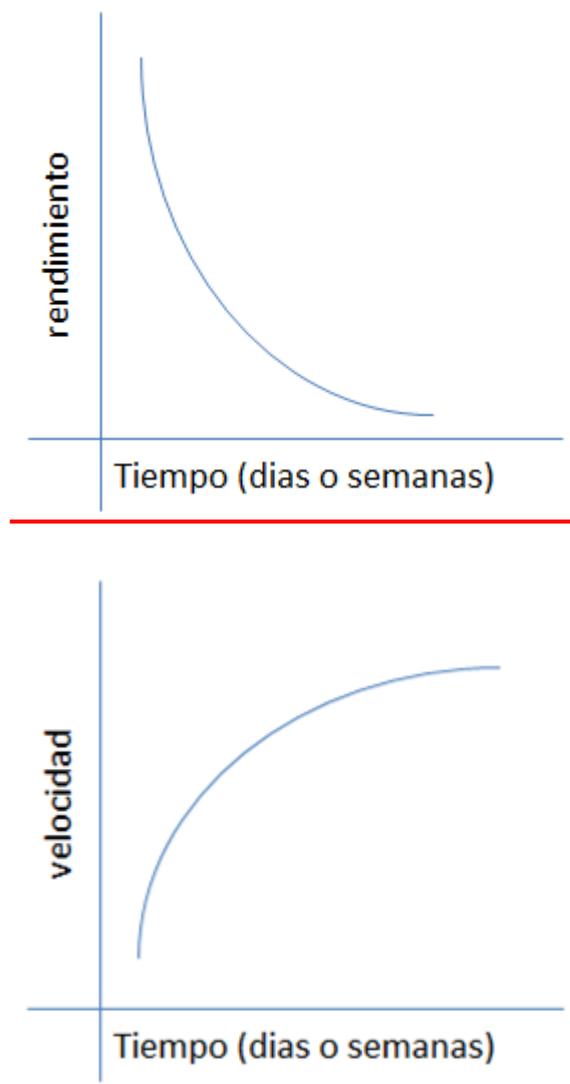
La curva de productividad es una gráfica que permite observar de manera más clara los resultados que arroja el I.S.P. Se realiza una curva de productividad por partida. Por ejemplo, La curva de productividad de encofrado de losa, o curva de productividad de vaciado de muros. En el eje de las abscisas se coloca los días y

en el eje de las ordenadas se coloca los rendimientos obtenidos en cada día. La fórmula del rendimiento es el siguiente:

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Horas Hombre Usadas}}{\text{Avance de la Partida}} \dots\dots\dots \text{fórmula 1}$$

Por el contrario, si se presenta el siguiente gráfico en una actividad quiere decir que la producción está emporando y hay que empezar a realizar un seguimiento riguroso de dicha actividad.

Gráfico 2.8: Curvas de productividad en disminución



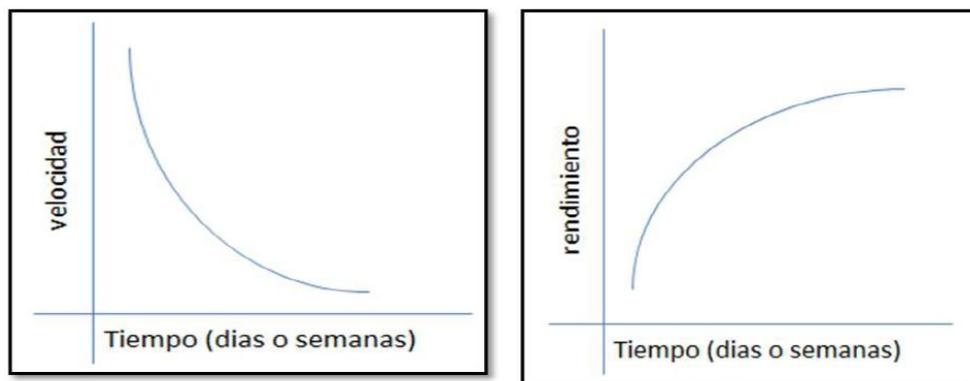
Fuente: Libro Lean Construction de Koskela

Tener en consideración:

- Para un mejor análisis se recomienda usar 3 curvas: curva de rendimiento diario, curva de rendimiento del presupuesto y curva de rendimiento acumulado. A nosotros nos va a importar que la curva del rendimiento acumulado este por debajo del rendimiento del presupuesto debido a que esto significara que no nos estamos excediendo de los recursos que teníamos destinados inicialmente.
- La curva de productividad también puede usarse mostrando la velocidad (en vez del rendimiento) que van teniendo la cuadrilla día a día
- Cuando la actividad en estudio tiene muchos días en la cual está siendo realizada, se recomienda pasar la unidad de tiempo en las abscisas de día a semanas, así el gráfico se hace más fácil de mostrar, leer e interpretar

A continuación, se presenta el gráfico que debería mostrarse en una obra si la actividad en estudio se encuentra en mejora:

Gráfico 2.9: Curvas de productividad en mejora



Fuente: Libro Lean Construction de Koskela

2.10.1.2 Presupuesto de Obra

Para poder completar el I.S.P. se debe usar algunos datos obtenidos del presupuesto de obra, haciendo de este una especie de herramienta indirecta. El presupuesto de obra se usa para completar en el I.S.P. las columnas que indican el metrado y las horas hombre requeridas para cada actividad.

2.10.1.3 *Sectorización*

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

2.10.1.4 *Nivel General de Actividad*

El nivel general de actividad mide el porcentaje de los tres tipos de trabajo en el total de la obra. Para realizar un nivel general de actividad se debe recorrer el total de la obra en forma aleatoria; Cada vez que se observe a un obrero, se deberá apuntar si está realizando un TP, TC o TNC y apuntar que actividad específica es la que se encuentra realizando. La muestra se debe obtener de todas las actividades que se encuentran en marcha en la obra y de todos los obreros. Los resultados de las mediciones del nivel general de actividad muestran el nivel que se maneja en la obra y sirven para comparar con los estándares nacionales e internacionales. También sirve para detectar cuáles son las principales pérdidas, cuantificarlas y eliminarlas.

2.10.1.5 *Carta Balance*

La Carta Balance es una herramienta que a partir de datos estadísticos, describe de forma detallada el proceso de una actividad para así buscar su optimización. En una Carta Balance se toma un intervalo de tiempo corto (cada uno o dos minutos) la actividad que está realizando cada obrero. Estas actividades son divididas en los tres tipos de trabajo TP, TC y TNC. A continuación se muestra un formato para llenar una Carta Balance en el cual el intervalo corto de tiempo corresponde a un minuto.

GRÁFICO 2.10: Formato de carta balance en blanco

FORMATO DE TOMA DE DATOS: CARTA BALANCE		Rev. 01-Ago-11																																		
PROYECTO:		ACTIVIDAD:																																		
MUESTREADOR:		DESCRIPCIÓN:																																		
N° FORMATO:		FECHA: HORARIO:																																		
MEDICIONES DE CUADRILLA PARA CARTA BALANCE																																				
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	OBSERVACIONES																											
1																																				
2																																				
3																																				
4																																				
5																																				
6																																				
7																																				
8																																				
9																																				
10																																				
11																																				
12																																				
13																																				
14																																				
15																																				
16																																				
17																																				
18																																				
19																																				
20																																				
21																																				
22																																				
23																																				
24																																				
25																																				
26																																				
27																																				
28																																				
29																																				
30																																				
31																																				
32																																				
33																																				
34																																				
35																																				
36																																				
37																																				
38																																				
39																																				
40																																				
									Clasificación del Recurso:																											
									<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 33%;">Actividad</th> <th style="width: 33%;">Tipo de Recurso</th> <th style="width: 33%;">Nombre / Código</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Recurso I</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Recurso II</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Recurso III</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Recurso IV</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Recurso V</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Recurso VI</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Recurso VII</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Recurso VIII</td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>	Actividad	Tipo de Recurso	Nombre / Código	Recurso I			Recurso II			Recurso III			Recurso IV			Recurso V			Recurso VI			Recurso VII			Recurso VIII		
Actividad	Tipo de Recurso	Nombre / Código																																		
Recurso I																																				
Recurso II																																				
Recurso III																																				
Recurso IV																																				
Recurso V																																				
Recurso VI																																				
Recurso VII																																				
Recurso VIII																																				
									Clasificación del Trabajo:																											
									<table style="width: 100%;"> <tbody> <tr><td style="width: 20px;">A</td><td>_____</td></tr> <tr><td>B</td><td>_____</td></tr> <tr><td>C</td><td>_____</td></tr> <tr><td>D</td><td>_____</td></tr> <tr><td>E</td><td>_____</td></tr> <tr><td>F</td><td>_____</td></tr> <tr><td>G</td><td>_____</td></tr> <tr><td>H</td><td>_____</td></tr> <tr><td>I</td><td>_____</td></tr> <tr><td>J</td><td>_____</td></tr> <tr><td>K</td><td>_____</td></tr> <tr><td>L</td><td>_____</td></tr> <tr><td>M</td><td>_____</td></tr> </tbody> </table>	A	_____	B	_____	C	_____	D	_____	E	_____	F	_____	G	_____	H	_____	I	_____	J	_____	K	_____	L	_____	M	_____	
A	_____																																			
B	_____																																			
C	_____																																			
D	_____																																			
E	_____																																			
F	_____																																			
G	_____																																			
H	_____																																			
I	_____																																			
J	_____																																			
K	_____																																			
L	_____																																			
M	_____																																			
									TOTAL																											
A																																				
B																																				
C																																				
D																																				
E																																				
F																																				
G																																				
H																																				
I																																				
J																																				
K																																				
L																																				
M																																				

Fuente: Empresa constructora

GRÁFICO 2.11: Formato de carta balance con datos

FORMATO DE TOMA DE DATOS: CARTA BALANCE																																																																																																																														
PROYECTO:					ACTIVIDAD: ENCOFRADO																																																																																																																									
MUESTREADOR:					DESCRIPCIÓN:																																																																																																																									
N° FORMATO: 1					FECHA:		HORA INICIO: 09:00 a.m.																																																																																																																							
MEDICIONES DE CUADRILLA PARA CARTA BALANCE																																																																																																																														
	CICLO 1				CICLO 2				OBSERVACIONES																																																																																																																					
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII																																																																																																																						
1	T	T	T	T																																																																																																																										
2	S	S	S	S																																																																																																																										
3	T	T	T	T																																																																																																																										
4	T	AP	T	H																																																																																																																										
5	C	C	C	C																																																																																																																										
6	A	AP	A	H																																																																																																																										
7	A	AP	A	H																																																																																																																										
8	H	H	A	T																																																																																																																										
9	A	H	T	A																																																																																																																										
10	T	H	E	T																																																																																																																										
11	A	T	C	A																																																																																																																										
12	T	T	AP	A																																																																																																																										
13	AP	T	A	T																																																																																																																										
14	A	AP	A	AP																																																																																																																										
15	A	AP	A	T																																																																																																																										
16	A	AP	T	H																																																																																																																										
17	C	H	A	T																																																																																																																										
18	AP	C	A	H																																																																																																																										
19	C	AP	C	AP																																																																																																																										
20	A	AP	A	A																																																																																																																										
21	T	AP	T	H																																																																																																																										
22	C	C	C	C																																																																																																																										
23	A	AP	A	H																																																																																																																										
24	A	AP	A	H																																																																																																																										
25	H	H	A	T																																																																																																																										
26	A	H	T	A																																																																																																																										
27	T	H	E	T																																																																																																																										
28	A	T	C	A																																																																																																																										
29	T	T	AP	A																																																																																																																										
30	AP	T	A	T																																																																																																																										
31	A	AP	A	AP																																																																																																																										
32	A	AP	A	T																																																																																																																										
33	A	AP	T	H																																																																																																																										
34	C	H	A	T																																																																																																																										
35	AP	C	A	H																																																																																																																										
36	C	AP	C	AP																																																																																																																										
37	A	AP	A	A																																																																																																																										
38	V	V	V	V																																																																																																																										
39	I	I	I	I																																																																																																																										
40	L	L	L	L																																																																																																																										
TOTAL																																																																																																																														
AP	4	16	2	4	0	0	0	0	26																																																																																																																					
TR	8	8	7	11	0	0	0	0	34																																																																																																																					
E	0	0	2	0	0	0	0	0	2																																																																																																																					
C	6	4	6	2	0	0	0	0	18																																																																																																																					
S	1	1	0	0	0	0	0	0	2																																																																																																																					
TR	0	0	0	0	0	0	0	0	0																																																																																																																					
H	2	8	0	8	0	0	0	0	18																																																																																																																					
A	16	0	16	8	0	0	0	0	40																																																																																																																					
L	1	1	1	1	0	0	0	0	4																																																																																																																					
OT	0	0	0	0	0	0	0	0	0																																																																																																																					
I	1	1	1	1	0	0	0	0	4																																																																																																																					
V	1	1	1	1	0	0	0	0	4																																																																																																																					
TT	40	40	36	36	0	0	0	0	152																																																																																																																					
<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>I</th> <th>II</th> <th>III</th> <th>IV</th> <th>V</th> <th>VI</th> <th>VII</th> <th>VIII</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>AP</td> <td>10%</td> <td>40%</td> <td>6%</td> <td>11%</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>TR</td> <td>20%</td> <td>20%</td> <td>19%</td> <td>31%</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>E</td> <td>0%</td> <td>0%</td> <td>6%</td> <td>0%</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>C</td> <td>15%</td> <td>10%</td> <td>17%</td> <td>6%</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>S</td> <td>3%</td> <td>3%</td> <td>0%</td> <td>0%</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>TR</td> <td>0%</td> <td>0%</td> <td>0%</td> <td>0%</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>H</td> <td>5%</td> <td>20%</td> <td>0%</td> <td>22%</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>40%</td> <td>0%</td> <td>44%</td> <td>22%</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>L</td> <td>3%</td> <td>3%</td> <td>3%</td> <td>3%</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>OT</td> <td>0%</td> <td>0%</td> <td>0%</td> <td>0%</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>I</td> <td>3%</td> <td>3%</td> <td>3%</td> <td>3%</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>V</td> <td>3%</td> <td>3%</td> <td>3%</td> <td>3%</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>											I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	AP	10%	40%	6%	11%					TR	20%	20%	19%	31%					E	0%	0%	6%	0%					C	15%	10%	17%	6%					S	3%	3%	0%	0%					TR	0%	0%	0%	0%					H	5%	20%	0%	22%					A	40%	0%	44%	22%					L	3%	3%	3%	3%					OT	0%	0%	0%	0%					I	3%	3%	3%	3%					V	3%	3%	3%	3%				
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII																																																																																																																						
AP	10%	40%	6%	11%																																																																																																																										
TR	20%	20%	19%	31%																																																																																																																										
E	0%	0%	6%	0%																																																																																																																										
C	15%	10%	17%	6%																																																																																																																										
S	3%	3%	0%	0%																																																																																																																										
TR	0%	0%	0%	0%																																																																																																																										
H	5%	20%	0%	22%																																																																																																																										
A	40%	0%	44%	22%																																																																																																																										
L	3%	3%	3%	3%																																																																																																																										
OT	0%	0%	0%	0%																																																																																																																										
I	3%	3%	3%	3%																																																																																																																										
V	3%	3%	3%	3%																																																																																																																										

Ciclos: 2 Medidas: 40

Clasificación del Recurso:

	Actividad	Tipo de Recurso	Nombre / Código
Recurso I	Encofrado	MO	Martino Guepe De la Cruz
Recurso II	Encofrado	MO	Wilmar Gordillo
Recurso III	Encofrado	MO	José Velasco Aguilar
Recurso IV	Encofrado	MO	José Sandoval
Recurso V			
Recurso VI			
Recurso VII			
Recurso VIII			

Clasificación del Trabajo:

AP	Apoyo
T	Transporte
E	Espera
C	Colocación
S	Segregación
TR	Trazo
H	Habitación
A	Asegurado
L	Liberación
OT	Otros
I	Información
V	Verificación

Fuente: Empresa constructora

2.10.1.6 *Informe semanal de producción (I.S.P).*

Junto con las actividades diarias a realizar se entrega al capataz una relación con todos los integrantes de su cuadrilla, para cada trabajador deberá escribir la actividad que han estado realizando, y las horas que le ha tomado realizar dicha actividad. Cabe mencionar también, que para tener un mayor control de la cuadrilla se entrega el tareo llenado con valores teóricos de avance de actividad, vale decir metrado. El capataz colocara a un costado los valores reales en campo. Estos cambios son normalmente aceptados, debido a la gran variabilidad que siempre hay en actividades de construcción.

