

ESTUDIO DE LA VARIABILIDAD EN LA IMPLEMENTACIÓN DEL
LAST PLANNER SYSTEM (LPS) EN PROYECTOS QUE ADOPTAN
LA HERRAMIENTA POR PRIMERA VEZ

INGENIERA
ANA LUCÍA BONILLA MORALES



UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL Y GEOMÁTICA
SANTIAGO DE CALI
2017

ESTUDIO DE LA VARIABILIDAD EN LA IMPLEMENTACIÓN DEL
LAST PLANNER SYSTEM (LPS) EN PROYECTOS QUE ADOPTAN
LA HERRAMIENTA POR PRIMERA VEZ

INGENIERA
ANA LUCÍA BONILLA MORALES

Trabajo de grado para optar el título de
MAGISTER EN INGENIERÍA

Directora
SANDRA LILIANA CANO MOYA, M.Sc.
Ingeniera Civil



UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL Y GEOMÁTICA
SANTIAGO DE CALI
2017

NOTA DE ACEPTACIÓN

Johannio Marulanda C, Ph.D.
Coordinador Postgrados
Ingeniero Civil

Ing. Sandra Liliana Cano M.Sc .
Director Trabajo de Grado
Ingeniera Civil

Ing. Luis Fernando Botero Botero, M.Sc.
Jurado
Ingeniero Civil

Ing. Holmes Julián Páez Martínez, Ph.D.
Jurado
Ingeniero Civil

Santiago de Cali, Febrero 2017

DEDICATORIA

A Dios por darme la fortaleza e inteligencia de llevar esta meta a su fin

A mi Mamá por sus sabios consejos, por su compañía, su ayuda incondicional y su confianza inquebrantable.

A mi Papá por su esfuerzo, su ejemplo y amor.

A mi hermanito porque siempre ha sido un apoyo y ayuda constante en mi vida.

A mi esposo Julián Paz Peña por su ayuda, sus consejos su amor y sus palabras.

A mi hija Juliana Paz mi amor grandote mi todo. Mi sueño hecho realidad

A mis amigos que de alguna forma aportaron su granito de arena en esta meta.

GRACIAS

ANA LUCÍA BONILLA MORALES

CONTENIDO

ÍNDICE DE FIGURAS, GRÁFICAS Y TABLAS.....	8
RESUMEN.....	10
INFORMACIÓN GENERAL.....	11
INTRODUCCIÓN.....	12
1. EL PROBLEMA.....	13
1.1. Descripción.....	13
1.2. Objetivos.....	15
1.2.1. Objetivo general.....	15
1.2.2. Objetivos específicos.....	15
1.3. Justificación.....	15
2. ESTADO DEL ARTE.....	16
3. MARCO TEORICO.....	23
3.1.1. Generalidades Last Planner System.....	23
3.1.2. Se puede, se debería, se hará.....	24
3.1.3. Niveles que conforman LAST PLANNER SYSTEM.....	26
3.1.3.1. Programa Maestro.....	27
3.1.3.2. Programación Intermedia (lookahead).....	27
3.1.3.3. Planificación Semanal.....	29
3.1.3.4. Medición.....	29
3.1.4. Reunión de Planificación Semanal.....	30
3.1.4.1. Estructura de la reunión.....	30
4. METODOLOGÍA.....	32
4.1. Descripción de los proyectos.....	35
4.1.1. Proyecto 1 “Parque Espoz”.....	35
4.1.2. Proyecto 2. “Corredor Parcial de Envigado”.....	35
4.1.3. Proyecto 3. “Mirador Bahía”.....	36
4.1.4. Proyecto 4. “Habilitación Urbana”.....	36
4.1.5. Proyecto 5. “Universidad Ciudad”.....	37
4.1.6. Proyecto 6 “Natura Ecoparque”.....	37
4.1.7. Proyecto 7 “Campus PUCE-NAYÓN”.....	38
4.1.8. Proyecto 8 “I.E San José de Maryland”.....	39
4.1.9. Proyecto 9 “Estacionamientos Subterráneos”.....	39
4.1.10. Proyecto 10 “Tayrona Etapa 1”.....	40
4.1.11. Proyecto 11 “Coliseo Pilahuín”.....	41
4.1.12. Proyecto 12 “Habitacional Santa María”.....	41
4.1.13. Proyecto 13 “Conjunto Residencia Los Prados”.....	42
4.1.14. Proyecto 14 “Construcción Comercial Residencial”.....	43
4.2. Tipo de estudio proyectos.....	43
4.3. Nivel de implementación.....	45
4.3.1. Nivel de implementación: Proyecto 1 “Parque Espoz”.....	45
4.3.2. Nivel de implementación: Proyecto 2. “Corredor Parcial de Envigado”.....	45
4.3.3. Nivel de implementación: Proyecto 3. “Mirador Bahía”.....	46
4.3.4. Nivel de implementación: Proyecto 4. “Habilitación Urbana”.....	47

4.3.5.	Nivel de implementación: Proyecto 5. “Universidad Ciudad”	48
4.3.6.	Nivel de implementación: Proyecto 6 “Natura Ecoparque”	49
4.3.7.	Nivel de implementación: Proyecto 7 “Campus PUCE-NAYÓN”	49
4.3.8.	Nivel de implementación: Proyecto 8 “I.E San José de Maryland”	50
4.3.9.	Nivel de implementación: Proyecto 9 “Estacionamientos Subterráneos”	52
4.3.10.	Nivel de implementación: Proyecto 10 “Tayrona Etapa 1”	52
4.3.11.	Nivel de implementación: Proyecto 11 “Coliseo Pilahuín”	53
4.3.12.	Nivel de implementación: Proyecto 12 “Habitacional Santa María”	54
4.3.13.	Nivel de implementación: Proyecto 13 “Conjunto Residencia Los Prados”	55
4.3.14.	Nivel implementación Proyecto 14 “construcción Comercial Residencial”	56
4.4. Dificultades con la implementación de LPS		56
4.4.1.	Proyecto 1 “Parque Espoz”	56
4.4.2.	Proyecto 2. “Corredor Parcial de Envigado”	57
4.4.3.	Proyecto 3. “Mirador Bahía”	57
4.4.4.	Proyecto 4. “Habilitación Urbana”	57
4.4.5.	Proyecto 5. “Universidad Ciudad”	58
4.4.6.	Proyecto 6. “Natura Ecoparque”	58
4.4.7.	Proyecto 7 “Campus PUCE-NAYÓN”	58
4.4.8.	Proyecto 8 “I.E San José de Maryland”	59
4.4.9.	Proyecto 9 “Estacionamientos Subterráneos”	59
4.4.10.	Proyecto 10 “Tayrona Etapa 1”	59
4.4.11.	Proyecto 11 “Coliseo Pilahuín”	60
4.4.12.	Proyecto 12 “Habitacional Santa María”	60
4.4.13.	Proyecto 13 “Conjunto Residencia Los Prados”	60
4.4.14.	Proyecto 14 “Construcción Comercial Residencial”	60
4.5. Aspectos positivos con la implementación de LPS		60
4.5.1.	Proyecto 1 “Parque Espoz”	60
4.5.2.	Proyecto 2. “Corredor Parcial de Envigado”	61
4.5.3.	Proyecto 3. “Mirador Bahía”	61
4.5.4.	Proyecto 4. “Habilitación Urbana”	61
4.5.5.	Proyecto 5. “Universidad Ciudad”	61
4.5.6.	Proyecto 6 “Natura Ecoparque”	62
4.5.7.	Proyecto 7 “Campus PUCE-NAYÓN”	62
4.5.8.	Proyecto 8 “I.E San José de Maryland”	63
4.5.9.	Proyecto 9 “Estacionamientos Subterráneos”	63
4.5.10.	Proyecto 10 “Tayrona Etapa 1”	64
4.5.11.	Proyecto 11 “Coliseo Pilahuín”	64
4.5.12.	Proyecto 12 “Habitacional Santa María”	65
4.5.13.	Proyecto 13 “Conjunto Residencia Los Prados”	66
4.5.14.	Proyecto 14 “Construcción Comercial Residencial”	66
4.6. Lecciones aprendidas durante la implementación de LPS		67
4.6.1.	Proyecto 1 “Parque Espoz”	67
4.6.2.	Proyecto 2. “Corredor Parcial de Envigado”	67
4.6.3.	Proyecto 3. “Mirador Bahía”	67
4.6.4.	Proyecto 4. “Habilitación Urbana”	67
4.6.5.	Proyecto 5. “Universidad Ciudad”	68
4.6.6.	Proyecto 6 “Natura Ecoparque”	68

