



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución- NoComercial-Compartirigual 2.5 Perú](http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/).

Vea una copia de esta licencia en <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - TARAPOTO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**Aplicación de la filosofía Lean Construction en la etapa de ejecución del casco
estructural de la obra: Mejoramiento de los servicios de salud del Centro de
Salud I-4 Picota, provincia de Picota - San Martín**

**Trabajo de Suficiencia Profesional para optar el Título Profesional de
Ingeniero Civil**

AUTOR:

Roger Daniel Delgado Santiago

ASESOR:

Ing. Carlos Enrique Chung Rojas

Tarapoto – Perú

2019

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - TARAPOTO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**Aplicación de la filosofía Lean Construction en la etapa de ejecución del casco
estructural de la obra: Mejoramiento de los servicios de salud del Centro de
Salud I-4 Picota, provincia de Picota - San Martín**

AUTOR:

Roger Daniel Delgado Santiago

Sustentada y aprobada el día 25 de octubre del 2019, ante el honorable jurado:


.....
Ing. M. Sc. Enrique Napoleón Martínez Quiroz
Presidente


.....
Ing. José Eyergisto Alarcón Zamora
Vocal


.....
Ing. Santiago Chávez Cachay
Secretario


.....
Ing. Carlos Enrique Chung Rojas
Asesor

Declaratoria de autenticidad

Roger Daniel Delgado Santiago, con DNI N° 46574146, egresado de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, con Trabajo de Suficiencia Profesional titulado: **Aplicación de la filosofía Lean Construction en la etapa de ejecución del casco estructural de la obra: Mejoramiento de los servicios de salud del Centro de Salud I-4 Picota, provincia de Picota - San Martín.**

Declaro bajo juramento que:

1. La tesis presentada es de mi autoría.
2. La redacción fue realizada respetando las citas y referencias de las fuentes bibliográficas consultadas.
3. Toda la información que contiene la tesis no ha sido auto plagiada;
4. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido alterados ni copiados, por tanto, la información de esta investigación debe considerarse como aporte a la realidad investigada.

Por lo antes mencionado, asumimos bajo responsabilidad las consecuencias que deriven de mí accionar, sometiéndome a las leyes de nuestro país y normas vigentes de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto.

Tarapoto, 25 de octubre del 2019.



Bach. Roger Daniel Delgado Santiago

DNI N° 46574146

Declaratoria jurada

Roger Daniel Delgado Santiago, con DNI N° 46574146, domicilio legal en el Jr. La Paz N°604 – Tarapoto, a efecto de cumplir con las Disposiciones Vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, **Declaro bajo juramento**, que todos los documentos, datos e información de la presente tesis, Trabajo de Suficiencia Profesional y/o informe de Ingeniería, son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual nos sometemos lo dispuesto en las Normas Académicas de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto.

Tarapoto, 25 de octubre del 2019.



.....
Bach. Roger Daniel Delgado Santiago

DNI N° 46574146

Formato de autorización NO EXCLUSIVA para la publicación de trabajos de investigación, conducentes a optar grados académicos y títulos profesionales en el Repositorio Digital de Tesis.

1. Datos del autor:

Apellidos y nombres:	Delgado Santiago Roger Daniel		
Código de alumno :	073163	Teléfono:	945688235
Correo electrónico :	rodadesa@gmail.com	DNI:	46574146

(En caso haya más autores, llenar un formulario por autor)

2. Datos Académicos

Facultad de:	Ingeniería Civil y Arquitectura.
Escuela Profesional de:	Ingeniería Civil

3. Tipo de trabajo de investigación

Tesis	()	Trabajo de investigación	()
Trabajo de suficiencia profesional	(X)		

4. Datos del Trabajo de investigación

Título:	APLICACIÓN DE LA FILOSOFÍA LEAN CONSTRUCTION EN LA ETAPA DE EJECUCIÓN DEL CASCO ESTRUCTURAL DE LA OBRA: MEJORAMIENTO DE LOS SERVICIOS DE SALUD DEL CENTRO DE SALUD 1-4 PICOTA, PROVINCIA DE PICOTA - SAN MARTÍN.
Año de publicación:	2019

5. Tipo de Acceso al documento

Acceso público *	(X)	Embargo	()
Acceso restringido **	()		

Si el autor elige el tipo de acceso abierto o público, otorga a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, una licencia **No Exclusiva**, para publicar, conservar y sin modificar su contenido, pueda convertirla a cualquier formato de fichero, medio o soporte, siempre con fines de seguridad, preservación y difusión en el Repositorio de Tesis Digital. Respetando siempre los Derechos de Autor y Propiedad Intelectual de acuerdo y en el Marco de la Ley 822.

En caso que el autor elija la segunda opción, es necesario y obligatorio que indique el sustento correspondiente:

6. Originalidad del archivo digital.

Por el presente dejo constancia que el archivo digital que entrego a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, como parte del proceso conducente a obtener el título profesional o grado académico, es la versión final del trabajo de investigación sustentado y aprobado por el Jurado.

7. Otorgamiento de una licencia *CREATIVE COMMONS*

Para investigaciones que son de acceso abierto se les otorgó una licencia *Creative Commons*, con la finalidad de que cualquier usuario pueda acceder a la obra, bajo los términos que dicha licencia implica

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>

El autor, por medio de este documento, autoriza a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, publicar su trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Digital de Tesis, al cual se podrá acceder, preservar y difundir de forma libre y gratuita, de manera íntegra a todo el documento.

Según el inciso 12.2, del artículo 12° del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales - RENATI “**Las universidades, instituciones y escuelas de educación superior tienen como obligación registrar todos los trabajos de investigación y proyectos, incluyendo los metadatos en sus repositorios institucionales precisando si son de acceso abierto o restringido, los cuales serán posteriormente recolectados por el Repositorio Digital RENATI, a través del Repositorio ALICIA**”.



Firma del Autor

8. Para ser llenado en la Oficina de Repositorio Digital de Ciencia y Tecnología de Acceso Abierto de la UNSM – T.

Fecha de recepción del documento:

12, / 03, / 2020



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - T.
Repositorio Digital de Ciencia, Tecnología e
Innovación de Acceso Abierto - UNSM-T.

Ing. M. Sc. Alfredo Ramos Perea
Responsable

***Acceso abierto:** uso lícito que confiere un titular de derechos de propiedad intelectual a cualquier persona, para que pueda acceder de manera inmediata y gratuita a una obra, datos procesados o estadísticas de monitoreo, sin necesidad de registro, suscripción, ni pago, estando autorizada a leerla, descargarla, reproducirla, distribuirla, imprimirla, buscarla y enlazar textos completos (Reglamento de la Ley No 30035).

** **Acceso restringido:** el documento no se visualizará en el Repositorio.

Dedicatoria

El presente trabajo va dedicado principalmente a DIOS, por concederme la gracia, salud y bienestar para llegar hasta este momento. A mis padres, quienes siempre me dieron su confianza, apoyo y amor incondicional en todas las etapas de mi vida. A mi hermano, quien ha sido mi principal fuente de inspiración para ser un buen ejemplo a seguir. A mí pareja, quien es mi mejor amiga, mi cómplice y mi principal soporte en esta vida. A mi hermosa hija, quien se ha vuelto la razón principal del esfuerzo que hago día a día para cumplir mis sueños.

Roger Daniel Delgado Santiago

Agradecimiento

Doy gracias a DIOS por concederme la dicha de vivir hasta este momento, por darme la fortaleza espiritual de poder continuar y luchar sin rendirme para cumplir mis objetivos.

Agradezco a la Universidad Nacional de San Martín y a cada docente que con sus amplios conocimientos han contribuido en mi formación profesional, permitiéndome desenvolver de manera competente en el ámbito laboral.

Agradezco infinitamente a mis padres, por todo su esfuerzo y apoyo incondicional para permitirme lograr ser el profesional que tanto anhelé, gracias por la formación y al amor que siempre me brindaron, siempre fueron el mejor ejemplo de esfuerzo y perseverancia. Gracias a mi hermano, siempre me esforcé para ser un modelo de ejemplo al que puedas seguir.

Agradezco a mi pareja, por ser la mujer, compañera y amiga que se ha convertido en mi más grande soporte. Gracias a mi hija, por ser el motivo más importante del que me esfuerce día a día.

Roger Daniel Delgado Santiago

Índice

Dedicatoria.....	vi
Agradecimiento	vii
Índice	viii
Índice de Tablas.....	x
Índice de Figuras	xi
Resumen	xiv
Abstract.....	xv
Introducción.....	1
CAPÍTULO I REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	3
1.1. Aspectos generales.....	3
1.1.1. Ubicación Geográfica del Proyecto	3
1.2. Planteamiento del Problema	4
1.3. Formulación del problema	6
1.4. Objetivos.....	6
1.4.1. Objetivo General.....	6
1.4.2. Objetivos Específicos	6
1.5. Marco Teórico.....	7
1.5.1. La Filosofía Lean Construction	7
1.6. Limitaciones.....	30
CAPÍTULO II MATERIALES Y MÉTODOS	31
2.1. Materiales.....	31
2.1.1. Recursos Humanos	31
2.1.2. Recursos Materiales.....	31
2.1.3. Recursos de Equipo	31
2.1.4. Recursos Informáticos	31
2.1.5. Otros Recursos.....	31
2.2. Metodología.....	31
2.2.1. Universo, Población, Muestra.....	32
2.2.2. Tipo y Nivel de Investigación.....	32
2.2.3. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos	32
2.2.4. Procesamiento de la Información	33

CAPÍTULO III RESULTADOS Y DISCUSIÓN	48
3.1. Layout de obra	48
3.2. Sectorización de obra por lotes	48
3.3. Plan de actividades a ejecutarse a nivel de casco estructural	49
3.4. Histograma de personal a emplear en obra	52
3.5. Indicadores de productividad con NGA y CB en noviembre 2015	53
3.6. Indicadores de productividad con NGA y CB en diciembre 2015	58
3.7. Comparativo de niveles de productividad noviembre vs diciembre 2015	62
3.8. Monto a valorizar según nuestro plan maestro en diciembre del 2015.	64
3.9. Monto ejecutado vs. monto programado según plan maestro para dic. 2015.....	66
3.10. Monto ejecutado vs. programado según cronograma valorizado de obra dic. 2015.....	68
CONCLUSIONES.....	71
RECOMENDACIONES	72
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	73
ANEXOS	75
ANEXO 01. PANEL FOTOGRÁFICO	76

Índice de Tablas

Tabla 1 Número de lotes por bloque	39
Tabla 2 Indicadores de Productividad bajo mediciones del NGA para nov. 2015	53
Tabla 3 Agrupación de actividades para la cuadrilla de concreto Nov. 2015	54
Tabla 4 Personal de la cuadrilla de concreto evaluada con la carta balance.	55
Tabla 5 Resultados obtenidos con la carta balance para la cuadrilla de concreto Nov. 2015.....	55
Tabla 6 Indicadores de Productividad bajo mediciones del NGA para dic. 2015	58
Tabla 7 Resultados obtenidos con la carta balance para la cuadrilla de concreto Dic. 2015.....	60
Tabla 8 Costo valorizable cumpliendo al 100% nuestro plan maestro para dic. 2015.....	64
Tabla 9 Costo valorizable programado para dic. 2015 según cronograma contractual.....	65
Tabla 10 Monto realmente ejecutado para dic. 2015 según el avance de obra.	66
Tabla 11 Registro de PPC para diciembre 2015.....	66
Tabla 12 Cronograma de avance de obra programado vs. Avance ejecutado.....	69
Tabla 13 Comparativo de montos valorizados vs. ejecutados.....	70

Índice de Figuras

Figura 1: Ubicación referencial de la zona de estudio. (Fuente: Exp. Técnico – Google Earth).....	3
Figura 2: Gráfico Comparativo Mensual del Avance de Obra Programado Vs. Lo Ejecutado. (Valorización de obra Noviembre - 2015).	4
Figura 3: Gráfico Comparativo Acumulado de lo Programado Vs. Lo Ejecutado – Curva “S” (Valorización de Obra Noviembre - 2015).....	5
Figura 4: Modelo de producción tradicional. (Fuente: Propia).	9
Figura 5: Modelo de flujo de producción Lean Production.....	9
Figura 6: Los 7 Principales desperdicios.	12
Figura 7: Modelo de Flujo (Fuente: Capítulo LCI).	13
Figura 8: Modelo de Flujo eficiente (Fuente: Capítulo LCI).	14
Figura 9: Modelo de Flujo con procesos eficientes (Fuente: Capítulo LCI).	15
Figura 10: Planificación Usual. Tomada de Un nuevo enfoque en la gestión: Construcción sin pérdidas (ALARCÓN, Un nuevo enfoque en la gestión: La construcción sin pérdidas, 2009) Fuente: (Porras, Sánchez, & Galvis, 2014) .	16
Figura 11: Sistema tradicional de Planificación (KOSKELA, 1992) Fuente: (Porras, Sánchez, & Galvis, 2014).	16
Figura 12: Esquema Last Planner (GHIO, 2001).	17
Figura 13: Sistema de Planificación Lean. Tomada de Un nuevo enfoque en la gestión: Construcción sin pérdidas (ALARCÓN, Un nuevo enfoque en la gestión: La construcción sin pérdidas, 2009) Fuente: (Porras, Sánchez, & Galvis, 2014)..	17
Figura 14: Estructura fundamental del Last Planner System (Adriazola y Torres, 2004)...	18
Figura 15: Tipos de restricciones - Fuente: (ALARCÓN, "Guía para la implementación del sistema del último planificador", 2008).....	21
Figura 16: Sistema Pull vs Sistema Push Fuente: (Instituto de la Construcción y Gerencia (ICG UNFV), 2017, pág. 31).	23
Figura 17: Tren de actividades. (Fuente: Constructora EDIFICA).	24
Figura 18: Proceso de Sectorización para edificaciones. (Fuente: Inmobiliaria EDIFICA).	25
Figura 19: Sectorización de una edificación residencial (BRIOSO, 2015, pág. 45).	25
Figura 20: Medición del Nivel General de Actividades. Fuente: (Edificio EDO, Constructora RUWAY Arquitectos & Ingenieros).....	26

Figura 21: Resultados de las mediciones del Nivel General de Actividades. Fuente: (Edificio EDO, Constructora RUWAY Arquitectos & Ingenieros).	27
Figura 22: Esbozo del Layout de Obra. (Fuente: Elaboración propia – Ch&T 2015)	34
Figura 23: Esbozo de los lotes de obra. (Fuente: Elaboración propia con participación del Staff de obra – Ch&T 2015)	36
Figura 24: Metrados de lotes - bloques A, B, C, D, E (Fuente: Elaboración propia con participación del Staff de obra – Ch&T 2015)	37
Figura 25: Metrados de lotes - bloques F, G, H, I, J (Fuente: Elaboración propia con participación del Staff de obra – Ch&T 2015)	38
Figura 26: Propuesta tren de actividades N° 01 - bloques B, C, F, D, G, E (Fuente: Elaboración propia con participación del Staff de obra – Ch&T 2015).....	40
Figura 27: Propuesta tren de actividades N° 02 - bloques J, H, A, I.	41
Figura 28: Personal obrero a emplear según propuesta del tren de actividades N° 01 - bloques B, C, F, D, G, E (Fuente: Elaboración propia con participación del Staff de obra – Ch&T 2015).....	43
Figura 29: Personal obrero a emplear según propuesta del tren de actividades N° 02 - bloques J, H, A, I.	44
Figura 30: Personal obrero a emplear diariamente en obra según los trenes de actividades propuestos.	45
Figura 31: Histograma del personal obrero a emplear según los trenes de actividades propuestos.	45
Figura 32: Reuniones semanales de producción.....	47
Figura 33: Gráfico del Layout de Obra.	48
Figura 34: Gráfico de los lotes de obra.....	49
Figura 35: Tren de actividades N° 01 - bloques B, C, F, D, G, E	50
Figura 36: Tren de actividades N° 02 - bloques J, H, A, I.	51
Figura 37: Personal obrero a emplear diariamente en obra.	52
Figura 38: Histograma del personal obrero a emplear.	52
Figura 39: Distribución del nivel general de actividad nov-2015.	53
Figura 40: Pareto para la distribución del tiempo nov-2015.	54
Figura 41: Índices de productividad – Cuadrilla de Concreto nov. 2015.....	55
Figura 42: Indicadores de productividad desagregado – Cuadrilla de Concreto nov. 2015	56
Figura 43: Tiempo no contributorio – Cuadrilla de Concreto nov. 2015.	56

Figura 44: Tiempo contributorio – Cuadrilla de Concreto nov. 2015	57
Figura 45: Distribución del nivel general de actividad dic-2015.	59
Figura 46: Pareto para la distribución del tiempo dic-2015	59
Figura 47: Índices de productividad – Cuadrilla de Concreto dic. 2015.....	60
Figura 48: Indicadores de productividad desagregado – Cuadrilla de Concreto dic. 2015. 61	
Figura 49: Tiempo no contributorio – Cuadrilla de Concreto dic. 2015.	61
Figura 50: Tiempo contributorio – Cuadrilla de Concreto nov. 2015.....	61
Figura 51: Índices de Productividad de la cuadrilla de concreto nov. vs. dic. 2015.	62
Figura 52: Índices de productividad nov. vs. dic. 2015.....	63
Figura 53: Desagregado de actividades nov. vs. dic. 2015.....	63
Figura 54: Índices de Productividad de la cuadrilla de concreto nov. vs. dic. 2015	67
Figura 55: Gráfico Comparativo Mensual del Avance de Obra Programado Vs. Lo Ejecutado. (Valorización de obra Diciembre - 2015).....	68
Figura 56: Gráfico Comparativo Acumulado de lo Programado Vs. Lo Ejecutado – Curva “S” (Valorización de Obra Diciembre - 2015).	70

Resumen

El presente trabajo de investigación se enfoca en la aplicación de la filosofía lean construction como sistema de planificación, control y mejoramiento de la productividad en un proyecto de construcción. El objetivo principal se centra en revertir una situación desfavorable mediante el empleo de la Filosofía Lean Construction en la etapa de ejecución del casco estructural de obra para lograr un avance acumulado ejecutado respecto a lo acumulado programado mayor al 80% para el quinto mes de ejecución de una obra cuyo plazo contractual es de trece meses. En el desarrollo del presente trabajo se describe los principales conceptos teóricos y el empleo de las principales herramientas de la filosofía Lean Construction (Layout de obra, sectorización, plan maestro, histograma del personal obrero, nivel general de actividades, carta balance), con la finalidad de que sea una guía para estudiantes y profesionales que quieran conocer más de esta filosofía. Los resultados obtenidos evidencian que mediante el empleo de la filosofía lean construction se optimizan los recursos, se reducen los trabajos no contributivos, se tiene un mejor planeamiento y control de la obra, por ende, mejora la productividad. Finalmente se puede concluir que gracias a la aplicación de la filosofía Lean Construction mejoró el sistema de producción, obtuvimos un mejor control de obra y gracias a ello se cumplió la meta trazada para el quinto mes de ejecución de obra.

Palabras clave: Lean Construction, Last Planner System, planificación, programación, control de obra.

Abstract

The following work of investigation was focuses on the application of the lean construction philosophy as a planning, control and productivity improvement system in a construction project. The main objective is to reverse an unfavorable situation through the use of the Lean Construction Philosophy in the stage of execution of the structural hull to achieve an accumulated progress executed with respect to the accumulated programmed greater than 80% for the fifth month of execution of a work whose contractual term is thirteen months. In the development of the present work, the main theoretical concepts and the use of the main tools of the Lean Construction philosophy (Layout of work, sectorization, master plan, histogram of the workers' staff, general level of activities, balance sheet) are described, with the purpose of being a guide for students and professionals who want to know more about this philosophy. The results obtained show that through the use of the lean construction philosophy, resources are optimized, non-contributory work is reduced, there is a better planning and control of the work, therefore, productivity is improved. Finally, it can be concluded that thanks to the application of the Lean Construction philosophy, the production system improved, we obtained a better control of the work and thanks to this the goal set for the fifth month of execution of the work was fulfilled.

Keywords: Lean Construction, Last Planner System, planning, programming, construction control.



Introducción

A nivel nacional vemos como el sector de la construcción va creciendo a un ritmo acelerado, puesto esto se ve reflejado en las diversas obras que se vienen ejecutando en el país, ya sea a nivel privado o del estado.

En el departamento de San Martín se han visto muchos casos en los que las empresas constructoras no cumplen con los plazos de ejecución contractual, y en muchas ocasiones estas demoras injustificadas en la ejecución de la obra, terminan perjudicando al contratista, ya sea con la resolución del contrato o intervención económica, tal como se señala en el Reglamento de la Ley de Contrataciones del Estado. Ley 30225 con modificaciones D. Leg 1341 y D. Leg. 1444. Reglamento D. S. 344-2018-EF. Art. 203 (Demoras injustificadas en la ejecución de la obra), haciendo referencia que ante un retraso injustificado en el que el monto de la valorización acumulada ejecutada a una fecha determinada sea menor al ochenta por ciento (80%) del monto de la valorización acumulada programada a dicha fecha, en primera instancia corresponde a que el contratista presente un nuevo calendario acelerado de obra, en caso de reincidir y que el monto de la valorización acumulada ejecutada sea menor al ochenta por ciento (80%) del monto acumulado programado del nuevo calendario, dicho retraso se puede considerar como causal de resolución del contrato o de intervención económica de la obra.

Muchos de los problemas que presentan las empresas constructoras en la actualidad es la falta de un buen control de obra, esto se debe a la mala o poca planificación que hacen.

Como parte de mi experiencia profesional pude evidenciar los problemas más comunes que suceden en obra; cuadrillas sobredimensionadas o con escaso rendimiento, falta de materiales por no ser pedidos a tiempo, ejecución improvisada de algunas actividades, trabajos ejecutados con mala calidad, etc. Todo esto es ocasionado por una mala planificación, la misma que genera pérdidas a la empresa, pues los recursos no son aprovechados de manera eficiente.

El presente trabajo de suficiencia profesional describe mi experiencia como asistente de producción en la obra: **Mejoramiento de los servicios de salud del Centro de Salud I-4 Picota, provincia de Picota - San Martín.**

El proyecto contaba con un plazo de ejecución contractual de 13 meses; sin embargo, a sólo 04 meses de iniciada la obra esta se encontraba con un 81.6% de avance acumulado ejecutado respecto al avance acumulado programado. Ante esta problemática se tenía un panorama incierto y nada favorable, motivo por el que decidimos probar otras herramientas y metodologías que nos ayuden a tener un mejor control de obra, llegando así a preguntarnos ¿Empleando la filosofía Lean Construction y las herramientas del Last Planner System se podrá mejorar la producción y no caer por debajo del 80% de avance acumulado ejecutado respecto a la programado acumulado en el siguiente mes?

El objetivo principal se centró en tener que valorizar por encima del 80% de avance acumulado ejecutado respecto al avance acumulado programado para el quinto mes, pues el monto a valorizar era mayor al de los meses anteriores y no se quería presentar un nuevo calendario de obra que posteriormente pueda llevarnos a incurrir en falta que sea causal de resolución de contrato o intervención económica.

En el presente trabajo se describe el uso y aplicación de la filosofía Lean Construction y las herramientas del Last Planner System durante la etapa de ejecución del casco estructural de obra, buscando revertir el retraso tomando medidas correctivas que ayuden a mejorar la productividad en obra, pues el empleo de esta metodología ha sido empleada en diversas empresas en el mundo desde ya hace más de 2 décadas, obteniendo resultados satisfactorios, logrado minorar las pérdidas y tiempos de ejecución de obra.

CAPÍTULO I

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1. Aspectos generales

El terreno asignado para la construcción del nuevo Establecimiento de Salud de Picota se encuentra en un lote urbano, ubicado con frente al Jirón Aeropuerto y al Jr. Tiwinza, Mz 16, de la provincia de Picota, Región san Martín.

El terreno de forma de un polígono irregular de cuatro lados, alargado en el sentido Norte – Sur, paralelo al Jr. Aeropuerto, la topografía es casi plana con diferencia de nivel de 1.00 m en el sentido transversal.

El terreno tiene dos frentes que dan hacia el Jr. Aeropuerto y al Jr. Tiwinza, y dos frentes hacia propiedad de terceros.

1.1.1. Ubicación Geográfica del Proyecto

Región	:	San Martín
Provincia	:	Picota
Distrito	:	Picota
Altitud	:	223 m.s.n.m.
Área del terreno	:	10,767.54 m ²

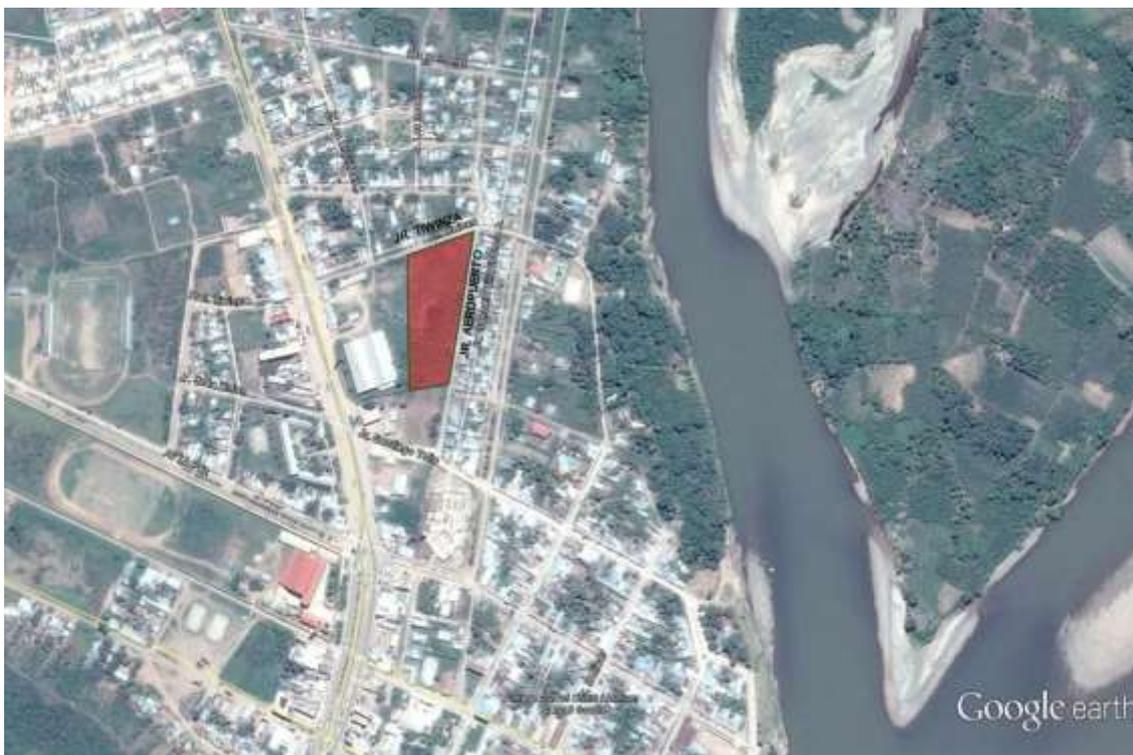


Figura 1: Ubicación referencial de la zona de estudio. (Fuente: Exp. Técnico – Google Earth).