2.10.2 Last Planner System O El Último Planificador

La metodología que se usó para la implementación del Last Planner System en la obra en estudio, se basó en los *paper* presentados en los congresos anuales del IGLC (International Group Lean Construction) y estos son:

2.10.2.1 *Programación maestra*

Esta programación marca los hitos de la programación de la obra. Por lo cual no debe ser una programación muy detallada. En algunas empresas aún se usa el diagrama de Gantt que muestra un cronograma muy detallado de las actividades que se van a realizar día a día desde el día que se empieza las obras provisionales hasta la entrega final del último departamento del proyecto. Pero debido a la gran variabilidad que hay en obra, muchas veces este diagrama al final de la obra termina siendo un papel colgado en la oficina que nadie toma en cuenta para programar. Es por eso que la programación maestra no debe ser muy detallada, sino más bien marcar fechas tentativas como comienzo de excavación, fin del casco, etc. El Dr. Glenn Ballard (co-fundador y director de la investigación del Lean Construction Institute) mencionó en la conferencia de IGLC número 19 llevadas a cabo en lima, Perú lo siguiente: “todos los planeamientos son pronósticos, y todos los pronósticos están errados. Mientras más larga la predicción, más errada estará. Mientras más detallada la predicción, más errada estará” (Ballard, 2000)

2.10.2.2 *Look Ahead*

Es un cronograma de ejecución a mediano plazo (suele estar entre 3 a 6 semanas). Se parte de la programación maestra, haciendo algunos cambios al cronograma debido a que el look ahead es mucho más detallado.

2.10.2.3 *Programación Semanal*

Es un cronograma tentativo donde se muestra las actividades que se van a realizar en la semana. Se supone que todas las actividades mostradas no deben de tener restricciones para su realización. Para realizar la programación semanal se debe tener en cuenta la programación de las siguientes cuatro semanas (look ahead).

2.10.2.4 *Programación Diaria (Parte Diario)*

Conocido como el tareo, es un documento que se entrega todos los días al responsable de cada cuadrilla. Dicho documento muestra en forma clara las actividades a realizar durante el día, la idea es formalizar el pedido del ingeniero de campo en cuanto a las actividades a realizar. En algunas empresas el documento entregado al capataz para realizar las labores diarias tiendan más a confundirlo, por lo tanto se debería tratar de que el documento sea lo más claro posible (con gráficos y colores) para ayudar a reforzar lo dicho por el ingeniero de producción, mas no contradecirlo o confundir más a la persona que recibe el tareo. La idea de presentar un documento claro y sencillo es basada en una recomendación del L.C.I. (Lean Construction Institute) que sugiere la minimización de iteraciones negativa. Para realizar la programación diaria se debe tener en cuenta la programación semanal. Es aquí donde pueden ser incluidas actividades de “último minuto” como por ejemplo:

- Apoyo a cuadrilla de excavación por retraso imprevisto (mayor profundidad de cimentación que la esperada).
- Reparación de cerco perimétrico que fue destruido por camión de cisterna de agua.
- Simulacro de sismo en el que participe el total de trabajadores de la obra.
- Limpieza y mantenimiento de encofrado.

A manera de resumen, hasta ahora se ha mencionado herramientas únicamente de programación de obra. Primero la programación maestra que muestra hitos en la programación. Después el Look Ahead, que es una programación detallada a mediano plazo y por ultimo programación semanal y diaria que son un fragmento de el Look Ahead.

2.10.2.5 *Análisis de Restricciones*

Teniendo como base el Look Ahead, se hace un análisis de todas las partidas que se deberían realizar en las siguientes cuatro semanas según la programación. Hay que pensar en todo lo que se necesita para que la actividad se pueda realizar sin ninguna restricción. En el formato de análisis de restricciones se escribe también la fecha límite en la cual se tiene que levantar la restricción y el responsable o responsables de levantarla. El plazo no es necesariamente cuatro semanas, la idea es tener un tiempo de anticipación al cronograma para levantar las restricciones. El tiempo suele variar entre 3 y 6 semanas.

2.10.2.6 *Porcentaje de Plan Cumplido (PPC)*

Es el número total de tareas programadas completadas entre el número total de tareas programadas expresado en porcentaje. Las tareas programadas se toman del Look Ahead.

$$PPC = \frac{\text{Numero de tareas programadas completas}}{\text{Numero de tareas programadas}} \%$$

El PPC es un análisis de confiabilidad, no busca medir el avance sino la efectividad del sistema de programación.

CAPÍTULO III: DESARROLLO DEL PROYECTO

3.1. ALCANCE

La descripción del proyecto en el cual se realizó el estudio de la productividad de la planta de elementos prefabricados para esta presente tesis es el “*Terminal Portuario del Sur Matarani – Islay* “.Las partidas analizadas son referentes a la parte de la sub estructura de la obra (muelle y puente de acceso) las cuales fueron estudiadas en el periodo entre los meses julio hasta noviembre del 2013.

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 para la fabricación de las 73 vigas prefabricadas en la planta es de \$ 497,386.80.



Figura 3.1: Ubicación del muelle

Fuente: (Google Earth, 2013)



Figura 3.2: Micro Localización del Proyecto

Fuente: Google

3.1.2. Plazo de ejecución

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

Empresa ejecutora: ODEBRECHT S.A.

3.2. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

Odebrecht es un conglomerado brasileño de negocios en los campos de la ingeniería y la construcción, también participa en la manufactura de productos químicos y petroquímicos. Instituida como compañía en 1944, el grupo está presente en Sudamérica, América y el Caribe, Norteamérica, África, Europa y

el Medio Oriente. Empresa de Ing. Civiles, construcción, productos petroquímicos y químicos.

Esta empresa realiza sus proyectos teniendo como base tres pilares:

Producción, Calidad y Seguridad. Cada pilar toma mediciones de su especialidad para identificar y solucionar los problemas presentados en obra.

Estos problemas (generados básicamente por la variabilidad en la construcción) son identificados, corregidos y transmitidos en reuniones semanales a todo el staff técnico de la obra con la finalidad de integrar a todo el equipo técnico a los principales cambios que suceden durante la obra. De esta manera se logra obtener una mejora continua Producción de la obra.

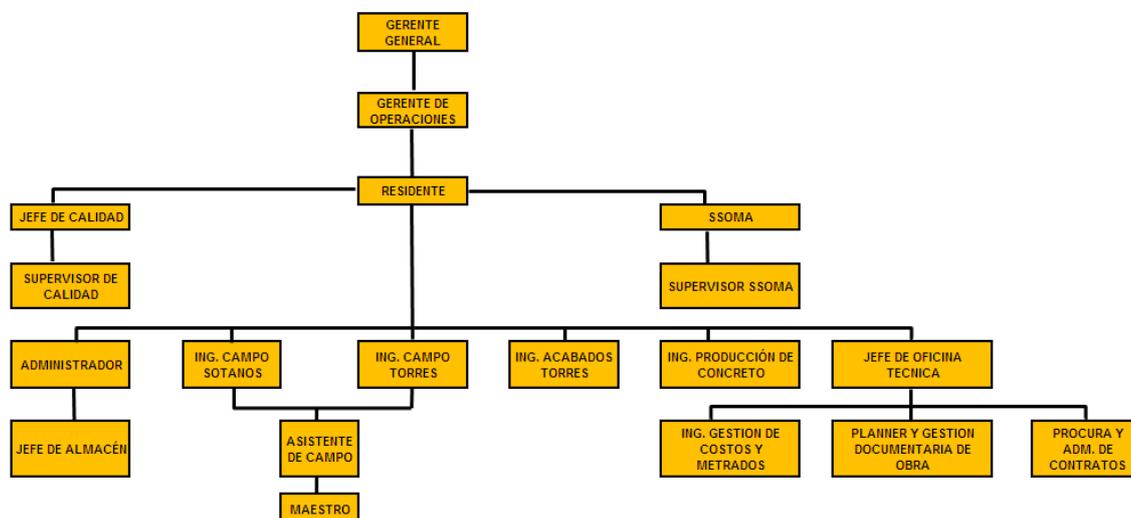
Los frentes de trabajo se realizan siguiendo una línea de producción, cada cuadrilla tiene una labor que se repite cada día, de forma repetitiva. Debido al gran volumen de la obra, las cuadrillas llegan a especializarse en su labor; Esa especialización se mostrará más adelante en la curva de aprendizaje. Se programan las cuadrillas para que una esté detrás de la otra. Los obreros tienen muy en claro que un día de atraso en su trabajo genera un día de atraso de todos los trabajos que vienen detrás y por lo tanto un día de atraso en la entrega final de obra.

Las principales tecnologías e insumos aplicados en la obra son las siguientes:

- Encofrado metálico – FORZA
- Encofrado PERI y ULMA
- Acero corrugado - ACEROS AREQUIPA y SIDER PERU
- Concreto de planta instalada en obra
- Retroexcavadora
- Cargador frontal propio
- Mini cargador propio
- 3 Torre grúa propia y 3 elevadores
- Planta dosificadora de concreto y bomba estacionaria de concreto.

3.3. ORGANIGRAMA

Gráfico 3.1: Organigrama de los Responsables de Área



Fuente: Propio

3.3.1. Cargos y responsabilidades

Todos los miembros del staff y los trabajadores de obra trabajan bajo el siguiente lineamiento jerárquico; por ello se detallará las funciones más generales de cada cargo según el siguiente organigrama:

3.3.1.1. Gerente de Proyecto

- Velar por el cumplimiento y conocimiento de los procedimientos de calidad, seguridad, salud ocupacional y medio ambiente.
- Mantener la comunicación entre la obra y la oficina central.
- Mantener y liderar las relaciones contractuales con el cliente, realizando una adecuada gestión técnica y comercial.
- Planificar, asignar recursos, definir las metas y objetivos para la ejecución del proyecto.
- Implementar los controles necesarios para minimizar desviaciones económicas de obra, haciendo su seguimiento y permanente control.
- Asegurar el cumplimiento de los objetivos planificados a través de acciones de control.

3.3.1.2. *Ingeniero Residente*

- Controlar y velar por el cumplimiento y conocimiento de los procedimientos de calidad, seguridad, salud ocupacional y medio ambiente.
- Programar, planificar y controlar en detalle la ejecución de la obra.
- Implementar la excelencia operacional, con el control de costos, productividad y control de pérdidas de obra, tanto propios como subcontratos.
- Cumplir y hacer cumplir los procedimientos internos de la empresa.

3.3.1.3. *Ingeniero de Campo*

- Controlar y velar por el cumplimiento y conocimiento de los procedimientos de calidad, seguridad, salud ocupacional y medio ambiente.
- Planificar y coordinar en detalle los recursos necesarios para el cumplimiento de los objetivos del contrato.
- Controlar los protocolos de las inspecciones, pruebas o ensayos realizados en campo.
- Realizar el control de calidad de los trabajos, en las obras.
- Proponer, implementar y evaluar acciones correctivas, preventivas y de mejora e informar el resultado de éstas.
- Controlar las pérdidas de materiales definidas claves para la obra e informarlo a oficina técnica.
- Realizar el control en campo de los subcontratos.
- Colaborar con las auditorías o inspecciones, así como realizar y controlar las correcciones que le sean solicitadas.
- Dar las facilidades para la capacitación del personal.
- Realizar el levantamiento de observaciones de obra generadas por el cliente para la recepción final de la obra.

3.3.1.4. *Ingeniero de Oficina Técnica*

- Controlar y velar por el cumplimiento y conocimiento de los procedimientos de calidad, seguridad, salud ocupacional y medio ambiente.

- Establecer e implementar los métodos de control del proyecto.
- Implementar y actualizar la programación y el control de avance de la obra, el control de costo de la obra, el control de pérdidas de recursos y horas hombre y el control de los subcontratos.
- Dar cumplimiento a lo solicitado en el contrato para cumplir con los aspectos comerciales y técnicos.
- Controlar el proyecto en base a su programación, chequeando recursos avances, rutas críticas y desviaciones que se presenten.
- Preparar presupuestos de trabajos adicionales o modificaciones.
- Ejecutar los metrados del proyecto y solicitar la compra de los materiales incorporados.
- Gestionar y entregar al cliente los planos As built.
- Implementar archivo técnico.
- Emitir valorizaciones y controlar los avances financieros. Velar por el cumplimiento de los procedimientos administrativos y asesorar al personal sobre su correcta utilización.
- Velar por el cumplimiento y conocimiento de los procedimientos de Calidad, seguridad, salud ocupacional y medio ambiente.
- Manejar y llevar al día los expedientes de Ingreso de Personal de Obra (Tareos, ficha de ingreso, exámenes médicos, Pólizas SCTR, Boletas de pago por semana).
- Planificar, administrar y controlar los gastos de la obra y los movimientos monetarios relacionados con gastos menores.

3.3.1.5. *Encargado de Almacén*

- Coordinar con el abastecimiento, el retiro de insumos y/o el despacho con el proveedor según lo acordado en la orden de compra.
- Controlar el stock de materiales en obra.
- Mantener los almacenes y sitios de acopio seguro, de acuerdo a las exigencias de prevención de riesgos y medio ambiente.
- Establecer el stock crítico al residente de obra.
- Recepcionar los materiales y verificar sus cantidades, plazos de entrega y especificaciones técnicas.

- Participar en la planificación de la solicitud de insumos en conjunto con el residente de obra y jefe de campo, según las características del proyecto y las necesidades del programa de construcción.
- Generar informes periódicos sobre el estado del almacén.
- Mantener información relevante de seguridad, salud ocupacional y medio ambiente de todos los productos peligrosos almacenados.
- Velar por el cumplimiento y conocimiento de los procedimientos de calidad, seguridad, salud ocupacional y medio ambiente en campo.
- Cumplir con lo establecido en el Manual de Abastecimiento de la empresa.

3.4. DESCRIPCIÓN INGENIERIL

3.4.1. Descripción general

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.

3.4.2. Características del puente y del muelle

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

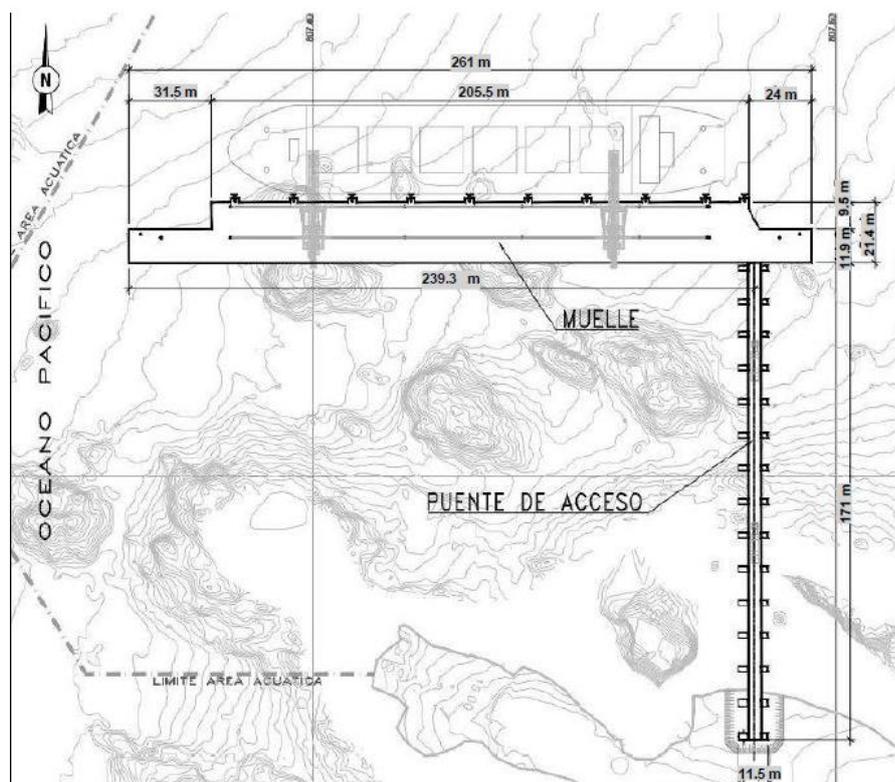


Figura 3.3: Planta general del puente y muelle

Fuente: Proyecto Matarani, 2013

El puente de acceso tiene dimensiones aproximadas en planta de 5m por 171 m, y es compuesto de 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.

Sobre el puente transitan 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 +7.00 m en la conexión con el muelle.

La longitud aproximada del muelle en planta es de 261 m, y su ancho es variable. En la parte del medio, región de las defensas, el ancho es de 21,40 m, y, en los bordes, el ancho es de 11,90 m. El muelle está en la cota +7,00 m.