4.6.7.	Proyecto 7 “Campus PUCE-NAYÓN”	68
4.6.8.	Proyecto 8 “I.E San José de Maryland”	68
4.6.9.	Proyecto 9 “Estacionamientos Subterráneos”	69
4.6.10.	Proyecto 10 “Tayrona Etapa 1”	69
4.6.11.	Proyecto 11 “Coliseo Pilahuín”	69
4.6.12.	Proyecto 12 “Habitacional Santa María”	69
4.6.13.	Proyecto 13 “Conjunto Residencia Los Prados”	70
4.6.14.	Proyecto 14 “Construcción Comercial Residencial”	70
5.	ANÁLISIS DE RESULTADOS POR PROYECTO (PPC y CNC).....	75
5.1.	Proyecto 1	75
5.2.	Proyecto 2	76
5.3.	Proyecto 3.....	77
5.4.	Proyecto 4.....	79
5.5.	Proyecto 5.....	81
5.6.	Proyecto 6	82
5.7.	Proyecto 7.....	84
5.8.	Proyecto 8.....	85
5.9.	Proyecto 9.....	86
5.10.	Proyecto 10.....	88
5.11.	Proyecto 11.....	89
5.12.	Proyecto 12.....	90
5.13.	Proyecto 13.....	91
5.14.	Proyecto 14.....	92
6.	ANÁLISIS DE RESULTADOS GENERAL	95
6.1.	Diagrama de Cajas Proyectos, Estudio Variabilidad PPC	95
6.2.	Análisis CNC mediante de diagrama de cajas y clúster	106
7.	CONCLUSIONES.....	115
	BIBLIOGRAFÍA	119
	BIBLIOGRAFÍA SECUNDARIA.....	121

ÍNDICE DE FIGURAS, GRÁFICAS Y TABLAS

Figura 1. Sistema tradicional (Push). Fuente: Ballard 2000	25
Figura 2. Last Planner System. Fuente: Ballard, 2000.	25
Figura 3. Esquema Puede VS Se Hará VS Debería	26
Figura 4. Esquema Se Hará VS Puede VS Debería	26
Tabla 1. Investigaciones encontradas	34
Tabla 2. Tipo Estudio Proyectos.....	44
Figura 5. Ajuste programación fuente: (Cases Company, 2015).....	54
Figura 6. Resumen de impacto fuente (Cases Company, 2015).....	65
Tabla 3. Descripción Proyectos y aplicación Componentes Last Planner.....	71
Tabla 4. Resumen Dificultades, aspectos positivos y lecciones aprendidas.	74
Gráfico 1. Registro PPC, Proyecto 1 (Sanchis Mestre, 2012)	75
Gráfico 2. Registro CNC semana 14, Proyecto 1 (Sanchis Mestre, 2012)	75
Gráfico 3. Registro CNC Acumulado, Proyecto 1 (Sanchis Mestre, 2012)	76
Gráfico 4. Registro PPC, Proyecto 2 (Castaño Jiménez, 2012)	76
Gráfico 5. Registro CNC acumulado, Proyecto 2	77
Gráfico 6. Registro PPC Mitad semana, Proyecto 3 (Díaz, 2007)	78
Gráfico 7. Registro PPC Final Semana, Proyecto 3 (Díaz, 2007).....	78
Gráfico 8. Registro CNC Mitad de semana, Proyecto 3 (Díaz, 2007).....	79
Gráfico 9. Registro CNC final de la semana, Proyecto 3 (Díaz, 2007)	79
Gráfico 10. Registro PPC, Proyecto 4 (Casanova, 2012).....	80
Gráfico 11. Registro CNC semanal, Proyecto 4 (Casanova, 2012).....	80
Gráfico 12. Registro CNC Acumulado, Proyecto 4 (Casanova, 2012)	81
Gráfico 13. Registro PPC, Proyecto 5 (Botero Toro, 2014)	81
Gráfico 14. Registro CNC Acumulado, Proyecto 5 (Botero Toro, 2014).....	82
Gráfico 15. Registro PPC, Proyecto 6 (Granados, 2011)	82
Gráficos 16. Registro CNC 4 primeras semanas de implementación, Proyecto 6 (Granados, 2011)	83
Gráficos 17. Registro CNC Primer mes de implementación, Proyecto 6 (Granados, 2011).....	83
Gráfico 18. Registro CNC Acumulado, Proyecto 6 (Granados, 2011)	84
Gráfico 19. Registro PPC, Proyecto 7 (Poveda Hinojosa & Encalada López , 2012)	84
Gráfico 20. Registro CNC Semanal, Proyecto 7 (Poveda Hinojosa & Encalada López , 2012)	85
Gráfico 21. Registro CNC Acumulado, Proyecto 7 (Poveda Hinojosa & Encalada López , 2012)....	85
Gráfico 22. Registro PPC, Proyecto 8 (Delgado Orduz, 2007).....	86
Gráfico 23. Registro CNC Acumulado, Proyecto 8 (Delgado Orduz, 2007)	86
Gráfico 24. Registro PPC, Proyecto 9 (Ponce Muñoz, 2015)	87
Gráfico 25. Registro CNC Semanal, Proyecto 9 (Ponce Muñoz, 2015)	87
Gráfico 26. Registro CNC Acumulado, Proyecto 9 (Ponce Muñoz, 2015).....	88
Gráfico 27. Registro PPC, Proyecto 10 (Pinto Vega, 2010)	88
Gráfico 28. Registro CNC acumulado, Proyecto 10 (Pinto Vega, 2010)	89
Gráfico 29. Registro PPC, Proyecto 11 (Taco Valle, 2015)	89
Gráfico 30. Registro CNC Semanal, Proyecto 11 (Taco Valle, 2015)	90
Gráfico 31. Registro CNC Acumulado, Proyecto 11 (Taco Valle, 2015).....	90
Gráfico 32. Registro PPC, Proyecto 12 (Cases Company, 2015)	91
Gráfico 33. Registro CNC Acumulado, Proyecto 12 (Cases Company, 2015)	91
Gráfico 34. Registro PPC, Proyecto 13 (Ocampo Quirola, 2011).....	92

Gráfico 35. Registro CNC Acumulado, Proyecto 13 (Ocampo Quirola, 2011).....	92
Gráfico 36. Registro PPC, Proyecto 14 (Todeschini Roehrs, 2012)	93
Gráfico 37. Registro CNC Acumulado, Proyecto 14 (Todeschini Roehrs, 2012).....	93
Tabla 5. Resumen CNC y PPC 14 proyectos, análisis.	95
Gráfico 38. Diagrama de caja proyecto 1 y 2	96
Tabla 6. Datos estadísticos Proyecto 1 y 2	96
Gráfico 39. Diagrama de caja proyecto 3 y 4	97
Tabla 7. Datos estadísticos Proyecto 3 y 4	97
Gráfico 40. Diagrama de caja proyecto 5 y 6	98
Tabla 8. Datos estadísticos Proyecto 5 y 6	98
Gráfico 41. Diagrama de caja proyecto 7 y 8	99
Tabla 9. Datos estadísticos Proyecto 7 y 8	99
Gráfico 42. Diagrama de caja proyecto 9 y 10	100
Tabla 10. Datos estadísticos Proyecto 9 y 10	100
Gráfico 43. Diagrama de caja proyecto 11 y 12	101
Tabla 11. Datos estadísticos Proyecto 11 y 12	101
Gráfico 44. Diagrama de caja proyecto 13 y 14	102
Tabla 12. Datos estadísticos Proyecto 13 y 14	102
Gráfico 45. Diagrama de caja General 14 proyectos.....	103
Tabla 13. Datos estadísticos 14 Proyectos	103
Gráfico 46. Rango Intercuartílico vs Proyectos	105
Tabla 14. Resumen Proyectos	105
Tabla 15. Causas de NO cumplimiento 14 proyectos escogidos.	106
Gráfico 47. Registro CNC 14 proyectos escogidos	107
Gráfico 48. Diagramas de cajas CNC	110
Tabla 16. Datos estadísticos CNC	111
Gráfico 49. Cluster Causas de NO Cumplimiento	112
Tabla 17. Resumen Causas NO cumplimiento y Origen	113
Gráfico 50. Origen CNC	113
Tabla 18. Problemas y Soluciones Causas de NO cumplimiento.....	114
Gráfico 51. Box plot PPC de los 14 proyectos.....	115
Tabla 19 Aspectos cuantitativos proyectos variables	115
Gráfico 52. Box plot CNC encontradas en los 14 proyectos.	116
Tabla 20. CNC Proyectos con Alta Variabilidad	116