1.2. Planteamiento del Problema

La ejecución de la obra **Mejoramiento de los servicios de salud del Centro de Salud I-4 Picota, provincia de Picota - San Martín**, dio inicio el 13 de agosto del 2015, en dicho mes según el cronograma valorizado de obra se tenían que ejecutar las obras provisionales, para el mes de setiembre iniciar el movimiento de tierras, y en octubre iniciar las obras de concreto simple y muros de albañilería, pues el diseño estructural de la obra es de albañilería confinada.

Bajo un comparativo mensual de lo programado vs lo ejecutado se tiene que para los meses de agosto y octubre se ejecutó por encima de lo programado, a diferencia de los meses de julio y noviembre, donde quedó por debajo. Ver el siguiente gráfico:

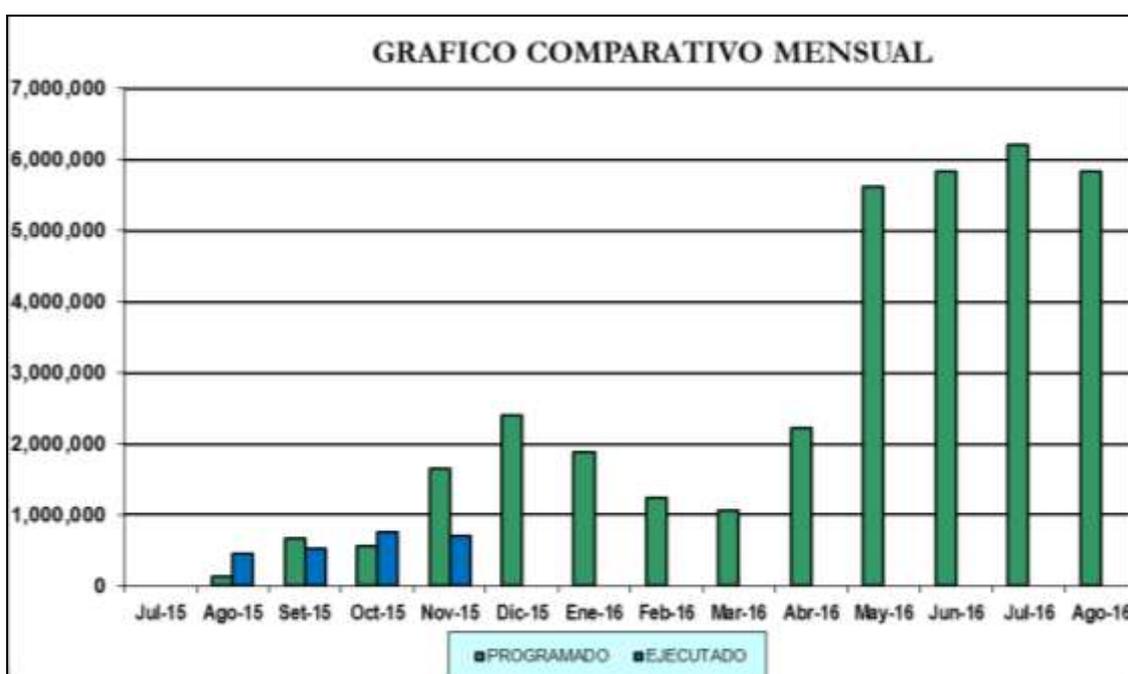


Figura 2: Gráfico Comparativo Mensual del Avance de Obra Programado Vs. Lo Ejecutado. (Valorización de obra Noviembre - 2015).

Como se puede apreciar en la figura 2, para el mes de noviembre es donde hay mayor diferencia entre lo programado vs lo ejecutado, esto debido a muchos factores, principalmente eventos que no han podido ser controlados, como el caso de las lluvias.

Para el mes de noviembre se continuó con la partida excavación de zanjas, la misma que estaba siendo realizada por un proveedor de servicios, teniendo así 03 retroexcavadoras en

obra ejecutando dicha actividad. Por órdenes de gerencia dichas máquinas no debían parar, esto ocasionó que en obra a mediados de noviembre se tenga un avance en excavaciones del 90%, pero el ritmo de las cuadrillas encargadas del vaciado de concreto en cimientos era menor, sólo tenían un avance del 60%, pues no tenía la capacidad ir a la velocidad de 03 máquinas funcionando.

El mayor avance generado en las excavaciones de zanjas fue un gran error, bastó unos días de lluvia para que las zanjas abiertas que no tenían vaciado el falso cimiento se derrumbaran, esto ocasionó una gran pérdida a la empresa, pues se tenía que pagar un adicional al proveedor de servicios para volver a realizar la excavación; las zanjas habían incrementado su ancho, lo que obligaba a usar encofrado para el vaciado de cimientos o en algunos casos emplear más concreto; también se perdió mucho del material de préstamo empleado en el mejoramiento del terreno.

El error descrito líneas arriba ocasionó que para ese mes (noviembre 2015) la obra se retrase mucho. El avance acumulado programado para ese mes era de 8.55% y sólo se logró un avance acumulado ejecutado de 6.97%, teniendo así un 81.6% de avance acumulado ejecutado respecto al avance acumulado programado.



Figura 3: Gráfico Comparativo Acumulado de lo Programado Vs. Lo Ejecutado – Curva “S” (Valorización de Obra Noviembre - 2015).

Ante el retraso evidenciado a sólo el cuarto mes, nos veíamos obligados a tomar medidas para no caer por debajo del 80% de avance acumulado ejecutado respecto al avance acumulado programado para el mes de diciembre, pues según el Reglamento de la Ley de Contrataciones del Estado. Ley 30225 con modificaciones D. Leg 1341 y D. Leg. 1444. Reglamento D. S. 344-2018-EF. Art. 203 (Demoras injustificadas en la ejecución de la obra), indica que ante un retraso injustificado en el que el monto de la valorización acumulada ejecutada a una fecha determinada sea menor al ochenta por ciento (80%) del monto de la valorización acumulada programada a dicha fecha, en primera instancia corresponde a que el contratista presente un nuevo calendario acelerado de obra, en caso de reincidir y que el monto de la valorización acumulada ejecutada sea menor al ochenta por ciento (80%) del monto acumulado programado del nuevo calendario, dicho retraso se puede considerar como causal de resolución del contrato o de intervención económica de la obra, cosa que no queríamos que suceda.

Para dicho mes, el monto a valorizar era mucho mayor al de los meses anteriores, bajo esta problemática se tenía un panorama incierto y nada favorable, motivo por el que decidimos probar otras herramientas y metodologías que nos ayuden a tener un mejor control de obra.

1.3. Formulación del problema

¿Empleando la filosofía Lean Construction y las herramientas del Last Planner System se podrá mejorar la producción y no caer por debajo del 80% de avance acumulado ejecutado respecto al avance acumulado programado en el siguiente mes?

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Emplear la Filosofía Lean Construction en la etapa de ejecución del casco estructural de obra para lograr un avance acumulado ejecutado respecto a lo acumulado programado mayor al 80% en el mes de diciembre 2015.

1.4.2. Objetivos Específicos

Realizar el Layout de Obra (optimización del uso de áreas del terreno para la circulación, abastecimiento de materiales, almacenes, maestranza, etc).

Definir la sectorización de obra por lotes.

Realizar el plan de actividades a ejecutarse a nivel del casco estructural.

Calcular el histograma del personal a emplear en obra.

Mejorar la productividad en obra.

1.5. Marco Teórico

En este capítulo abarcaremos los fundamentos teóricos que nos permitieron llevar a cabo los procedimientos correspondientes para dar solución ante nuestra problemática presentada, exponiendo antecedentes históricos, bases teóricas y definición de conceptos esenciales.

1.5.1. La Filosofía Lean Construction

1.5.1.1. Antecedentes Históricos

A fines de la década de los 50, se inicia una serie de investigaciones realizadas por ingenieros de la empresa ensambladora de automóviles Toyota Motor, siendo uno de los más reconocidos, el ingeniero Taiichi Ohno, encargado del área de producción de dicha empresa, dándose con ello, origen al término “Lean”, que consistía en reducir al mínimo los desperdicios y del mismo modo, mejorar los tiempos de entrega de los automóviles. Fruto de estas investigaciones se logra desarrollar lo que hoy conocemos como “producción Lean” o “producción sin pérdidas”, que abarca diversos sistemas de producción, coincidiendo todos estos en el principio de minimización de pérdidas.

A raíz de este nuevo sistema de producción generado, se dio inicio a un nuevo proceso de manufactura, el denominado Sistema de Producción Toyota (TPS – Toyota Production System), el cual sigue con los lineamientos de la filosofía “Lean”, donde procuran minimizar los defectos de todas las operaciones y con ello mejorar considerablemente su línea de producción.

Los aprendizajes e ideas que abarcaba esta nueva filosofía, se habían extendido por diversos países y ya no era exclusivo en el continente asiático, sino que había llegado hacia otros continentes como América y Europa, lo que significó que diversos grupos de ingenieros

establezcan nuevas mejoras y amplifiquen el enfoque de la producción sin pérdidas sobre todo en el sector industrializado en aquella época, enfocándose en la reducción de los principales tipos de desperdicios (sobrepoducción, inventario, tiempo de espera, etc.); es así que al inicio de los 90, esta nueva filosofía de producción ya era conocida de distintas maneras, tales como “producción sin pérdidas”, “nuevo sistema de producción” o “manufactura de clase mundial”, dándose inicio a la aplicación de esta nueva filosofía en distintos campos como el desarrollo de productos, el sector constructivo, entre otros.

Enfocándonos ahora en el campo del sector constructivo, sabemos los múltiples problemas que surgen en esta industria, tales como los desperdicios durante la ejecución de las partidas, sobredimensionamiento de las cuadrillas, programaciones irreales, exceso de inventario, etc. Es por ello que en 1992 el Ing. Irlandés Lauri Koskela, adecúa la filosofía hacia la construcción y publica un documento llamado “*Application of the New Production Philosophy to Construction*” (Aplicación de la Nueva Filosofía de Producción para la Construcción); iniciando un gran cambio en el sistema constructivo, reflejado en ahorros de costos en la construcción, mediante mejoras en la planificación, flujos de trabajo y la reducción de pérdidas durante el proceso constructivo.

1.5.1.2. Lean Production.

El Lean Manufacturing, o también llamado Lean Production, es un método de organización del trabajo que se centra en la continua mejora y optimización del sistema de producción mediante la eliminación de desperdicios y actividades que no suman ningún tipo de valor al proceso. (TOURON, 2016)

(TOURON, 2016) Sostiene que el objetivo principal de la filosofía de Lean Production es el de minimizar las pérdidas que se generan durante el proceso de fabricación, utilizando solo aquellos recursos que sean considerados como esenciales para su fabricación.

Analizando un poco el modelo de producción tradicional, podemos darnos cuenta que su enfoque se centra sobre todo en las actividades de transformación y resta importancia al flujo de los recursos quienes a su vez pueden lograr generar más valor en el producto final; reflejo de ese pensamiento nos muestra el siguiente gráfico. (Figura 4)



Figura 4: Modelo de producción tradicional. (Fuente: Propia).

En cambio, uno de los pilares que sostiene la teoría de Lean Production es considerar el proceso de producción como una conversión de materiales, flujo de recursos y una entrega máxima de valor para el cliente; es por ello que esta nueva filosofía deja atrás el modelo de producción tradicional y propone un nuevo modelo de producción Lean basado en conversión – flujo – valor. (Figura 5)

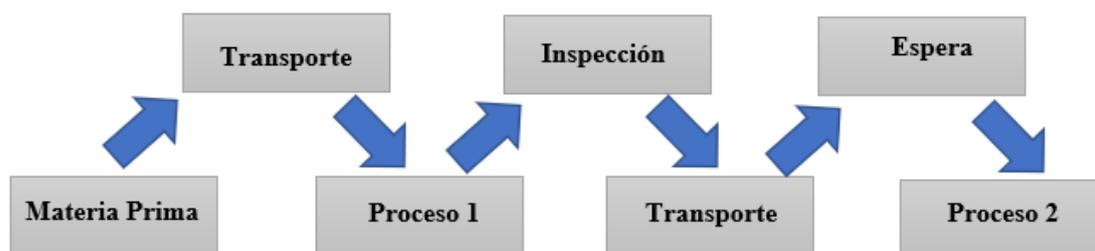


Figura 5: Modelo de flujo de producción Lean Production. (Fuente: Koskela 1992, pag 38).

En este modelo de producción logramos observar actividades que generan valor (proceso 1 y 2), asimismo actividades necesarias pero que no agregan valor (transporte) y también actividades totalmente innecesarias como el tiempo de espera, el cual es primordial buscar suprimir para originar menores pérdidas y con ello generar el máximo valor. Es por ello que Lean Production plantea algunos conceptos para reducir todo aquello que no nos genere valor, tales como:

- **Reducción de las actividades que no agregan valor.**

Debemos identificar a todas las actividades que no nos están generando ningún valor y tratar de eliminarlas, en caso ser actividades necesarias, deberemos buscar reducirlas mediante métodos de planificación, con el fin de reducir nuestras pérdidas y generar un máximo valor.

- **Incremento del valor del producto considerando los requerimientos del cliente.**
En este punto es muy importante ponernos en la perspectiva del cliente y buscar cumplir o superar sus expectativas mediante la búsqueda del incremento del valor del producto.
- **Reducir la variabilidad.**
La variabilidad es un concepto que siempre va a estar de la mano en cada proceso que realicemos, es por ello que debemos tratar de reducirla al mínimo para evitar cualquier contratiempo que pueda afectar nuestro flujo de trabajo.
- **Reducción de los tiempos de los ciclos.**
Es posible reducir nuestros tiempos de ciclos mediante conceptos como la Teoría de los lotes de producción, que nos indica que debemos asegurar que nuestros flujos no paren, lograr flujos eficientes y lograr procesos eficientes.
- **Simplificación de procesos.**
Consiste en mejorar el flujo a través de una reducción de los procesos involucrados, el cual nos va a permitir lograr un mejor control de los mismos y poder tener un mayor manejo de las variabilidades que pudieran presentarse.
- **Incremento de la confiabilidad y transparencia entre procesos.**
Cuando logramos trabajar nuestros procesos con transparencia, estamos logrando la posibilidad que estos puedan ser inspeccionados en su totalidad y poder evitar errores a futuro que se convertirían en los llamados “trabajos rehechos”.
- **Introducción de la Mejora Continua.**
Basado en la filosofía japonesa Kaisen, el cual nos indica que debemos analizar el porqué de nuestras causas de incumplimiento y corregirlas, con el fin de no volver a cometer los mismos errores y llevar este aprendizaje a los siguientes proyectos con el fin de buscar siempre una mejora continua.
- **Referenciar nuestros Procesos (Benchmarking)**
Este punto consiste en visualizar los procesos de las empresas que estén liderando nuestro campo de trabajo y compararlo con nuestros procesos, con el fin de obtener ideas que nos permitan mejorar dado el potencial que cuentan como empresas líderes.

Todos estos principios planteados por Lean Production tiene el mismo objetivo final, que es buscar la mejora en el proceso de producción y reducir aquellas actividades que no estén

generando valor, es por ello que Lean Production va a definir estas actividades como pérdidas y las va a clasificar en 7 tipos, las cuales son:

- **Sobre – Producción**

Definida como la producción en exceso ante la demanda del cliente, es decir, producir más de lo que el cliente ha solicitado, esto va a generar otro tipo de desperdicio: el inventario.

- **Esperas**

Tiempo que no genera valor entre procesos o durante uno, el cual puede ser por falta de materiales, espera de información, cuellos de botellas, etc. Siendo una de las principales causas del trabajo no contributivo.

- **Transporte**

Como ya lo mencionamos anteriormente, es una actividad que no agrega valor, sin embargo, es totalmente necesaria para lograr un trabajo productivo, pero el problema no radica en ello, sino en el exceso de esta actividad, es decir, mover más de lo necesario el material, información u otra herramienta requerida, ya sea por no tener un punto de acopio correctamente definido, ubicar materiales en lugares temporales, falta de orden, etc.

- **Sobre – Procesamiento**

Se genera cuando a un producto o servicio se le realiza más trabajo del necesario, el cual el cliente no está dispuesto a pagar esos sobrecostos y genera una pérdida para el proyecto.

- **Inventario**

Es la acumulación de productos y/o materiales en cualquier parte del proceso como resultado de flujos no balanceados, tales como el exceso de materia prima, trabajo en curso o producto terminado, los cuales van a generar otro tipo de desperdicios como esperas y transporte.

- **Movimientos**

Se define como cualquier movimiento que no es necesario para completar una actividad de manera adecuada, pueden ser de personas o máquinas.

- **Defectos (Trabajos Rehechos)**

Los defectos de producción son pérdidas por trabajos mal realizados, los cuales presentan fallas que se deberán corregir mediante un costo adicional cubierto por la

misma empresa reflejados en el consumo de materiales, mano de obra, etc. Quienes a su vez podrían afectar nuestro flujo de trabajo, es por ello la importancia de erradicar estos errores durante los procesos, para así poder garantizar un producto final de calidad.

Adicional a estos 7 tipos de pérdidas o desperdicios, se plantea uno nuevo, el 8avo llamado Make Do.

- **Making - Do: 8ava Pérdida (Koskela, 2004)**

Se refiere al hecho de “Forzar a hacer”, es decir, cuando se inicia una actividad sin contar con todo lo necesario para su correcta ejecución, reflejado en una baja productividad por no realizar las actividades de una manera óptima.

Para ello se presenta una nueva propuesta de solución que es el **Make Ready**, que consiste en realizar todas las acciones necesarias para el inicio de una actividad y poder obtener un flujo continuo.

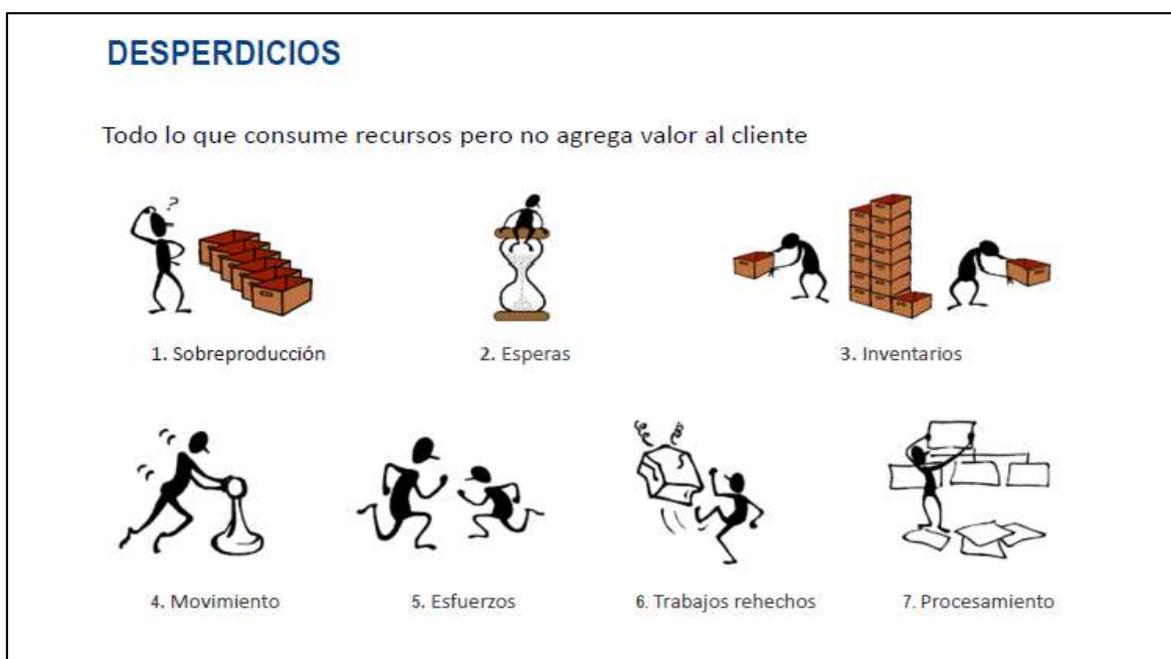


Figura 6: Los 7 Principales desperdicios (Fuente: Miranda J. 2016, p 31).

1.5.1.3. Lean Construction

Según (Lean Construction Institute, 2013), Lean Construction es una filosofía que se orienta hacia la administración de la producción en construcción y su objetivo principal es reducir o

eliminar las actividades que no agregan valor al proyecto y optimizar las actividades que sí lo hacen, por ello se enfoca principalmente en crear herramientas específicas aplicadas al proceso de ejecución del proyecto y un buen sistema de producción que minimice los residuos. (Porrás, Sánchez, & Galvis, 2014)

Podemos decir que Lean Construction es la adaptación de la filosofía de Lean Production al sector constructivo con sus propias variabilidades, puesto a que el modelo de Lean Production estaba orientado al sector industrial, en cambio Lean Construction estará orientado hacia el sector de la construcción como Obras de edificaciones, obras hidráulicas, carreteras, etc.

Tiene como principio controlar las variabilidades mediante un buen sistema de producción y con ello lograr minimizar las pérdidas para generar un máximo valor al cliente. En busca de ello, Lean Construction plantea el diseño de una producción efectiva, concentrándose en los flujos de trabajo y propone 3 puntos como objetivos fundamentales.

a. Asegurarse que los flujos no paren

Hace referencia a que los flujos de las actividades no sean interrumpidos, es decir, lograr un flujo continuo sin priorizar aún la eficiencia de los procesos ni la eliminación de los desperdicios, los cuales serán visto posteriormente.

(GHIO, 2001)

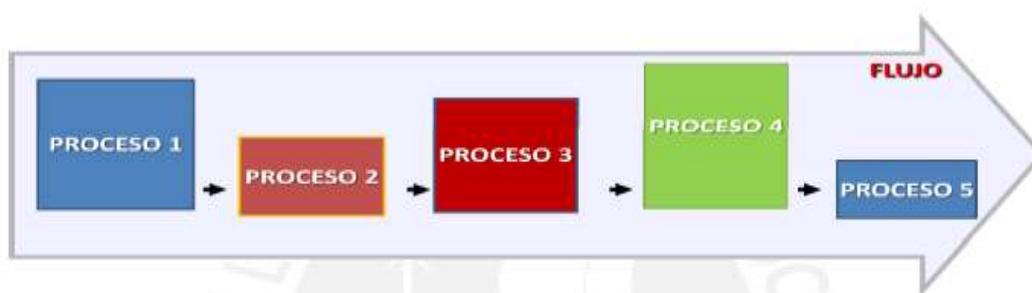


Figura 7: Modelo de Flujo (Fuente: Capítulo LCI).

Como se logra observar en la imagen (Figura 7), se logró obtener una continuidad entre los procesos, sin embargo, también es notorio que los tamaños de los lotes son distintos, por ende, los flujos también lo son.

Para lograr cumplir este primer objetivo fundamental, Lean Construction plantea manejar la variabilidad mediante uso de buffers y el uso del LPS (Last Planner

System) y sus herramientas, tales como el Master Plan, LookAhead, plan semanal, etc. Que nos permite en este caso tener una programación ya fijada de las actividades a realizar, dando como resultado un mayor cumplimiento de las actividades planificadas, por ende, generando una mayor confiabilidad de la construcción.

b. Lograr flujos eficientes.

Este segundo punto a cumplir para lograr tener un sistema efectivo de producción lo vamos a conseguir homogenizando el trabajo total entre los procesos involucrados, de tal manera que tengamos flujos continuos y eficientes.



Figura 8: Modelo de Flujo eficiente (Fuente: Capítulo LCI).

En la imagen (Figura 8) observamos que ya se logró cumplir con el primer y segundo punto, es decir, ya tenemos la continuidad entre los procesos y también la simetría de trabajo en cada una de las mismas.

Para poder cumplir con este segundo objetivo, vamos a contar con principios y herramientas, tales como la teoría de restricciones que recomienda a las empresas a fijarse en sus puntos críticos (procesos con menor flujo) y dirigir sus fuerzas hacia él, para lograr optimizar el proceso más débil y tener como resultado mejoras a nivel general del proceso de producción. ("¿Qué es la Teoría de las Restricciones (TOC)?", 2015).

c. Lograr procesos eficientes

Luego de haber logrado tener un flujo continuo y homogéneo, debemos buscar tener procesos y flujos eficientes, es decir, dimensionar adecuadamente cada proceso en

base a la optimización de las mismas mediante herramientas de la filosofía Lean Construction.



Figura 9: Modelo de Flujo con procesos eficientes (Fuente: Capítulo LCI).

En la imagen (Figura 9), ya hemos obtenido un modelo de producción efectiva como resultado de los puntos mencionados anteriormente, es decir, ahora contamos con un flujo continuo y con procesos y flujos eficientes.