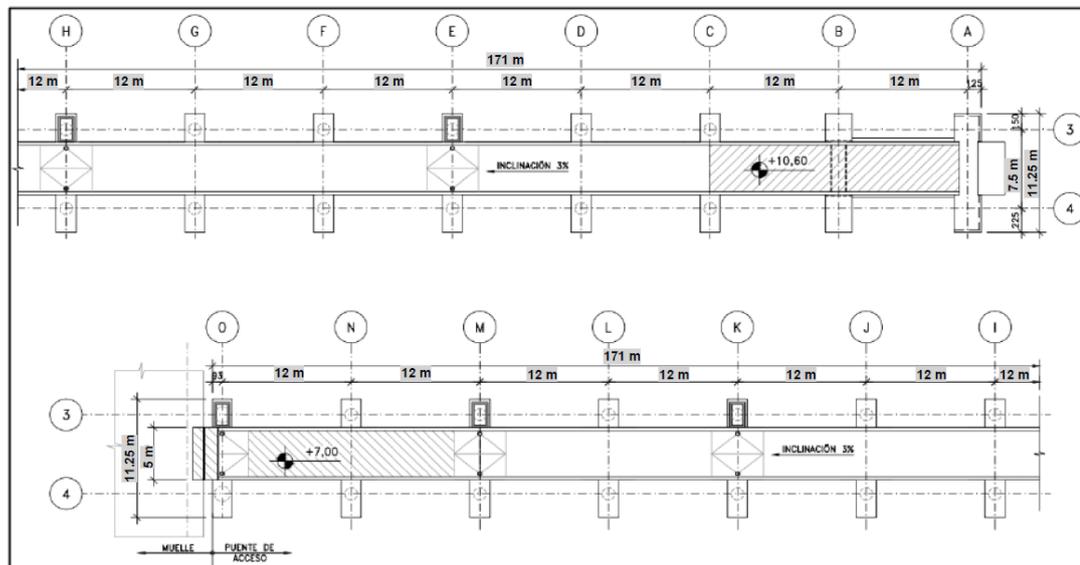


Figura 3. 4: Planta General del Puente de acceso

Fuente: Proyecto Matarani, 2013

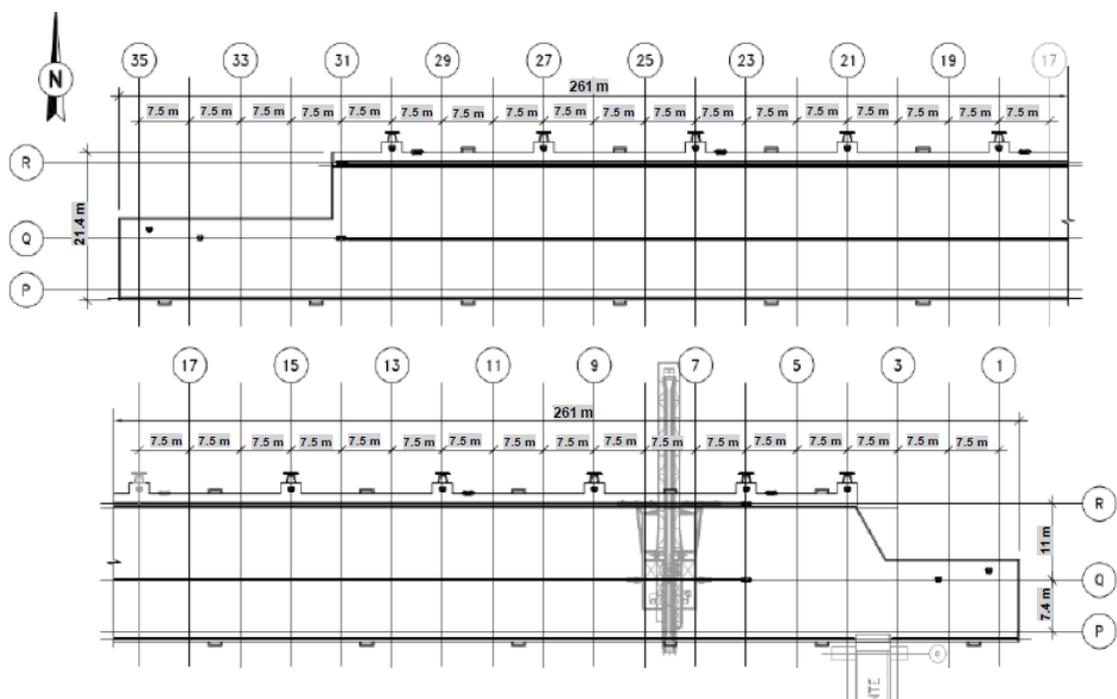


Figura 3. 5: Planta General del Muelle

Fuente: Proyecto Matarani 2013

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

3.4.2.1. 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.

3.4.2.2. Estribo:

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

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.

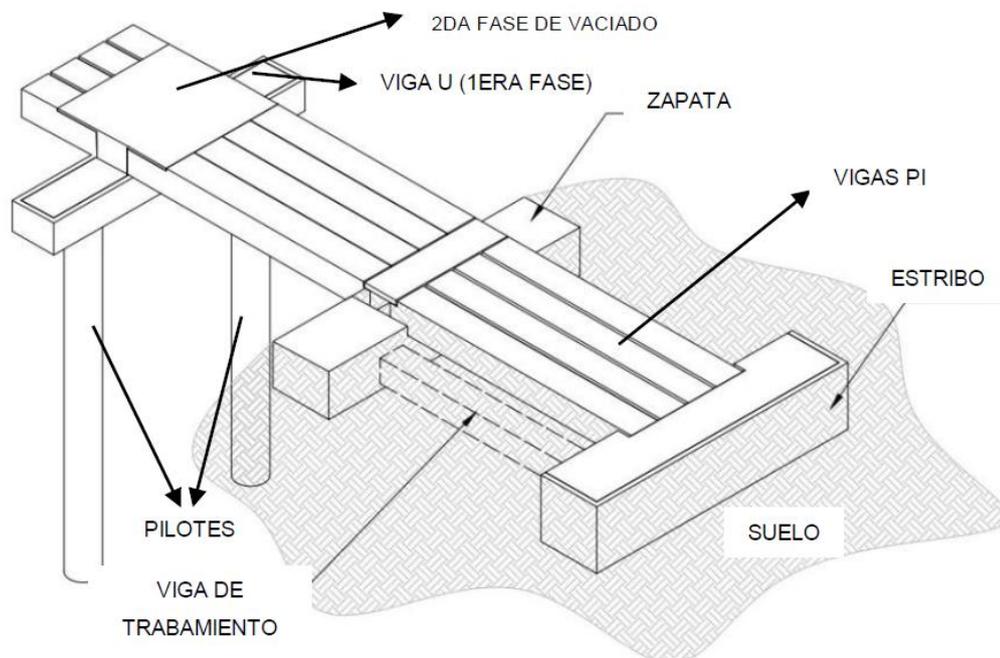


Figura 3. 6: Inicio del Puente de Acceso

Fuente: Proyecto Matarani, 2013

3.4.2.3. Pilotes con camisas metálicas 1168 mm

Los pilotes adoptados para el puente de acceso presentan camisas perdidas con diámetro exterior de 1168 mm y espesor de 8 mm, rellenas de concreto.

En el puente de acceso tenemos 26 pilotes 2 pilotes por eje.

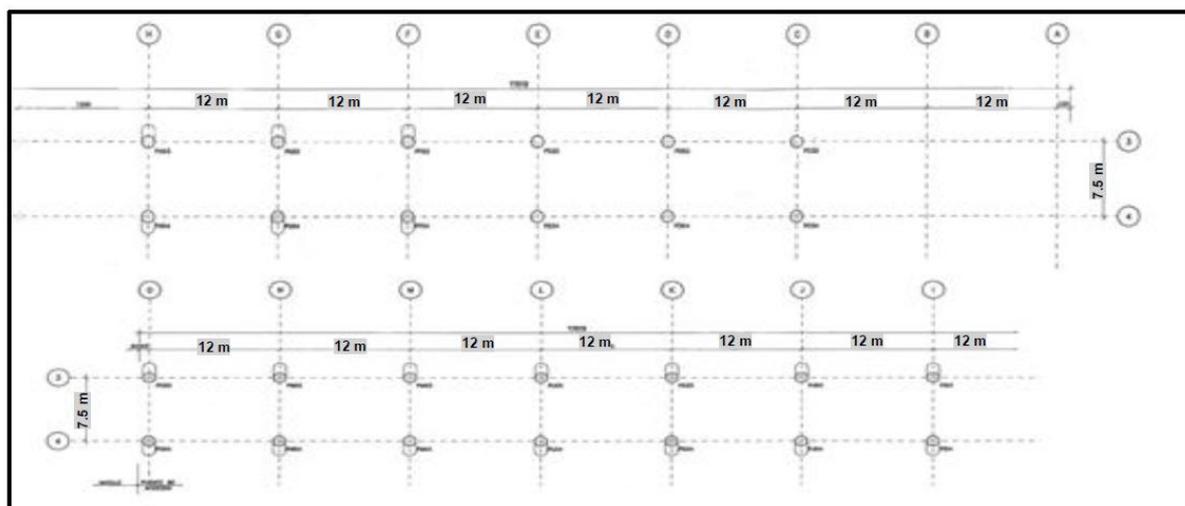


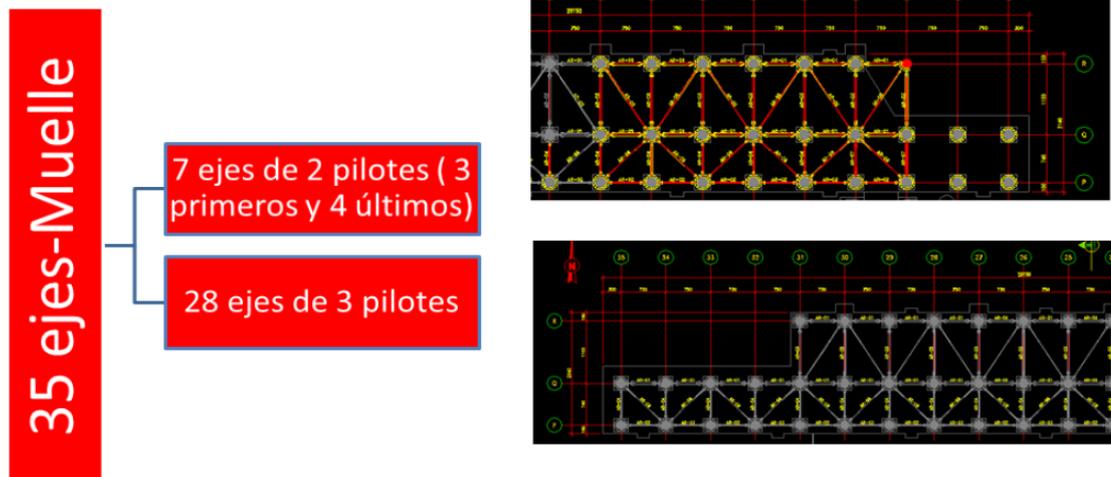
Figura 3.7: Vista planta de ubicación de pilotes

Fuente: Proyecto Matarani, 2013

3.4.2.4. Pilotes con camisas metálicas 1473 mm

Los pilotes adoptados presentan camisas metálicas perdidas, con diámetro exterior de 1473 mm y espesor de 9,53 mm, rellenas de concreto.

En lo que concierne el muelle tiene 98 pilotes, distribuidos en 35 ejes es decir 3 pilotes por eje, todos siendo de longitudes y variables.



Inicio y fin del esquema general del muelle de embarque. Cabe señalar que en el eje 3 se pueden observar 3 pilotes; sin embargo el pilote R-3 será colocado de manera temporal.

Figura 3. 8: Cantidad total del muelle

Fuente: Proyecto Matarani, 2013

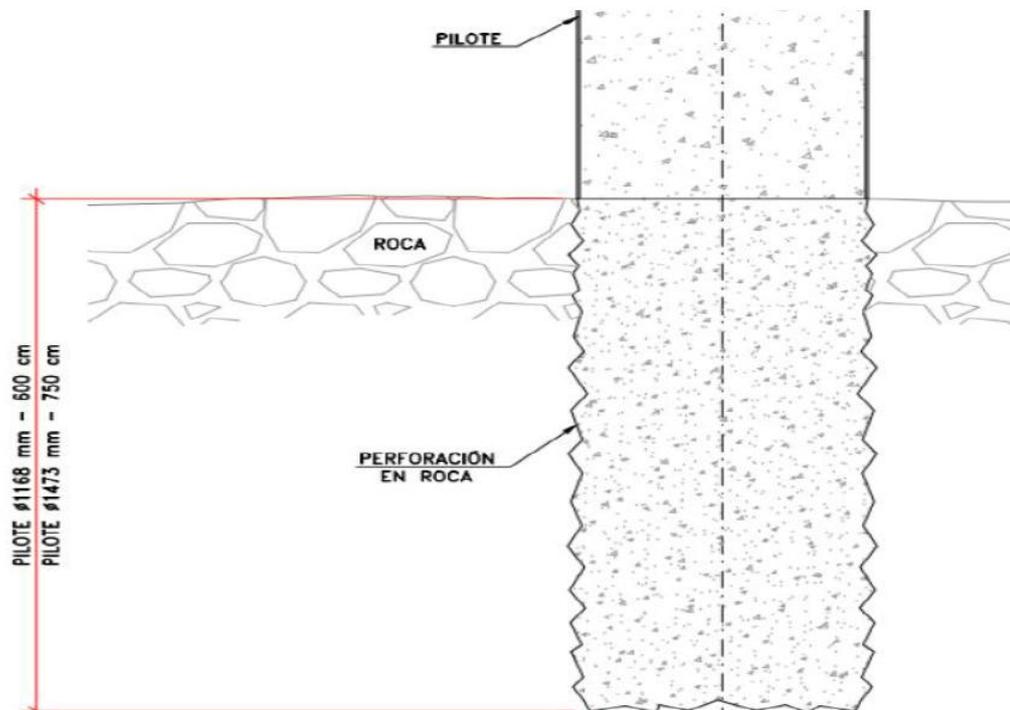


Figura 3.9: Detalle de pilote

Fuente: Proyecto Matarani, 2013

3.5. FABRICACIÓN DE ELEMENTOS PREFABRICADOS

3.5.1. Tipos de prefabricados

3.5.1.1. Descripción de los pre-fabricados prefabricados de tipo “u”

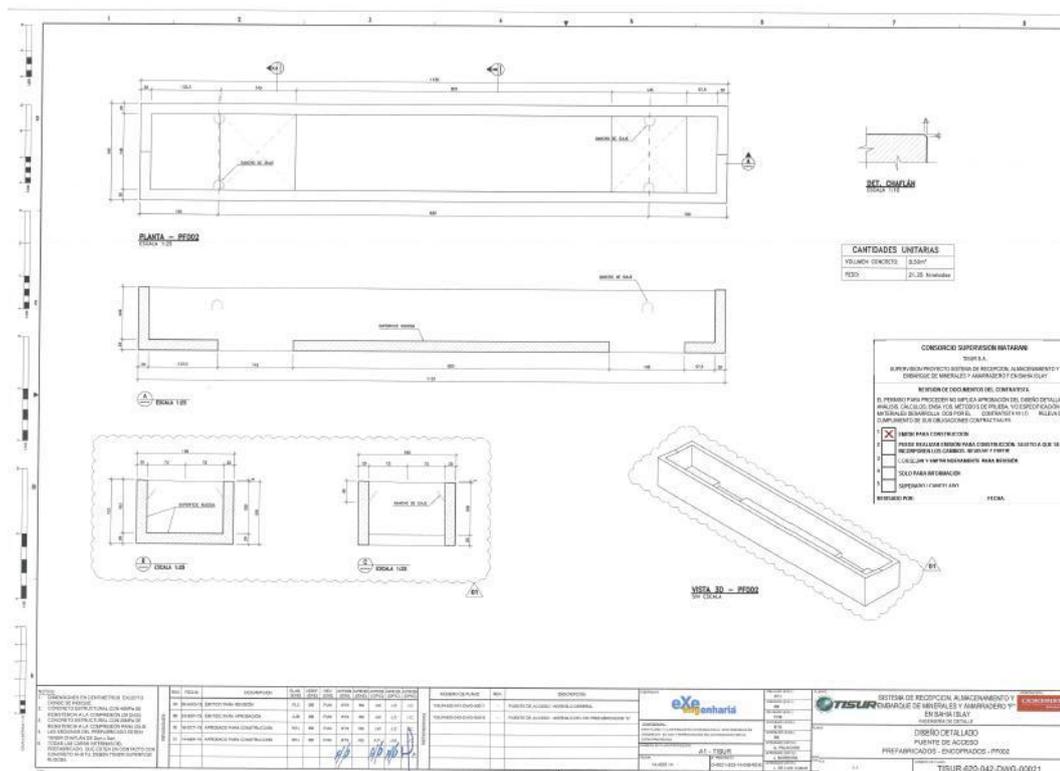


Figura 3.10: Prefabricados tipo U del puente de acceso

Fuente: Proyecto Matarani, 2013

De acuerdo a la Figura 3.10, 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:

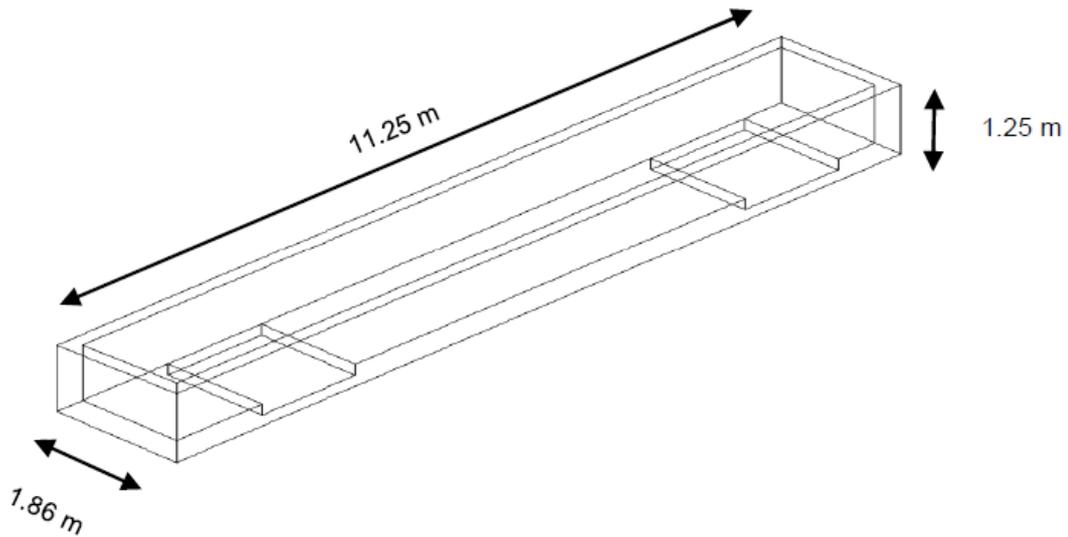


Figura 3.11: Prefabricado Tipo U

Fuente: Proyecto Matarani, 2013

3.5.1.2. 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.