RESUMEN

Contexto: El sistema Last Planner (LPS) se usa para estabilizar el flujo de trabajo basándose en los principios de Lean Production aplicados a la construcción. Es un sistema de planificación y control que permite identificar las causas que no aportan en el cumplimiento del plan de trabajo, así como estabilizar la variabilidad en la ejecución de las tareas planificadas.

Objetivo: Estudiar la variabilidad de los porcentajes de planificación cumplida (PPC) en 14 proyectos que implementan el sistema Last Planner (LPS) por primera vez, analizando las causas de NO cumplimiento (CNC).

Metodología: se realiza un análisis estadístico de la información de 14 proyectos obtenida de la bibliografía encontrada en las bases de datos a las que se tiene acceso por medio de la Universidad del Valle, además, se revisa el comportamiento de los porcentajes de planificación cumplida (PPC) de cada uno, identificando las causas de NO cumplimiento (CNC) y finalmente se procesa la información estadísticamente.

Resultados: las causas de NO cumplimiento (CNC) más representativas se asocian a la mano de obra, falta prerequisite, falta de materiales, afectación por causas del clima y falta de equipos y/o maquinaria, estas 5 causas tuvieron una incidencia del 63.27%.

Conclusiones: los proyectos de construcción que utilizan la herramienta Last Planner por primera vez presenta una baja variabilidad, sin embargo, se concluye que en estos proyectos un porcentaje de planificación cumplida (PPC) aceptable es mayor o igual al 50%, debido al cambio que genera la implementación de un nuevo sistema que muestra mucho orden y control sobre la programación.

Palabras Clave: Last Planner, Variabilidad, implementación, porcentaje de planificación cumplida (PPC), causas de NO cumplimiento (CNC).

INFORMACIÓN GENERAL

Título del Proyecto: ESTUDIO DE LA VARIABILIDAD EN LA IMPLEMENTACIÓN DEL LAST PLANNER SYSTEM (LPS) EN PROYECTOS QUE ADOPTAN LA HERRAMIENTA POR PRIMERA VEZ

Estudiante de Maestría:

Nombre: Ana Lucía Bonilla Morales

Correo Electrónico: ana.bonilla@correounivalle.edu.co

Responsables administrativos:

Nombre: Sandra Liliana Cano Moya (Directora del Proyecto)

Correo electrónico: sandra.cano@correounivalle.edu.co

Lugar de Ejecución del Proyecto: Universidad del Valle

Ciudad: Cali

Departamento: Valle

Duración del Proyecto (en meses): 7 meses

Tipo de Proyecto: Investigación Aplicada

INTRODUCCIÓN

Debido al crecimiento poblacional en Colombia, la construcción es una de las actividades de producción más importantes, hoy en día por la carencia de un proceso de programación adecuado enfrenta retrasos y pérdidas de tiempo, esto conlleva a que obras de alta importancia como hospitales, instituciones educativas, infraestructura vial y demás no son entregadas a tiempo afectando el beneficio de la población. Siendo importante realizar mejoras en los procesos de planificación y control, que permitan optimizar los tiempos de entrega de los proyectos.

Esta investigación tiene como propósito identificar las causas asociadas con la variabilidad de la implementación del sistema del último planificador, especialmente en proyectos que inician un proceso de implementación del LPS.

Este sistema, por medio de tres niveles de planificación, controla a un nivel más detallado las actividades a ejecutar en el proceso, liberando restricciones, midiendo variabilidad e identificando las causas de NO cumplimiento, mejora los procesos de planificación y control logrando el cumplimiento de los objetivos del proyecto lo más cercano a las expectativas del proyecto mismo.

La metodología utilizada se refiere al análisis de 14 tesis que tienen como objetivo la aplicación de LPS en proyectos que implementen la herramienta por primera vez.

Los resultados obtenidos se enfocan en observar el comportamiento de la variabilidad en los resultados de la programación por medio de los PPC e identificar las razones más críticas que generan que lo planificado en la semana no se cumpla y así proponer mejoras en el proceso de planificación.

Este documento se encuentra estructurado así:

1. Teoría LPS y sus 3 fases de programación.
2. Resumen de los 14 proyectos escogidos.
3. Análisis de los PPC y CNC de los 14 proyectos escogidos.
4. Análisis estadístico de los 14 proyectos.
5. Conclusiones.

1. EL PROBLEMA

1.1. Descripción

La construcción es una de las actividades de producción de gran importancia en Colombia, pues su dinámica impulsa permanentemente el progreso de la sociedad, según los resultados del DANE la contribución de la construcción al PIB es del 7% y se espera se incremente entre el 10% y el 12% en los próximos dos años.

Por medio de este sector se da respuesta a las necesidades de la sociedad con la construcción de vivienda y proyectos de infraestructura, que además son una fuente de trabajo en la que se utiliza mano de obra intensiva, generando una importante actividad indirecta en otros sectores de la económica del país.

Este sector es uno de los menos desarrollados, lo cual se observa en las deficiencias y poca efectividad en los procesos de concepción, diseños y ejecución de obras. Además, presenta características únicas que explican el grado de desarrollo en el que se encuentra, entre ellas; curva de aprendizaje limitada, influencia de las condiciones climáticas, trabajo permanente bajo presión, fragmentación del proyecto e incentivos negativos, poca capacitación, relaciones opuestas entre quienes intervienen en los proyectos, deficiente planificación o ausencia de la misma, actividad basada en la experiencia, falta de investigación y actitud mental del sector. (Botero, Construcción sin perdidas, 2004).

Una de las problemáticas presentadas, son los atrasos en obra, que se deben principalmente a las fallas en los sistemas de planificación, seguimiento y control, generando que actividades que se programan no se ejecutan, debido a factores como: disponibilidad de material, equipos y mano de obra, imprevistos, restricciones de seguridad y rendimientos estimados incorrectamente, obteniendo una alta variabilidad en las metas semanales previstas.

Tradicionalmente las obras o proyectos se planifican teniendo en cuenta el comienzo y fin de las actividades, no se incluye las diferentes interacciones de estas con los flujos involucrados, es decir, no se realiza un seguimiento formal del desempeño, para confrontar lo planificado y lo realmente ejecutado, así como la verificación de lo que no se cumplió y las razones.

Debido a esto es importante aplicar nuevas ideas en el sector que permitan, mejorar la competitividad de las empresas y proyectos de construcción, utilizar

eficientemente los recursos, incorporar nuevas filosofías de gestión y desarrollar el sentido de autocrítica e innovación.