Para poder lograr este tercer punto, Lean Construction nos brinda distintos tipos de herramientas, entre ellas el nivel general de actividades y la carta balance, con el fin de poder analizar cada actividad y buscar su optimización.

1.5.1.4. Last Planner System

Last Planner System (Sistema del Último Planificador), es una herramienta de planificación desarrollada por Glenn Ballard y Greg Howell, concebido como *“Un sistema de planificación y control de la producción para mejorar la variabilidad en las obras de construcción y reducir la incertidumbre en las actividades programadas”* (Porrás, Sánchez, & Galvis, 2014)

Según (BRIOSO, 2015), el Last Planner System *“es una herramienta que nos ayuda a mejorar el flujo de las actividades programadas, reduciendo la variabilidad que existe en los proyectos de construcción, por tanto, nos ayuda al cumplimiento de las actividades”*.

Ante este nuevo sistema de planificación propuesto por Ballard y Howell, podemos darnos cuenta el error en el que caía la planificación tradicional, debido a que no presenta un manejo de las variabilidades y tampoco un control de la producción, puesto a que solo se enfoca en planificar según lo que debe hacerse, sin tener la certeza de que los recursos manejados serán suficiente para cumplir con la planificación.



Figura 10: Planificación Usual. Tomada de Un nuevo enfoque en la gestión: Construcción sin pérdidas (ALARCÓN, Un nuevo enfoque en la gestión: La construcción sin pérdidas, 2009) Fuente: (Porras, Sánchez, & Galvis, 2014) .

En la Figura 10 podemos diagnosticar 3 fases de planificación, como un primer conjunto aparece lo que “se debe hacer”, seguido por el subconjunto que representa lo que “se hará” y, por último, en un subconjunto más pequeño tenemos lo que realmente “se puede hacer”; a simple vista resalta que en esta manera tradicional de planificación tenemos un mayor número de actividades que deseamos ejecutar frente a nuestra capacidad de poder realizarlas, esto sucede porque los encargados de la planificación deciden “lo que se hará” sin antes verificar en campo lo que realmente “puede hacerse”, resultado de este modelo de planificación es el retraso al que muchas veces una obra de construcción está expuesta, gráficamente se entiende que todo lo que quedó fuera del subconjunto “se puede” se traduce como actividades que quedaron sin realizarse, el cual lo vamos a considerar como retrasos y nos va a generar un detrimento económico.

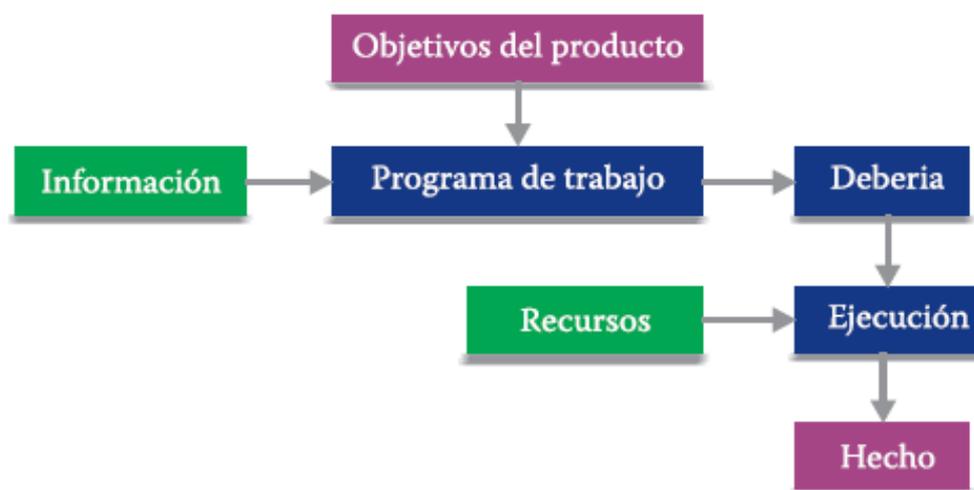


Figura 11: Sistema tradicional de Planificación (KOSKELA, 1992) Fuente: (Porras, Sánchez, & Galvis, 2014).

En esta imagen (Figura 11), nos enfrentamos a un sistema tradicional de planificación que presenta variabilidades e incertidumbres, siendo uno de los factores causantes el hecho de no tener un control de las restricciones de las actividades planificadas y, sobre todo, planificar por encima de nuestra capacidad de producción, problema que suele darse debido que al momento de la planificación no se hace un estudio previo de nuestras limitantes o capacidad productiva, tales como recursos, productividad, etc. Y se suele realizar una planificación subjetiva, manifestándose posteriormente en retrasos acumulados y problemas con los cumplimientos de los hitos planificados.



Figura 12: Esquema Last Planner (GHIO, 2001).

Ante el modelo del Sistema Tradicional (Figura 11), Last Planner System plantea su nuevo sistema de Planificación más confiable (el Sistema del Último Planificador) (Figura 12), es decir, tener una planificación más real acorde a nuestra capacidad de producción y un mayor control de obra, lo cual nos va a dar como resultado un cumplimiento mayor de las actividades programadas, generando así menores desperdicios y mayores beneficios al mismo tiempo que incrementa el grado de confiabilidad de la construcción y agrega un valor para el cliente.



Figura 13: Sistema de Planificación Lean. Tomada de Un nuevo enfoque en la gestión: Construcción sin pérdidas (ALARCÓN, Un nuevo enfoque en la gestión: La construcción sin pérdidas, 2009) Fuente: (Porras, Sánchez, & Galvis, 2014).

Con la figura 13 podemos concluir que con este nuevo sistema de planificación tenemos mayores probabilidades de cumplir con lo programado, puesto que ahora lo que haremos, es solo una parte de lo que podemos, con ello evitaremos caer en retrasos u otros inconvenientes que puedan detener nuestro flujo de trabajo el cual podría reflejarse en considerables pérdidas económicas.

Finalmente podemos concluir que Last Planner System es una herramienta que nos permite tener una planificación total de nuestro proyecto, es así que a medida que se acerca el día de la ejecución de alguna actividad, la planificación se va volviendo más detallada mediante planeamientos colaborativos, levantamiento de restricciones, uso de buffers, etc.

Es por eso que tenemos la siguiente estructura del Last Planner System (Figura 14).

(ALARCÓN, "Guía para la implementación del sistema del último planificador", 2008)

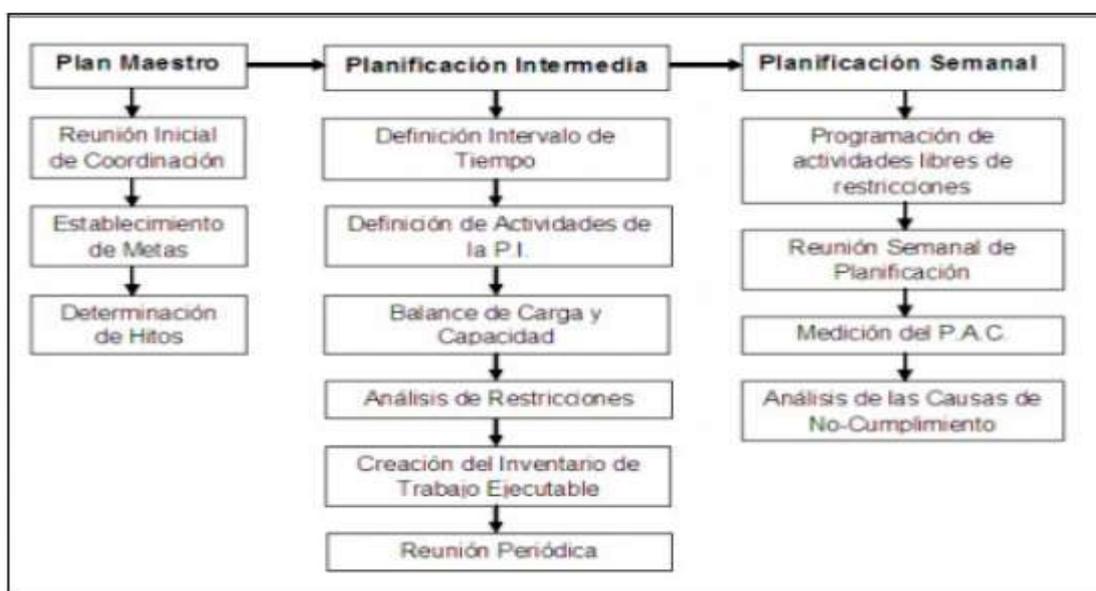


Figura 14: Estructura fundamental del Last Planner System (Adriazola y Torres, 2004).

1.5.1.4.1. Planificación Maestra (Master Plan)

La planificación maestra o master plan es una herramienta que representa el nivel más alto del sistema de planificación, es decir, abarca toda la programación de actividades necesarias para ejecutar el proyecto planificándolos por hitos (Inicio de proyecto, fin del casco estructural, entrega al cliente, licencias, etc.) mediante trenes de trabajo, que consiste en una planificación de actividades secuenciales con estaciones balanceadas, mejorando así la

eficiencia del sistema y una optimización de recursos generando una mayor productividad, es por ello la importancia que en esta etapa nuestro plan maestro sea coherente con la capacidad que tiene la empresa en presupuesto, recursos, capital humano y otros factores importantes que podrían generar una planificación equívoca.

Esta herramienta es base para nuestro Last Planner System, puesto que de esta programación se van desprender las programaciones a mediano y corto plazo, ya que el análisis de las actividades en esta etapa es general y conciso, mientras que a medida que se acerca la fecha de ejecución de dicha actividad, la planificación se va volviendo más detallada.

1.5.1.4.2. Planificación Intermedia (Lookahead Planning)

La planificación intermedia o Lookahead Planning es una herramienta del Last Planner System de mediano plazo que nace a partir de un desglose del Master Plan para convertirse en una planificación a mayor nivel de detalles que generalmente suele ser entre 3 a 6 semanas, variando el número de semanas según el tipo de proyecto, siendo semanalmente actualizado e identificando las actividades nuevas que ingresan a la planificación lo que nos va a permitir tener un mayor control de las variabilidades que se puedan presentar en obra.

Según (BRIOSOS, 2015) nos dice que *“El principal objetivo del Lookahead es de llevar un control en el flujo de trabajo y de la correcta secuencia de las actividades de la programación general”*. Es por ello que una de las principales ventajas del Lookahead reside justamente en su nombre “mirar hacia adelante”, es decir, al tener una planificación proyectada que generalmente varía entre 3 a 6 semanas, nos permite prever los recursos que necesitaremos para poder ejecutar las actividades planificadas en su semana indicada y con ello poder liberarlas de sus restricciones, dándose así pase al siguiente nivel que es la planificación semanal.

Para realizar la planificación intermedia debemos seguir los siguientes pasos.

- **Definición de los intervalos de tiempo.**

Los intervalos de tiempo serán medidos por semanas y para definir el número de las mismas, tomaremos en cuenta características del proyecto al mismo tiempo que se analizan los

recursos, mano de obra, tiempos para adquirir información, etc. Para así poder tener previsto las actividades que requieran ciclos largos de respuesta y así reducir la incertidumbre en la planificación.

- **Definición de las actividades que serán parte del plan intermedio**

Dentro de los intervalos definidos en el punto anterior, debemos observar qué actividades del Plan Maestro se encuentran dentro y definir las como actividades que se van a planificar en el Lookahead el cual cada actividad tendrá sus propias restricciones que deberán ser liberadas antes de pasar a la planificación semanal.

- **Análisis de restricciones**

Luego de definir las actividades que serán parte del plan intermedio, debemos buscar liberarlas de cualquier restricción que impida ser ejecutada en la fecha programada, para ello vamos a analizar cada una de las actividades definidas e identificar si presentan alguna restricción que impida su correcta ejecución, en caso tener una o más restricciones, se asignará a un responsable por actividad para buscar liberar la restricción con fecha límite.

Según ((Porrás, Sánchez, & Galvis, 2014) p. 22), menciona que una actividad estará libre de restricciones si logra cumplir con dos etapas, la primera es la “revisión del estado de las tareas”, donde se analiza si la actividad cuenta con restricciones y la segunda etapa es la “preparación de las restricciones”, donde se define qué acciones se tomarán para liberar de las restricciones a la actividad y poder ejecutarla en la fecha planeada.

Según (BRIOSÓ, 2015), las restricciones podrían definirse como “*los prerrequisitos de una actividad, que de no ser cubiertos podrían producir paralizaciones en los flujos de producción*”

Según la Pontificia Universidad Católica de Chile (GEPUC), las restricciones se clasifican en 11 tipos diferentes según observamos en la figura 15.

TIPOS DE RESTRICCIONES		
N°	Codigo	Descripcion
1	MAT	Materiales
2	DIS	Diseño
3	MO	Mano de obra
4	INS	Inspeccion
5	DOC	Documentacion
6	EQ	Equipos
7	HZT	Habilitacion frente de trabajo
8	SEG	Seguridad
9	AMB	Ambiental
10	SC	Subcontratos
11	OTRO	Otros

Figura 15: Tipos de restricciones - Fuente: (ALARCÓN, "Guía para la implementación del sistema del último planificador", 2008).

- **Intervalo de trabajo ejecutable.**

Está conformado por todas las actividades que poseen la mayor probabilidad de ser ejecutadas, es decir, actividades que ya fueron liberadas de restricciones, generándose un intervalo de tareas por ejecutar.

1.5.1.4.3. Planificación semanal (Weekly work plan)

La planificación semanal son todas las actividades de la primera semana del Lookahead que se encuentran libre de restricciones, es decir, el Weekly work plan viene a ser un listado de actividades a realizar durante la semana las cuales no cuentan con ningún tipo de restricción.

Según (BRIOSO, 2015) nos comenta la importancia de usar los buffers (colchones) y tareas suplentes en caso de imprevistos, es así por ejemplo que hoy en día en muchas construcciones la planificación solo es de 5 días a la semana (lunes, martes, miércoles, jueves y viernes), siendo el sábado considerado como buffer de tiempo para ejecutar alguna actividad que no se haya podido ejecutar o culminar.

En nuestra planificación semanal usaremos una herramienta para medir el cumplimiento de nuestra planificación que es el PPC (Porcentaje de Plan Cumplido) y las reuniones de planificación semanal en la que los involucrados discuten sobre la planificación.

- **PPC (Percent Plan Complete)**

El PPC o porcentaje de plan cumplido es una manera de cuantificar la efectividad de nuestro plan semanal a través de una división entre el número de actividades que se realizaron frente al número de actividades que se programaron, con los resultados obtenidos analizar el por qué no se realizaron todas las actividades y no volver a cometer los mismos errores. El PPC se calcula bajo la siguiente fórmula, reflejando así la fiabilidad del sistema de planificación.

$$PPC = \frac{\text{Número de actividades completadas}}{\text{Número de actividades programadas}} \times 100 \%$$

- **Reunión de Planificación semanal**

Se debe realizar una vez por semana anticipando la programación de la semana entrante, donde asistirán los principales involucrados para que la planificación resulte óptima, entre ellos el administrador de obra, supervisores, capataces, maestro de obra y los de la oficina técnica, con el fin de discutir errores o falencias presentadas, buscar alternativas de solución ante algunos incumplimientos, analizar la secuencia de trabajo de la semana entrante, etc.

1.5.1.4.4. Planificación diaria

Es el último nivel de la planificación donde se elabora un listado que contemple todas las actividades que se van a realizar en cada día de la semana durante la jornada de trabajo, con el fin de cumplir la planificación semanal una vez culminado la semana.

1.5.1.5. Herramientas y conceptos de la filosofía Lean Construction

1.5.1.5.1. Herramientas

Visto algunas herramientas como el análisis de restricciones, PPC, Lookahead, etc. A continuación, veremos otras herramientas que nos ayudarán a cumplir con los objetivos que promueve la filosofía.

1.5.1.5.1.1. Just in Time (Justo a tiempo)

Para (BRIOSO, 2015, pág. 48) el Just in time es “*producir los elementos que se necesitan, en las cantidades que se necesitan, en el momento que se necesitan*”, logrando así evitar los excedentes de inventarios que puedan incurrir en pérdidas económicas.

El Just in time es una ideología basada en los principios del Lean Production en busca de la eliminación de los desperdicios, sosteniendo que el inventario es considerado como una pérdida en el sistema de producción el cual intentará eliminarlo aplicando conceptos como el sistema el Pull (jalar), la reducción del tamaño de los lotes de transferencia, etc.

En la figura 16 podemos apreciar el uso del sistema Pull vs el uso del sistema Push, notándose la gran diferencia entre ambos sistemas al momento de generar la transferencia de lotes de producción.

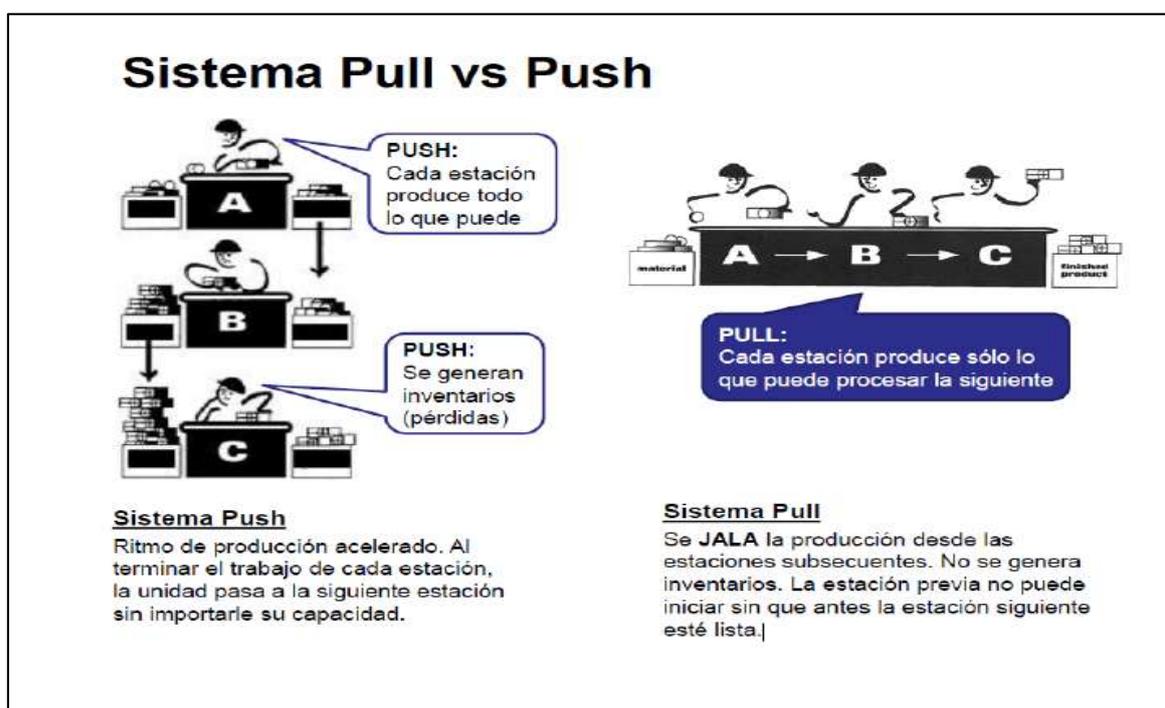


Figura 16: Sistema Pull vs Sistema Push Fuente: (Instituto de la Construcción y Gerencia (ICG UNFV), 2017, pág. 31).

1.5.1.5.1.2. Tren de Actividades

El tren de actividades, conocida también como programación rítmica o lineal, es una estrategia de ejecución previamente balanceada, donde la producción es constante y los trabajos son similares en cada estación, aportando a optimizar las actividades repetitivas y secuenciales.

“En las obras de edificación los productos se van construyendo en lugares “fijos” denominados sectores y son las actividades (procesos) los que van “recorriendo” cada sector hasta la culminación de la fase y la obra” (BRIOSO, 2015)

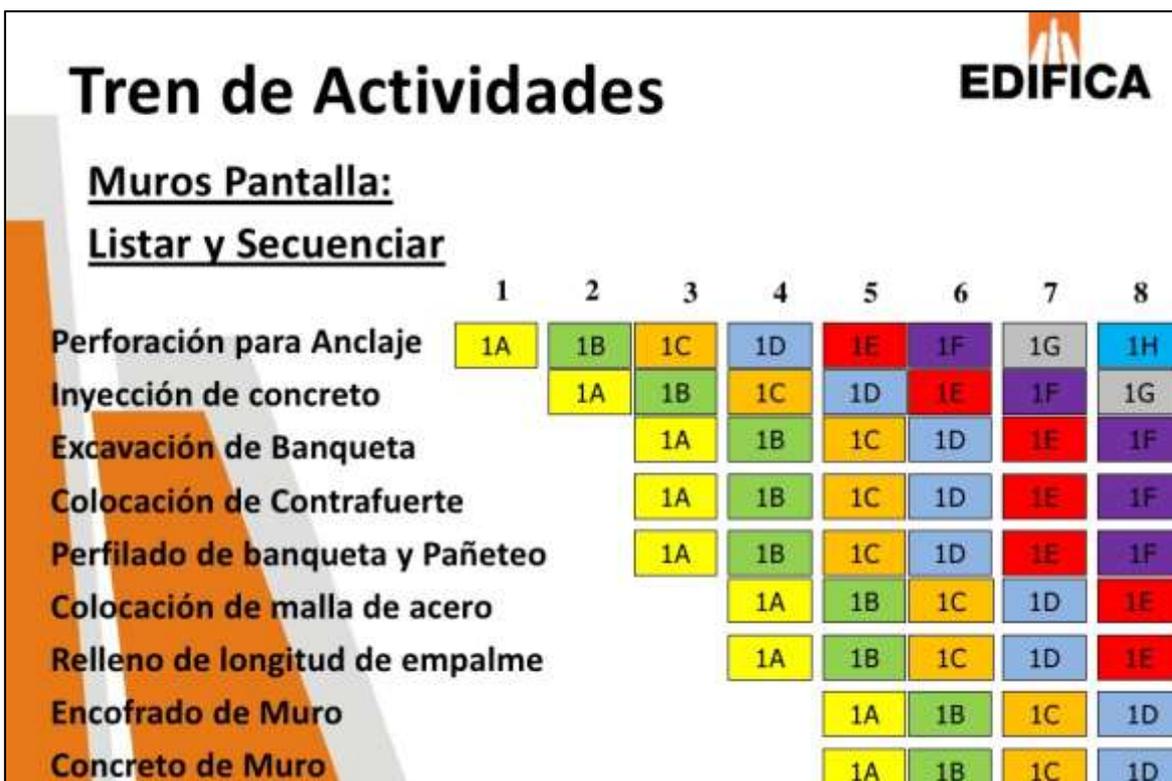


Figura 17: Tren de actividades. (Fuente: Constructora EDIFICA).

1.5.1.5.1.3. Sectorización

Es una herramienta que consiste en dividir el área de trabajo en lotes pequeños llamados “sectores”, no necesariamente de igual área, pero sí cantidades de trabajos similares y que puedan ser ejecutadas en una sola jornada laboral, para poder tener un flujo de trabajo continuo entre los sectores.

Para (BRIOSO, 2015) “La sectorización consiste en que el especialista de Lean Construction deberá dividir las mediciones de las actividades de una obra de edificación en un número de sectores de manera que se genere una línea de producción balanceada y viable”.

En la siguiente imagen (Figura 18) podemos observar los pasos a seguir para realizar una sectorización de manera correcta.



Figura 18: Proceso de Sectorización para edificaciones. (Fuente: Inmobiliaria EDIFICA).

La división de trabajo en lotes más pequeños con un flujo de trabajo continuo, logra que las cuadrillas de una determinada actividad lleguen especializarse en su labor, logrando con ello un mejor rendimiento y mayor productividad. Como lo habíamos mencionado puntos anteriores, la sectorización no consiste en dividir áreas iguales de trabajo, sino cantidad de trabajo a base de los metrados, reflejo de ello es la siguiente imagen (Figura 19).

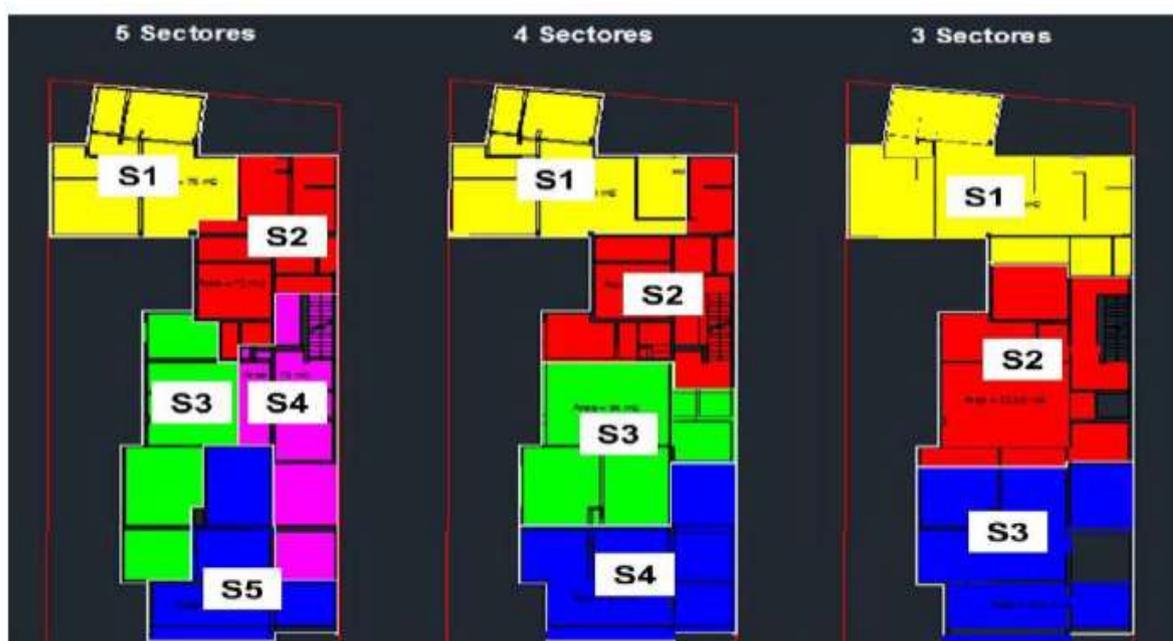


Figura 19: Sectorización de una edificación residencial (BRIOSO, 2015, pág. 45).