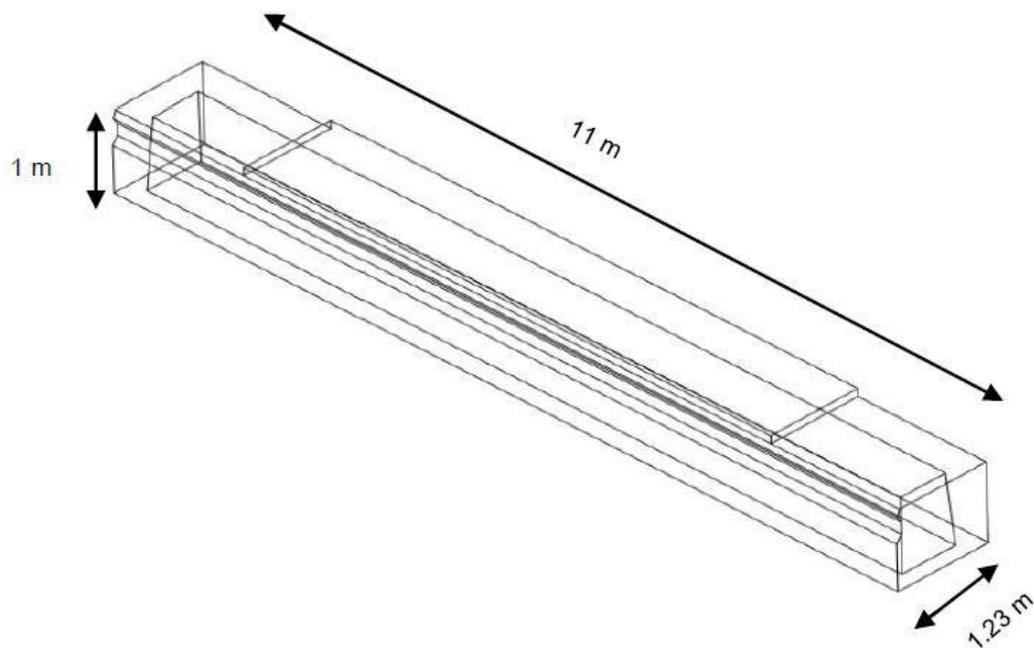


Figura 3.12: Prefabricado tipo PI

Fuente: Proyecto Matarani, 2013

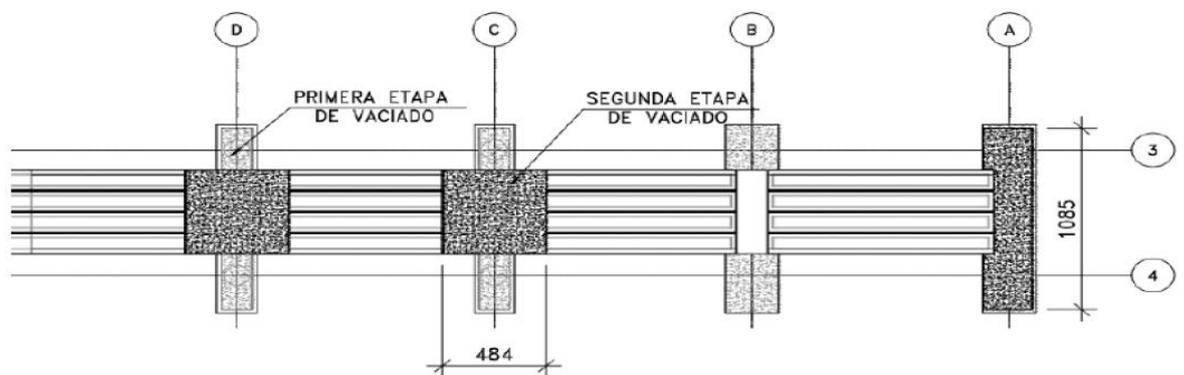


Figura 3.13: Etapas de vaciado

Fuente: Proyecto Matarani, 2013

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.

3.5.2. Proceso constructivo

3.5.2.1. *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 3.14: Armado de mallas de acero

Fuente: Propia

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



Figura 3.15: Aplicación de desmoldante

Fuente: propia

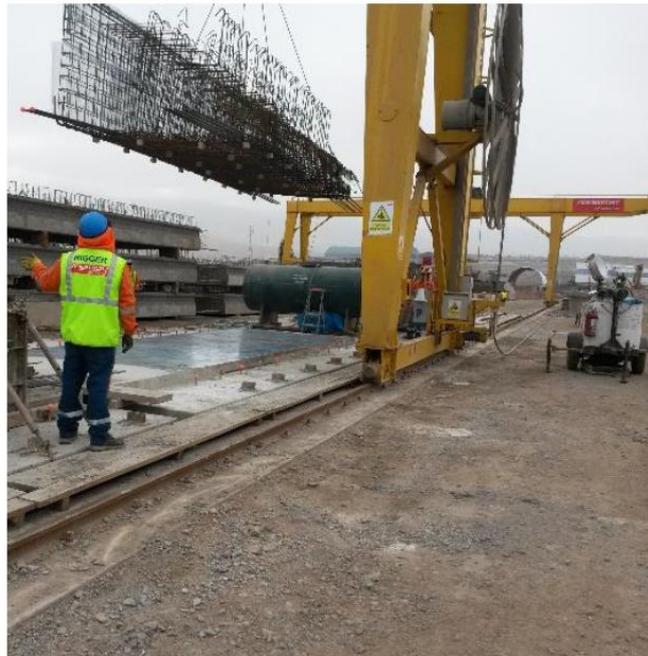


Figura 3.16: Izaje de malla de acero

Fuente: propia

3.5.2.2. Colocación Del Encofrado:

Previa 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 3.17: Encofrado prefabricado

Fuente: propia

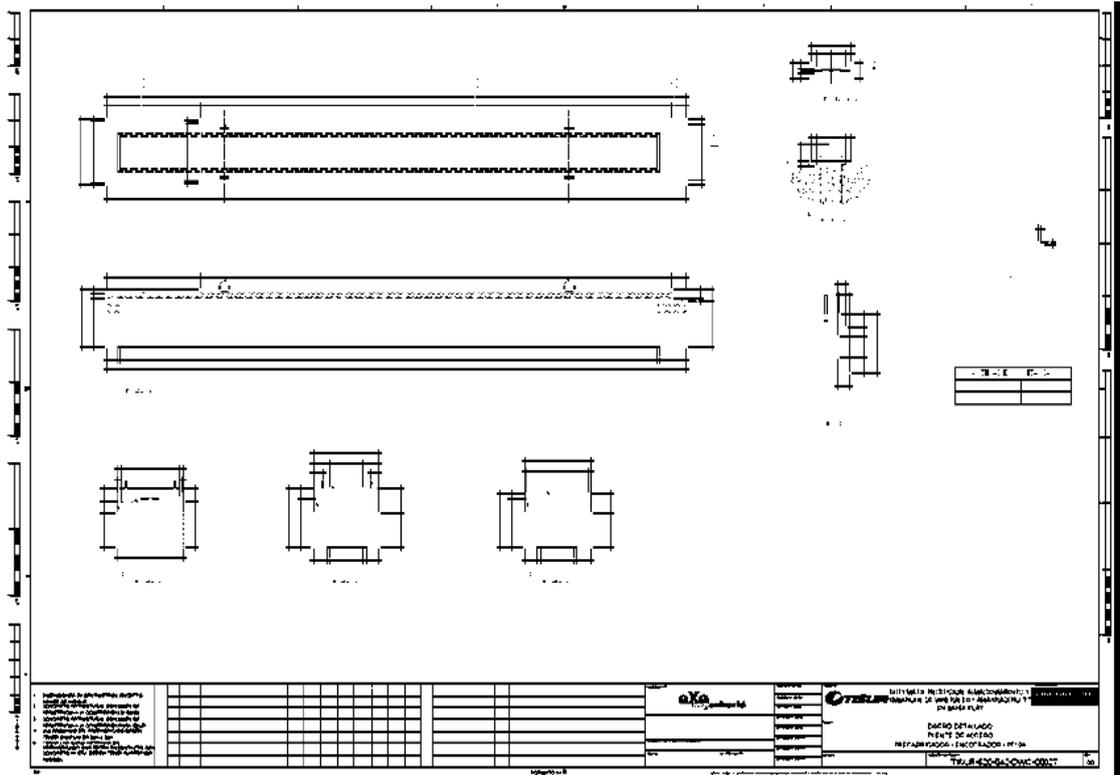


Figura 3.18: Encofrado prefabricado tipo Pi

Fuente: Matarani, 2013



Figura 3.19: Encofrado interior con malla gallinero

Fuente: propia

3.5.2.3. 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 3.20: Colocación de concreto

Fuente: propia

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 3.21.



Figura 3.21: Lavado de superficie de concreto

Fuente: propia

3.5.2.4. 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 3.22: Curado de prefabricado

Fuente: propia

3.5.2.5. 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:

Tabla 2.5: Modelo de identificación de prefabricado de concreto

Tipo de Prefabricado	Numero	Fecha de Vaciado
PF001	10	27/03/2014

Fuente: Propia



Figura 3.23: Identificación prefabricado

Fuente: propia

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 3.24: Cajuela parte inferior molde encofrado

Fuente: propia



Figura 3.25: Gata usada en prefabricado tipo PI

Fuente: propia

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 3.26: Izaje de prefabricado

Fuente: propia

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 3.27.

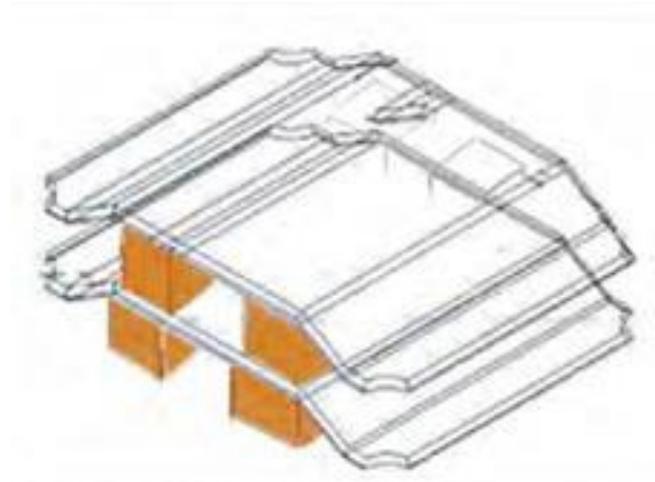


Figura 3.27: Almacenamiento de prefabricados

Fuente Matarani, 2013

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.

CAPITULO IV: IMPLEMENTACIÓN DE LAST PLANER

4.1. GENERALIDADES

En el presente capítulo se mostrarán los resultados obtenidos mediante el uso de las herramientas del Lean Construction (sectorización, programación maestra, tareo diario, Look ahead, análisis de restricciones, porcentaje de plan cumplido, presupuesto de obra, ISP y cartas balance) y el impacto que estas generan referente al costo y al tiempo de ejecución, es decir, la programación.

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 de éstas, mas no se tenía un plan de trabajo para la semana.

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

4.2. PRESUPUESTO DE OBRA

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

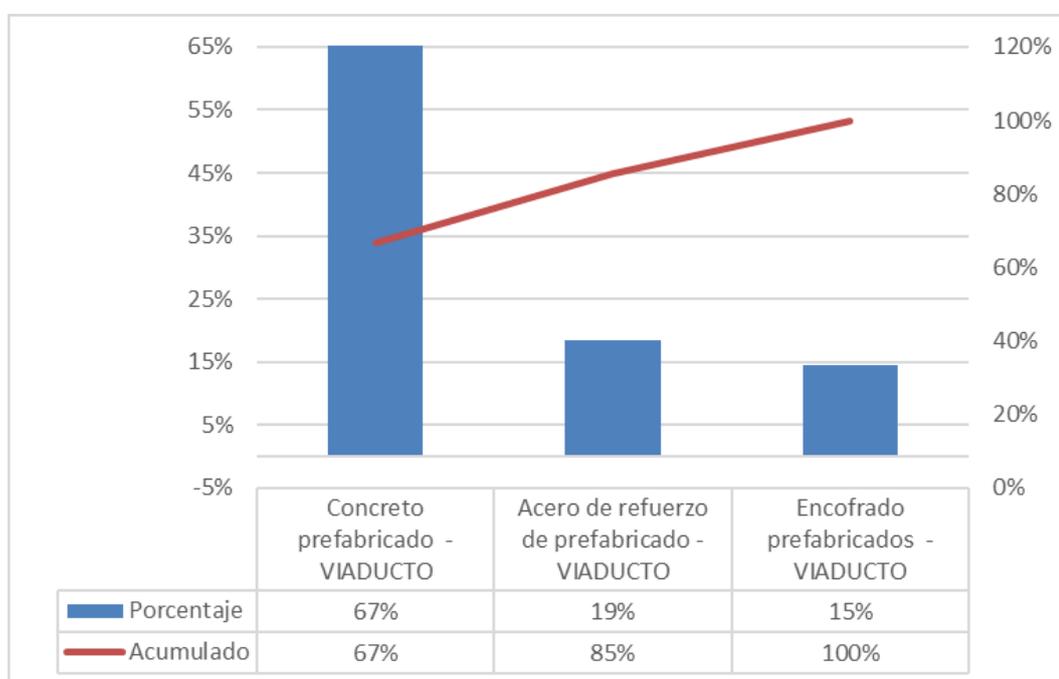
Tabla 4.1: Presupuesto de Obra

Código	Descripción	UMed.	Cantidad	Costo Unitaria (USD)	Costo Total (USD)
	Prefabricados - PUENTE DE ACCESO				497386.80
	Vigas tipo U - PUENTE DE ACCESO				
	Elementos Prefabricados de Concreto 40 Mpa -PUENTE DE ACCESO				116658.30
13.40	Concreto prefabricados - Cabezal – VIADUCTO	m3	109.48	262.07	28691.42
13.41	Encofrado prefabricados - Prefabricados - PUENTE DE ACCESO	m2	789.03	46.56	36737.24
13.42	Acero de refuerzo de prefabricados - Prefabricados - PUENTE DE ACCESO	kg	33266	1.54	51229.64

	Vigas tipo PI - PUENTE DE ACCESO				380728.50
13.43	Concreto prefabricados - Prefabricados - PUENTE DE ACCESO	m3	440	262.07	115310.80
13.44	Encofrado prefabricados - Prefabricados - PUENTE DE ACCESO	m2	2729.9	46.56	127104.14
13.45	Acero de refuerzo de prefabricados - Prefabricados - PUENTE DE ACCESO	kg	89814	1.54	138313.56

Fuente: Base de datos de la empresa

GRÁFICO 4.1: Diagrama de Pareto de partidas de la Planta de Prefabricados



Fuente: Propia

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.

4.3. ACTIVIDADES DE MAYOR INCIDENCIA

Durante la producción de prefabricados se buscó realizar la mejora de la productividad de los mismos para lo cual primero se identificaron los flujos de actividades necesarias para su fabricación. Con la ayuda del diagrama de Pareto se determinó cuáles eran las actividades más incidentes que contribuían a la producción de prefabricados y poder identificar el cuello de botella es decir aquella fase de la cadena de producción más lenta y que determina la verdadera capacidad del proceso.