Una de las herramientas disponibles para realizar mejoras en los procesos de planificación, seguimiento y control, es el Sistema del Último Planificador (**Last Planner System**), desarrollado por Glen Ballard en 2002, cuya finalidad es aumentar la confiabilidad, minimizando la incertidumbre de la planificación generando mejoras sustanciales en su desempeño. El aumento de la confiabilidad se logra introduciendo planificaciones intermedias y semanales dentro de un plan maestro del proyecto, analizando las restricciones (cuellos de botella) que se presentan en el desarrollo de las tareas. La planificación no sólo se lleva con el cronograma general de la obra sino que se va a un nivel más detallado generado por los mismos ejecutores con los cuales se planifica con una proyección de 4 semanas hacia adelante aproximadamente (look-ahead), se analiza las restricciones de las actividades a ejecutar y se verifica el cumplimiento de lo programado semanalmente.

El sistema del último planificador mide el desempeño de cada plan de trabajo semanal para estimar su calidad por medio de los porcentaje de planificación cumplida (PPC) calculado como el número de tareas realizadas dividido el número de asignaciones para una semana dada, los PPC evalúan hasta qué punto el último planificador pudo anticiparse al trabajo que se realizaría en la siguiente semana, es decir, compara lo que se programó con lo que se ejecutó.

Sin embargo, la aplicación de LPS por primera vez genera cambios en los proyectos e impactos en las personas que hacen parte de la obra, llevando a que los PPC no sean cercanos al 100%.

Por esto estudiando la variabilidad en proyectos que utilizan esta herramienta por primera vez, permitirá identificar los factores que generen que el PPC sea bajo y se propongan mejoras para resolver las razones que conllevan a que las actividades no se ejecuten; con esto generamos que la utilización inicial de LPS, sea más eficiente.

1.2. Objetivos

1.2.1. *Objetivo general*

- Estudiar la variabilidad en los resultados de la gestión de programación y control en construcción con la implementación del sistema del Último Planificador (Last Planner System, LPS) en proyectos que inician la implementación de la herramienta.

1.2.2. *Objetivos específicos*

- Identificar las condiciones críticas asociados al NO cumplimiento de la implementación del LPS en proyectos de construcción de organizaciones tradicionales
- Analizar el comportamiento del proceso de planificación y control con la aplicación del sistema Last Planner para identificar los elementos que deben ser objeto de control en un proceso inicial de implementación del LPS.

1.3. Justificación

La construcción conserva actualmente procesos y métodos adaptados a una cultura artesanal, identificando factores como atrasos e incumplimientos por parte de los proveedores, alta rotación del personal, bajo rendimiento de la mano de obra no calificada, carencia de canales de comunicación efectivos, altos porcentajes de desperdicios, cambios climáticos desfavorables, bajas velocidades de producción sumado a la presión del trabajo que no permiten realizar una planeación adecuada y la falta de una metodología que facilite medir, controlar y mejorar los procesos constructivos que afectan negativamente la productividad de las obras.

De aquí surge la principal motivación de esta investigación, medir, controlar y mejorar los procesos constructivos con el sistema del Último Planificador o Last Planner System (LPS) mediante la evaluación semanal de los porcentajes de planificación cumplida PPC, estableciendo las causas de NO cumplimiento, mejorando el proceso desde la planificación semanal e intermedia y reduciendo la variabilidad de los resultados semanales del trabajo en obra. Al reducir esa variabilidad se garantiza que las obras se entreguen en el momento, cantidad y costo correcto, se disminuya la pérdida de recursos y aumente la utilidad.

El artículo de Botero (Un Avance en la planificación y control de proyectos de construcción, 2005), nos muestra como el LPS mejora la confiabilidad y rebaja la incertidumbre en la planificación, en este artículo la utilidad del sistema quedo comprobada con la medición durante un año en los proyectos estudiados en la ciudad de Medellín, donde, cada vez que el sistema se implementó, mejoro el indicador del PPC.

En la tesis *Aplicación del sistema de planificación LAST PLANNER, a la construcción de un edificio habitacional de mediana altura*, Daniela Andrea Díaz, se observa como el sistema del ultimo planificador es una herramienta destinada a estabilizar el flujo de trabajo basándose en los principios de Lean Production aplicados a la construcción, nos muestra como la revisión de las causas de NO cumplimiento generan una mejora al sistema, ya que detecta donde está fallando, con esto se llega al origen del problema que genera el no desarrollo de una actividad, además, de la reducción de la variabilidad en los procesos.

2. ESTADO DEL ARTE

La finalidad de esta investigación es estudiar la variabilidad de los resultados semanales del trabajo en obra, identificando las causas de NO cumplimiento por medio del LPS en proyectos que implementan por primera vez la herramienta.

A continuación se presentan investigaciones que se realizaron relacionadas con la implementación de Last Planner System, que servirán como guía para el manejo del sistema y donde se observan los beneficios de utilizar el LPS.

Implementing Last planner in the context of social housing retrofit, Sergio Kemmer, Clarissa Biotto, Fernanda Chaves, Lauri Koskela, and Patricia Tzortzopoulos Fazenda, 2016, El documento tiene como objetivo investigar los problemas y beneficios de la implementación de LPS y modelado 4D en el contexto de la adaptación de viviendas sociales. Presenta resultados de un proyecto de investigación en marcha en Irlanda del Norte, que se centra en la renovación de viviendas. El proyecto de investigación implica la propuesta de un proceso Building Information Modeling (BIM) se utiliza para evaluar los escenarios para la adaptación de la vivienda social, se centra en la reducción de la interrupción del usuario durante todo el proceso de construcción. Tanto el 4D como el Last Planner se utilizan para asegurar que las obras de reacondicionamiento funcionen con la mínima interrupción.

Last Planner System: implementation in a Moroccan construction project, *Habchi Hicham, Cherradi Taoufiq, and Soulhi Aziz, 2015*, El objetivo de este trabajo es la implementación de LPS en un proyecto inmobiliario en el norte de Marruecos. Dado que este sistema todavía se considera poco familiar en Marruecos, se analizaron las causas de variabilidad y se identificaron las fortalezas y debilidades de la implementación.

La investigación **Last Planner System un caso de estudio** de *Inmaculada Sanchis Mestre, Tesis- 2013-Santiago de Chile*, explica la implementación de Last Planner System y otras herramientas Lean en un proyecto de edificación en Santiago de Chile.

A case study of Last Planner System implementation in Nigeria, *Ograbe Ahiakwo, David Oloke, Subashini Suresh and Jamal Khatib, 2013*, Aplicación de LPS en edificio de residencias estudiantiles en la universidad federal.

La investigación **Implementación del sistema Last Planner en una habilitación urbana.** *Daniel Miranda Casanova, Tesis- Febrero 2012-Lima Perú*, tiene como propósito fundamental poner en práctica las herramientas del sistema de planificación Last Planner System aplicado a una obra de habilitación urbana, con la finalidad de comprobar los beneficios que este sistema pueda aportar para el cumplimiento de plazos y confiabilidad en la planificación.

Applying Last Planner in the Nigerian construction industry, *Ismail Adamu and Gregory Howell, 2012*, Este documento informa y evalúa la eficacia de Implementación de LPS en Nigeria, comparándolo con el tradicional sobre la construcción de 50 casas.

La investigación **Implementación de la metodología Lean Construction para actividades de estructura del proyecto natura del consorcio campo empresarial campestre.** *Brenda Minelly Granados Orellanos, Tesis, 2011, Bucaramanga, Colombia*, presenta los resultados de la implementación “Lean Construction” en un proyecto especial de construcción, proceso que inicia con el análisis y diagnóstico que incluye el conocimiento del sistema constructivo estructural, definición de la cadena de valor, sistema de planificación y control, contenido de trabajo, causas de pérdidas y análisis de la cultura 5S en obra. Con la información del diagnóstico se procede a la implementación del sistema de planificación “Last Planner” y a la gestión de la información por medio de análisis de métodos, análisis de “Layout”, medición de pérdidas y rendimientos.

Last Planner System: experiences from pilot implementation in the Middle East, *Abdullah AlSehaimi, Patricia Tzortzopoulos and Lauri Koskela, 2009*, El trabajo descrito en este documento se dedica a evaluar la efectividad de la implementación del ultimo Planificador para mejorar las prácticas de planificación de la construcción en la industria saudita en dos edificaciones.