1.5.1.5.1.4. Nivel General de Actividades (NGA)

Es una herramienta que sirve para medir el trabajo en campo y con ello poder obtener la productividad general de la obra y el tipo de trabajo que se está realizando (Trabajo productivo, trabajo contributorio o trabajo no contributorio).

Según Serpell (1993) son necesario realizar 384 mediciones y nos permite identificar las principales pérdidas generadas en nuestro proyecto.

En la figura 20 podemos observar un ejemplo de las mediciones del Nivel General de Actividades realizado en obra.

CARGO		NIVEL GENERAL DE ACTIVIDADES																		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
1	SOLAQUEO	x																		
2	SOLAQUEO	x																		
3	ENCOFRADO																			
4	ENCOFRADO																			
5	SOLAQUEO	x																		
6	SOLAQUEO																			
7	SOLAQUEO																			
8	EXCAVACION	x																		
9	ELECTRICAS																			
10	ENCOFRADO																			
11	ENCOFRADO																			
12	ENCOFRADO																			
13	ENCOFRADO																			
14	ENCOFRADO																			
15	ENCOFRADO																			
16	ENCOFRADO																			
17	ENCOFRADO																			
18	ENCOFRADO																			
19	ENCOFRADO																			
20	FIERRO	x																		
21	FIERRO	x																		
22	ENCOFRADO																			
23	ENCOFRADO	x																		
24	ENCOFRADO	x																		
25	ENCOFRADO																			
26	ENCOFRADO																			
27	ENCOFRADO	x																		
28	ENCOFRADO	x																		
29	ENCOFRADO																			
30	FIERRO	x																		
31	SANITARIAS	x																		
32	SANITARIAS	x																		
33	EXCAVACION																			
34	ENCOFRADO	x																		
35	ENCOFRADO																			
36	ENCOFRADO																			
37	ENCOFRADO																			
38	ENCOFRADO																			
39	SOLAQUEO	x																		
40	SOLAQUEO	x																		
41	SOLAQUEO	x																		
42	ENCOFRADO																			
43	ENCOFRADO																			
44	DESENOF.																			
45	DESENOF.																			
46	DESENOF.																			
47	ENCOFRADO																			
48	ENCOFRADO																			
49	ENCOFRADO																			
50	ENCOFRADO																			
51	ENCOFRADO																			
52	ENCOFRADO																			
53	ENCOFRADO	x																		
54	ENCOFRADO																			
55	SANITARIAS	x																		

Tiempo Productiva (TP)	
0	Colocacion de FIERRO
0	Encofrado
0	Vaciado de concreto
0	Excavado
0	Arentado de ladrillo
0	Trazado
0	
0	
Tiempo Contributaria (TC)	
1	Habilidad de material
2	Traslado de material
3	Derechofrado
4	Limpieza
5	Regleada
6	Limpieza
7	Dar y recibir instrucciones
8	Medicinas
9	
10	
Tiempo NO Contributaria (TNC)	
11	Ir a las SSHH
12	Viajar
13	Tiempo aciar
14	Esperar
15	Trabajar rehechar
16	Otras
17	
18	

Figura 20: Medición del Nivel General de Actividades. Fuente: (Edificio EDO, Constructora RUWAY Arquitectos & Ingenieros).

Una vez culminado nuestras mediciones, obtendremos los resultados tales como muestra la figura 21.

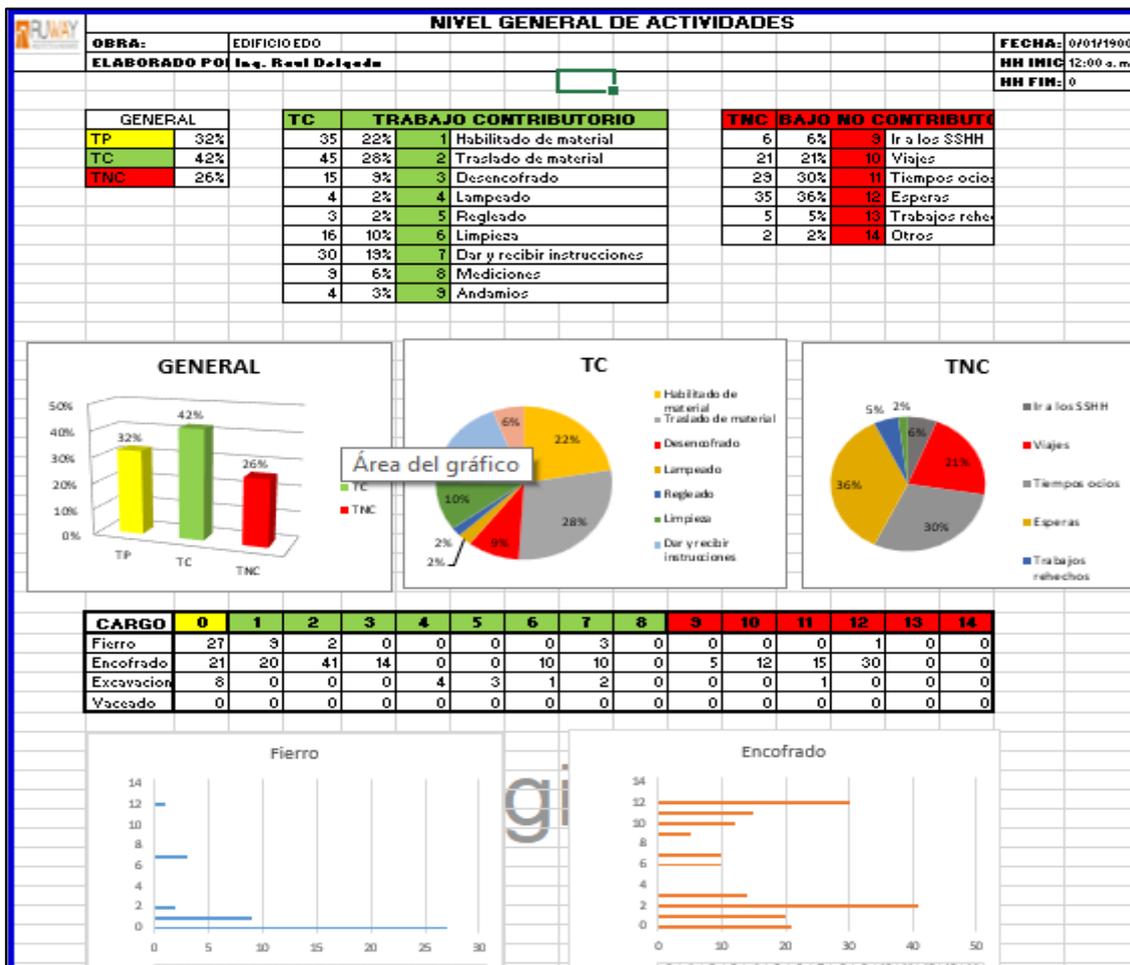


Figura 21: Resultados de las mediciones del Nivel General de Actividades. Fuente: (Edificio EDO, Constructora RUWAY Arquitectos & Ingenieros).

1.5.1.5.1.5. Carta Balance

“La carta balance es una herramienta que nos ayuda a generar un diagnóstico de cómo se distribuyen los tiempos del personal que conforman una cuadrilla de trabajo, dentro de una actividad específica.” (Vásquez, 2019)

La carta balance y el nivel general de actividades tienen mucha similitud en cuanto a proceso de medición, sin embargo, la primera se centra en analizar una partida y registrar a cada miembro de la cuadrilla estudiada con el fin de identificar los tipos de trabajos que se están realizando durante la medición que normalmente tiene una duración de 1 minuto, todo ello con el fin de optimizar los procesos y en este caso, encontrar el número óptimo de obreros por cada cuadrilla de trabajo.

1.5.1.5.1.6. Tipo de trabajos

- **Trabajo Productivo (TP)**

Se define como el trabajo que aporta en forma directa a la producción, es decir, aquel trabajo que genera valor y avance de obra. Ejemplos: Asentado de ladrillo, vaciado de concreto, etc.

- **Trabajo Contributorio (TC)**

Es aquel trabajo que no genera avances ni valor directo para el cliente, sin embargo, es necesario para poder ejecutarse el trabajo productivo, el cual debe minimizarse lo máximo posible para poder incrementar nuestra productividad, ya que para algunos autores es considerado una pérdida en segunda categoría. Por ejemplo: Transporte de material, mantenimiento de equipos, etc.

- **Trabajo No Contributorio (TNC)**

Considerando la definición de los puntos anteriores, podemos decir que el trabajo no contributorio viene a ser aquel trabajo que no genera avances y tampoco es necesario, es decir, trabajos considerados como pérdidas y es de vital importancia tratar de eliminar este tipo de trabajo, tales como: Tiempo de esperas, trabajos rehechos, etc.

1.5.1.5.1.7. Buffers

Es sabido que el mundo de la construcción se caracteriza por la incertidumbre y variabilidades que existen al momento de ejecutarse un proyecto, lo cual nos puede afectar e incurrir a retrasos y por ende al incumplimiento de nuestra planificación, es por ello que se plantea el uso de los buffers, entendiéndose por estos mismos como colchón o amortiguador, que van a ser usados para contrarrestar la variabilidad que pueda presentarse en obra.

Los buffers pueden ser de 3 tipos:

- **Buffer de inventario.**

El buffer de inventario sugiere tener una cantidad mayor que la necesaria (sin caer en excesos) de materiales y/o equipos con el fin de prevenir cualquier imprevisto que pueda detener nuestro flujo de trabajo.

- **Buffer de tiempo**

El buffer de tiempo va a ayudar a que nuestra programación semanal pueda ejecutarse con mayor porcentaje de plan cumplido, puesto que tendremos un colchón para poder culminar las actividades que por alguna razón no se logró completar o llevar a cabo. Algunas empresas tienen una planificación de 5 días (de lunes a viernes), usándose el 6to día (sábado) como un buffer de tiempo.

- **Buffer de Capacidad**

Los buffer de capacidad es tener liberado una actividad que no sea crítica y pueda ejecutarse posteriormente, es decir, si alguna cuadrilla se quedó sin frente de trabajo por alguna variabilidad, no puede quedarse sin realizar alguna actividad, es por ello que se debe tener un buffer de capacidad a donde ellos puedan ir a continuar laborando, aplicado también en los excedentes de materiales, por ejemplo, si ya se culminó el proceso de vaciado de losa y existe un excedente de concreto, para no desperdiciar ese concreto, se puede usar en otra partida como el vaciado de veredas, fabricación de topellantas, etc.

1.5.1.5.1.8. Layout Plant (Distribución de planta)

El layout de una obra es el esquema de distribución de los recursos, almacenes, oficinas, comedores, servicios higiénicos, etc. El cual deberá ser diseñado de la mejor manera con el fin de no perjudicar el flujo de trabajo, no entorpecer el tránsito de los trabajadores ni el exceso de transporte de los materiales, entre otros.

1.5.1.5.2. Conceptos

1.5.1.5.2.1. Productividad

Es la relación que existe entre cantidad de trabajo ejecutado (m², ml, m³, etc.) sobre la cantidad de recursos empleados (HH, HM, etc.)

1.5.1.5.2.2. Trabajos rehechos

Son aquellas actividades que fueron ejecutadas de una manera incorrecta, ya sea por falta de información o mal uso de los equipos o herramientas, generándose defectos los cuales deberán ser corregidos mediante un nuevo trabajo.

1.5.1.5.2.3. Variabilidad

Se define como la ocurrencia de eventos que no estaban previstos en la planificación, ya sea por factores internos o externos al sistema.

1.5.1.5.2.4. Valor

Referido a todo aquello que aporte a que el cliente obtenga una mejora en su producto final.

1.5.1.5.2.5. Pérdidas

Es toda actividad que posee un costo, sin embargo, no agrega valor al producto terminado.

1.5.1.5.2.6. Cuadrilla de trabajo

Representa a los grupos de trabajadores agrupados para realizar una actividad en específico, como la cuadrilla de vaciado de concreto, encofradores, etc.

1.5.1.5.2.7. Lotes de Transferencia

Son la cantidad de productos que se transfieren de una estación a la siguiente.

1.5.1.5.2.8. Curva de aprendizaje

A medida que los trabajos se van realizando, los involucrados directos como los trabajadores, van ganando mayor experiencia en sus actividades, por ende, aumentan su productividad reduciendo los tiempos de ejecución.

1.5.1.5.2.9. Curva S

La curva S representa gráficamente el avance acumulado del proyecto en función del tiempo, sirve para comparar el avance real con el avance planificado.

1.6. Limitaciones

El presente trabajo se limita a procesar los datos obtenidos en el 2015 por parte de la empresa Chung & Tong Ingenieros, en la cual mi participación fue como uno de los miembros del Staff de obra, con el cargo de asistente de producción.

CAPÍTULO II

MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. Materiales

2.1.1. Recursos Humanos

Asesor.

Investigador.

2.1.2. Recursos Materiales

Textos especializados de Lean Construction.

Metrados de obra.

Herramientas del Last Planner System.

2.1.3. Recursos de Equipo

Laptop.

Impresora.

2.1.4. Recursos Informáticos

Información de Internet.

Software's (AutoCAD, Microsoft Office, Excel)

2.1.5. Otros Recursos.

Fotocopias.

Ploteo de planos.

2.2. Metodología

En el presente trabajo se procederá a realizar la planificación y control de obra usando la filosofía Lean Construction y las herramientas del Last Planner System para una obra que se encuentra en 04 meses de ejecución, por lo que la metodología será aplicada a un nivel de casco estructural.

2.2.1. Universo, Población, Muestra

2.2.1.1. Universo

Aplicación de la filosofía Lean Construction.

2.2.1.2. Población

Aplicación de la filosofía Lean Construction en edificaciones.

2.2.1.3. Muestra

Aplicación de la filosofía Lean Construction en la obra Mejoramiento de los Servicios de Salud del Centro de Salud I-4 Picota, Provincia de Picota - San Martín.

2.2.2. Tipo y Nivel de Investigación

Tipo de investigación: Aplicada, se tiene como finalidad resolver un problema mediante la aplicación directa de una estrategia o sistema, en este caso la aplicación de la Filosofía Lean Construction.

Nivel de la Investigación: Descriptiva, tiene como objetivo la descripción de una situación o elemento concreto, en este caso se describe los procedimientos a seguir para aplicar de manera correcta la filosofía Lean Construction.

2.2.3. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

En el presente trabajo, se utilizó las técnicas de observación panorámica del estado situacional de la obra, realizando mapeos en planos de planta para ver el avance que se tenía a mediados de noviembre del 2015.

Los datos y procedimientos fueron tomados de textos, libros, internet y del curso taller de capacitación para la implementación de un sistema de producción en la empresa Chung & Tong Ingenieros, dictado por el ing. Jorge Miranda.

Para realizar sectorización de obra por lotes, se consideró los metrados proporcionados por el área de oficina técnica.

Para realizar el plan de actividades a ejecutarse y el histograma de personal requerido, se consideró las cuadrillas, rendimientos reales y el proceso constructivo proporcionado por el área de producción.

Para el control de obra se realizaban reuniones semanales de producción, en la que conjuntamente con otras áreas se analizaban las restricciones y veía el PPC (Porcentaje de Plan Cumplido).

2.2.4. Procesamiento de la Información

El procedimiento a seguir para la aplicación de la filosofía Lean Construction en la obra Mejoramiento de los Servicios de Salud del Centro de Salud I-4 Picota, Provincia de Picota - San Martín, ha sido bajo los lineamientos dictados en el curso taller de capacitación para la implementación de un sistema de producción en la empresa Chung & Tong Ingenieros.

2.2.4.1. Layout de Obra

Para realizar el layout es necesario considerar una buena circulación dentro de obra, tanto para los vehículos como para el personal obrero; de esta manera se busca minimizar la pérdida de horas hombre dedicada al mayor recorrido; ya sea por transporte de materiales, uso del SS.HH, acceso a maestranza, acceso a los frentes de trabajo, etc.

Lo primero que se consideró para realizar nuestro layout de obra fue identificar los frentes de trabajo que requieren mayor suministro de materiales, en este caso las partidas de concreto, para ello se ubicó puntos de acopio en lugares estratégicos que cubran los diferentes frentes de trabajo teniendo el menor recorrido posible.



Figura 22: Esbozo del Layout de Obra. (Fuente: Elaboración propia – Ch&T 2015)

2.2.4.2. Actividades ejecutadas a nivel del casco estructural de obra

Para definir la secuencia de actividades que se viene ejecutando en obra a nivel del casco estructural se ha contado con la participación de todos los involucrados de campo; ingeniero residente, ingeniero de producción, ingenieros de campo, maestros de obra, sub contratistas, etc. De esta manera se busca que haya un compromiso por parte de todos, y así garantizar el cumplimiento de las actividades programadas.

La secuencia de actividades que se consideró fue la siguiente:

1. Excavación zanja, $h=2.00$ mts.
2. Encofrado falsa zapata
3. Perfilado y limpieza de zanjas

4. Concreto falsa zapata
5. Trazo columnas y placas
6. Acero columnas y placas
7. Encofrado cimientto corrido
8. Aplicación de removedor
9. Concreto cimientto corrido
10. Acero sobrecimiento armado
11. Encofrado sobrecimiento armado
12. Inst. eléct./Inst. sanit. en S/C
13. Concreto sobrecimiento armado
14. Encofrado sobrecimiento
15. Concreto sobrecimiento
16. Relleno y compactado interior
17. Apisonado de terraplén
18. Inst. eléct./Inst. sanit. En piso
19. Asentado de ladrillo E1
20. Asentado de ladrillo E2
21. Asentado de ladrillo E3
22. Falso piso
23. Encofrado columnas
24. Concreto columnas
25. Acero viga dintel + Inst. Eléctricas
26. Encofrado viga dintel
27. Concreto viga dintel
28. Asentado de ladrillo E4
29. Limpieza, encofrado de vigas y techos
30. Encofrado columna corta
31. Acero viga techo
32. Encofrado viga + losa
33. Acero en losa + Parapeto (mechas)
34. Protección contra lluvias (toldos)
35. Instalaciones en losa
36. Concreto en losa.

2.2.4.3. Sectorización de Obra

Para realizar la sectorización de obra por lotes se ha considerado como criterio principal tener áreas similares para así generar volúmenes similares de producción; es decir, los lotes deben tener un metrado similar por cada actividad a realizarse, sobre todo en las partidas de concreto y encofrado, pues son las que mayor incidencia tienen.

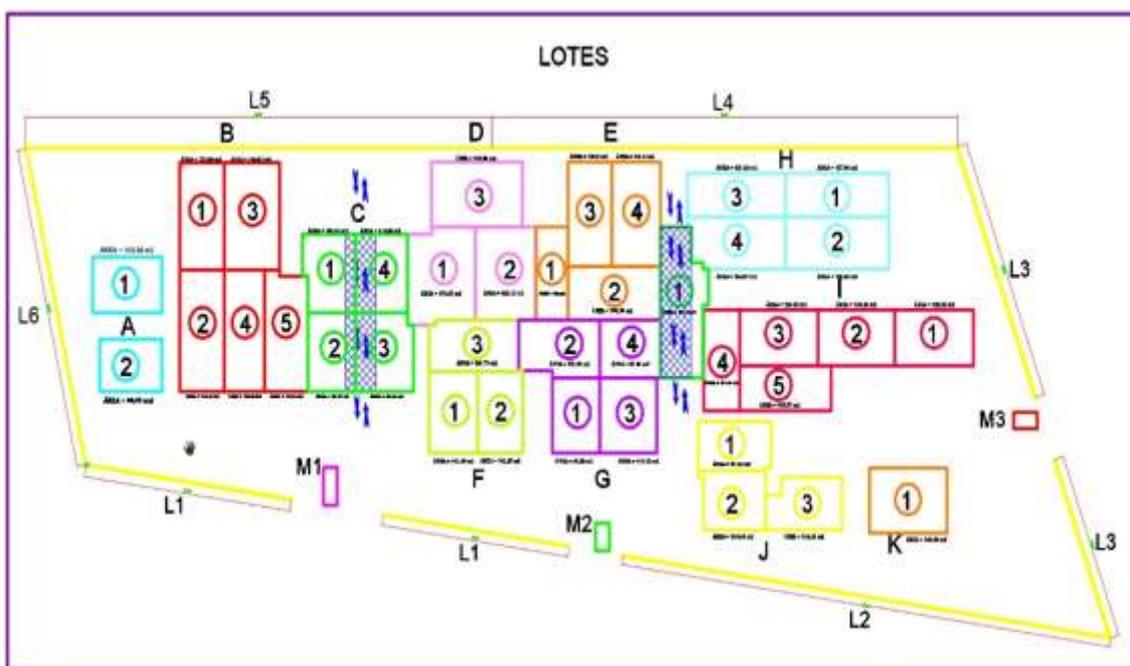


Figura 23: Esbozo de los lotes de obra. (Fuente: Elaboración propia con participación del Staff de obra – Ch&T 2015)

Al tener por cada lote un metrado similar de producción garantizamos que una cuadrilla designada para realizar dicho trabajo sea capaz de intervenir todos los lotes sin necesidad de variar cantidad de su personal, ni tampoco emplear mayores recursos como materiales y/o equipos. Es por tal motivo la importancia de tener lotes con metrados similares a ejecutar.

Para garantizar que los lotes tengan las dimensiones correctas se hizo el metrado de las actividades a ejecutarse a nivel del casco estructural, verificando así la similitud en cuanto a los metrados de los lotes. Ver anexo N° 02