Tabla 4.2: Actividades de producción de prefabricados

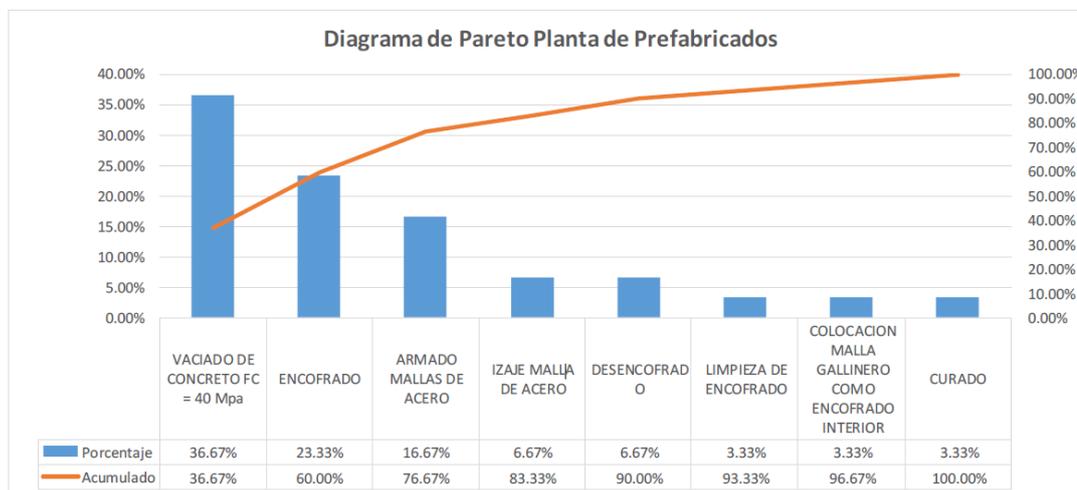
PREFABRICADOS				
Nº	ACTIVIDAD CON DEFECTOS	Nº DE FALLAS	ACUM. Nº FALLAS	% ACUMULADO
1	ARMADO MALLAS DE ACERO	5	5	16.67%
2	LIMPIEZA DE ENCOFRADO	1	6	20.00%
3	IZAJE MALLA DE ACERO	2	8	26.67%
4	ENCOFRADO	7	15	50.00%
5	COLOCACION MALLA GALLINERO COMO ENCOFRADO INTERIOR	1	16	53.33%
6	VACIADO DE CONCRETO 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%

Fuente: Propia

Se realizó el Diagrama de Pareto para observar la incidencia que tiene la actividad de vaciado de concreto con respecto a las demás.

GRÁFICO 4.2: Diagrama de Pareto de Ciclo de Actividades



Fuente: Empresa

Del diagrama anterior se observa que la actividad de vaciado de concreto $f'c=40$ Mpa abarca el 44.74% 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.

4.4. 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.

4.5. 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 "Último 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, como se implementa, que indicadores se medirán y que resultados se esperan obtener. En la reunión se enfatizó que no se buscaba 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 para poder obtener 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.

4.6. TAREO DIARIO

- En el caso de la obra se entrega el tareo al siguiente personal:
- Topógrafo.
- Capataz concreto.
- Prevencionista de riesgos.
- Ingenieros y/o cabezas de grupo

En el formato que se muestra a continuación se detalla la actividad o partida que el personal va a realizar en un día determinado, además se controla las horas hombre usadas para dichos trabajos y se cuantifica el avance diario.

Al final del día, los encargados de cada grupo, responsables de llenar este formato, deben entregarlo con las mediciones reales obtenidos en campo para luego ser analizadas por el ingeniero de producción.

Este parte diario el ingeniero lo debe entregarlo un día antes alrededor de las 5:00pm con la finalidad de que todos se encuentren enterados de las actividades programadas.

GRÁFICO 4.3: Ejemplo de Tareo Diario con rendimientos

PLANIFICACION DIARIA:													AREA DE PRODUCCIÓN									
ITEM	ACTIVIDAD	AREA/ZONA	Personal	Cale. Esp.	#Obr	#Obr	Tot Obr	Metrado	Und	Vab	#Ordía	H/Hun	#Íds	Horario	Rendimiento PPTO	% CUMPL	METRADO EJECUTAD	CAUSAS				
1 Excavación para ducto de monozido																						
		SOTANOS	BEERRA CHAVEZ, JAME	PEON LIMPIE	1.00	1	1.00	4.0	m3	9.00	2.25	1.00	1.00	07:30 a 18:00	2.30		4.0					
2 vaciado de cimiento																						
		SOTANOS	LAVADO AVILA, GUSTAVO WALTER MENDOZA QUIJPE, DANIEL CLAUDIO REYES ANASTACIO, RIDER MUSOLINE	OPERA CONCRETO OPERA BAÑERIA OPERA CONCRETO			3.00	23.0	m3	4.00	0.52	1.00	1.00	13:00 a 16:00			23.0					
3 vaciado de losa de piso y acabado																						
		SOTANOS	LAVADO AVILA, GUSTAVO WALTER MENDOZA QUIJPE, DANIEL CLAUDIO REYES ANASTACIO, RIDER MUSOLINE	OPERA CONCRETO OPERA BAÑERIA OPERA CONCRETO			3.00	106.7	m2	4.50	0.13	1.00	1.00	16:30 a 21:00			107.0					
4 Resane de vigas																						
			FLORES FLORES, ORLANDO ROSARIO GUTIERREZ PARDO, GODFREDO SULLA SIMON, PERFECTO FRUCTOS	ESTRUCTURA OPERA BAÑERIA OPERA BAÑERIA			6.00	40.0	ml	4.50	0.68	1.00	1.00	07:30 a 12:00			40.0					
			LAVADO AVILA, GUSTAVO WALTER MENDOZA QUIJPE, DANIEL CLAUDIO REYES ANASTACIO, RIDER MUSOLINE	OPERA CONCRETO OPERA BAÑERIA OPERA CONCRETO																		
5 Dirección																						
		SOTANOS	OCHOA ZARATE, EMILIO	OPERA CONCRETO			1.00					1.00	1.00	07:30 a 18:00								
													CARP	ALB	FERR	Total						
													CA				6					
													OF				0					
													AV				2					
													Otra				8					
													Descanzo									

Fuente: Empresa

4.7. LOOK AHEAD

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

Una vez realizada la planificación para 3 semanas, a cada semana se le realizó el análisis de restricciones de las actividades, se tomó en cuenta las siguientes restricciones: materiales, mano de obra, diseño, equipos y herramientas.

4.7.1. Materiales:

Tiene que ver principalmente con la presencia de los materiales en campo, debe haber una revisión previa al desarrollo de la actividad para constatar si se encuentran todos los materiales en obra como también de una coordinación con los proveedores y subcontratistas ya que se trabajó con concreto premezclado y se debía de contar con una programación adecuada.

4.7.2. 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.

4.7.3. 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.

4.7.4. Diseño

Las mallas de acero y los encofrados deben estar minuciosamente revisados por el supervisor de calidad y supervisión para evitar los rediseños.

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.

Tabla 4.3: Look Ahead por tres semanas

N.		Descripción de Actividad / RESTRICCIÓN		UND.	Cantidad	Fecha Requerida	Resp.	LOOKAHEAD / PLANIFICACION INTERMEDIA																											
								Semana 4							Semana 5							Semana 6													
								10/3	11/3	12/3	13/3	14/3	15/3	16/3	19/3	20/3	21/3	22/3	23/3	24/3	25/3	26/3	27/3	28/3	19/3	20/3	21/3	22/3	23/3	24/3	25/3	26/3	27/3	28/3	
								L	M	J	V	L	M	J	V	L	M	J	V	L	M	J	V	L	M	J	V	L	M	J	V				
1	Acero fy=4200	Armado malla de acero						PF.106	PF.106	PF.106	PF.106	PF.106	PF.106	PF.106	PF.106	PF.106	PF.106	PF.106	PF.106	PF.106	PF.106	PF.106	PF.106	PF.106	PF.106	PF.106	PF.106	PF.106	PF.106	PF.106					
2		Preparación de Encofrado						PF.106	PF.106	PF.106	PF.106	PF.106	PF.106	PF.106	PF.106	PF.106	PF.106	PF.106	PF.106	PF.106	PF.106	PF.106	PF.106	PF.106	PF.106	PF.106	PF.106	PF.106	PF.106	PF.106					
3		Itaje malla de acero						PF.106	PF.106	PF.106	PF.106	PF.106	PF.106	PF.106	PF.106	PF.106	PF.106	PF.106	PF.106	PF.106	PF.106	PF.106	PF.106	PF.106	PF.106	PF.106	PF.106	PF.106	PF.106	PF.106					
		Restricciones																																	
		Coordinar despacho con proveedor.	kg.	39732		07/03/14	P. Becerra																												
		Verificar fecha de mantenimiento de grúa	und.	1		07/03/14	M. Ayala																												
		Encofrado																																	
4		Encofrado						PF.106	PF.106	PF.106	PF.106	PF.106	PF.106	PF.106	PF.106	PF.106	PF.106	PF.106	PF.106	PF.106	PF.106	PF.106	PF.106	PF.106	PF.106	PF.106	PF.106	PF.106	PF.106	PF.106					
5		Colocación Malla gallinero como encofrado interior						PF.106	PF.106	PF.106	PF.106	PF.106	PF.106	PF.106	PF.106	PF.106	PF.106	PF.106	PF.106	PF.106	PF.106	PF.106	PF.106	PF.106	PF.106	PF.106	PF.106	PF.106	PF.106	PF.106					
		Restricciones																																	
		Coordinar despacho con proveedor																																	
		Coordinar con RR.HH el ingreso de personal																																	
		Asegurar entrega de EPP a personal.																																	
		Concreto																																	
6		Vaciado de concreto f'c = 40 Mpa						PF.107	PF.106	PF.106	PF.106	PF.106	PF.106	PF.106	PF.106	PF.106	PF.106	PF.106	PF.106	PF.106	PF.106	PF.106	PF.106	PF.106											
		Restricciones																																	
		Entregar a proveedor programación requerida de concreto	m3	178.12		07/03/14	M. Ayala																												
		Coordinar con el área de calidad liberaciones.																																	
		Verificar vía de acceso para ingreso de mixer																																	
7		Desencofrado						PF.106	PF.106	PF.106	PF.106	PF.106	PF.106	PF.106	PF.106	PF.106	PF.106	PF.106	PF.106	PF.106	PF.106	PF.106	PF.106	PF.106	PF.106	PF.106	PF.106	PF.106	PF.106	PF.106					
8		Curado						PF.106	PF.106	PF.106	PF.106	PF.106	PF.106	PF.106	PF.106	PF.106	PF.106	PF.106	PF.106	PF.106	PF.106	PF.106	PF.106	PF.106	PF.106	PF.106	PF.106	PF.106	PF.106	PF.106					

Fuente: Empresa

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.

4.8. ANÁLISIS DE RESTRICCIONES

Teniendo en cuenta el Look Ahead. Se muestra las restricciones que se tienen para dejar de cumplir con la programación:

4.9. 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.

4.10. 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).

Tabla 4.4: Ejemplo de formato de Análisis de restricciones

BOLETIN DE GESTION									
FRENTE DE SERVICIO:		Prefabricados - Concreto			SEMANA:		2		
CAPATAZ:		Meneses Gil			DIA:		<input checked="" type="checkbox"/> NOCHE <input type="checkbox"/>		
PERÍODO :		07 al 13.07.14			RESPONSABLE:		MAURICIO AYALA		
					GERENTE:		LUIS GARIBALDI		
I - META DE PRODUCCION		UBICACIÓN	UND	PREVISTO	REALIZADO	%			
META	vaceado de vigas tipo " U "		PREFAB	UND	6.00	5.00	83%		
	vaceado de vigas tipo " PI "		PREFAB	UND	11.00	11.00	100%		
	vaceado de concreto camisa de proteccion		PREFAB	UND	6.00	6.00	100%		
EVALUACIÓN (PROMEDIO %)							94		
I. CUADRILLA DE TRABAJO DISPONIBLE		L	M	M	J	V	S	D	
(1) MANO DE OBRA	1.01 - Peón	7	7	7	7	7	7		
	1.02 - Oficial								
	1.03 - Operario	7	7	7	7	7	7		
(2) EQUIPOS PRINCIPALES									
	Grúa Portico	2	2	2	2	2	2		
	Generador								
	Compresora								
II - INTERFERENCIAS		DESCRIPCIÓN	L	M	M	J	V	S	D
(1) MANO DE OBRA :	1.01 - Inasistencia de Personal								
	1.02 - Accidente / Incidente de Trabajo								
	1.03 - Charla / Inducciones / Curso								
	1.04 - Atraso/ por mano de Obra Calificada								
	1.05 - Día de Pago								
	1.06 - Cambio de frente								
	1.07 - Demora en Hora de Almuerzo								
	1.08 - Problemas con tareo								
	1.09 - Atención Médica/ Ass. Social								
	1.10 - Asamblea/Comité de obra								
	1.11 - Paro								
(2) MATERIAL:	2.01 - Falta						3		
	2.02 - Atraso para llegar al frente								
	2.03 - No conforme								
(3) HERRAMIENTAS:	3.01 - Falta								
	3.02 - Falta/Retraso EEPs /Herramientas								
	3.03 - Perdidas/ Robo de Herramientas								
(4) EQUIPOS:	4.01 - Falta	4							
	4.02 - Mantenimiento								
	4.03 - Malogrado						4		
	4.04 - Transferido a otro frente de trabajo								
(5) LIBERACIONES:	5.01 - Atraso liberación por Calidad								
	5.02 - Liberación Seguridad/Medio amb./Topog								
	5.03 - Atraso liberación Supervisión								
	5.04 - Atraso/modificación de diseño (metod.)								
	5.05 - Liberacion de Frente (Equipo o Servicio)								
	5.06 - Otros(as) Interferencias								
(6) SERVICIOS:	6.01 - Falta de movilidad								
	6.02 - Falta de electricidad/iluminación	2							
	6.03 - Falta de RPC								
	6.04 - Falta de agua para el servicio								
	6.05 - Interferencia por acceso								
(7) CLIMA	7.01 - Visibilidad (neblina / polvo / Lloviznas)								
	7.02 - Lluvia								
	7.03 - Exceso de temperatura								
	7.04 - Marea Alta								
(8) RETRABAJOS									
	8.01 - Por mala Ejecución (producción)								
	8.02 - Por mala definición (ing. Topog, Calidad)								
		Capataz			Resp. Programa				

Fuente: Empresa

Tabla 4.5: Formato de la planilla para la medición del P.A.C

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%

Fuente: Empresa

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.

Tabla 4.6: Acta de reunión

ODEBRECHT	REGISTRO GENERALES		GP-01-01			
	ACTA DE REUNIÓN		Revisión: 0	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	COMPañA	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 Criaco		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

ITE	DESCRIPCIÓN	RESPONSABLE	FECHA LIMITE
1	SEGURIDAD		
1.01	Realizar la liberacion de campo para no interrumpir labores durante el dia.	MA/PG	INFORMATIVO
1.02	Dar soporte y guía a los lideres de frente para que reduzcan los peligros y riesgos.	MA/PG	
2	Produccion		
2.01	Verificar ingreso de insumos para armado de acero y encofarado.	PB/MA	INFORMATIVO
2.02	Coordinar con logistica que los pedidos de aditivos lleguen las fechas acordadas.	PB/MA	08-mar-14
2.03	Habilitar 2 adicionales para prefabricados.	MA/AC	07-mar-14
2.04	Coordinar con la planta concretera la estimacion semanal de concreto premezclado a ser utilizado en la programacion semanal y la teorica Look Ahead Planing.	PB/MA	08-mar-14
2.05	Contar con un vibrador adicional al que se tiene.	PB/MA	10-mar-14
3	Equipos		
3.01	Coordinar que las fechas de mantenimiento de equipos se realicen los dias sabado y no interrumpa las labores de produccion.	MA/JP	08-mar-14
3.02	Se informara fecha para verificacion de estado de equipos menores.	MA/JP	08-mar-14
4	CONTROL DE CALIDAD		
4.01	Calidad capacitara a personal de frente de trabajo para realizar pruebas	MA/BT	08-mar-14
4.02	Se tendra mayor coordinacion con el area de produccion para no retrasar trabajos.	MA/BT	08-mar-14
<p>cumplido PROXIMA REUNION</p> <p>Próxima reunión: jueves, 13 de marzo de 2014 10:00 a.m. A 11:00 a.m.</p>			

Fuente: Empresa

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

4.11. 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 V: DISCUSIÓN Y APLICACIÓN

5.1. GENERALIDADES

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 respectivamente acerca de los indicadores que se midió, el porcentaje de actividades completadas (P.A.C.), las causas de no cumplimiento (C.N.C.), la productividad y la curva de productividad.

5.2. 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 y se cumpla 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 que comenzaba.

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.

Tabla 5.1: Ejemplo de medición del P.A.C.

N.	Actividad	Semana 4					Avan. Progr. (Und.)	% Avanz. Progr.	Avanz. Real	% Avanz. 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		PF106	PF106	PF106	6	100	5	83%	0	Se paralizó producción para realizar una reprogramación.	
2	Limpieza de encofrado	PF106	REPROGRAMACION	PF106	PF106	PF106	7	100	5	71%	0		
3	Lizaje 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	PR003	PF106	PF106/PR106	PF106	PF106	8	100	7	88%	0	Mala programación de pedido de concreto a planta concreta.	
6	Vaciado de concreto f'c=40Mpa	PF104	PF106	PR003/PR106	PR106/PR106	PF106	7	100	7	100%	1		
7	Desencofrado		PF104	PF106	PR003/PR106	PR106/PR106	7	100	7	100%	1		
8	Curado		PF104	PF106	PR003/PR106	PR106/PR106	7	100	7	100%	1		
											PAC	38%	

Fuente: Empresa

Como se puede observar en la tabla, 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 8 tareas planificadas 3 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 le ha colocado 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.