Implementation of Last Planner in a medium-sized construction site, *Bo Terje Kalsaas, John Skaar and Rein Terje Thorstensen, 2009*, El documento presenta la implementación de LPS en un proyecto de 6800 m2, durante la implementación se encontraron una serie de dificultades pero la principal fue las relaciones personales entre ingeniero, maestros, contratistas y el dueño de la obra

Last Planner in a social perspective – a shipbuilding case, *Sigmund Aslesen and Sven Bertelsen, 2008*, En este trabajo se aborda la implementación y uso del Sistema Last Planner como Control de producción para mejorar la confiabilidad del flujo de trabajo en un astillero noruego.

La investigación **Aplicación del sistema de planificación Last Planner a la construcción de un edificio habitacional de mediana altura**. *Daniela Andrea Díaz Montecino, Tesis, agosto 2007, Santiago de Chile*, evalúa el sistema de planificación “Last Planner”, mediante su implementación en la construcción de un edificio habitacional de mediana altura. Lo que se busca es detectar sus virtudes para potenciarlas y determinar las falencias que posee este sistema, precisando sus causas y planteando soluciones a ellas.

Case study: an application of Last Planner to heavy civil construction in Korea, *Yong-Woo Kim and Jin-Woo Jang, 2005*, Este documento presenta estudios de caso de dos proyectos de construcción civil pesada, junto con la forma en que se aplicó LPS y cómo se mejoró la confiabilidad del flujo de trabajo. También discute los prerequisites y barreras para la implementación, de LPS en Proyectos de construcción en Corea. Los resultados pueden utilizarse como referencia para que las empresas aumenten la fiabilidad del flujo de trabajo para futuros proyectos.

Applying the Last Planner control system to a construction project: a case study in Quito, Ecuador, *Mario Fiallo C. and Víctor Hugo Revelo P, 2001*, El objetivo principal del estudio es difundir los resultados obtenidos de la aplicación del Sistema Last Planner en un proyecto de construcción en Quito, Ecuador. Los resultados demuestran que cada vez que el contratista aplica LPS, tanto el Plan de

Porcentaje Completo (PPC) y el factor de rendimiento (PF) mejoran. Las tasas PPC y PF muestran una tendencia de mejora cada vez que se utiliza el sistema.

The Last Planner System of production control *Herman Glenn Ballard, Tesis Mayo 2000*, Birmingham Inglaterra, establece los procedimientos para mejorar la fiabilidad del flujo de trabajo, diseñando un protocolo de actuación y las herramientas de medida de la productividad, por medio del sistema Last Planner.

A continuación se presentan algunos artículos que servirán a esta investigación como aporte teórico donde se divulga los resultados de la aplicación del sistema Last Planner y la variabilidad de los PPC, entre ellos están:

Proyecto: Controlando la ejecución, *Luis Fernando Alarcón Cárdenas, 2012*, el artículo muestra la importancia de medir y realizar seguimiento y control de los proyectos nos dice que la medición del avance de un proyecto es una componente clave para un adecuado seguimiento y control.

La variabilidad: protegiendo la ejecución del proyecto, *Luis Fernando Alarcón Cárdenas, 2012*, el artículo muestra como el sistema del último planificador apunta a incrementar la fiabilidad de la planificación y con eso mejorar los desempeños.

Un nuevo enfoque en la gestión: la construcción sin pérdidas, *Luis Fernando Alarcón Cárdenas, Eugenio Pellicer Armiñana. 2009*, El artículo muestra una visión alternativa de la gestión en el sector de la construcción, introduciendo un enfoque novedoso de la administración que está tomando cada día más fuerza a nivel mundial: “lean construction” o construcción sin pérdidas. Se describen también los aspectos básicos de una de las herramientas más difundidas en la construcción sin pérdidas: el último planificador. Se presentan los impactos alcanzados en la implementación de este sistema de gestión obtenidos de decenas de proyectos que han sido estudiados en aplicaciones recientes.

Last Planner, un avance en la planificación y control de proyectos de construcción Estudio del caso de la ciudad de Medellín, *Luis Fernando Botero Botero*, Martha Eugenia Álvarez Villa. 2005* nos muestra como el sistema Last Planner mejora la confiabilidad y rebaja la incertidumbre en la planificación, en este artículo la utilidad del sistema quedó comprobada con la medición durante un año en los proyectos estudiados en la ciudad de Medellín, donde, cada vez que el sistema se implementó, mejoró el indicador del PPC.

Guía de mejoramiento continuo para la productividad en la construcción de Proyectos de vivienda (Lean construction como estrategia de mejoramiento), *Luis Fernando Botero Botero*, Martha Eugenia Álvarez Villa. 2004.* presenta una guía para el mejoramiento de la productividad en la construcción de proyectos de vivienda, con la cual se pretende mejorar el desempeño aumentando la competitividad de las empresas del sector. Los resultados obtenidos en los proyectos estudiados muestran la efectividad de la metodología propuesta.

Buffers de programación: una estrategia complementaria para reducir la variabilidad en los procesos de construcción. *Vicente González, Luis Fernando Alarcón Cárdenas, 2003,* En este trabajo se plantea el uso de Buffers de Programación como estrategia complementaria para proteger de la variabilidad a los procesos de producción en los proyectos de construcción, para la cual no han sido tomadas las suficientes acciones. En esta línea se propone una Metodología para la Administración de Buffers de Programación en Proyectos Repetitivos y se exponen sus aspectos conceptuales principales.

Y finalmente se presentan estos artículos relacionados con el estudio de variabilidad y mejoras en los procesos de implementación del Last Planner todos extraídos del international group for lean constructions (iglc)

Using Last Planner indicators to identify early signs of project performance. *Luis F. Alarcón, José L. Salvatierra and José A. Letelier, 2014,* Este trabajo reporta los resultados de un análisis de datos de más de treinta y seis proyectos que utilizaban LPS, donde se disponía de información semanal, en un intento de Identificar indicadores y patrones que mejoren el desempeño del proyecto, Esta investigación considera que Proyectos se consideran exitosos cuando la planificación, organización, dirección y control son desarrollados de tal manera que permita el cumplimiento de las normas establecidas inicialmente. Los resultados indican que existe una estrecha relación entre la variabilidad de PPC, el índice del rendimiento de la programación y el éxito de los proyectos.

Last Planner System and lean approach process: experiences from implementation in Mexico, *Fernando Cerveró-Romero, Paulo Napolitano, Edgar Reyes and Luis Teran, 2013,* Este documento aborda 7 proyectos piloto en la implementación de LPS en México, se realizan observaciones de 9 meses y se concluye sobre las ventajas de la aplicación de LPS en términos de mejorar la producción, planificación y control, además, muestra las barreras y dificultades que impiden la implementación del sistema, por ultimo señala las mejoras en la aplicación de LPS en la cultura mexicana.

Weekly tracking of stability of the flow of conversations into the subprocesses of Last Planner System, Omar Zegarra, Luis Fernando Alarcón, Pedro Pereira and Nuno Cachadinha, 2013, Este artículo presenta el análisis de las tendencias de las reuniones, Controles y el impacto de los subprocessos del Sistema de Control de Producción Estudios de caso: uno realizado en Sudamérica que utilizó el Sistema Last Planner, y uno en Europa que utilizó el Sistema Tradicional de Control de Producción. Se encontraron Subprocesos de control de producción que están bajo control estadístico, con esta metodología, es posible evaluar la Estabilidad de los flujos de coordinación en cada Sistema de Control de Producción - Subprocesos. Ambos casos fueron estables, predecibles y libres de variabilidad se considera que este método podría ser valioso para el seguimiento y ajuste de la Aplicación de los subprocessos del sistema Last Planner.