NORMAL TECNOLÓGICA - CASCO																					
		OBRA: MEJORAMIENTO DE LOS SERVICIOS DE HOSPITAL DE PICOTA, PROVINCIA DE PICOTA, REGIÓN SAN MARTÍN																			
CONSORCIO SALUD PICOTA																					
N°	ACTIVIDADES	UND	METRADOS																		
			A		B				C				D			E				E-G	
			S1BA	S2BA	S1BB	S2BB	S3BB	S4BB	S5BB	S1BC	S2BC	S3BC	S4BC	S1BD	S2BD	S3BD	S1BE	S2BE	S3BE	S4BE	S1BIN
01	EXCAVACIÓN ZANJA, H=2.00 mts.	M3	79.11	65.60	118.78	134.68	147.34	121.70	126.57	104.38	98.70	118.81	108.73	164.18	148.11	157.32	55.15	93.21	86.63	95.24	110.66
02	ENCOFRADO FALSA ZAPATA	M2	88.98	73.77	82.55	93.6	102.4	84.58	87.96	56.75	53.66	64.59	59.11	152.06	137.17	145.67	60.00	101.39	94.24	103.60	80.56
03	PERFILADO Y LIMPIEZA DE ZANJAS	M2	27.69	22.96	41.57	47.14	51.57	42.60	44.30	36.53	34.55	41.58	38.06	57.46	51.84	55.06	19.30	32.62	30.32	33.33	38.73
04	CONCRETO FALSA ZAPATA	M3	26.98	22.37	25.16	28.52	31.2	25.77	26.8	17.33	16.39	19.73	18.05	46.42	41.88	44.48	18.47	31.21	29.01	31.89	49.36
05	TRAZO COLUMNAS Y PLACAS	GBL	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
06	ACERO COLUMNAS Y PLACAS	KG	2324.31	1927.22	1355.29	1536.74	1681.16	1388.62	1444.17	1361.14	1287.02	1549.25	1417.85	2219.71	2002.56	2127.01	880.42	1487.90	1382.90	1520.33	651.09
07	ENCOFRADO CIMIENTO CORRIDO	M2	67.29	55.79	61.45	69.68	76.23	62.96	65.48	42.56	40.24	48.44	44.33	111.98	101.02	107.43	22.07	37.30	34.67	38.11	64.59
08	APLICACIÓN DE REMOVEDOR	GBL	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
09	CONCRETO CIMIENTO CORRIDO	M3	20.23	16.78	18.59	21.08	23.06	19.05	19.81	13.00	12.29	14.79	13.54	34.21	30.86	32.78	1.66	2.80	2.60	2.86	44.52
10	ACERO SOBRECIMIENTO ARMADO	KG	308.77	256.01	300.59	340.83	372.86	307.98	320.30	229.55	217.05	261.27	239.11	477.48	430.77	457.54	241.39	407.95	379.16	416.84	178.54
11	ENCOFRADO SOBRECIMIENTO ARMADO	M2	62.86	52.12	68.06	77.18	84.43	69.74	72.53	52.38	49.53	59.62	54.56	109.32	98.62	104.75	55.18	93.25	86.67	95.29	69.53
12	INST. ELÉCTR./INST. SANIT. EN S/C	GBL	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13	CONCRETO SOBRECIMIENTO ARMADO	M3	4.71	3.91	6.82	6.21	7.04	6.36	6.62	5.49	5.19	6.25	5.72	8.20	7.40	7.86	4.14	6.99	6.50	7.15	37.70
14	ENCOFRADO SOBRECIMIENTO	M2	24.75	20.52	27.22	30.87	33.77	27.89	29.01	20.95	19.81	23.85	21.82	109.32	98.62	104.75	22.07	37.30	34.67	38.11	48.88
15	CONCRETO SOBRECIMIENTO	M3	1.86	1.54	2.49	2.82	3.08	2.55	2.65	2.20	2.08	2.50	2.29	8.20	7.40	7.86	1.66	2.80	2.60	2.86	36.15
16	RELLENO Y COMPACTADO INTERIOR	M3	18.42	15.27	15.75	17.86	19.54	16.14	16.79	11.17	10.56	12.71	11.64	27.78	25.06	26.62	1.66	2.80	2.60	2.86	36.15
17	APISONADO DE TERRAPLÉN	M3	4.81	6.15	9.85	10.99	13.78	11.92	11.49	8.57	9.39	10.55	9.46	15.55	14.02	12.58	5.68	9.60	8.92	9.81	9.85
18	INST. ELÉCTR./INST. SANIT. EN PISO	PTOS. INTERR.	11.00	8.00	10.00	15.00	7.00	12.00	9.00	6.00	5.00	4.00	10.00	14.00	23.00	8.00	8.00	10.00	9.00	12.00	11.00
		PTOS. TOMA.	12.00	8.00	16.00	14.00	17.00	8.00	15.00	13.00	9.00	7.00	12.00	18.00	8.00	27.00	14.00	12.00	16.00	10.00	9.00
19	ASENTADO LADRILLO E1	M2	34.9	31.76	43.23	49.49	53.43	44.52	46.21	51.45	48.56	56.78	52.75	70.45	63.75	67.89	23.61	39.90	37.08	40.77	49.28
20	ASENTADO LADRILLO E2	M2	34.9	31.76	43.23	49.49	53.43	44.52	46.21	51.45	48.56	56.78	52.75	70.45	63.75	67.89	23.61	39.90	37.08	40.77	49.28
21	ASENTADO LADRILLO E3	M2	19.05	17.6	18.45	19.97	23.26	18.74	19.36	20.28	19.39	26.62	22.79	36.68	32.71	34.38	16.53	27.93	25.96	28.54	34.50
22	FALSO PISO	M2	60.69	50.33	106.43	120.68	132.03	109.05	113.41	87.92	83.13	100.07	91.58	143.62	129.57	137.62	56.80	95.99	89.22	98.08	98.54
23	ENCOFRADO COLUMNAS	M2	265.38	220.04	150.16	170.26	186.26	153.85	160.00	130.34	123.24	148.35	135.77	253.05	228.30	242.48	88.52	149.61	139.05	152.87	98.05
24	CONCRETO COLUMNAS	M3	15.68	13.00	8.99	10.20	11.15	9.21	9.58	8.78	8.30	9.99	9.15	14.18	12.73	13.59	5.57	9.42	8.75	9.62	38.91
25	ACERO VIGA DINTEL + INST. ELÉCTRICAS	KG	495.71	411.02	543.82	616.63	674.58	557.19	579.48	721.22	681.94	820.89	751.27	832.83	751.84	798.05	418.47	707.21	657.30	722.62	457.46
26	ENCOFRADO VIGA DINTEL	M2	40.68	33.73	46.99	53.28	58.29	48.15	50.07	56.22	53.16	63.99	58.56	34.12	30.81	32.70	70.59	119.30	110.88	121.90	104.23
27	CONCRETO VIGA DINTEL	M3	3.13	3.25	4.21	4.77	5.22	4.31	4.48	6.63	6.27	7.55	6.91	5.75	5.19	5.51	2.38	4.03	3.74	4.12	37.45
28	ASENTADO DE LADRILLO E4	M2	17.45	15.88	21.615	24.745	26.715	22.26	23.105	25.725	24.28	28.39	26.375	35.225	31.875	33.945	18.89	31.92	29.67	32.61	39.43
29	LIMPIEZA ENCOFRADO DE VIGAS Y TECHOS	GBL	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
30	ENCOFRADO COLUMNA CORTA	M2	10.52	8.73	4.22	4.78	5.23	4.32	4.49	2.23	2.10	2.53	2.32	4.85	4.37	4.64	12.48	21.09	19.60	21.55	47.34
31	ACERO VIGA TECHO	KG	619.64	513.78	679.78	771.72	843.22	696.49	724.35	901.52	852.43	1026.11	939.09	1041.04	939.80	997.57	350.98	593.16	551.29	606.08	439.84
32	ENCOFRADO VIGA + LOSA	M2	50.85	42.16	58.74	66.60	72.86	60.18	62.59	70.27	66.48	79.99	73.20	86.36	77.96	82.75	8.62	14.57	13.54	14.88	38.25
33	ACERO EN LOSA + PARAPETO (MECHAS)	KG	979.17	811.88	1047.77	1188.04	1299.69	1073.53	1116.47	982.47	928.97	1118.25	1023.41	1688.27	1523.11	1617.76	25.61	43.28	40.23	44.22	35.12
34	PROTECCIÓN CONTRA LLUVIAS (TOLDOS)	GBL	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
35	INSTALACIONES EN LOSA	GBL	15.00	11.00	14.00	17.00	17.00	12.00	20.00	13.00	17.00	17.00	18.00	27.00	21.00	19.00	16.00	19.00	20.00	15.00	16.00
36	CONCRETO LOSA	M3	14.83	12.29	14.63	16.59	18.15	14.99	15.59	13.30	12.58	15.14	13.86	22.22	20.05	21.30	11.00	18.58	17.27	18.99	43.98

Figura 24: Metrados de lotes - bloques A, B, C, D, E (Fuente: Elaboración propia con participación del Staff de obra – Ch&T 2015)

NORMAL TECNOLÓGICA - CASCO																							
		OBRA: MEJORAMIENTO DE LOS SERVICIOS DE HOSPITAL DE PICOTA, PROVINCIA DE PICOTA, REGIÓN SAN MARTÍN																					
CONSORCIO SALUD PICOTA																							
N°	ACTIVIDADES	UND	METRADOS																				
			F			G				H				I					J				
			S1BF	S2BF	S3BF	S1BG	S2BG	S3BG	S4BG	S1BH	S2BH	S3BH	S4BH	S1BI	S2BI	S3BI	S4BI	S5BI	S1BJ	S2BJ	S3BJ		
01	EXCAVACIÓN ZANJA, H=2.00 mts.	M3	106.81	98.86	122.56	58.76	72.67	70.08	57.26	90.67	106.76	85.42	95.58	93.42	90.87	91.66	76.59	18.52	83.18	86.39	87.22		
02	ENCOFRADO FALSA ZAPATA	M2	104.56	96.78	119.98	66.23	81.91	78.99	64.54	109.85	129.34	103.49	115.79	111.80	108.74	109.69	91.66	104.34	98.85	102.66	103.66		
03	PERFILADO Y LIMPIEZA DE ZANJAS	M2	37.38	34.60	42.90	20.57	25.43	24.53	20.04	31.74	37.37	29.90	33.45	32.70	31.80	32.08	26.81	6.48	29.11	30.23	30.53		
04	CONCRETO FALSA ZAPATA	M3	32.24	29.84	36.99	20.74	25.65	24.73	20.21	32.95	38.80	31.05	34.74	34.63	33.68	33.97	28.39	32.32	30.18	31.34	31.65		
05	TRAZO COLUMNAS Y PLACAS	GBL	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00		
06	ACERO COLUMNAS Y PLACAS	KG	1286.08	1190.44	1475.79	897.76	1110.25	1070.70	874.84	1521.18	1791.06	1433.08	1603.43	996.31	969.03	977.48	816.82	929.77	1105.60	1148.27	1159.41		
07	ENCOFRADO CIMIENTO CORRIDO	M2	73.69	68.21	84.56	42.96	53.12	51.23	41.86	82.39	97.00	77.62	86.84	83.85	81.56	82.27	68.75	78.25	74.14	77.00	77.74		
08	APLICACIÓN DE REMOVEDOR	GBL	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00		
09	CONCRETO CIMIENTO CORRIDO	M3	22.69	21.00	26.04	13.70	16.95	16.34	13.35	24.72	29.10	23.28	26.05	25.97	25.26	25.48	21.29	24.24	22.63	23.51	23.73		
10	ACERO SOBRECIMIENTO ARMADO	KG	385.63	356.95	442.51	209.03	258.51	249.30	203.70	374.40	440.83	352.72	394.65	401.90	390.90	394.31	329.50	375.07	356.98	370.76	374.35		
11	ENCOFRADO SOBRECIMIENTO ARMADO	M2	90.91	84.15	104.32	50.15	62.02	59.81	48.87	102.98	121.26	97.02	108.55	104.82	101.95	102.84	85.93	97.82	79.42	82.49	83.29		
12	INST. ELÉCTR./INST. SANIT. EN S/C	GBL	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
13	CONCRETO SOBRECIMIENTO ARMADO	M3	6.82	6.32	7.82	3.76	4.85	4.49	3.67	7.72	9.09	7.28	8.14	8.36	8.13	8.20	6.85	7.80	5.96	6.19	6.25		
14	ENCOFRADO SOBRECIMIENTO	M2	90.91	84.15	104.32	20.06	24.81	23.93	19.55	40.69	47.91	38.34	42.89	44.24	43.03	43.40	36.27	41.29	30.09	31.25	31.55		
15	CONCRETO SOBRECIMIENTO	M3	6.82	6.32	7.82	1.50	1.86	1.79	1.47	3.05	3.59	2.88	3.22	3.51	3.41	3.44	2.87	3.27	2.26	2.34	2.37		
16	RELLENO Y COMPACTADO INTERIOR	M3	20.91	19.35	23.99	1.50	1.86	1.79	1.47	23.92	28.16	22.53	25.21	24.23	23.57	23.78	19.87	22.62	21.44	22.27	22.49		
17	APISONADO DE TERRAPLÉN	M3	10.09	9.24	11.48	9.24	11.43	11.02	9.01	10.21	12.02	9.61	10.76	9.60	9.34	9.42	7.87	8.96	8.24	8.56	8.64		
18	INST. ELÉCTR./INST. SANIT. EN PISO	PTOS. INTERR.	10.00	6.00	18.00	6.00	10.00	8.00	14.00	13.00	16.00	11.00	10.00	8.00	12.00	11.00	10.00	6.00	7.00	9.00	12.00		
		PTOS. TOMA.	16.00	28.00	13.00	14.00	18.00	12.00	12.00	12.00	18.00	15.00	14.00	11.00	14.00	12.00	12.00	7.00	8.00	9.00	7.00		
19	ASENTADO LADRILLO E1	M2	46.32	42.86	51.25	27.95	34.56	33.33	27.23	37.70	44.39	35.52	39.74	45.87	44.61	45.00	37.61	42.81	36.57	37.98	38.35		
20	ASENTADO LADRILLO E2	M2	46.32	42.86	51.25	27.95	34.56	33.33	27.23	37.70	44.39	35.52	39.74	45.87	44.61	45.00	37.61	42.81	36.57	37.98	38.35		
21	ASENTADO LADRILLO E3	M2	18.95	17.57	25.15	19.56	24.19	23.33	19.06	37.70	44.39	35.52	39.74	45.87	44.61	45.00	37.61	42.81	36.57	37.98	38.35		
22	FALSO PISO	M2	100.15	92.7	114.93	92.44	114.32	110.24	90.08	102.06	120.17	96.15	107.58	96.01	93.39	94.20	78.72	89.60	82.37	85.55	86.38		
23	ENCOFRADO COLUMNAS	M2	150.79	139.28	172.66	91.72	113.42	108.38	89.38	94.97	111.82	89.47	100.10	68.43	66.56	67.14	56.10	63.86	115.70	120.17	121.34		
24	CONCRETO COLUMNAS	M3	7.38	6.83	8.46	5.53	6.84	6.59	5.39	7.34	8.64	6.91	7.73	4.56	4.43	4.47	3.74	4.25	5.65	5.87	5.92		
25	ACERO VIGA DINTEL + INST. ELÉCTRICAS	KG	570.1	527.71	654.2	615.55	761.24	734.12	599.83	528.97	622.82	498.34	557.57	753.75	733.12	739.51	617.96	703.42	551.75	573.04	578.60		
26	ENCOFRADO VIGA DINTEL	M2	48.13	44.55	55.23	100.73	124.57	120.13	98.16	50.53	59.49	47.60	53.26	89.19	86.75	87.50	73.12	83.23	46.63	48.43	48.90		
27	CONCRETO VIGA DINTEL	M3	3.88	3.59	4.45	3.40	4.21	4.06	3.31	4.66	5.49	4.39	4.92	7.30	7.10	7.17	5.99	6.82	3.74	3.89	3.93		
28	ASENTADO DE LADRILLO E4	M2	23.16	21.43	25.625	22.36	27.65	26.66	21.79	18.85	22.20	17.76	19.87	-	-	-	-	-	18.50	19.21	19.40		
29	LIMPIEZA ENCOFRADO DE VIGAS Y TECHOS	GBL	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
30	ENCOFRADO COLUMNA CORTA	M2	5.54	5.12	6.35	17.81	22.03	21.24	17.36	13.39	15.76	12.61	14.11	-	-	-	-	-	13.02	13.53	13.66		
31	ACERO VIGA TECHO	KG	712.63	659.63	817.75	589.87	729.48	703.49	574.81	918.49	1081.45	865.30	968.16	-	-	-	-	-	689.68	716.30	723.25		
32	ENCOFRADO VIGA + LOSA	M2	60.17	55.69	69.04	4.57	5.65	5.45	4.45	184.40	217.11	173.72	194.37	-	-	-	-	-	140.21	145.63	147.04		
33	ACERO EN LOSA + PARAPETO (MECHAS)	KG	1039.89	962.56	1193.29	0.00	0.00	0.00	0.00	1241.57	1461.84	1169.67	1308.70	-	-	-	-	-	788.15	818.57	826.52		
34	PROTECCIÓN CONTRA LLUVIAS (TOLDOS)	GBL	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
35	INSTALACIONES EN LOSA	GBL	23.00	19.00	13.00	16.00	19.00	23.00	14.00	16.00	18.00	19.00	20.00	-	-	-	-	-	10.00	9.00	11.00		
36	CONCRETO LOSA	M3	14.61	13.52	16.76	12.91	15.97	15.40	12.58	17.66	20.79	16.64	18.62	-	-	-	-	-	16.97	17.62	17.80		

Figura 25: Metrados de lotes - bloques F, G, H, I, J (Fuente: Elaboración propia con participación del Staff de obra – Ch&T 2015)

Con el metrado realizado por lotes se pudo verificar que la sectorización era correcta. Las cantidades de lotes por bloque se detallan en la tabla 1.

Tabla 1

Número de lotes por bloque

BLOQUE	N° DE LOTES
A	2
B	5
C	4
D	3
E	5
F	3
G	4
H	4
I	5
J	3

Fuente: Elaboración propia.

2.2.4.4. Plan maestro a nivel de casco estructural de obra

Como desarrollo del plan maestro se consideró la planificación de las actividades competentes al casco estructural de obra descritas en el ítem 2.2.4.2.

Para poder definir la secuencia de nuestro tren de actividades se consideró el estado situacional de la obra y también considerando el layout de nuestra obra, pues se debía avanzar de tal manera que no se dificulte la circulación.

Debido a mantener dos frentes de ataque en paralelo, se consideró dos trenes de actividades, el primer tren considera el avance de los bloques B, C, F, D, G, E; y el segundo los bloques J, H, A, I. Ver anexo N° 03

La nomenclatura empleada para la designación del lote es:

SxBy

Donde:

Sx: Lote x ó sector x.

Bb: Bloque y.

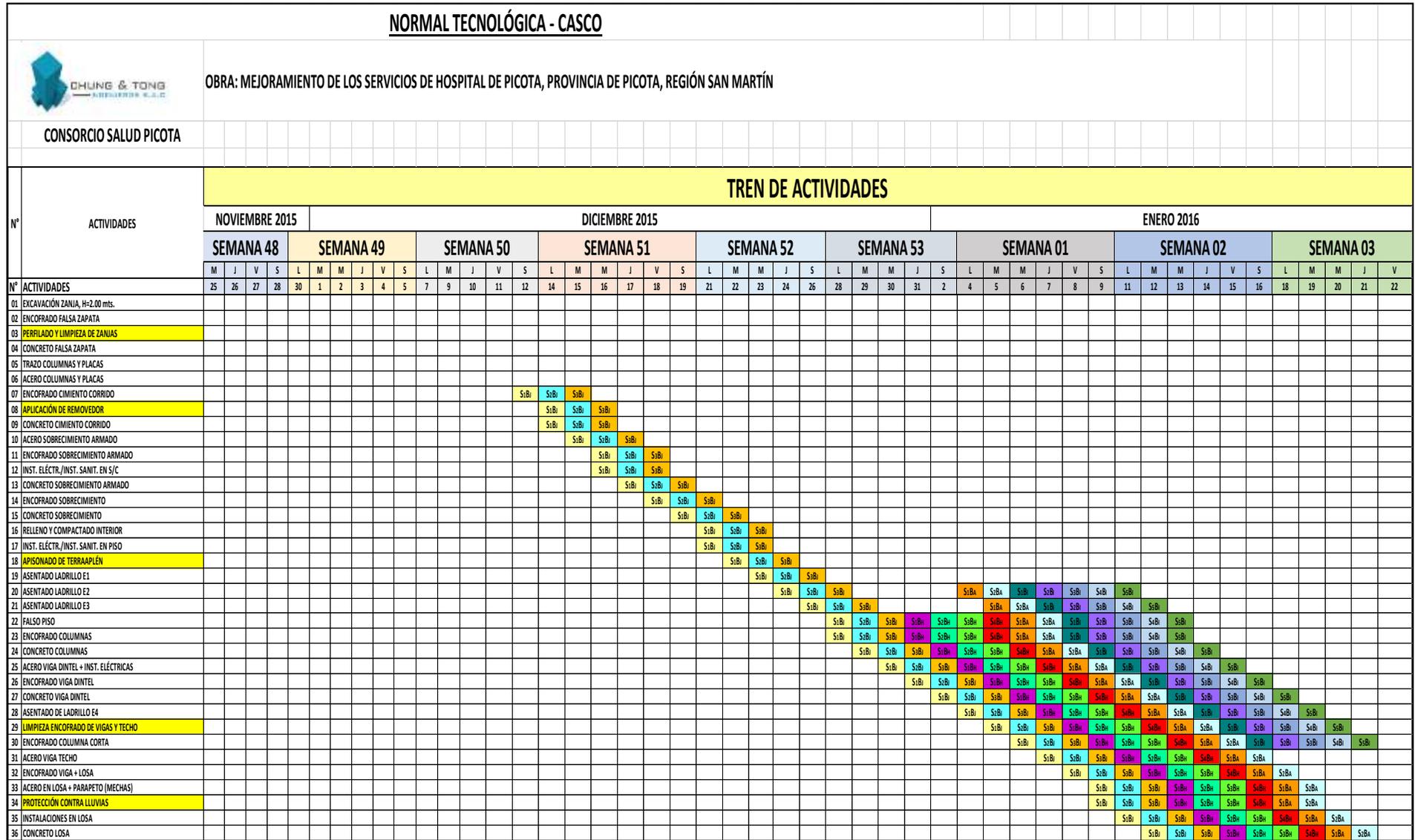


Figura 27: Propuesta tren de actividades N° 02 - bloques J, H, A, I. (Fuente: Elaboración propia con participación del Staff de obra – Ch&T 2015)

2.2.4.5. Histograma de personal obrero

El primer paso fue determinar la cantidad de personal que conformará cada cuadrilla por actividad, en este caso para las actividades descritas en el ítem 2.2.4.2.

El número de cuadrillas empleados por cada actividad se obtuvo de la siguiente manera:

$$N^{\circ} \text{ de cuadrillas} = \frac{\text{metrado promedio por lote}}{\text{rendimiento real de la cuadrilla}}$$

Con la cantidad de cuadrillas determinadas para concluir una actividad en un día y en un lote, se pudo conocer la cantidad de obreros por actividad.

Con la cantidad de obreros determinada para cada actividad, se procedió a calcular la cantidad de personal a emplear según el avance de nuestro tren de actividades.

En el tren de actividades se colocó el número de obreros correspondientes por cada actividad y en la casilla correspondiente a los lotes programados. Una vez completado los dos trenes de actividades que teníamos, procedimos a hacer la sumatoria por día, determinando así la cantidad de personal empleado diariamente y las horas hombres necesarias para culminar la fase del casco estructural de obra. Ver anexo N° 04

Con los datos obtenidos del personal a emplear diariamente se pudo realizar un histograma del personal de obra.

El histograma del personal de obra nos permitió visualizar como iba a fluctuar la cantidad de nuestro personal obrero, y también visualizar la cantidad máxima que se iba a manejar en obra. Ver anexo N° 05

2.2.4.6. Reuniones semanales de producción

Las reuniones semanales de producción se realizaban todos los sábados a las 10am. La idea de la reunión semanal bajo el sistema de producción de la empresa Chung & Tong se centraba en dos puntos principales, los cuales eran:

a) Revisión de resultados de la semana anterior:

La agenda contemplaba los siguientes puntos:

- Porcentaje de Plan cumplido (PPC).
- Análisis de Causa Raíz.
- Plan de acción.
- Indicador de cumplimiento de compromisos.

b) Planteamiento del programa para los siguientes periodos:

La agenda contemplaba los siguientes puntos:

- Look Ahead Planning (LAP).
- Análisis de restricciones (AR).
- Incorporación de Buffers.
- Plan semanal de producción (PSP).
- Acuerdos.

Las reuniones semanales de producción involucraban a todas las áreas del Staff de obra, pues la idea es que todos sientan el compromiso y conozcan las actividades próximas a ejecutarse en obra, esto ayuda que todos tengan el panorama claro y apunten hacia un mismo objetivo. Esto ayuda a controlar las variabilidades y tener un mejor control en obra.



Figura 32: Reuniones semanales de producción. (Fuente: Chung & Tong Ingenieros - 2015).

2.2.4.7. Nivel General de Actividades (NGA) y Carta Balance (CB)

Para ver el estado situacional de la obra en lo que respecta a niveles de productividad se realiza mediciones bajo dos formatos, Nivel General de Actividades y Carta Balance; el primero, nos da mediciones de TP, TC y TNC de manera general; y el segundo nos da mediciones de manera específica.

Para realizar el NGA nos ubicamos en una zona en la que se lograba divisar entre 20 a 30 trabajadores de distintas cuadrillas realizando sus trabajos en condiciones normales, luego se procedió a tomar mediciones sin importar la identidad del obrero. Las mediciones se realizaron con intervalos de 1 minuto, los mismos que se iban llenando en el formato entregado por la empresa Chung & Tong Ingenieros determinando si los trabajos que se realizaban eran TP, TC y TNC. Para tener un porcentaje de confiabilidad de 95% en las mediciones tomadas, según Serpell (1993) se necesitan como mínimo 384 mediciones.

Para realizar la CB el procedimiento es similar al del NGA, la diferencia es que en este caso se evalúa a una cuadrilla completa, con nombres y apellidos para cuantificar su nivel de productividad. Las mediciones se realizaron con intervalos de 1 minuto, los mismos que se iban llenando en el formato entregado por la empresa Chung & Tong Ingenieros determinando si los trabajos que se realizaban eran TP, TC y TNC.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Layout de obra

Con los frentes de trabajo identificados en obra, y considerando minimizar la pérdida de horas hombre dedicada al mayor recorrido en obra, se definió el siguiente layout de obra.



Figura 33: Gráfico del Layout de Obra. (Fuente: Elaboración propia – Ch&T 2015)

Con el layout de obra se obtuvo una mejor circulación en obra, gracias a ello se disminuyó la pérdida de horas hombre dedicadas al mayor recorrido, así como una mejor distribución de materiales a los frentes de trabajo.

3.2. Sectorización de obra por lotes

En la sectorización de obra por lotes se ha considerado como criterio principal tener volúmenes similares de producción, garantizando así que las cuadrillas puedan transferirse de lote a lote con la capacidad de poder cumplir la actividad en un takt time de un día, de esta manera se obtuvo la lotización mostrada en la imagen inferior.

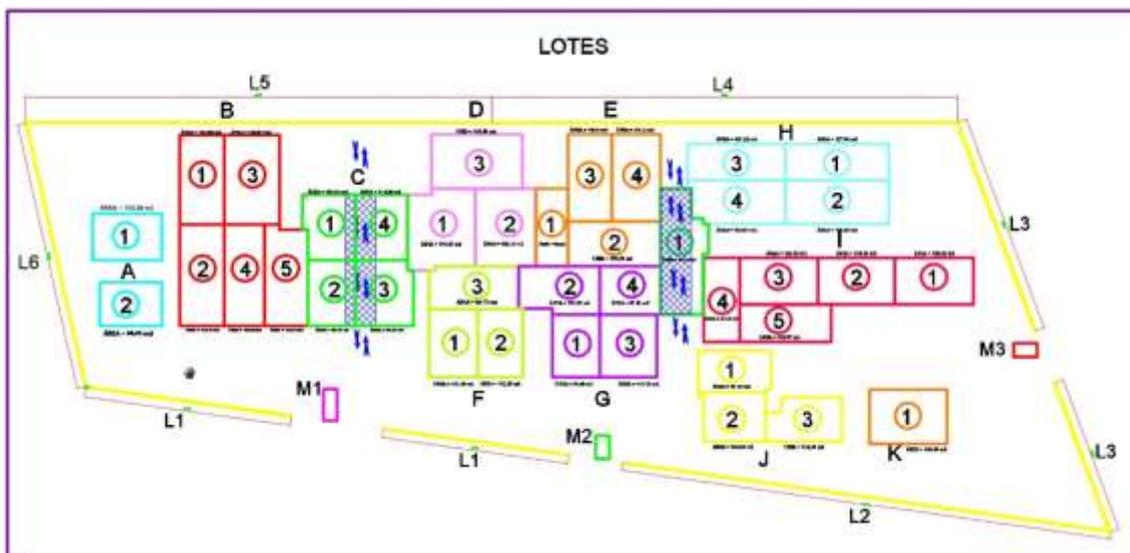


Figura 34: Gráfico de los lotes de obra. (Fuente: Elaboración propia con participación del Staff de obra – Ch&T 2015)

Gracias a la sectorización de obra por lotes se pudo dimensionar cuadrillas para culminar las actividades en un takt time de un día, garantizando satisfactoriamente la transferencia de lote a lote.