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 diagnóstico 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.

De todas las causas identificadas las de mayor incidencia se puede decir fueron las siguientes:

Tabla 5.2: Causas de incumplimiento más incidentes

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

Fuente: Elaboración Propia

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

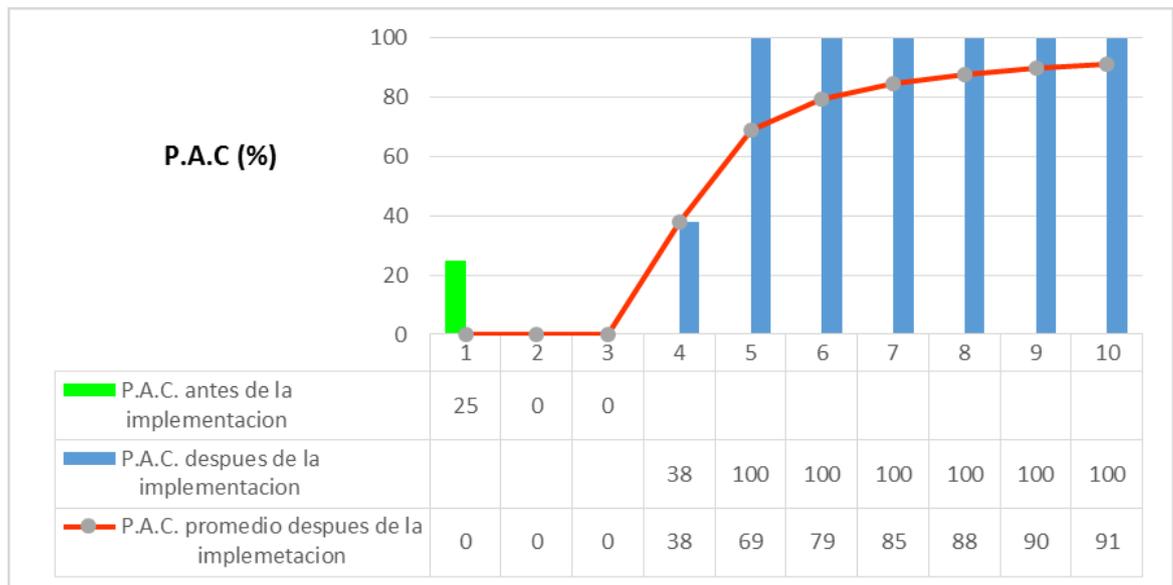
Finalmente en la Tabla 5.3 se muestran los resultados que se obtuvo hasta el 25 de abril del 2014. Los valores de la columna del P.A.C. Promedio de la Tabla 5.3 se los calculó mediante un promedio acumulado. Estos valores están separados antes y después de la implementación. El valor 38% es el promedio 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.

Tabla 5.3: Evolución del % de cumplimiento semanal

	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

Fuente: Elaboración Propia

GRÁFICO 5.1: Evolución del % de cumplimiento semanal



Fuente: Empresa

La Figura 5.1, 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 34 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 5.3: Evolución del % de cumplimiento semanal, 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.

5.3. 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.

5.4. DESPERDICIO DE CONCRETO

De acuerdo a la Figura 5.1, 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.

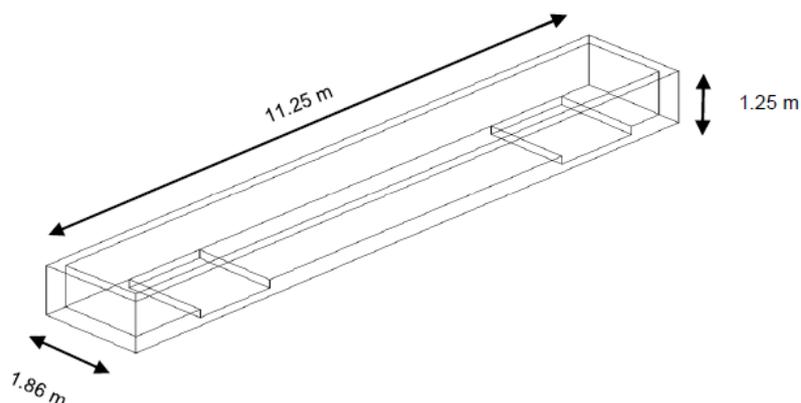


Figura 5.1: Prefabricado tipo U

Fuente: 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.

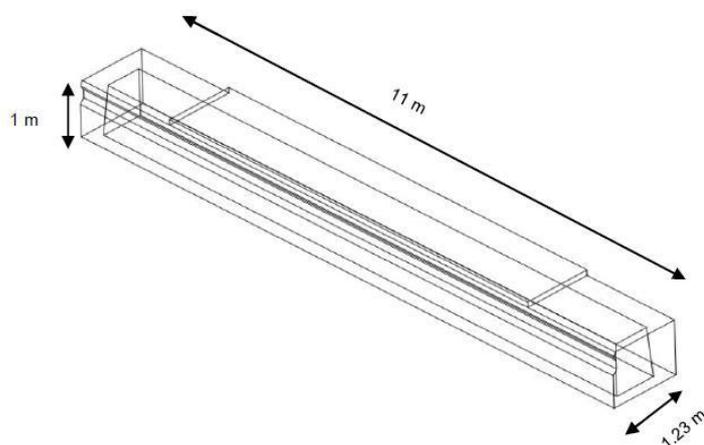
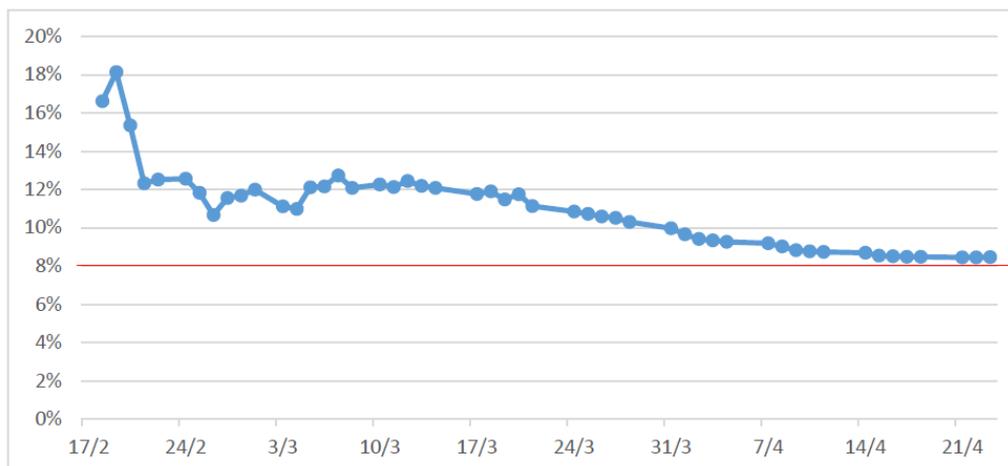


Figura 5.2: Prefabricado tipo PI

Fuente: 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.

GRÁFICO 5.2: Evolución del % de desperdicio de concreto



Fuente: Empresa

En el GRÁFICO 5.2, 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.

Tabla 5.4: Porcentaje acumulado de desperdicios del concreto en la última semana de producción de prefabricados

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%

Fuente: Empresa

De la Tabla 5.4 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%.

5.5. LA PRODUCTIVIDAD

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 la actividad 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 la productividad de la cuadrilla.

ACTIVIDAD: Vaciado de concreto $f'c= 400 \text{ kg/cm}^2$

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

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

Tabla 5.5: Clasificación de actividades asociadas al vaciado de concreto

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)

Fuente: Propio

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

Tabla 5.6: Detalle de la Carta Balance

Nº	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	I	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

Fuente: Empresa

En la Tabla 5.7 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:

Tabla 5.7: Distribución de tiempo y % de participación

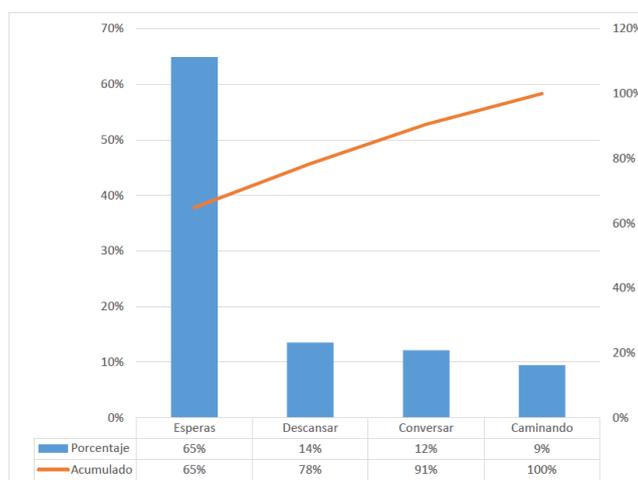
Tipo de Tiempo	Nº Medidas	% de Participación
Tiempo Productivo	71	33.8%
Tiempo Contributorio	65	31.0%
Tiempo No Contributorio	74	35.2%
TOTAL	210	100.0%

Fuente: Empresa

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

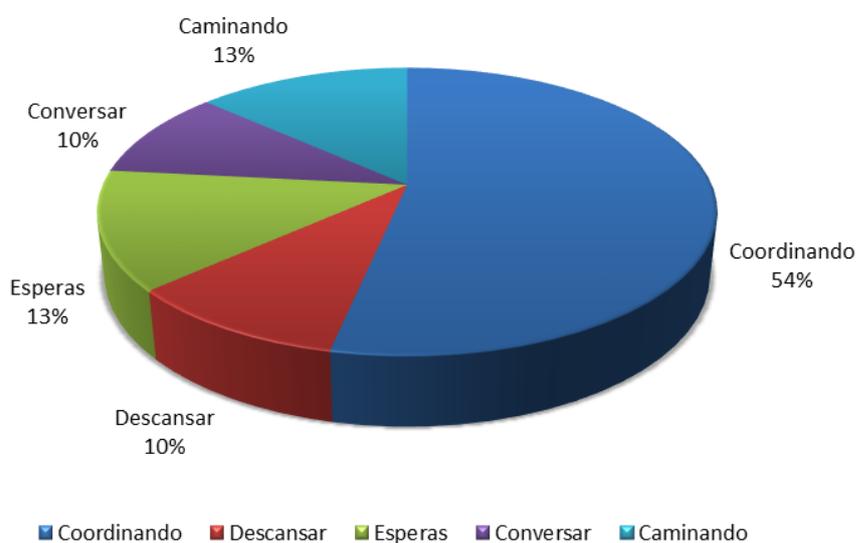
GRÁFICO 5.3: Diagrama de Pareto - Tiempo no Contributorio



Fuente: Empresa

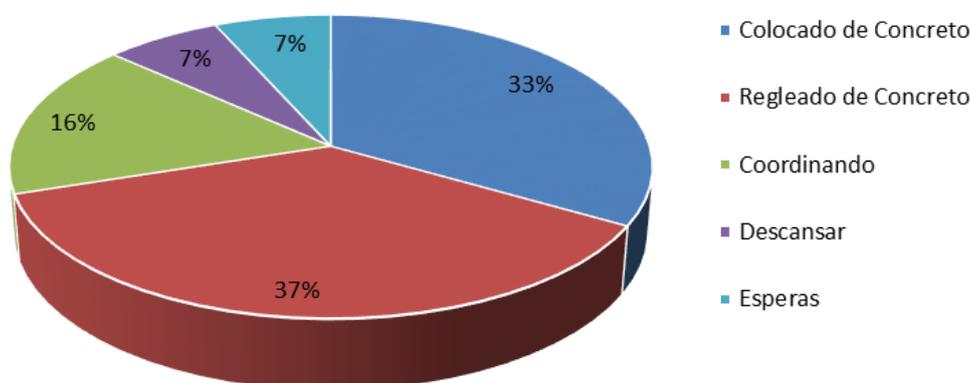
Del diagrama anterior podemos identificar que las esperas representan el 65% mientras que descansar, conversar y caminar representan el 35% del tiempo no contributivo durante el vaciado de prefabricados, por lo que se puede concluir que las esperas representan un alto porcentaje durante dicha actividad 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:

GRÁFICO 5.4: Distribución del trabajo para el Capataz



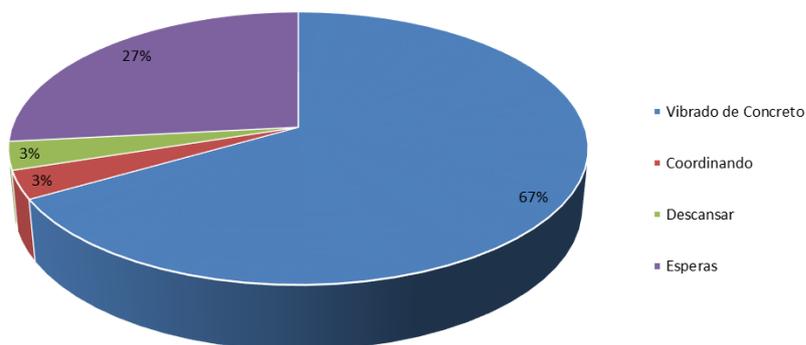
Fuente: Empresa

GRÁFICO 5.5: Distribución del trabajo para el Operario



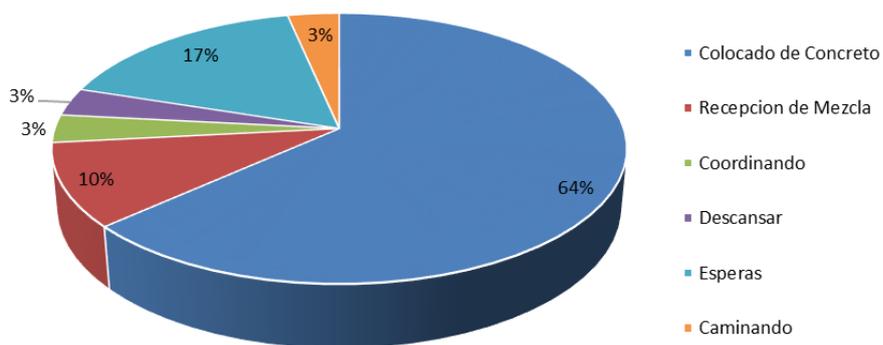
Fuente: Empresa

GRÁFICO 5.6: Distribución del trabajo para el Oficial 01



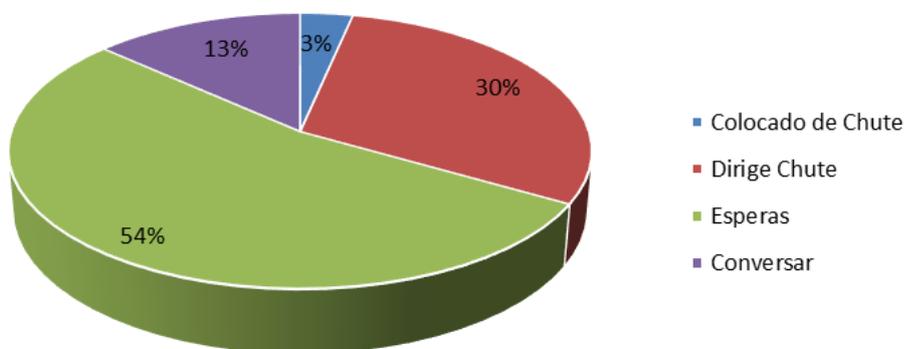
Fuente: Empresa

GRÁFICO 5.7: Distribución del trabajo para el Oficial 02



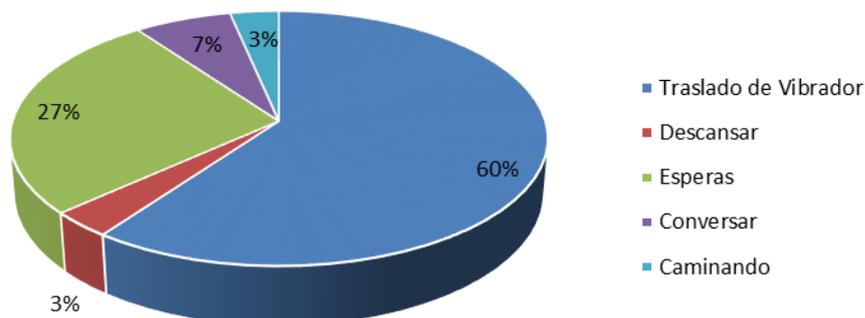
Fuente: Empresa

GRÁFICO 5.8: Distribución del trabajo para el Peón 1



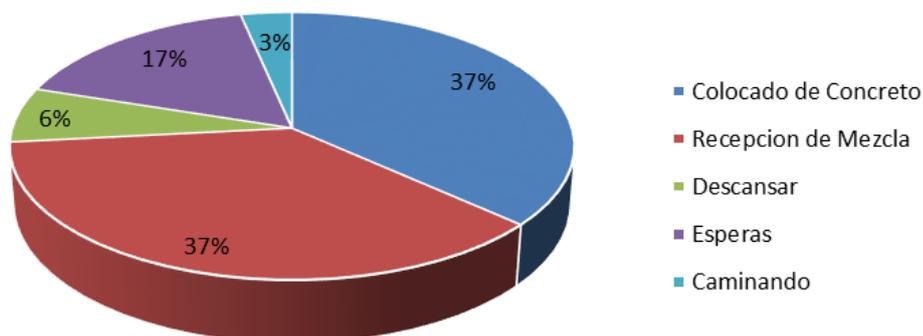
Fuente: Empresa

GRÁFICO 5.9: Distribución del trabajo para el Peón 2



Fuente: Empresa

GRÁFICO 5.10: Distribución del trabajo para el Peón 3



Fuente: Empresa

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.