Propagation and distortion of variability into the production control system: bullwhip of conversations of the Last Planner, Omar Zegarra and Luis Fernando Alarcón, 2013, Esta investigación analiza la variabilidad a lo largo de los subprocessos del Sistema Last Planner, y el índice de porcentaje del plan completo (PPC). Se concluye que el método permite la representación de patrones de distorsión de la variabilidad a lo largo del PPC; existe y afecta la fiabilidad del PPC; permite la cuantificación del flujo de trabajo entre dos variables LPS y a lo largo del proceso LPS; representa la coordinación del equipo del proyecto durante el proceso; y podría utilizarse para describir, monitorear y mejorar el proceso de control de producción.

Subcontractor collaboration and breakdowns in production: the effects of varied LPS implementation, Tammy McConaughy and Daniel Shirkey, 2013, Este trabajo combina observaciones de campo de (3) proyectos de construcción que implementan LPS, en una encuesta de 10 preguntas sobre experiencias de LPS. Los entrevistados fueron participantes en la encuesta y asociados de los (3) proyectos de construcción observados. La encuesta se entregó a 250 participantes, donde participaron 153, el 40% de los participantes eran subcontratistas, el 40% eran de contratados por la administración y el 20% eran una combinación de Dueño, Vendedor, Equipo de diseño y consultores. El enfoque de la investigación se centró en la forma en que el subcontratista con la dinámica de equipo se vieron afectados por la variación en los procesos. Uno de los mayores impactos de LPS es el elemento humano del equipo de construcción. En las observaciones se encontró que cuando se implementa LPS el equipo se ve afectado positivamente, cuando LPS no se implementa el subcontratista empieza a tener dificultades con el equipo

para alinear los flujos de trabajo o aumentar la productividad, cuando LPS se implementa adecuadamente se percibe una disminución de la variabilidad.

Bullwhip effect in production control: a comparison between traditional methods and LPS, *Pedro Pereira, Nuno Cachadinha, Omar Zegarra and Luis Alarcón*, 2013, Este estudio evalúa la hipótesis de que el efecto Bullwhip (BWE) la distorsión acumulativa de variabilidad existe en los métodos tradicionales de control, que no tienen sistematizados para la reducción de la variabilidad en el control de la producción, LPS. Para verificar esta hipótesis se formuló un método para ampliar el alcance de la detección y cuantificación de la BWE en proyectos que utilizan LPS a sistemas de control de producción (TPCS). Se concluyó que el BWE existe en sistemas de control de producción tradicionales y LPS y que el BWE no es necesariamente mayor en el sistema tradicional, aunque la variabilidad asociada es mucho más alta. El uso de un índice BWE se propone como una herramienta para monitorear y controlar la variabilidad del control de la producción en los proyectos de construcción, la utilización de este índice como Indicador de Desempeño Clave (KPI) proporciona un mayor control de la variabilidad en ambos sistemas de producción.

Last Planner System – a step towards improving the productivity of New Zealand construction, *Jonson Fuemana, Taija Puolitaival and Kathryn Davies*, 2013, Esta investigación muestra el bajo nivel de implementación de Last Planner System (LPS) en Nueva Zelanda. El objetivo de la investigación se basa en los beneficios y desafíos percibidos de LPS y los factores que impiden su aplicación en las empresas neozelandesas. Las conclusiones indican que los beneficios y desafíos generalmente se perciben como los mismos reportados internacionalmente.

An examination of the barriers to Last Planner implementation, *Denise Brady, Patricia Tzortopoulos & John Rooke*, 2011, El objetivo del documento es identificar las barreras de implementación y determinar qué factores contribuyen al éxito de los proyectos cuando se implementa LPS. El documento concluye con sugerencias que buscan reducir las barreras experimentadas al implementar Last Planner y destacar puntos importantes a considerar cuando se utiliza cualquier método de construcción en el futuro.

The lean journey: implementing the Last Planner system in construction, *Farook R. Hamzeh*, 2011, El marco propuesto en este documento explica el importante cambio organizacional necesario para implementar con éxito el LPS. Las etapas del proceso buscan lograr la aceptación de los directivos y los

trabajadores de Garantizar una transición fluida a la nueva planificación y control de la producción y el establecimiento de un proceso de retroalimentación y mejora

Simulating the Last Planner with systems dynamic, Bruno P. Mota, Daniela D. Viana, Y Eduardo L. Isatto, 2010, Este artículo tiene como objetivo ayudar a entender el comportamiento de la naturaleza cíclica del indicador PPC y desarrollar un modelo de dinámica de sistemas para investigar la influencia de la variabilidad, retrasos y rendimiento del proyecto en todo el sistema. El modelo ofrece una explicación sobre cómo las fluctuaciones del PPC en el presente pueden ser explicadas por el pasado y, en particular, cómo evitar resultados indeseables en el comportamiento futuro del indicador.

Evaluation of the impact of the Last Planner system on the performance of construction projects, Carlos T. Formoso and Camile B. Moura, 2009, Esta investigación tiene como objetivo evaluar el impacto de la implementación de LPS sobre el desempeño de los proyectos de construcción en términos de costo y tiempo., El sistema afecta positivamente el desempeño de los proyectos de construcción en términos de costo y tiempo, en el caso de proyectos como complejos industriales y comerciales

A quantitative analysis of the implementation of the Last Planner system in Brazil, Rodrigo Cremonesi Bortolazza, Dayana Bastos Costa and Carlos Torres Formoso, 2005, Realiza un análisis de una muestra de 115 proyectos que han realizado la implementación del sistema Last Planner desde 1996 en Brasil, donde se busca encontrar patrones interesantes de las barreras que generan que la implementación del sistema no sea exitosa.

3. MARCO TEORICO

3.1.1. Generalidades Last Planner System

El Last Planner System fue desarrollado por Herman Glenn Ballard y Gregory A. Howell (2000), basándose en los principios de Lean Construction. El sistema desarrollado es una herramienta para controlar las interdependencias existentes entre los procesos y reducir la variabilidad entre estos, y por lo tanto asegurar el cumplimiento de la mayor cantidad de actividades de planificación dentro de la filosofía Lean Construction, este aseguramiento es posible ya que la ausencia de variabilidad significa producción confiable. La variabilidad sólo la podemos controlar teniendo funcionamientos fiables y usando procedimientos simples y estándares para pronosticar fácilmente el desempeño (Casanova, 2012).

En cuanto al término Last Planner, Glenn Ballard en su tesis de doctorado enuncia lo siguiente: En última instancia, alguien (un individuo o un grupo) decide qué trabajo físico, específico será realizado mañana. Este tipo de planes han sido llamados asignaciones (Ballard, 2000). Son únicos porque controlan el trabajo directo en vez de la producción de otros planes. La persona o el grupo que producen las asignaciones son llamados el “Last Planner”. Por ello la traducción al castellano de Last Planner es de “Último Planificador” ya que esta persona o grupo de personas son las últimas encargadas de definir las asignaciones para el día a día de la obra.

Con la planificación debemos ser capaces de poder definir qué se debe hacer, que es lo que se puede hacer, que es lo que se hará, que acciones se debe tomar para que se cumpla la planificación e indicar los responsables de dicha planificación. Por ello con esta necesidad de cubrir estos puntos mencionados, es que el Last Planner System apunta fundamentalmente a aumentar la fiabilidad de la planificación y con ello mejorar los desempeños.

3.1.2. Se puede, se debería, se hará.

Uno de los grandes cambios introducidos por el Last Planner System es el método de selección de las tareas que deben ser ejecutadas semanalmente.

En la gestión tradicional, directores, residentes y otras personas que participan directamente en la ejecución del trabajo, planifican las tareas a ejecutar en función de aquello que DEBE ser hecho, dando por supuesto que los recursos necesarios estarán disponibles cuando se precisen, sin tener en consideración si realmente PUEDE ser hecho. La presión a la que se ve sometida el último planificador, dado que será evaluado por el cumplimiento de la programación, unida a la falta, escasa o tardía información, recursos o prerequisites, hace imposible que él SE HARÁ coincida con él DEBE, provocando un incumplimiento del programa y una improvisación en la gestión del trabajo.