3.3. Plan de actividades a ejecutarse a nivel de casco estructural

Con los sectores definidos, la secuencia de actividades a ejecutar, las cuadrillas dimensionadas y considerando el estado situacional de obra, se obtuvo el plan de actividades a nivel de casco estructural de obra.

Considerando que en obra se tenían dos frentes de trabajo avanzando en paralelo, se consideraron dos trenes de actividades. Ver anexo N° 03

Con el plan de actividades definido se realizaba el look ahead planning, y con ello el análisis de restricciones.

Gracias al plan de actividades de obra, se obtuvo un mayor control de obra, garantizando un mayor porcentaje de cumplimiento de las actividades programadas.

3.4. Histograma de personal a emplear en obra

Con el plan de actividades definido y las cuadrillas dimensionadas por actividad, se pudo obtener la cantidad de personal obrero requerido por días. Ver anexo N° 04

CANTIDAD DE PERSONAL EMPLEADO PARA LOS SECTORES A, B, C, D, E, F, G, H, I, J MOSTRADAS EN LAS DOS NORMALES TECNOLÓGICAS SUPERIORES SE OBTIENE:																																																																							
MES-AÑO	NOVIEMBRE 2015										DICIEMBRE 2015										ENERO 2016																																																		
SEMANA	SEMANA 47					SEMANA 48					SEMANA 49					SEMANA 50					SEMANA 51					SEMANA 52					SEMANA 53					SEMANA 01					SEMANA 02					SEMANA 03					SEM. 04																				
DÍA	L	M	M	J	V	S	L	M	M	J	V	S	L	M	M	J	V	S	L	M	M	J	V	S	L	M	M	J	V	S	L	M	M	J	V	S	L	M	M	J	V	S	L																												
FECHA	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	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	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
TOTAL MANO DE OBRA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	21	40	59	85	112	117	126	140	145	163	181	202	217	262	280	294	294	299	296	278	281	283	280	292	298	293	294	279	276	281	298	298	295	283	271	261	256	227	209	179	143	129	115	98	73	49	26	0	0												
TOTAL HRS	0	0	0	0	0	0	0	0	8	168	320	472	680	896	936	1008	1120	1160	1304	1448	1616	1736	2096	2240	2352	2352	2392	2368	2224	2248	2264	2240	2336	2384	2344	2352	2232	2208	2248	2384	2384	2360	2264	2168	2088	2048	1816	1672	1432	1144	1032	920	784	584	392	208	0	0													

Figura 37: Personal obrero a emplear diariamente en obra. (Fuente: Elaboración propia con participación del Staff de obra – Ch&T 2015)

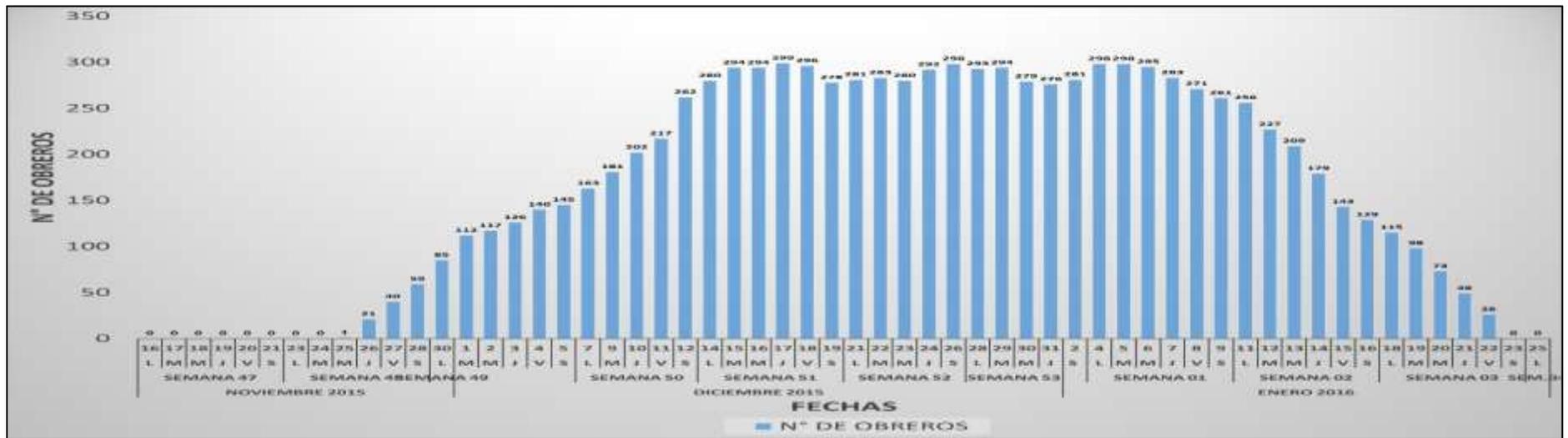


Figura 38: Histograma del personal obrero a emplear. (Fuente: Elaboración propia con participación del Staff de obra – Ch&T 2015)

3.5. Indicadores de productividad con NGA y CB en noviembre 2015

Las mediciones realizadas para noviembre del 2015 fueron en la última semana del mes, esto nos da el indicador de los niveles de producción cuando aún no se aplicaba la filosofía Lean Construction en obra. Ver anexos N° 06 y 07

Tabla 2

Indicadores de Productividad bajo mediciones del NGA para nov. 2015

Actividad	Cantidad cuadrilla	Promedio Cuadrilla
TP	63	15.8%
Trabajo productivo	63	15.8%
TC	176	44.0%
Transporte	68	17.0%
Mediciones	56	14.0%
Recibir/dar instrucciones	10	2.5%
Limpieza/ordenar	30	7.5%
Otros	12	3.0%
TNC	161	40.3%
Viajes	62	15.5%
Tiempo ocioso	11	2.8%
Esperas	62	15.5%
Trabajo rehecho	5	1.3%
descanso	12	3.0%
Necesidades fisiológicas	6	1.5%
Otros	3	0.8%
TP	63	16%
TC	176	44%
TNC	161	40%

Fuente: Elaboración propia con participación del Staff de obra – Ch&T 2015.



Figura 39: Distribución del nivel general de actividad nov-2015 (Fuente: Elaboración propia con participación del Staff de obra – Ch&T 2015).

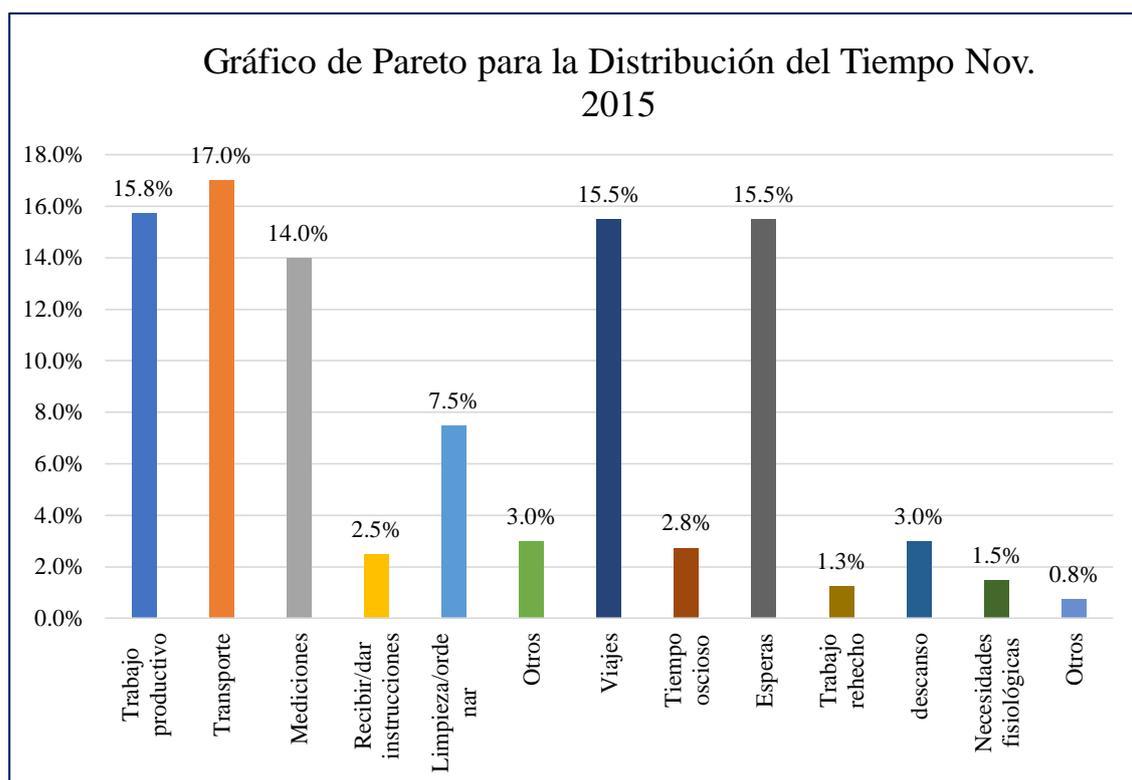


Figura 40: Pareto para la distribución del tiempo nov-2015 (Fuente: Elaboración propia con participación del Staff de obra – Ch&T 2015).

El trabajo productivo detectado con el nivel general de actividades es bajo, vemos mucho trabajo no contributorio con porcentajes altos en lo que se refiere a viajes y esperas, por tal motivo se realizó un análisis mediante la carta balance a la cuadrilla que más participación tiene dentro de las actividades que se vienen ejecutando, en este caso la cuadrilla de concreto.

Para la agrupación de las actividades de la cuadrilla de concreto se ha considerado los trabajos según la siguiente tabla:

Tabla 3

Agrupación de actividades para la cuadrilla de concreto Nov. 2015

Trabajo Productivo	Trabajo Contributorio	Trabajo No Contributorio
Vaciado de Concreto	Transporte de la mezcla	Viajes
Regleado	Preparar mezcla	Espera / Tiempo ocio
Vaciado de PG	Despachar mezcla	Necesidades Biológicas
-	Mediciones	Descanso

Fuente: Elaboración propia.

En la medición de la cuadrilla de concreto se ha considerado la evaluación del siguiente personal.

Tabla 4

Personal de la cuadrilla de concreto evaluada con la carta balance.

Trabajadores involucrados:		Categoría	Trabajo realizado
A:	Medino	Oficial	Operador de Mezcladora
B:	Ángel	Oficial	Regleador de la mezcla
C:	Alexander	Ayudante	Transporte de mezcla
D:	Ynocente	Ayudante	Transporte de mezcla
E:	Dante	Ayudante	Transporte de mezcla
F:	Jorge	Ayudante	Colocación de PG
G:	Robinson	Ayudante	Colocación de PG
H:	Hamilton	Ayudante	Abastecer agregado a la mezcladora
I:	Benito	Ayudante	Abastecer agregado a la mezcladora
J:	Luis	Ayudante	Abastecer agregado a la mezcladora
K:	Marcos	Ayudante	Abastecer agregado a la mezcladora

Fuente: Elaboración propia.

Los datos obtenidos según la medición de la carta balance para la cuadrilla de concreto, es la siguiente:

Tabla 5

Resultados obtenidos con la carta balance para la cuadrilla de concreto Nov. 2015.

ACTIV.	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
TP	0%	22%	16%	18%	16%	54%	52%	0%	0%	0%	0%
TC	84%	16%	48%	50%	50%	0%	0%	56%	58%	48%	40%
TNC	16%	62%	36%	32%	34%	46%	48%	44%	42%	52%	60%

Fuente: Elaboración propia.

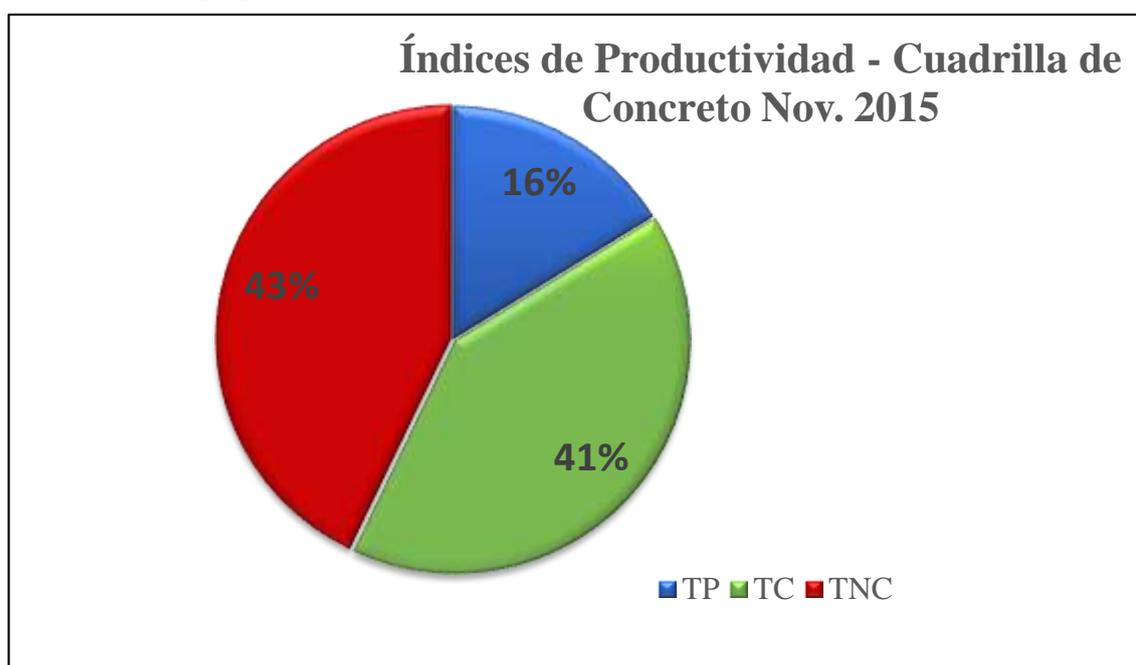


Figura 41: Índices de productividad – Cuadrilla de Concreto nov. 2015 (Fuente: Elaboración propia con participación del Staff de obra – Ch&T 2015).

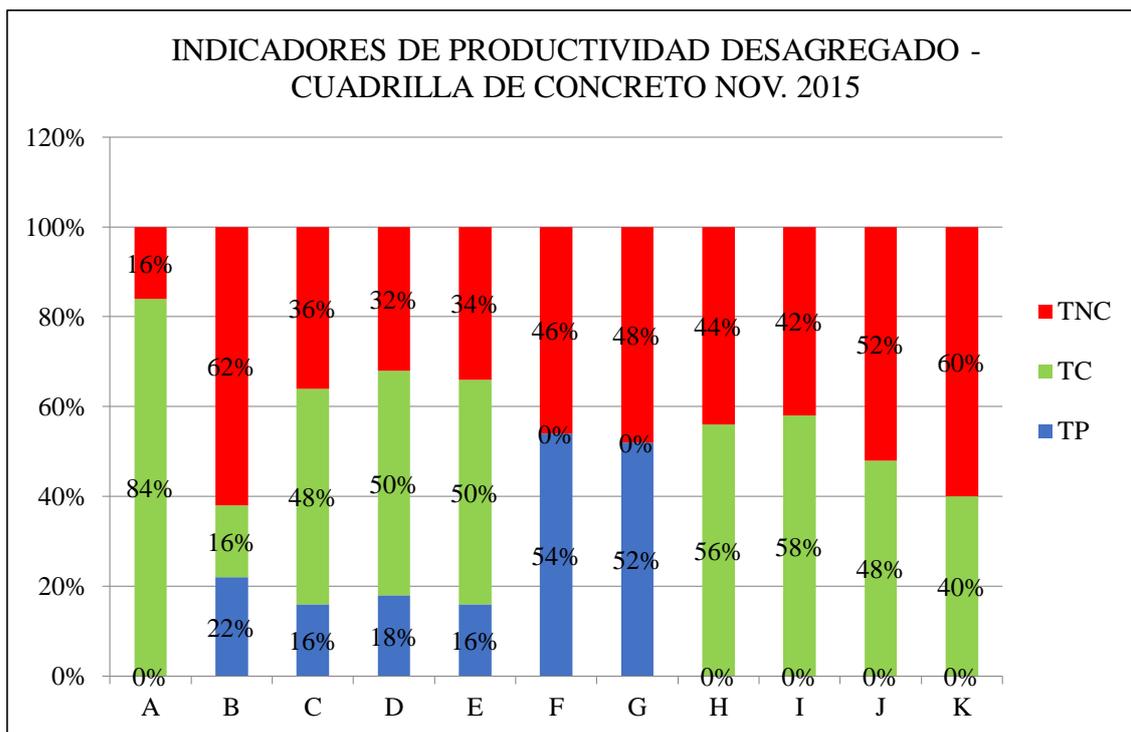


Figura 42: Indicadores de productividad desagregado – Cuadrilla de Concreto nov. 2015 (Fuente: Elaboración propia con participación del Staff de obra – Ch&T 2015).

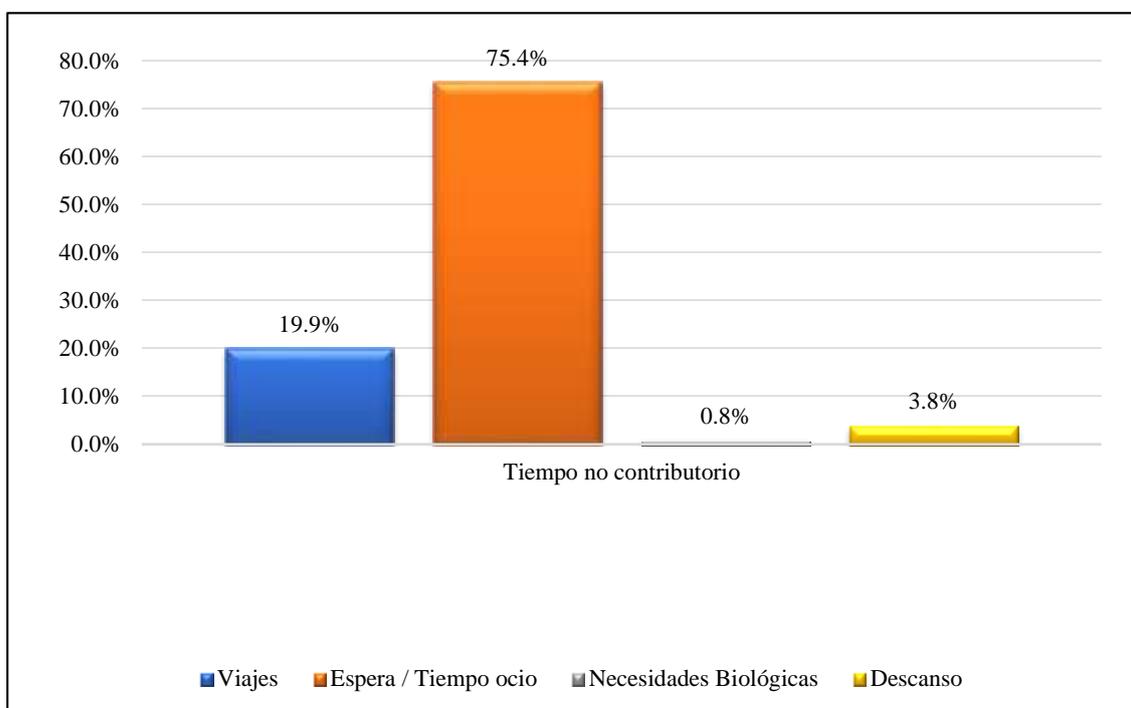


Figura 43: Tiempo no contributivo – Cuadrilla de Concreto nov. 2015 (Fuente: Elaboración propia con participación del Staff de obra – Ch&T 2015).

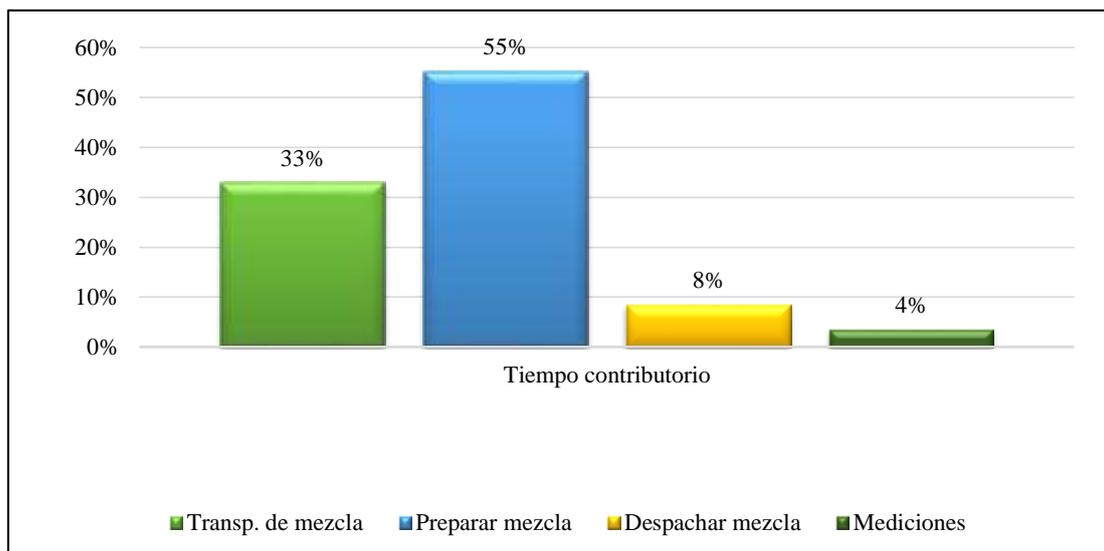


Figura 44: Tiempo contributorio – Cuadrilla de Concreto nov. 2015 (Fuente: Elaboración propia con participación del Staff de obra – Ch&T 2015).

En cuanto al análisis realizado a la cuadrilla de concreto mediante la carta balance, se pudo determinar que hay poco trabajo productivo, y la mayor parte del trabajo no contributorio se debía a viajes y esperas, todo esto atribuido a los siguientes factores:

- El personal encargado del regleado del concreto tenía mucho tiempo de espera debido a la demora del personal encargado de echar las piedras grandes.
- El personal encargado de echar las piedras grandes en el concreto, demoraba mucho debido a que el punto de acopio del material se encontraba alejado.
- Los ayudantes encargados del suministro de agregados a la mezcladora tenían mucho tiempo en espera porque 02 ayudantes se encargaban de llenar las latas y los otros 02 se encargaban de llevarlo a la tolva de la mezcladora.

Ante los problemas identificados con la carta balance, y bajo los principios de la filosofía Lean Construction que busca reducir las pérdidas, se propuso lo siguiente:

- Los puntos de acopio de las piedras grandes se ubicaron al lado de las zanjas tomando en consideración los volúmenes de concreto por tramos programados.
- El personal encargado del regleado de concreto tiene muchos tiempos en espera, por lo que se le asignó que en paralelo contribuya en echar las piedras grandes grandes en el momento del vaciado de concreto, de esta manera pueda generar trabajo productivo.

- Se redujo un ayudante del grupo encargado del suministro de agregados a la mezcladora, y los otros tres debían llenar sus latas de agregado y llevarlos a la tolva de la mezcladora independientemente, de esta manera se buscó reducir los tiempos de espera.

3.6. Indicadores de productividad con NGA y CB en diciembre 2015

Las mediciones realizadas para diciembre del 2015 fueron en la última semana del mes, esto nos da el indicador de los niveles de producción cuando se aplicaba la filosofía Lean Construction en obra. Ver anexos N° 08 y 09

A continuación, se detallan los datos obtenidos bajo el sistema de medición con el Nivel General de Actividades para diciembre 2015.

Tabla 6

Indicadores de Productividad bajo mediciones del NGA para dic. 2015

Actividad	Cantidad cuadrilla	Promedio Cuadrilla
TP	127	31.8%
Trabajo productivo	127	31.8%
TC	182	45.5%
Transporte	99	24.8%
Mediciones	29	7.3%
Recibir/dar instrucciones	10	2.5%
Limpieza/ordenar	15	3.8%
Otros	29	7.3%
TNC	91	22.8%
Viajes	12	3.0%
Tiempo ocioso	11	2.8%
Esperas	34	8.5%
Trabajo rehecho	7	1.8%
descanso	13	3.3%
Necesidades fisiológicas	5	1.3%
Otros	9	2.3%
TP	127	32%
TC	182	46%
TNC	91	23%

Fuente: Elaboración propia con participación del Staff de obra – Ch&T 2015.



Figura 45: Distribución del nivel general de actividad dic-2015 (Fuente: Elaboración propia con participación del Staff de obra – Ch&T 2015).

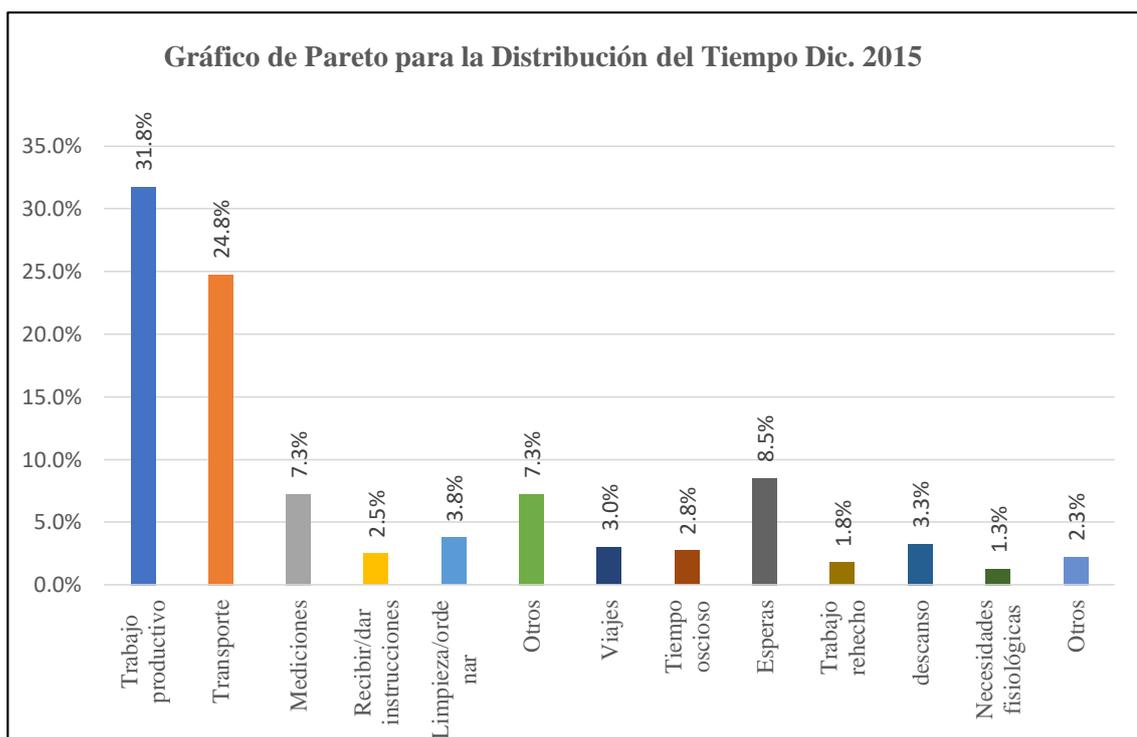


Figura 46: Pareto para la distribución del tiempo dic-2015 (Fuente: Elaboración propia con participación del Staff de obra – Ch&T 2015).