5.6. INDICADOR UTILIZADO PARA EL CONTROL DE RECURSOS HORAS HOMBRE EN EL PROCESO DE VACIADO DE CONCRETO

Un indicador importante que se usó en el control de avance físico y que fue el indicador en el cual se basó la aplicación de Last Planner es el índice de productividad o ratio de productividad que es la eficiencia en el uso de los recursos, es decir, la relación entre los recursos empleados y lo producido. Se presenta como la relación entre los recursos utilizados (cantidad de horas hombre) y la cantidad producida (metrado de avance real).

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

Para un análisis práctico se tomó los datos acumulados por semana, el ratio definitivo del proyecto será el acumulado final.

Tabla 5.8: Índices de productividad antes de implementación Last Planner

Descripción	Semana 3					
	3/3	4/3	5/3	6/3	7/3	8/3
	L	M	X	J	V	S
HH diario		5.83	5.25	4.67	5.25	
Avance diario		8.50	9.50	9.50	9.00	
Productividad diaria	-	0.69	0.55	0.49	0.58	-
HH acumulado	52.50	58.33	63.58	68.25	73.50	73.50
Avance acumulado	86.00	94.50	104.00	113.50	122.50	122.50
Productividad acumulada (hh/m3)	0.61	0.62	0.61	0.60	0.60	0.60
Productividad Presupuesto Meta	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49
HH ganadas/perdidas (diarios)	-	-1.67	-0.60	-0.01	-0.84	-
HH ganadas/perdidas a fin de obra	-227.11	-222.94	-218.29	-213.63	-209.22	-209.22

Fuente: Elaboración propia

Del cuadro mostrado, el ratio acumulado de concreto antes de la implementación del Last Planner variaba entre 0.51 HH/m³ y 0.62 HH/m³, este se encontraba por encima de la productividad del presupuesto meta que era de 0.49 HH/m³.

La productividad acumulada comenzó a disminuir continuamente a partir de la cuarta semana, debido a los resultados de la aplicación de mejoras de eficacia y eficiencia realizados por el equipo de proyecto.

5.7. PROPUESTAS DE MEJORAS IMPLEMENTADAS

5.7.1. 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%.

5.7.2. 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.

5.7.3. Mejorar El Proceso De Colocación De Concreto

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:

0.5 capataz+01operario+02 oficial+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 se obtuvieron los siguientes resultados que se aplicaron a la nueva cuadrilla de trabajo propuesta, de donde podemos observar lo siguiente:

Tabla 5.9: Distribución de tiempos durante vaciado de prefabricados.

CARTA DE BALANCE

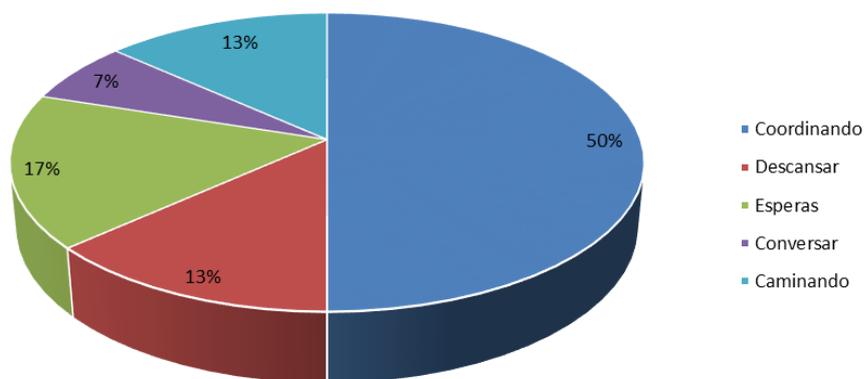
Número de Observación	CA	OP	OF1	OF2	PE1	PE2
1	H	H	H	L	K	K
2	H	J	J	J	J	E
3	J	J	J	G	J	F
4	H	B	A	B	D	G
5	L	B	A	B	D	B
6	H	B	A	G	J	B
7	J	B	J	G	D	F
8	H	H	A	B	D	B
9	J	B	A	B	J	F
10	J	C	A	B	D	B
11	L	I	A	B	D	G
12	H	C	A	B	D	J
13	H	C	I	B	J	B
14	J	B	A	B	D	B
15	J	B	A	J	D	B
16	H	B	A	B	D	I
17	J	I	A	B	J	B
18	H	B	A	B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

Fuente: Empresa

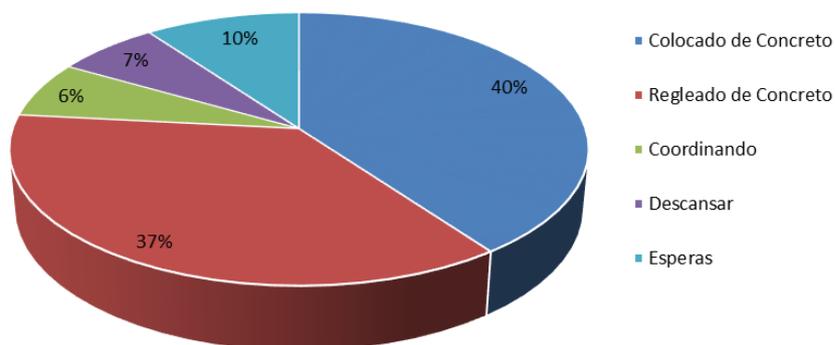
GRÁFICO 5.11: Distribución de tiempos de Capataz



Fuente: Empresa

Como se puede observar de la GRÁFICO 5.11: Distribución de tiempos de Capataz, el capataz tiene mayor tiempo contributorio durante el vaciado de concreto ya que no solo está presente durante el vaciado si no también supervisa otras actividades como son las de resane de prefabricados, el hidrolavado de prefabricados, curado de los mismos, etc.

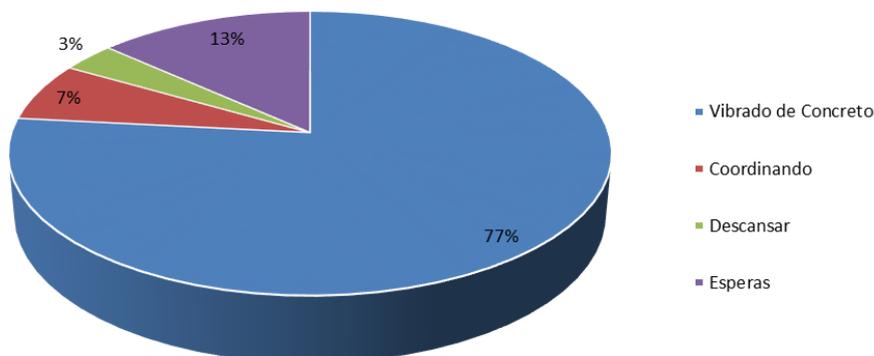
GRÁFICO 5.12: Distribución de tiempos Operario



Fuente: Empresa

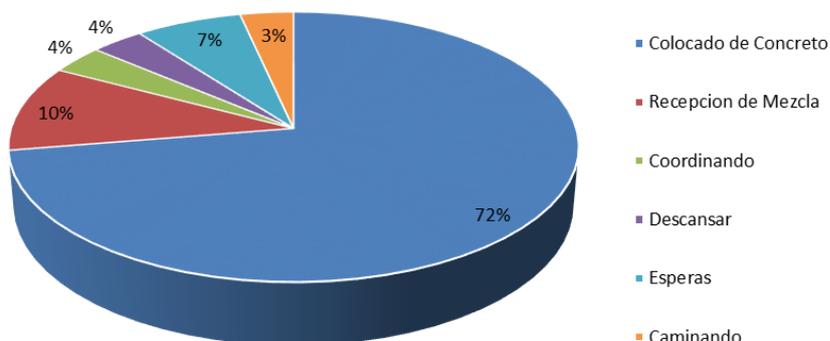
Como se puede observar en el GRÁFICO 5.12, el operario tiene un 40% de tiempo productivo, un 37% de tiempo contributorio y su tiempo no contributorio se redujo al 23%.

GRÁFICO 5.13: Distribución de tiempos Oficial 1



Fuente: Empresa

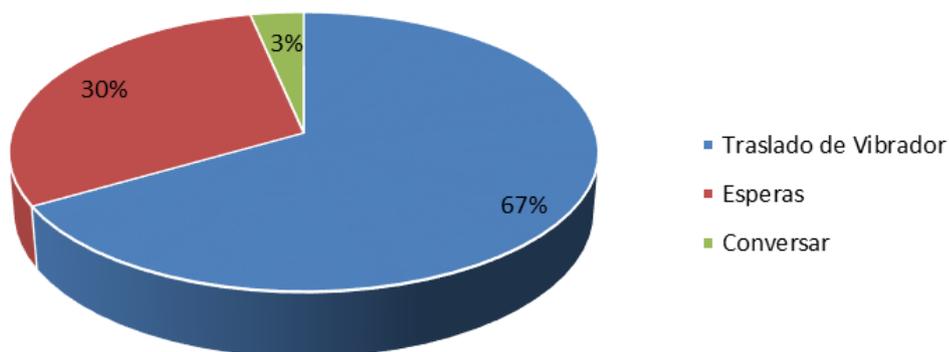
GRÁFICO 5.14: Distribución de tiempos Oficial 2



Fuente: Empresa

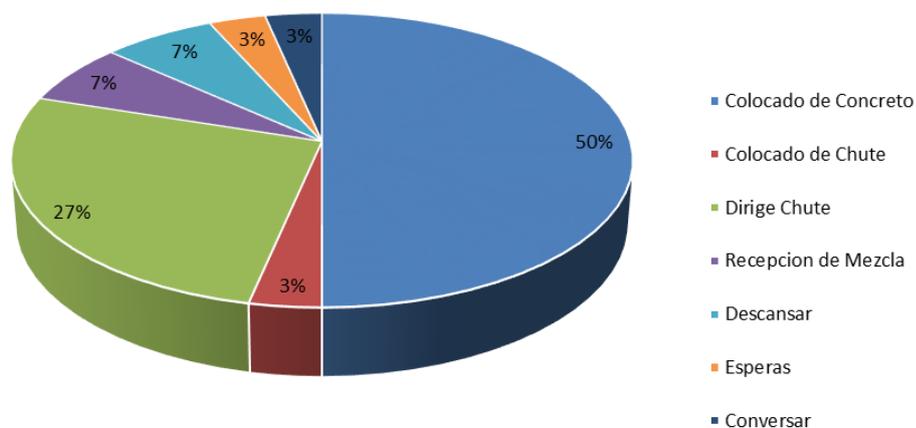
Podemos observar que el tiempo productivo de los oficiales llegó a 77% y 72% respectivamente por lo que los tiempos contributivos y no contributivos se redujeron lo cual permitió aumentar su rendimiento y hacer nuestra cuadrilla más productiva.

GRÁFICO 5.15: Distribución de tiempos Peón 1



Fuente: Empresa

GRÁFICO 5.16: Distribución de tiempos Peón 2



Fuente: Empresa

El tiempo contributorio 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.

5.7.4. 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.

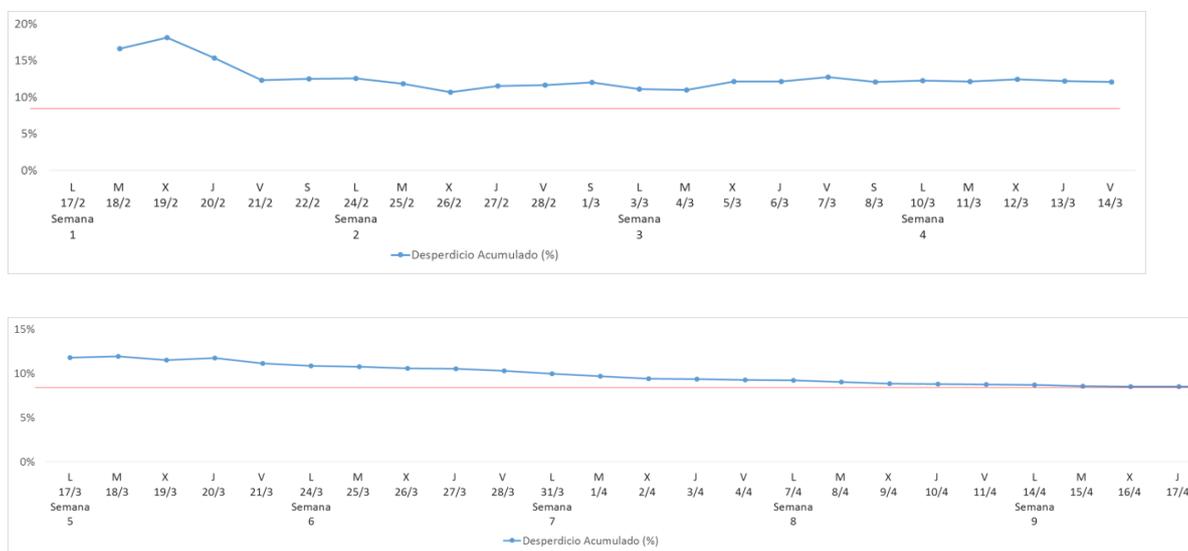
Para poder contrarrestar dicha restricción se implementó la estimación de la proyección semanal de concreto premezclado a requerir utilizando la

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.

5.7.5. Desperdicios

GRÁFICO 5.17: Curva de porcentaje de desperdicio de concreto



Fuente: Propia

En el GRÁFICO 5.17, 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 de la mano de obra 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.

Tabla 5.10: Porcentaje acumulado de desperdicios del concreto antes de la implementación Last Planner

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%

Fuente: Propia

Como se puede apreciar en la tabla 5.10, 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.

5.7.6. Logística

Se llevó a cabo una reunión con el área de logística para la llegada de los materiales de acuerdo al cronograma de la planificación de la construcción de los prefabricados.

Tabla 5.11: Programación de llegada de acero a obra

Planificación de llegada de acero a obra enviada a Logística

Item	Descripción	Fecha de llegada a Obra	Cantidad de PF
1	Vigas del puente		
1.1	PF001	12/02/2014	2.00
1.2	PF002	12/02/2014	1.00
1.3	PF003	17/02/2014	9.00
1.4	PF004	12/02/2014	1.00
1.5	PF101	12/02/2014	1.00
1.6	PF102	12/02/2014	2.00
1.7	PF103	12/02/2014	1.00
1.8	PF104	12/02/2014	2.00
1.9	PF105A	17/02/2014	12.00
2.0	PF105B	17/02/2014	12.00
2.1	PF106	17/02/2014	24.00
2.2	PF107	03/03/2014	1.00
2.3	PF108	03/03/2014	1.00
2.4	PF109	03/03/2014	1.00
2.5	PF110	03/03/2014	1.00
2.6	PF111	03/03/2014	1.00
2.7	PF112	03/03/2014	1.00
			73.00

Fuente: Propia

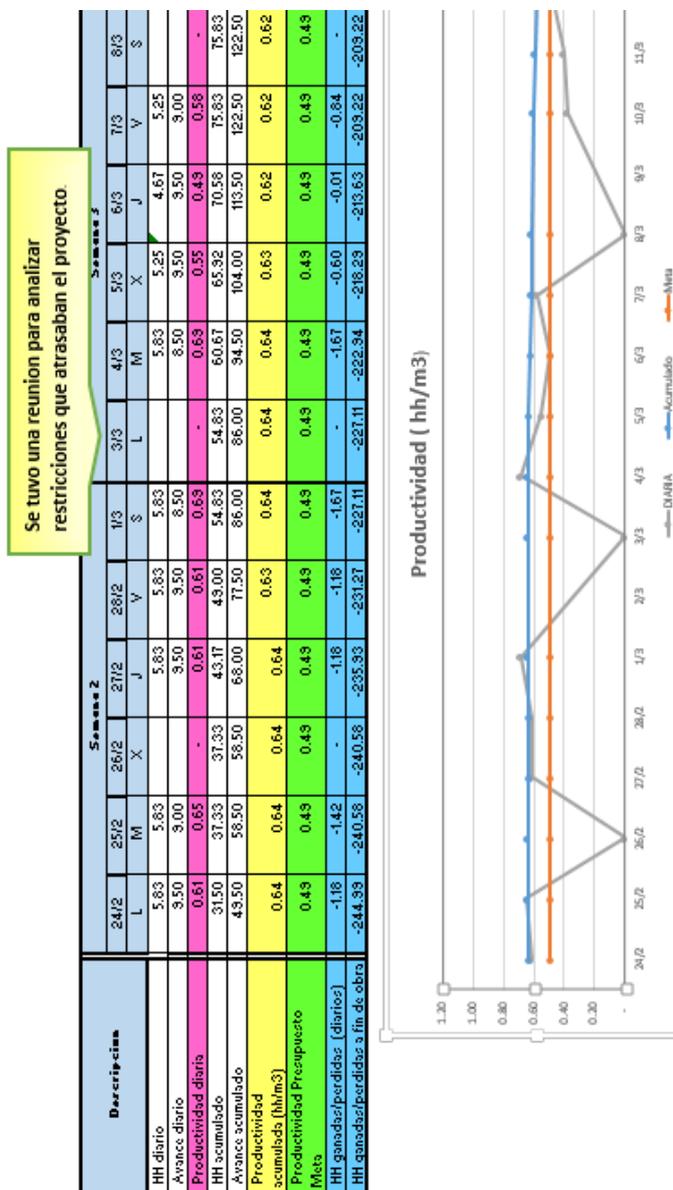
5.7.7. Recursos Humanos

Buscamos el personal adecuado para la producción de prefabricados con dos semanas de anticipación para su reclutamiento, exámenes médico y sus charlas de entrenamiento y seguridad para que puedan ingresar a la obra.