En la Figura 1 Ballard muestra cómo la planificación del trabajo se realiza teniendo en cuenta la información previa y los objetivos del proyecto, siendo a posteriori cuando se consideran los recursos disponibles y esto es solo cuando se va a realizar la ejecución, que finalmente da un trabajo hecho el cual casi siempre es una porción de lo que debería hacerse, se le identifica como planificación Push o de empuje.

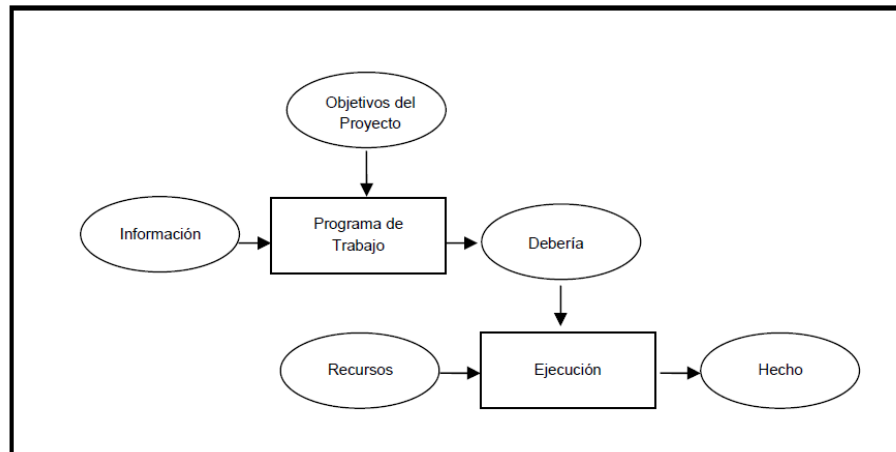


Figura 1. Sistema tradicional (Push). Fuente: Ballard 2000

En contraposición, el método del Last Planner System realiza la planificación de qué DEBO hacer teniendo en cuenta qué PUEDO realizar según los recursos, prerequisites etc. consiguiendo que aquello que SE HARÁ sea realmente ejecutable. En la Figura 2 observamos cómo la planificación tiene en cuenta aquello que se puede ejecutar antes de decidir qué se realizará.

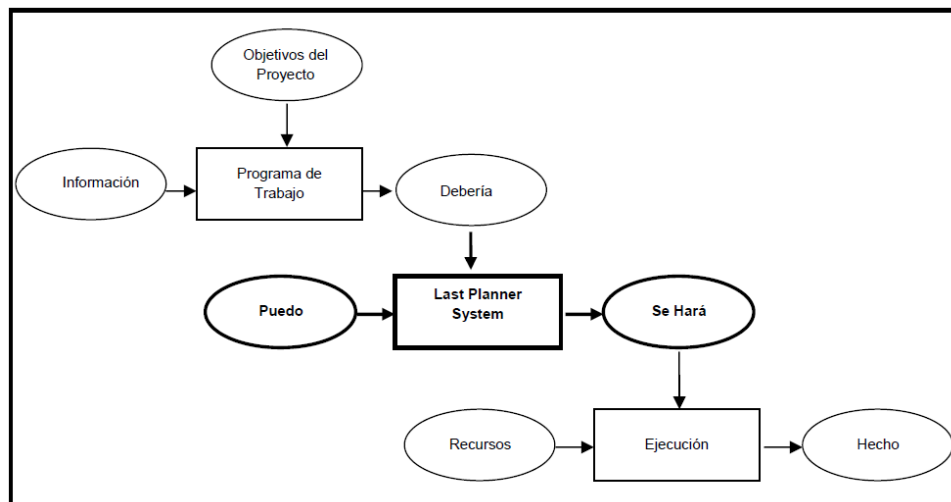


Figura 2. Last Planner System. Fuente; Ballard, 2000.

Utilizando la teoría de conjuntos. Si lo que puede ser hecho es subconjunto de lo que se hará y a su vez lo que se hará es subconjunto de lo que debería ser hecho, hay altas probabilidades de que lo que se planificó no se cumpla, queriendo decir que el programa dice lo que debe hacerse, el director o jefe decide lo que se hará y en terreno se ejecuta lo que finalmente puede hacerse (fig. 3).

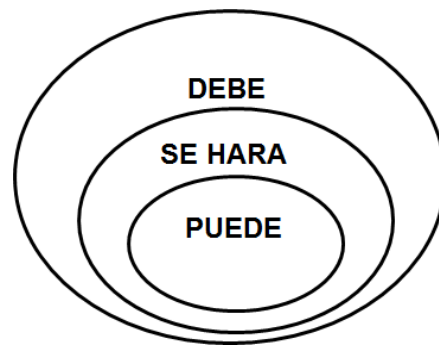


Figura 3. Esquema Puede VS Se Hará VS Debería

Con el sistema del Último Planificador utilizando la teoría de conjuntos, si lo que se hará es subconjunto de lo que puede ser hecho y a su vez lo que puede ser hecho es subconjunto de lo que debería ser hecho, hay altas probabilidades de que lo que se planificó se cumpla, queriendo decir que el programa dice lo que debe hacerse, el director, residentes, maestros, almacenista deciden lo que puede hacerse liberando las restricciones de recursos, los últimos planificadores definen lo que finalmente se hará (fig. 4).

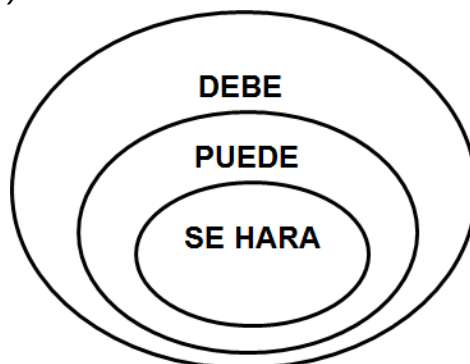


Figura 4. Esquema Se Hará VS Puede VS Debería

La comparación entre lo que se hizo y que podía hacerse me indica el porcentaje de planificación cumplida PPC, el cual mide la variabilidad de la programación y el cumplimiento de las actividades realizadas con respecto a la programadas semanalmente, me indica, además, la confiabilidad de la programación y el grado de compromiso de las personas a cargo.

$$PPC [\%] = \frac{\text{No Actividades planeadas completadas}}{\text{No total de actividades planeadas}} \times 100$$

3.1.3. Niveles que conforman LAST PLANNER SYSTEM

3.1.3.1. Programa Maestro.

Los proyectos de construcción, tienen una planificación general o también llamado programa maestro, el cual se desarrolla según los objetivos generales que hayan sido planteados en el programa inicial. Este programa le pone fechas a los objetivos planteados, es decir, establece las metas del proyecto, sirve para identificar los hitos de control de nuestro proyecto (Casanova, 2012). Este programa se realiza por medio de la línea de balance la cual es una metodología de programación donde se logran plasmar gráficamente las secuencias constructivas de las actividades de un proyecto en un horizonte de tiempo definido teniendo en cuenta particularidades asociadas al equilibrio y la lógica en términos de velocidad y precisión.

Las programaciones de obra se elaboran en Línea de Balance con el objetivo de:

- Identificar holguras
- Minimizar el tiempo ocioso
- Equilibrar las cargas de trabajo entre una actividad y otra
- Evitar ritmos inadecuados de producción (exceso o falta de velocidad)
- Optimizar recursos
- Transparentar y facilitar el proceso de programación semanal mediante porcentajes definidos de avance
- Balancear la velocidad de avance de cada actividad a fin de Prever y eliminar interferencias por cruce entre estas.
- Brindar mayor precisión acerca del verdadero ritmo de obra que se puede llegar a esperar
- Facilidad para el control en el consumo de materiales
- Vislumbrar amortiguadores de tiempo, como precaución para posibles eventualidades

3.1.3.2. Programación Intermedia (lookahead)

Derivada del programa maestro la planificación intermedia cumple la función de liberar las restricciones que no permiten que una actividad se cumpla, abarca intervalos de 4 a 12 semanas. Las actividades son exploradas con más detalle, lo cual permite determinar las sub tareas para su ejecución, y que pueden entenderse como prerequisites de trabajo, directrices o recursos necesarios para su realización, que se conocen como restricciones. Una vez éstas se determinan, las actividades deben someterse al proceso de preparación, donde las restricciones son eliminadas, dejando la actividad lista para ser ejecutada (Granados, 2011).