El trabajo productivo detectado con el nivel general de actividades ha mejorado considerablemente con referencia al mes anterior, vemos que el trabajo no contributorio se ha reducido, lo cual es un buen indicador.

A modo de evaluación se analizó mediante la carta balance la misma cuadrilla de concreto que se tomó para el mes de noviembre, esto con la finalidad de ver si ha incrementado sus índices de productividad.

Los datos de las actividades son los mismos que se detallaron en la tabla 3, y los integrantes de la cuadrilla sigue compuesto por el mismo personal, con la diferencia de que se redujo al ayudante Marcos del grupo encargado del suministro de agregados a la mezcladora.

Los datos obtenidos según la medición de la carta balance para la cuadrilla de concreto, es la siguiente:

Tabla 7

Resultados obtenidos con la carta balance para la cuadrilla de concreto Dic. 2015.

ACTIV.	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
TP	0%	59%	34%	38%	38%	66%	63%	0%	0%	0%
TC	88%	25%	41%	44%	41%	0%	0%	69%	72%	66%
TNC	13%	16%	25%	19%	22%	34%	38%	31%	28%	34%

Fuente: Elaboración propia.

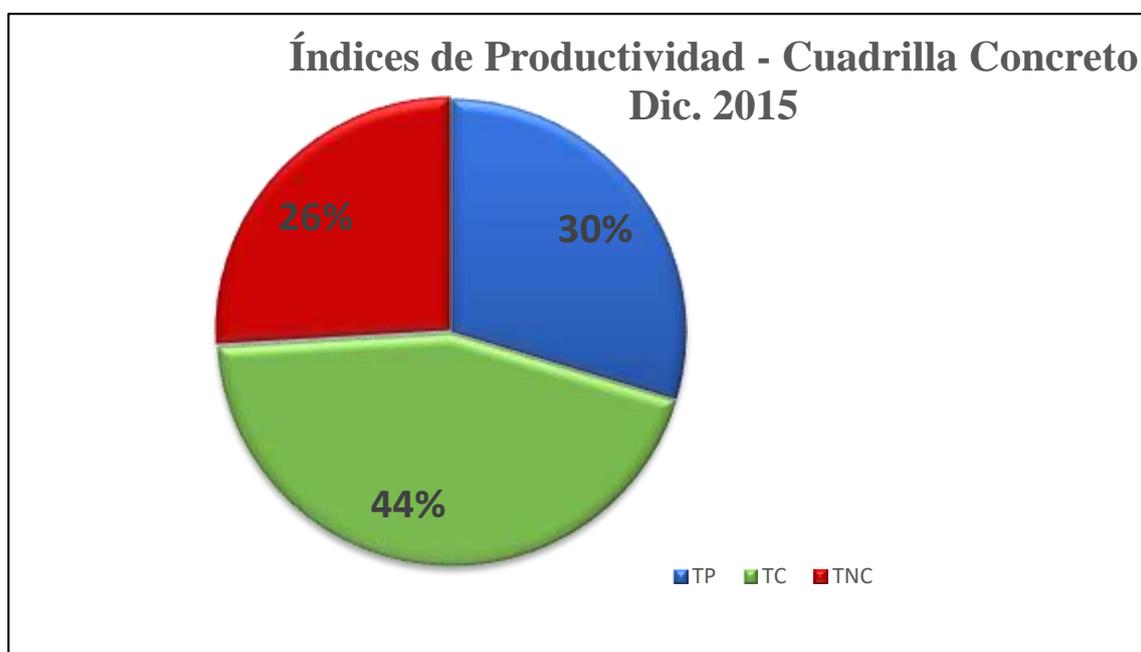


Figura 47: Índices de productividad – Cuadrilla de Concreto dic. 2015 (Fuente: Elaboración propia con participación del Staff de obra – Ch&T 2015).

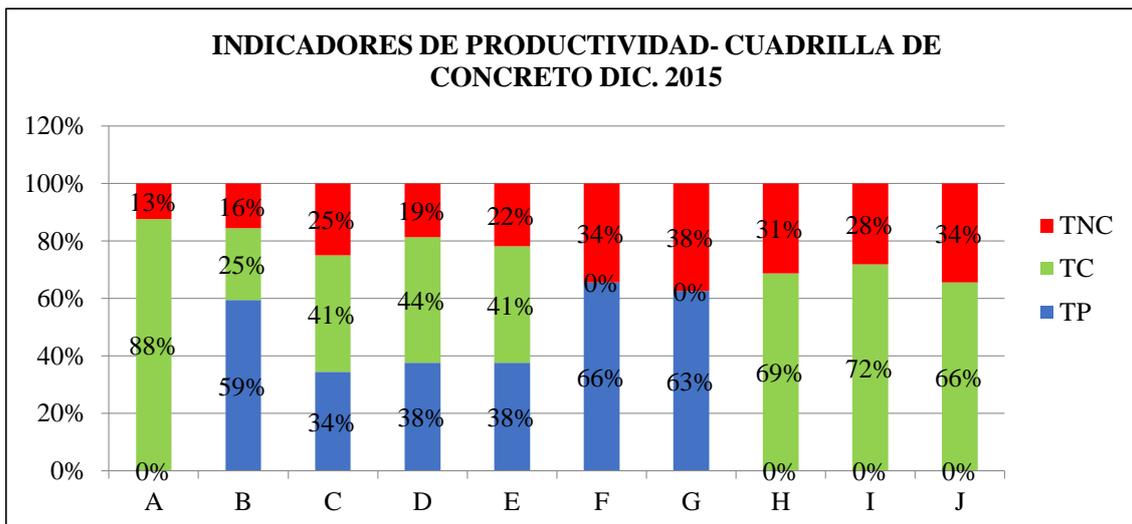


Figura 48: Indicadores de productividad desagregado – Cuadrilla de Concreto dic. 2015 (Fuente: Elaboración propia con participación del Staff de obra – Ch&T 2015).

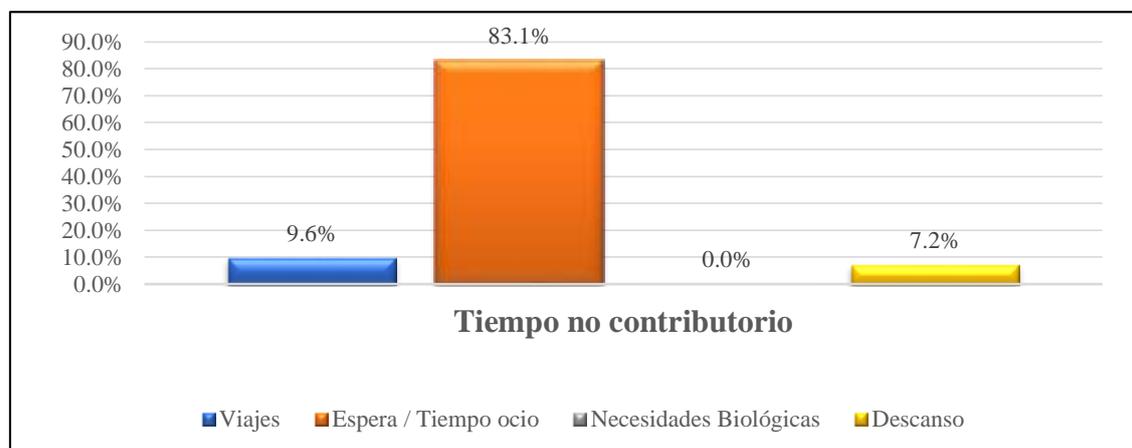


Figura 49: Tiempo no contributorio – Cuadrilla de Concreto dic. 2015 (Fuente: Elaboración propia con participación del Staff de obra – Ch&T 2015).

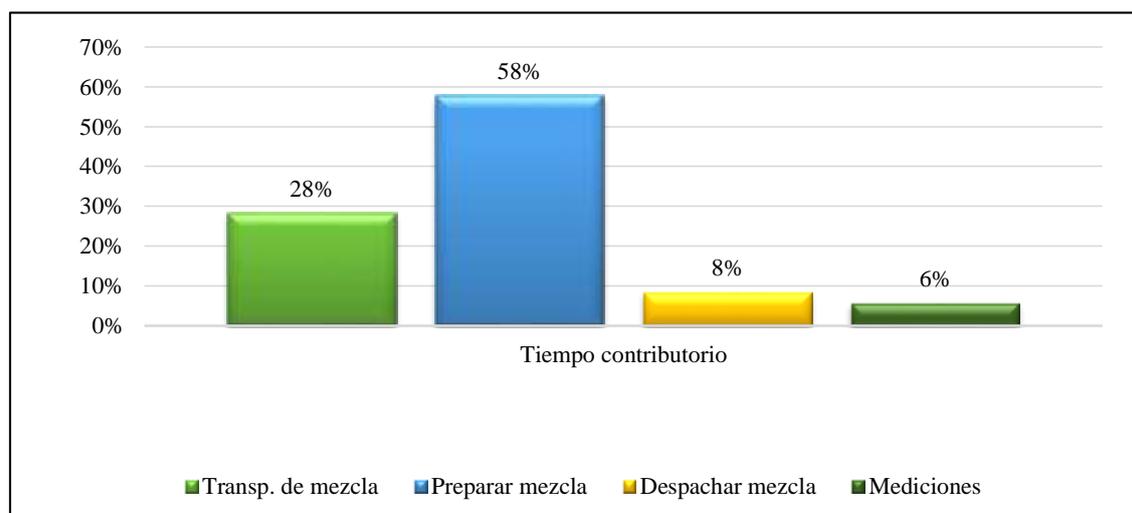


Figura 50: Tiempo contributorio – Cuadrilla de Concreto nov. 2015 (Fuente: Elaboración propia con participación del Staff de obra – Ch&T 2015).

Los datos obtenidos bajo la medición de la carta balance indican que el trabajo productivo de la cuadrilla de concreto para el mes de diciembre 2015 corresponde a un 30%, casi el doble del trabajo productivo obtenido en la medición para noviembre del 2015, donde se tuvo una medición de 16%.

Los trabajos no contributivos se redujeron de un 43% en el mes de noviembre 2015, a un 26% en el mes de diciembre.

La mejora en los índices de productividad se debe a la aplicación de la filosofía Lean Construction, pues el layout de obra permitió reducir el tiempo no contributivo de viajes, y la carta balance permitió identificar los trabajos no contributivos, permitiéndonos dimensionar cuadrillas más eficientes.

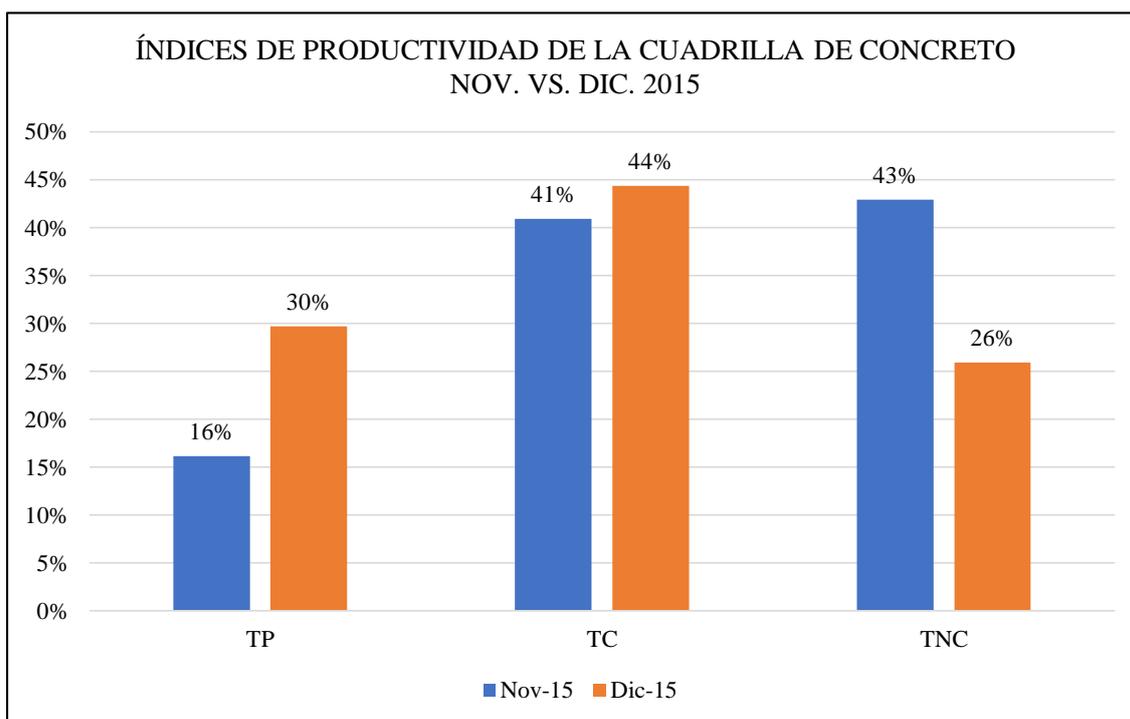


Figura 51: Índices de Productividad de la cuadrilla de concreto nov. vs. dic. 2015 (Fuente: Elaboración propia con participación del Staff de obra – Ch&T 2015).

3.7. Comparativo de niveles de productividad noviembre vs diciembre 2015

La aplicación de la filosofía Lean Construction ha permitido reducir las pérdidas en obra, mejorando así la productividad. Esto se ve reflejado bajo las mediciones comparativas con el NGA para los meses de noviembre y diciembre del 2015.

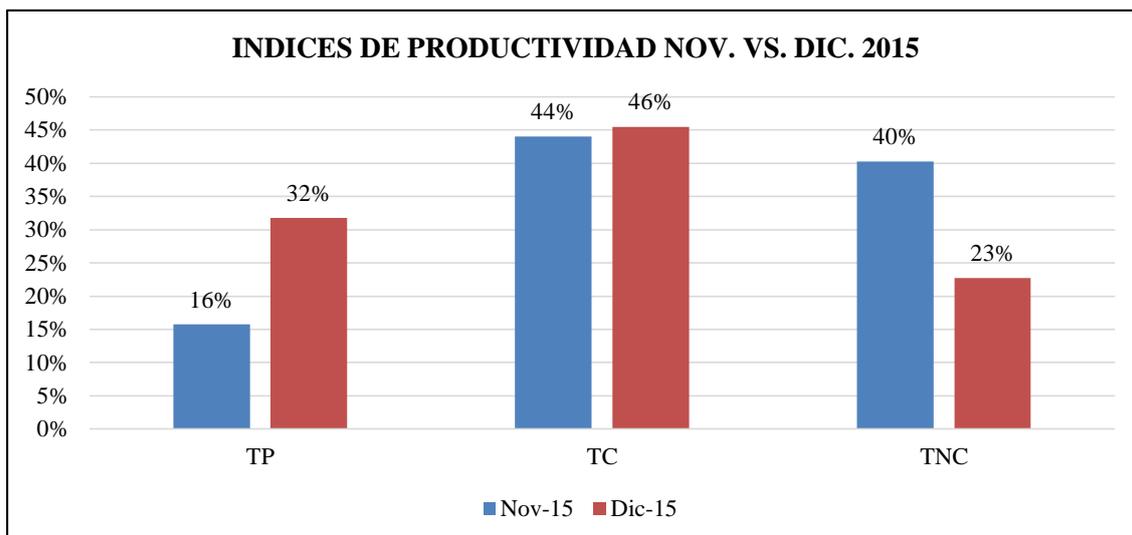


Figura 52: Índices de productividad nov. vs. dic. 2015 (Fuente: Elaboración propia – Ch&T 2015).

Se muestra como los trabajos productivos se incrementaron de un 16% en el mes de noviembre, a un 32% para el mes de diciembre.

Los trabajos no contributivos se redujeron de un 40% en el mes de noviembre, a un 23% para el mes de diciembre.

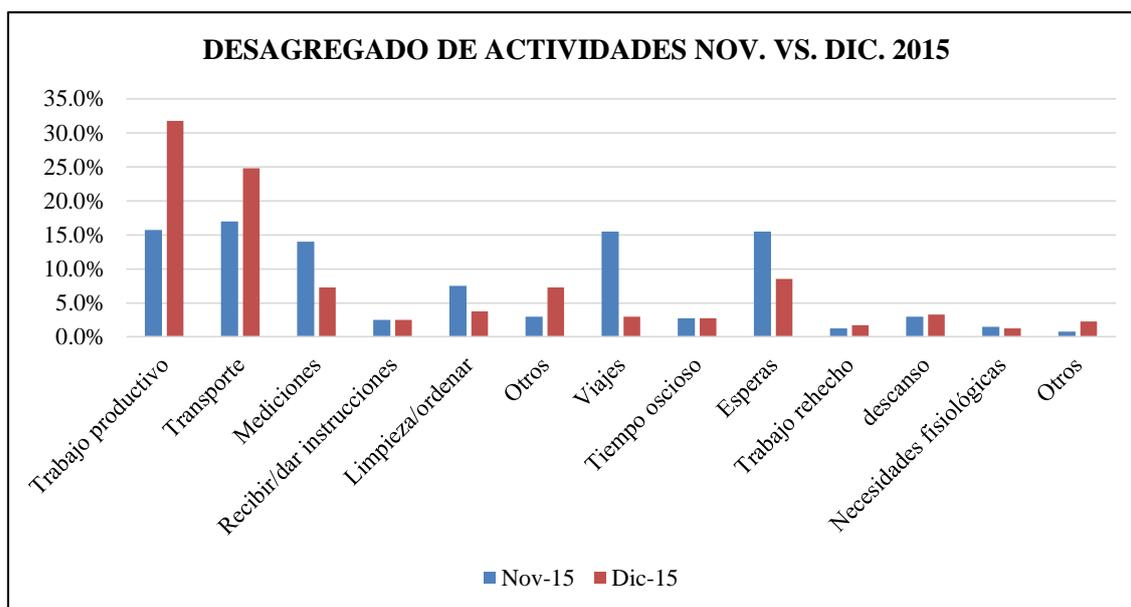


Figura 53: Desagregado de actividades nov. vs. dic. 2015 (Fuente: Elaboración propia – Ch&T 2015).

En el desagregado de las actividades podemos observar que dentro de los trabajos contributivos y trabajos no contributivos lo que más se redujo fue los transportes, los viajes y las esperas, esto gracias a que con la aplicación de la filosofía Lean Construction se tiene una obra mejor organizada, lo que nos permite reducir las pérdidas y mejorar la productividad.

La principal herramienta que nos ayudó a reducir los tiempos de transporte y viajes fue un buen layout de obra, y para tener cuadrillas más eficientes y reducir los tiempos de espera fue gracias a las herramientas de medición como el nivel general de actividades y la carta balance.

3.8. Monto a valorizar según nuestro plan maestro en diciembre del 2015.

Si nuestro plan maestro para el casco estructural de obra, el mismo que fue detallado en el ítem 2.2.4.4, lo transformamos en costo (ver anexo N° 10). Se tiene como monto a valorizar en obra civil para el mes de diciembre S/ 1'784,451.81 (costo directo).

Al monto valorizable obtenido para la obra civil del mes de diciembre 2015, le agregamos el monto de S/ 15,000.00 (lo que corresponde por impacto ambiental para ese mes), teniendo así un monto de S/ 1'799,451.81 como costo directo, a este dato le añadiremos los gastos generales y utilidades para obtener el sub total y poder compararlo con el cronograma valorizado contractual para el mes de diciembre, tal y como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 8

Costo valorizable cumpliendo al 100% nuestro plan maestro para dic. 2015.

ESPECIALIDAD	MONTO VALORIZABLE DIC-2015	GG (15%)	UTILIDADES (10%)	SUB TOTAL VALORIZABLE DIC-2015
ESTRUCTURA	S/ 1,331,333.69	S/ 199,700.05	S/ 133,133.37	S/ 1,664,167.11
ARQUITECTURA	S/ 258,118.12	S/ 38,717.72	S/ 25,811.81	S/ 322,647.65
INST. SANITARIAS	S/ 95,000.00	S/ 14,250.00	S/ 9,500.00	S/ 118,750.00
INST. ELÉCTRICAS	S/ 75,000.00	S/ 11,250.00	S/ 7,500.00	S/ 93,750.00
INST. MECÁNICAS	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00
SIST. DE COMUNICACIONES	S/ 25,000.00	S/ 3,750.00	S/ 2,500.00	S/ 31,250.00
EQUIP. BIOMÉDICO	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00
CAPACITACIÓN	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00
IMPACTO AMBIENTAL	S/ 15,000.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 15,000.00
	S/ 1,799,451.81	S/ 267,667.77	S/ 178,445.18	S/ 2,245,564.76

Fuente: Elaboración propia.

Los datos obtenidos para valorizar según nuestra planificación maestra la compararemos con el cronograma valorizable contractual, para ver si realmente es factible usar esta programación y llegar a superar el 80% del avance acumulado ejecutado respecto al avance acumulado programado.

Tabla 9

Costo valorizable programado para dic. 2015 según cronograma contractual.

ESPECIALIDAD	MONTO VALORIZADO DIC-2015	GG (15%)	UTILIDADES (10%)	SUB TOTAL VALORIZABLE DIC-2015
ESTRUCTURA	S/ 1,242,688.75	S/ 186,403.31	S/ 124,268.88	S/ 1,553,360.94
ARQUITECTURA	S/ 415,802.10	S/ 62,370.32	S/ 41,580.21	S/ 519,752.63
INST. SANITARIAS	S/ 63,647.29	S/ 9,547.09	S/ 6,364.73	S/ 79,559.12
INST. ELÉCTRICAS	S/ 100,967.43	S/ 15,145.12	S/ 10,096.74	S/ 126,209.29
INST. MECÁNICAS	S/ 24,913.62	S/ 3,737.04	S/ 2,491.36	S/ 31,142.03
SIST. DE COMUNICACIONES	S/ 28,284.67	S/ 4,242.70	S/ 2,828.47	S/ 35,355.83
EQUIP. BIOMÉDICO	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00
CAPACITACIÓN	S/ 44,396.21	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 44,396.21
IMPACTO AMBIENTAL	S/ 7,715.62	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 7,715.62
	S/ 1,928,415.70	S/ 281,445.58	S/ 187,630.39	S/ 2,397,491.67

Fuente: Expediente técnico.

Haciendo una relación entre el monto que se debía valorizar según nuestro plan maestro y el monto correspondiente a valorizar para dic. 2015, tenemos que dicho monto representa un 94%; es decir, lo que nosotros programamos para diciembre es un 94% de lo que el cronograma contractual nos pide valorizar. Hay que tener en consideración que el cronograma contractual está considerando las especialidades de instalaciones mecánicas y capacitaciones para el mes de diciembre, lo cual es algo muy próximo a ejecutar, pues para ejecutar las instalaciones mecánicas primero se debía terminar el casco estructural de obra, y para realizar las capacitaciones había que tener los equipos biomédicos instalados para así poder dar las capacitaciones respectivas de su manejo.

Si obviamos las especialidades de instalaciones mecánicas y capacitaciones, nuestra relación entre el monto planificado y el que se debía valorizar sería de un 97%, el otro 3% no es posible superarlo debido a los retrasos que trae la obra, pues se requieren culminar algunas partidas para abrir frente a otras.

Tomando en consideración lo descrito líneas arriba, nos quedamos con que la planificación planteada mediante la filosofía Lean Construction es lo suficiente para superar el 80% de relación entre el avance acumulado ejecutado y el avance acumulado programado.

3.9. Monto ejecutado vs. monto programado según plan maestro para dic. 2015.

Considerando el monto real de las actividades realmente ejecutadas en diciembre del 2015, se tiene la siguiente tabla:

Tabla 10

Monto realmente ejecutado para dic. 2015 según el avance de obra.

ESPECIALIDAD	MONTO REALMENTE VALORIZADO DIC-2015	GG (15%)	UTILIDADES (10%)	SUB TOTAL VALORIZABLE DIC-2015
ESTRUCTURA	S/ 1,076,167.24	S/ 161,425.09	S/ 107,616.72	S/ 1,345,209.05
ARQUITECTURA	S/ 229,406.15	S/ 34,410.92	S/ 22,940.62	S/ 286,757.69
INST. SANITARIAS	S/ 93,209.19	S/ 13,981.38	S/ 9,320.92	S/ 116,511.49
INST. ELÉCTRICAS	S/ 72,383.05	S/ 10,857.46	S/ 7,238.31	S/ 90,478.82
INST. MECÁNICAS	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00
SIST. DE COMUNIC.	S/ 25,023.13	S/ 3,753.47	S/ 2,502.31	S/ 31,278.91
EQUIP. BIOMÉDICO	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00
CAPACITACIÓN	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00
IMPACTO AMBIENTAL	S/ 15,000.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 15,000.00
	S/ 1,511,188.76	S/ 224,428.32	S/ 149,618.88	S/ 1,885,235.96

Fuente: Valorización de obra dic. 2015.