5.8. EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS A PARTIR DE LA APLICACIÓN DE LAS PROPUESTAS DE MEJORA

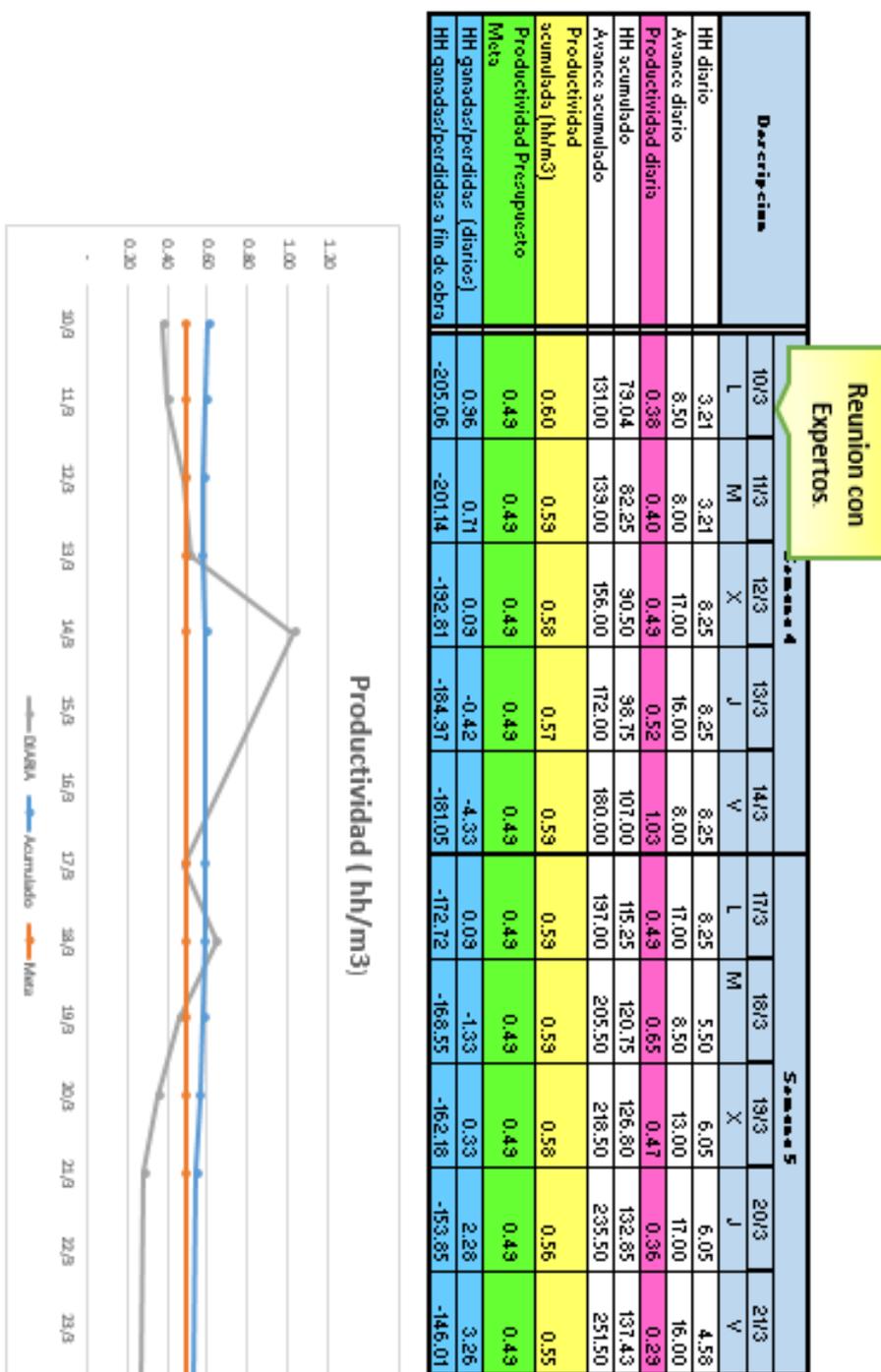
Durante la producción de prefabricados se evaluó la evolución de los índices de productividad del vaciado de concreto, para conocer si las propuestas de mejora significativas han dado resultados positivos o negativos. Para ello se analizó la curva de productividad y su comportamiento histórico luego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

Tabla 5.12: Ubicación en el tiempo de la implementación Last Planner



Fuente: Propia

Tabla 5.13: Ubicación de la segunda propuesta de mejora

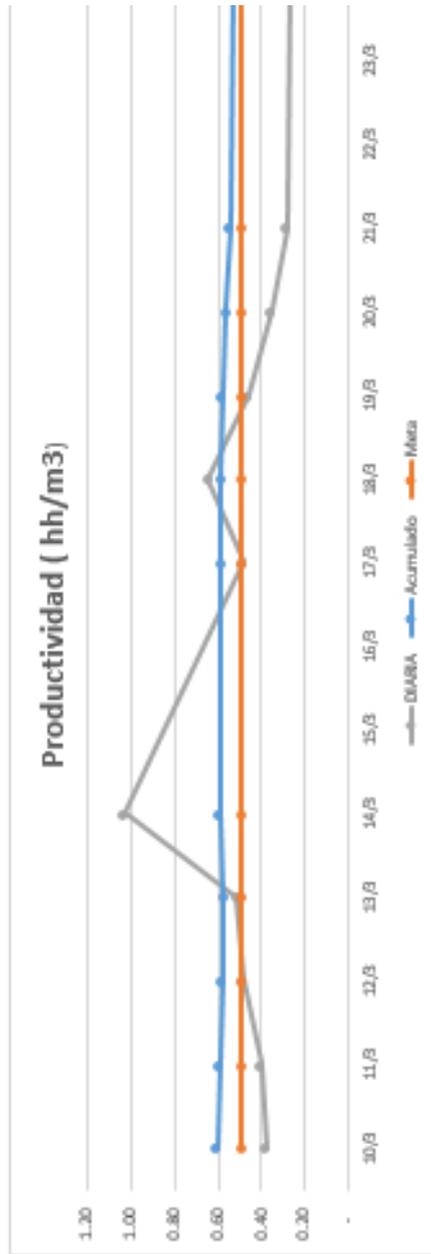


Fuente: Propia

Tabla 5.14: Ubicación de la tercera propuesta de mejora

Descripción	Semana 4							Semana 5						
	10/3	11/3	12/3	13/3	14/3	15/3	16/3	17/3	18/3	19/3	20/3	21/3	22/3	23/3
HH diario	3.21	3.21	8.25	8.25	8.25	8.25	8.25	8.25	5.50	6.05	6.05	6.05	6.05	4.58
Avance diario	8.50	8.00	17.00	16.00	8.00	8.00	17.00	17.00	8.50	13.00	17.00	17.00	17.00	16.00
Productividad diaria	0.38	0.40	0.49	0.52	1.03	0.49	0.49	0.49	0.65	0.47	0.36	0.29	0.36	0.29
HH acumulado	79.04	82.25	90.50	98.75	107.00	115.25	126.85	132.85	120.75	126.80	132.85	137.43	137.43	137.43
Avance acumulado	131.00	133.00	156.00	172.00	180.00	197.00	205.50	218.50	205.50	218.50	235.50	251.50	251.50	251.50
Productividad acumulada (hh/m ³)	0.60	0.59	0.58	0.57	0.59	0.59	0.59	0.56	0.59	0.56	0.56	0.55	0.55	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	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	-1.33	0.33	2.28	3.26	3.26	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	-168.55	-162.18	-153.85	-146.01	-146.01	-146.01

Eliminar esperas.



Fuente: Propia

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).

Tabla 5.15: Productividad de vaciado de concreto al inicio de producción de *prefabricados*

Descripcion	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

Fuente: Propia

Tabla 5.16: Productividad de vaciado de concreto al final de la producción de prefabricados

Descripcion	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			

Fuente: Propia

Al iniciar la ejecución se tenía 2855.93 HH en pérdidas, al final se logró un indicador positivo de 5822.80 HH

El costo previsto es de USD 6.41 dólares/HH, al inicio se tenía una pérdida aproximada de USD 18306.53.

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 de USD 19071.62 dólares por las 73 vigas terminadas y como se resume en la Tabla 5.25.

Lográndose un ahorro total USD 45,705.62 dólares por costo directo obtenido de la suma del ahorro de los gastos generales de US\$ 26,688.00 dólares por reducción de plazo al pasar de 13 a 10 semanas y la suma de ahorro del costo de las horas hombre (HH) de USD 19071.62 dólares .

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 5.17.

Tabla 5.17: Ahorro en Gastos Generales por reducción de plazo

	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	Grúa 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

Fuente: Propia

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 5.18.

Tabla 5.18: Costo previsto unitario

Costo previsto por unidad			
Item	Descripcion	unidad	HH/unidad
1.1	acero	ton	57.00
1.2	encofrado	m2	3.58
1.3	concreto	m3	4.17

Fuente: Propia

Tabla 5.19: Costo previsto para metrado de las tres primeras semanas

Item	Descripcion	unidad	HH-meta	Metrado	HH Total	Costo de HH	Costo total
1.1	acero	ton	57.00	19.4	1105.00	6.41	7083.06
1.2	encofrado	m2	3.58	515.2	1841.84	6.41	11806.19
1.3	concreto	m3	4.17	82.6	344.13	6.41	2205.84
							21095.10

Fuente: Propia

Tabla 5.20: Costo real de las tres primeras semanas antes de la implementación

Costo real de las tres primeras semanas antes de la implementación							
Item	Descripcion	Unidad	Metrado	HH real	HH Total	Costo de HH	Costo total
1.1	acero	ton	19.386	125.67	2436.24	6.41	15616.29
1.2	encofrado	m2	515.2	5.67	2921.18	6.41	18724.79
1.3	concreto	m3	82.59	9.559	789.48	6.41	5060.55
							39401.63

Fuente: Propia

Tabla 5.21: Comparación de costos

Comparacion de costos		
COSTO PREVISTO	COSTO REALIZADO	SOBRE COSTO
21095.10	39401.63	-18306.53

Fuente: Propia

Tabla 5.22: Costo previsto para metrado de las 7 semanas siguientes

Costo previsto para metrado de las 7 semanas siguientes

Item	Descripcion	unidad	HH-meta	Metrado	HH Total	Costo de HH	Costo total
1.1	acero	ton	57.00	103.694	5910.56	6.41	37886.68
1.2	encofrado	m2	3.58	3003.727	10738.32	6.41	68832.66
1.3	concreto	m3	4.17	466.89	1945.38	6.41	12469.85
							119189.19

Fuente: Propia

Tabla 5.23: Costo real de las 7 semanas después de la implementación

Costo real de las 7 semanas despues de la implementacion

Item	Descripcion	Unidad	Metrado	HH real	HH Total	Costo de HH	Costo total
1.1	acero	ton	103.69	39.8	4127.02	6.41	26454.21
1.2	encofrado	m2	3003.73	2.256	6776.41	6.41	43436.78
1.3	concreto	m3	466.89	4.001	1868.03	6.41	11974.05
							81865.03

Fuente: Propia

Tabla 5.24: Comparación de costos

Comparacion de costos

COSTO PREVISTO	COSTO REALIZADO	AHORRO
119189.19	81865.03	37324.15

Fuente: Propia

Tabla 5.25: Ahorro final de las vigas prefabricadas

Costo antes	Costo despues	Ahorro final
-18306.53	37324.15	19017.62

Fuente: Propia

Tabla 5.26: Ahorro final de costo por viga

Ahorro final	Cantidad de vigas	Ahorro final por viga
19017.62	73.00	260.52

Fuente: Propia

5.9. LECCIONES APRENDIDAS

5.9.1. 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.

5.9.2. 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 5.3, 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.

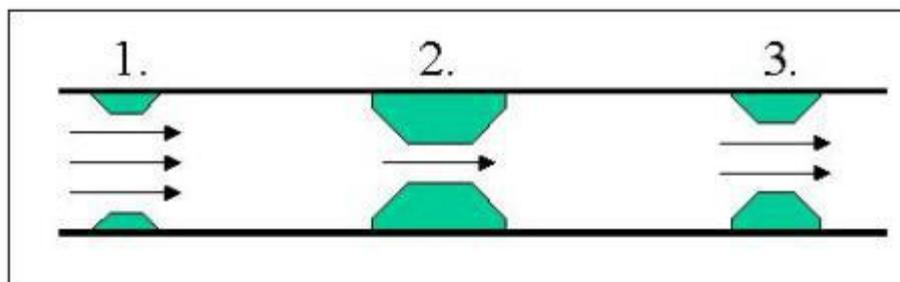


Figura 5.3: Proceso cuello de botella dentro de un flujo de producción

5.9.3. 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.

5.9.4. 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

- Incrementé en forma importante la operación de la planta, comparándola con la que tenía al inicio de su operación de 3 prefabricados por semana a 9, demostrándose en esta investigación, que la productividad real alcanzada de las actividades de acero, concreto y encofrado era menor a la productividad meta debido a que al inicio 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).
- El objetivo de la empresa era generar utilidades o maximizar las ganancias y no sólo incrementar las eficiencias. En la presente investigación se muestra que la utilidad de ahorro comprobada es de 19017.62 dólares en la construcción de los prefabricados, al enfocamos no solamente en las eficiencias sino evaluar su impacto en los costos, no habríamos logrado el cumplimiento del objetivo mencionado.
- Una buena planificación de la llegada de los materiales hace que la productividad sea eficiente.
- Demostré que todas las acciones de optimización que se implementaron en el proyecto condujeron a obtener mejores márgenes o resultados económicos del proyecto.
- Demostré que con la aplicación de la filosofía Lean Construction se comprobó que a mayor productividad de prefabricados menores recursos empleados. La aplicación de esta filosofía implica un cambio en la manera de pensar, no necesariamente implica un incremento en los costos, sino un incremento del ratio de productividad.
- Optimice los ratios de los procesos ligados a la producción de prefabricados de concreto con la filosofía Lean Construction y los datos tomados en campo, todo dentro del marco y las condiciones de un sistema constructivo de elementos prefabricados tales como:

- Reducción de costos directos e indirectos en la producción de prefabricados de concreto de 45705.62 dólares.
- Reducción de los tiempos y mano de obra para la producción de prefabricados de concreto en obra.
- Mayor productividad con la implementación de la Filosofía Lean Construction

RECOMENDACIONES

- Mantener el estudio de los procesos de fabricación del concreto junto con el estudio del producto final en que se va a aplicar el concreto.
- Tener un control diario de todas las actividades realizadas por el parte diario que es entregado al capataz al inicio de cada jornada.
- Mantener actualizada la planificación de la producción del concreto con el uso de la Planta, lo que implica el mantenimiento de: (1) un plano de distribución para las rutas coordinadas de los equipos de transporte (2) mantenimiento preventivo de la planta y (3) una programación de producción semanal.
- Mantener el control adecuado de los insumos para la producción de los prefabricados, tanto en plazos (llegadas a tiempo), como en calidad.

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 3ª – 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.
- OCAMPO QUIROLA, DIEGO EDUARDO. “Lecciones sobre la implementación del Last Planner System”. [Tesis] Universidad Técnica Particular de Loja. Loja, Ecuador, 2011.
- PÉREZ 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.

ANEXOS

EXPOSICIÓN FOTOGRÁFICA

Muelle F - Puerto Matarani:
Muelle minero más grande e importante de Sudamérica




4.5 millones de toneladas de mineral son las que atenderá el Muelle F

7.5% de la producción mundial de cobre se exportará desde el Puerto de Matarani

280 millones de dólares es la inversión que realizó Tsaur

2,000 toneladas por hora es el régimen del Muelle F

300,000 toneladas de mineral es la capacidad de almacenamiento del Muelle F

1,000 personas empleadas para la construcción del Muelle F

Síguenos en:     