Haciendo una relación entre el monto de lo realmente ejecutado en diciembre del 2015 con el monto según nuestra planificación maestra; tenemos que, el monto ejecutado representa un 84% de lo que habíamos planificado.

Si bien la filosofía Lean Construction no se guía del monto valorizable mensual, sino más bien del cumplimiento de las actividades programadas, haremos una corroboración con el registro de nuestros PPC para el mes de diciembre.

Tabla 11

Registro de PPC para diciembre 2015.

DESCRIPCIÓN	SEMANAS EN DICIEMBRE 2015				
	SEM -49	SE M-50	SE M-51	SE M-52	SE M-53
NÚMERO DE ACTIVIDADES SEMANALES PLANIFICADAS PARA DICIEMBRE 2015	76	109	185	160	117
NÚMERO DE ACTIVIDADES EJECUTADAS EN DICIEMBRE 2015	64	94	166	140	108
PORCENTAJE DE PLAN CUMPLIDO (PPC)	84%	86%	90%	88%	92%

Fuente: Elaboración propia con participación del Staff de obra – Ch&T 2015.

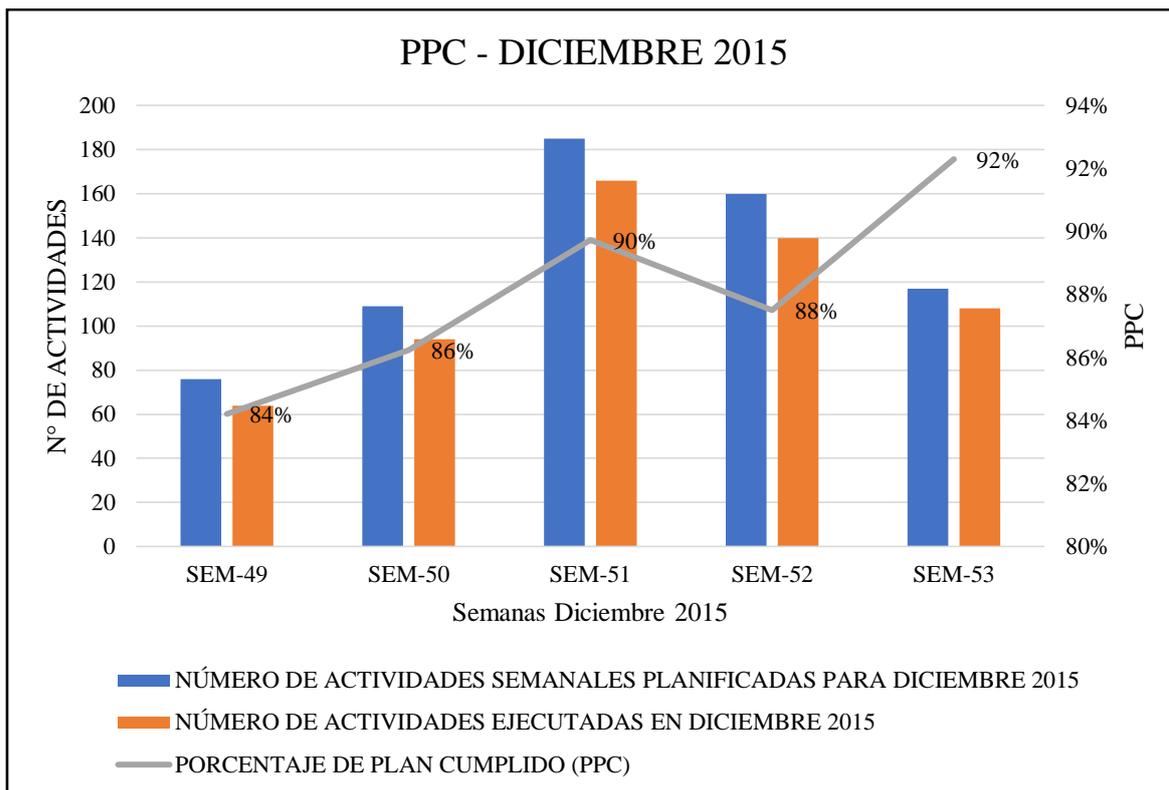


Figura 54: Índices de Productividad de la cuadrilla de concreto nov. vs. dic. 2015 (Fuente: Elaboración propia con participación del Staff de obra – Ch&T 2015)

En el registro de los PPC podemos ver como nuestro nivel de cumplimiento se va incrementando, esto se debe a que con el paso de los días había un mayor entendimiento de la filosofía Lean Construction, de esta manera pudimos llegar a un máximo de 92% de cumplimiento en las actividades programadas para la semana 53.

En el mes de diciembre había 647 actividades planificadas, de las cuales se cumplieron 572, logrando así un PPC de 88% para el mes de diciembre 2015.

El incremento del PPC para el mes de diciembre se debe al buen control que se tuvo de las variabilidades de obra, para ello es importante un buen análisis de restricciones y el análisis de la causa raíz del incumplimiento de las actividades, para posteriormente no cometer los mismos errores y poder lograr una mejora continua.

3.10. Monto ejecutado vs. programado según cronograma valorizado de obra dic. 2015

El monto realmente ejecutado gracias a la aplicación de la filosofía Lean Construction en el mes de diciembre 2015 fue de S/ 1,885,235.96 (el mismo que se detalla en la tabla 10 del ítem 3.9), este monto lo compararemos con el cronograma valorizado y las valorizaciones anteriores para ver si logramos superar el 80% del avance acumulado ejecutado respecto al avance acumulado programado.

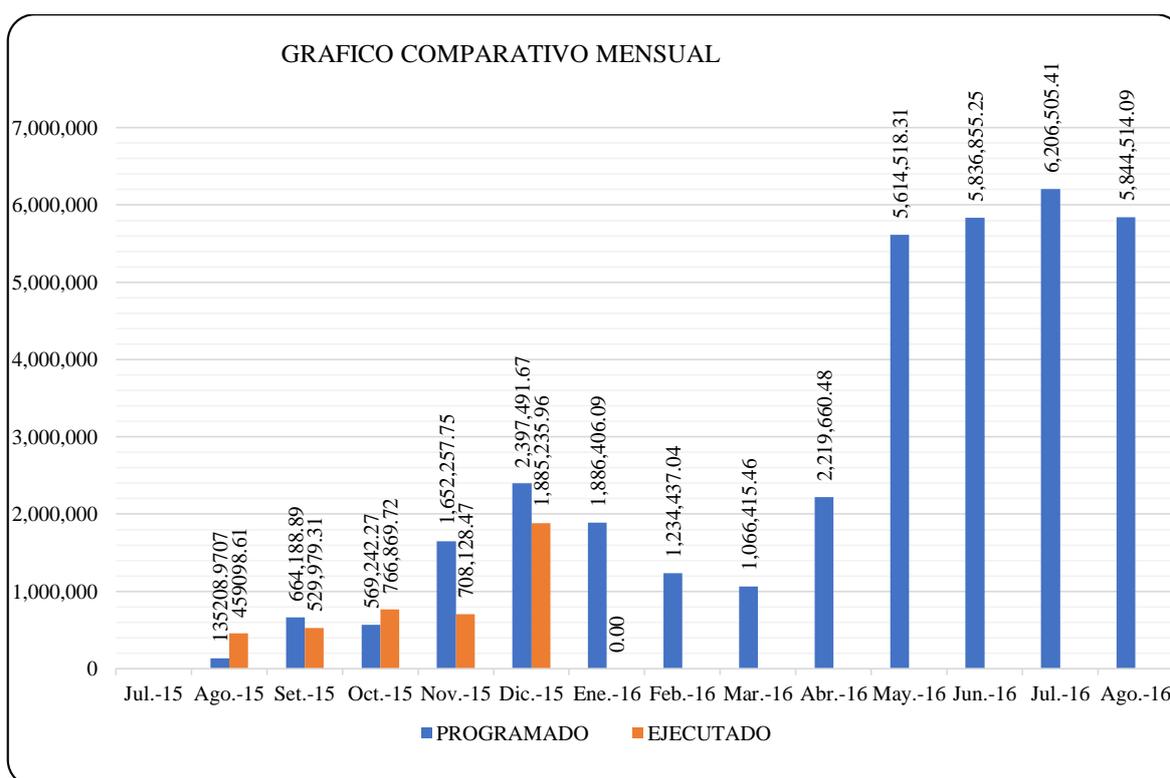


Figura 55: Gráfico Comparativo Mensual del Avance de Obra Programado Vs. Lo Ejecutado. (Valorización de obra Diciembre - 2015).

Comparando los montos ejecutados mensualmente, se puede apreciar que para diciembre del 2015 usando la filosofía Lean Construction se ha llegado a valorizar mucho más de lo que se ha valorizado en los meses anteriores donde se usaba una programación tradicional.

Tabla 12*Cronograma de avance de obra programado vs. Avance ejecutado.*

PERIODO	VALORIZACIONES DE OBRA PROGRAMADAS - MONTO SIN I.G.V. (S/.)					VALORIZACIONES DE OBRA EJECUTADAS - MONTO SIN I.G.V. (S/.)					SITUACION DE LA OBRA	
	*CONTRATO PRINCIPAL	TOTAL	% PARCIAL	ACUMUL.	% ACUM.	CONTRATO PRINCIPAL	TOTAL	% PARCIAL	ACUMUL.	% ACUM.	ADEL. (%)	ATR. (%)
Julio-15					0.00					0.00		
Agosto-15	135,208.97	135,208.97	0.383	135,208.97	0.38	459,098.61	459,098.61	1.30	459,098.61	1.30	0.92	
Setiembre-15	664,188.89	664,188.89	1.880	799,397.87	2.26	529,979.31	529,979.31	1.50	989,077.92	2.80	0.24	
Octubre-15	569,242.27	569,242.27	1.611	1,368,640.13	3.87	766,869.72	766,869.72	2.17	1,755,947.64	4.97	0.28	
Noviembre-15	1,652,257.75	1,652,257.75	4.677	3,020,897.88	8.55	708,128.47	708,128.47	2.00	2,464,076.11	6.97	0.00	
Diciembre-15	2,397,491.67	2,397,491.67	6.786	5,418,389.55	15.34	1,885,235.96	1,885,235.96	5.34	4,349,312.07	12.31	0.00	
Enero-16	1,886,406.09	1,886,406.09	5.340	7,304,795.64	20.68		0.00	0.00		0.00		
Febrero-16	1,234,437.04	1,234,437.04	3.494	8,539,232.68	24.17							
Marzo-16	1,066,415.46	1,066,415.46	3.019	9,605,648.14	27.19							
Abril-16	2,219,660.48	2,219,660.48	6.283	11,825,308.62	33.47							
Mayo-16	5,614,518.31	5,614,518.31	15.893	17,439,826.94	49.37							
Junio-16	5,836,855.25	5,836,855.25	16.522	23,276,682.19	65.89							
Julio-16	6,206,505.41	6,206,505.41	17.568	29,483,187.60	83.46							
Agosto-16	5,844,514.09	5,844,514.09	16.544	35,327,701.69	100.00							
	35,327,701.69	35,327,701.69	100.00	35,327,701.69		4,349,312.07	4,349,312.07	12.31				

Fuente: Valorización de obra dic. 2015.

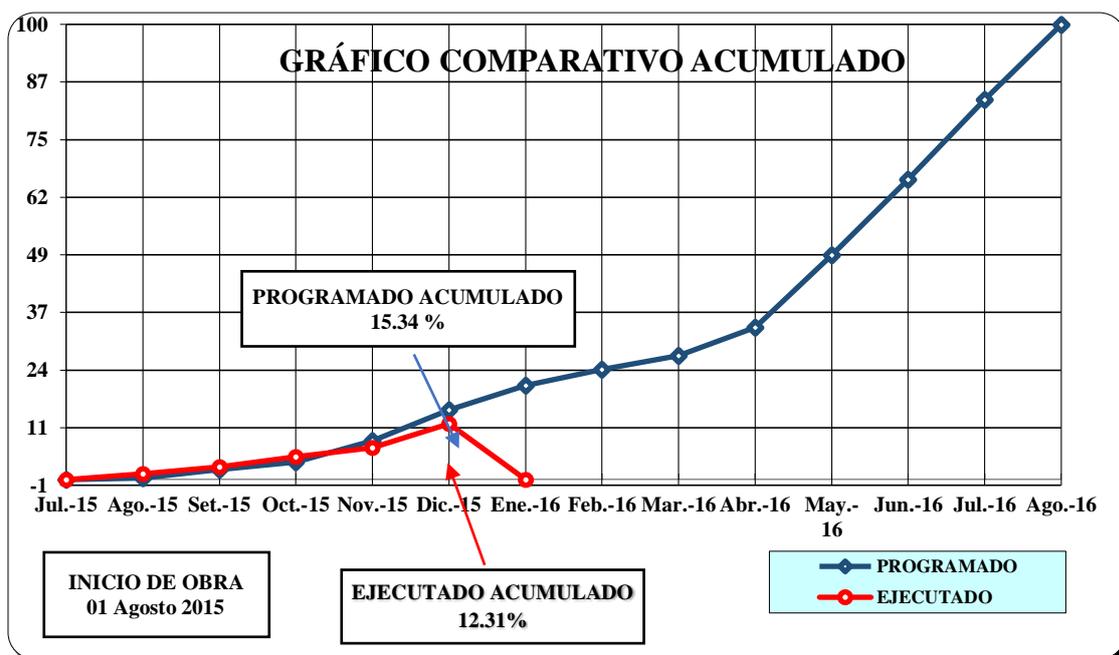


Figura 56: Gráfico Comparativo Acumulado de lo Programado Vs. Lo Ejecutado – Curva “S” (Valorización de Obra Diciembre - 2015).

En el gráfico de la curva “S” vemos como el crecimiento de lo ejecutado en diciembre se incrementó a un ritmo mucho mayor que en los meses de agosto a noviembre, donde se llevaba el control de la obra con una metodología de programación tradicional.

Tabla 13

Comparativo de montos valorizados vs. ejecutados.

VALORIZACIONES DE OBRA EJECUTADAS-MONTO TOTAL SIN I.G.V.

MESES	MONTO VALORIZ.	% PARCIAL	% ACUM.	MONTO PROGRAM.	MONTO PROGRAM. ACUM.	% PARCIAL	% ACUM	% COMPAR.
Ago-15	459,098.61	1.30%	1.30%	135,208.97	135,208.97	0.38%	0.38%	339.55%
Set-15	529,979.31	1.50%	2.80%	664,188.89	799,397.86	1.88%	2.26%	123.73%
Oct-15	766,869.72	2.17%	4.97%	569,242.27	1,368,640.13	1.61%	3.87%	128.30%
Nov-15	708,128.47	2.00%	6.97%	1,652,257.75	3,020,897.88	4.68%	8.55%	81.57%
Dic-15	1,885,235.96	5.34%	12.31%	2,397,491.67	5,418,389.55	6.79%	15.34%	80.27%

Fuente: Valorización de obra dic. 2015.

Gracias a la aplicación de la filosofía Lean Construction pudimos superar la meta del 80% del avance acumulado ejecutado respecto al avance acumulado programado acumulado, obteniendo un valor de 80.27%.

CONCLUSIONES

Con la aplicación de la filosofía Lean Construction pudimos superar en diciembre la meta trazada del 80% de avance acumulado ejecutado respecto al avance acumulado programado, obteniendo un valor de 80.27%.

El layout de obra nos permitió reducir las pérdidas ocasionadas por viajes y esperas, pues se redujeron de 16% a 3.0% y de 16% a 9% respectivamente, para los meses de noviembre y diciembre.

Gracias a la sectorización de la obra se pudo garantizar la transferencia de las cuadrillas de un lote a otra cumpliendo las actividades en un takt time de 1 día.

El plan de actividades a ejecutarse en obra tiene mayor confiabilidad al programar las actividades reales a ejecutar y no las partidas indicadas en el expediente técnico.

El histograma del personal obrero a emplear en obra nos permite visualizar y controlar el ingreso y liquidación del personal, permitiendo así tener un mayor control económico del recurso de mano de obra.

Los PPC obtenidos en diciembre, fueron creciendo a medida que el personal tenía mayor conocimiento del sistema de trabajo, logrando así tener resultados de hasta un 92% de cumplimiento respecto a lo programado.

La aplicación de la filosofía Lean Construction y las herramientas del last planner system, ayudaron a mejorar la productividad en obra.

Los trabajos productivos se incrementaron de 16% a 32%, y los trabajos no contributivos se redujeron de 40% a 23% para los meses de noviembre y diciembre respectivamente.

Con el empleo de la carta balance se pudo identificar los índices de productividad y plantear mejoras a la cuadrilla de concreto en falzas zapatas. Los trabajos productivos de la cuadrilla se incrementaron de 16% a 30%, y los trabajos no contributivos se redujeron de 43% a 26% para los meses de noviembre y diciembre respectivamente.

RECOMENDACIONES

La aplicación de la filosofía Lean Construction debería realizarse antes del inicio del proyecto, para así tener un mejor control de obra, ya que su aplicación en una obra en ejecución es más complicada.

Se recomienda que al momento de realizar una planificación se incluya a todo el equipo que participa en campo, pues ellos al estar involucrados en la ejecución directa de la obra, tienen mayor conocimiento del proceso constructivo que se va realizando.

Al realizar el tren de actividades hay que tomar en consideración los rendimientos reales y no los teóricos, que los lotes tengan metrados similares para poder garantizar que una cuadrilla tenga la capacidad de transferirse de un lote a otro y poder cumplir los trabajos con un takt time de un día.

Para poder garantizar el cumplimiento de las actividades programadas se recomienda incluir buffers que permitan controlar las variabilidades de obra.

Se recomienda que, en las reuniones semanales de producción participe todo el Staff de obra, y que ahí se analicen las restricciones presentes para los próximos trabajos a ejecutarse.

Al momento de realizar el PPC es necesario hacer un análisis de la causa raíz para las actividades que no se llegaron a cumplir, esto ayudará a que no se vuelvan a cometer y garantizar una mejora continua.

Para obtener buenos resultados con la filosofía Lean Construction se requiere el conocimiento del sistema de trabajo y el compromiso de todos los involucrados, staff de obra, gerencia, logística, etc.

Si los índices de productividad obtenidos con un NGA arrojan datos de trabajo productivos bajos y trabajos no productivos altos, se recomienda hacer el análisis mediante la CB a la cuadrilla que más participación tuvo en la medición inicial.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALARCÓN, L. (2008). *"Guía para la implementación del sistema del último planificador"*. Santiago: GEPUC, Pontificia Universidad Católica de Chile.
- ALARCÓN, L. (2009). Un nuevo enfoque en la gestión: La construcción sin pérdidas. *Revista de Obras Públicas*, 3.496, 45-52.
- BRIOSO, X. (2015). *EL ANÁLISIS DE LA CONSTRUCCIÓN SIN PÉRDIDA (LEAN CONSTRUCTION) Y SU RELACIÓN CON EL PROJECT & CONSTRUCCIÓN MANAGEMENT: PROPUESTA DE REGULACIÓN EN ESPAÑA Y SU INCLUSIÓN EN LA LEY DE LA ORDENACIÓN DE LA EDIFICACIÓN (TESIS DOCTORAL)*. Obtenido de UNIVERSIDAD POLITECNICA DE MADRID "ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE ARQUITECTURA": http://oa.upm.es/40250/1/XAVIER_MAX_BRIOSO_LESCANO.pdf
- GHIO, V. (2001). *Productividad en obras de construcción; Diagnostico, critica y propuesta*. Lima: Fondo Editorial PUCP.
- Instituto de la Construcción y Gerencia (ICG UNFV). (2017). *Aprendiendo Lean Construction - Introducción Lean*. Lima.
- KOSKELA, L. (september de 1992). *"APPLICATION OF THE NEW PRODUCTION PHILOSOPHY TO CONSTRUCTION"*. *Technical Report #72, Center for Integrated Facilities Engineering, Stanford University*. Obtenido de <http://www.leanconstruction.org/media/docs/Koskela-TR72.pdf>
- Lean Construction Institute. (05 de Octubre de 2013). *What is Lean Construction*. Obtenido de <https://www.leanconstruction.org/about-us/what-is-lean-construction/>
- Miranda, J. (2016). *Aplicación de Lean Construction en obras de edificaciones, Curso Taller de capacitación para la Implementación de un Sistema de Producción en Chung & Tong*. Picota - San Martín.
- Porras, H., Sánchez, G., & Galvis, J. (03 de Junio de 2014). *Filosofía Lean Construction para la gestión de proyectos de construcción: una revisión actual* . Obtenido de <https://revistas.unilibre.edu.co/index.php/avances/article/view/298/235>

TOURON, J. (26 de Septiembre de 2016). *Lean Manufacturing: Definición, origen y evolución*. Obtenido de Sistemas OEE: <https://www.sistemasoe.com/lean-manufacturing/>

Vásquez, J. L. (14 de Mayo de 2019). *¿Cómo hacer el análisis de una Carta Balance? Todo lo que necesitas saber*. Obtenido de K+K GROUP: <https://kykconsulting.pe/como-hacer-analisis-carta-balance/>

¿Qué es la Teoría de las Restricciones (TOC)?" (01 de Octubre de 2015). *CONEXIONESAN*. Obtenido de <https://www.esan.edu.pe/apuntes-empresariales/2015/10/que-teoria-restricciones-toc/>

ANEXOS

ANEXO 01. PANEL FOTOGRÁFICO



Imagen 1. Losa vaciada por sectores, en función al área de los lotes.



Imagen 2. Protección con toldos para controlar la variabilidad por lluvias.



Imagen 3. Puntos de acopio cercanos al lugar de trabajo y en cantidades necesarias.

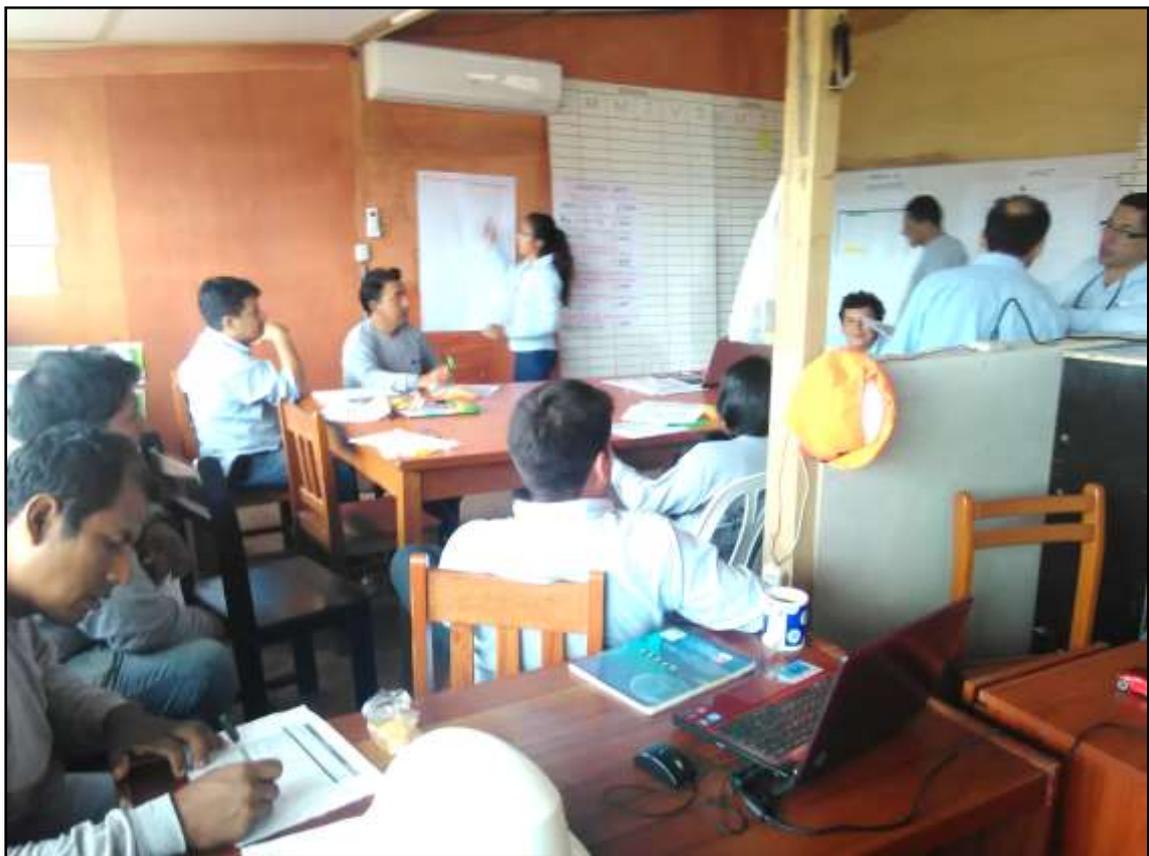


Imagen 4. Reuniones semanales de producción, se identifican las restricciones.



Imagen 5. Tren de actividades, avance por lotes.



Imagen 6. Tren de actividades, avance por lotes.

ANEXO 02. METRADOS POR LOTE

ANEXO 03. TREN DE ACTIVIDADES

ANEXO 04. CÁLCULO DEL NÚMERO DE PERSONAL

ANEXO 05. HISTOGRAMA DE PERSONAL

ANEXO 06. NIVEL GENERAL DE ACTIVIDADES NOV. 2015

ANEXO 07. CARTA BALANCE NOV. 2015

ANEXO 08. NIVEL GENERAL DE ACTIVIDADES DIC. 2015

ANEXO 09. CARTA BALANCE DIC. 2015

**ANEXO 10. CÁLCULO DEL MONTO VALORIZABLE SEGÚN PLAN
MAESTRO
DIC. 2015**

**ANEXO 11. VALORIZACIÓN
DIC. 2015**

ANEXO 12. PLANO DE PLANTA