En otras palabras, la planificación intermedia es un intervalo de tiempo en el futuro que permite tener una primera idea de qué actividades serán programadas, para lo cual se debe coordinar todo lo necesario para que una actividad se pueda realizar, como lo son el diseño, los proveedores, la mano de obra, la información y los requisitos previos (Díaz, 2007). Algunas funciones de la planificación intermedia son:

- Equilibrar carga de trabajo y capacidad.
- Revisar la secuencia de las actividades.
- Desarrollar detalladamente los métodos de ejecución.
- Mantener un listado de actividades listas para ejecutar.

El intervalo de tiempo sobre el cual se extiende el lookahead es escogido de acuerdo a las características del proyecto, la confiabilidad del sistema de planificación, y los tiempos de respuesta para la adquisición de información, materiales, mano de obra y maquinaria (Ballard, 2000). Algunas actividades tienen tiempos de respuestas largos para generar el abastecimiento, es decir, un largo período desde el momento en que se piden recursos hasta que éstos son recibidos. Estos períodos de respuesta deben ser identificados durante la planificación inicial para cada actividad incluida en el programa maestro.

Una vez que tengo identificado mi horizonte de trabajo, debo desglosar el programa marco y determinar qué actividades se deben realizar durante este tiempo. En cada una de las actividades, debo identificar qué factores impiden que mi actividad pueda ser realizada. A estos factores le llamaremos restricciones. Según (Mossman, 2012) los siete flujos esenciales para la creación de valor en la construcción son:

1. Mano de Obra
2. Información
3. Equipo
4. Materiales
5. Trabajo Previo
6. Condiciones externas
7. Espacio seguro

La teoría dice que sólo deben ingresar a la planificación intermedia aquellas actividades que, según el planificador, tengan una alta probabilidad de ser ejecutadas en la fecha programada. Si el planificador no está seguro de que las restricciones pueden ser removidas, las potenciales asignaciones serán retardadas. Cuando una actividad ya ha sido liberada de todas sus restricciones, está en condiciones de ser ejecutada.

3.1.3.3. Planificación Semanal

El objetivo de este último nivel de planificación es controlar a la unidad de producción, lo cual tiene como objetivo, lograr progresivamente asignaciones de mayor calidad a través del aprendizaje continuo y acciones correctivas. El control de la unidad de producción, depende de la calidad de las asignaciones hechas por el último planificador. Las principales características que hacen que la asignación sea de calidad son:

1. Actividades bien definidas para que pueda ser ejecutado sin ambigüedades, para lo cual las asignaciones deben ser lo suficientemente específicas en su descripción.
2. La secuencia de trabajo de las actividades planteadas debe ser lógica. Las asignaciones se deben hacer a partir de aquellas consideradas legítimas en orden de prioridad y ejecución.
3. La cantidad de trabajo seleccionada debe ser directamente proporcional a la capacidad que tenga la unidad de producción. Además se debe tener claro si los tamaños de las asignaciones se determinan según la capacidad individual o grupal antes de comenzar el periodo de ejecución.
4. Prerrequisitos que tenga la actividad ya deben haber finalizado (lo que en terreno es llamado “cancha”). En el fondo es que la unidad de producción tenga lo que necesita de otros.

3.1.3.4. Medición

La retroalimentación es una parte fundamental en todo esto. En la medida en que sepamos los motivos por los cuales no completamos la programación de cada semana podremos mejorar.

Para ello, la medición del porcentaje de planificación cumplida (PPC) es un buen indicador de la calidad de nuestras asignaciones, calculado como el número de tareas realizadas dividido el número de asignaciones para una semana dada, todo esto expresado como porcentaje. La actividad se considera como completada sólo si se ha finalizado.

Es decir, si tengo hecho menos de un 100% de lo que había programado hacer de la actividad durante la semana, la actividad se considera como no realizada. Si la

actividad se encuentra realizada completamente se le asigna un 1 y si la actividad no se encuentra terminada según lo programado se le asigna un 0.

Una vez que sé qué actividades programadas no fueron ejecutadas, debo proceder a identificar las causas de NO cumplimiento. Podemos ver que los PPC son una poderosa herramienta para identificar los focos que pueden servir como mejoras al sistema e implementar soluciones, ya que los orígenes de los no cumplimientos no sólo pueden ser fallas en la mano de obra, materiales o causas externas, sino que también, el origen de las fallas en la ejecución del trabajo programado, pueden provenir de deficiencias a nivel organizacional, procesos o funciones. Sólo así podré generar un flujo de trabajo continuo.

Cualquiera sea el motivo de NO cumplimiento, lo importante es aprender de él para no volver a repetirlo en el futuro.

3.1.4. Reunión de Planificación Semanal

La planificación del trabajo semanal se debe desarrollar preferentemente durante una reunión en la semana anterior. En esta reunión deben participar todos los involucrados relacionados con prerequisites, recursos compartidos, directrices u otras limitaciones potenciales. Los propósitos de la reunión son los siguientes:

- Revisar y aprender del PPC de la semana anterior. Analizar las Causas de NO Cumplimiento.
- Tomar acciones para mitigar las Causas de NO Cumplimiento.
- Realizar un paralelo entre los objetivos alcanzados y los propuestos por el proyecto.
- Determinar las actividades que entran en la planificación Lookahead, analizando y responsabilizando las restricciones de cada tarea ingresada.
- Realizar un adecuado análisis de las restricciones (revisión y preparación).
- Determinar el Inventario de trabajo ejecutable (ITE) para la próxima semana.
- Formular el plan de trabajo para la semana siguiente.

3.1.4.1. Estructura de la reunión

Se parte analizando el PPC de la semana anterior, las Causas de NO Cumplimiento, tomando acciones correctivas inmediatamente si es posible. Se analiza el cumplimiento de las tareas pendientes de la semana anterior.

Se realiza el paralelo entre los objetivos alcanzados y los propuestos por el proyecto, aclarando las responsabilidades de todos los involucrados.

Se examina el análisis de restricciones para las tareas que entran en la semana siguiente.

Se crea el ITE con las actividades que poseen todas sus restricciones liberadas, más las tareas remanentes de la semana anterior.

Con la planificación Lookahead de la semana anterior y teniendo en cuenta el ITE preparado de la semana siguiente, cada último planificador entrega las tareas para la semana siguiente y se discute la que en definitiva se realizará, analizando secuencia, responsables, carga de trabajo (si son capaces de ejecutarlo) y si el trabajo seleccionado es adecuado.

El coordinador se compromete a entregar al siguiente día el programa semanal a cada último planificador.

Además se discute el estado de las otras actividades dentro de la planificación Lookahead en relación a sus restricciones (se discute con cada responsable), lo anterior con el objetivo de poder liberarlas en lo posible con dos semanas de anticipación o para dar soluciones que faciliten esta liberación.

Luego, y teniendo presente las tareas que cada último planificador entrega como tentativas para ingresar a la planificación Lookahead, se verifican las que realmente entrarán a la planificación Lookahead contrastándolas con el programa Maestro.

Posteriormente se asignan los responsables de liberar las restricciones de las nuevas tareas ingresadas a la planificación Lookahead.

Teniendo la nueva planificación Lookahead, el coordinador la entregará a más tardar al día siguiente a cada último planificador.

Por último se destaca el “compromiso” que asume cada “último planificador” haciendo referencia que es la instancia más importante de la reunión.

En cada reunión semanal debemos discutir abiertamente la planificación Lookahead, el Inventario de Trabajo Ejecutable y la planificación semanal, sin imponer órdenes por parte del coordinador, esto hará que los últimos planificadores se sientan partícipes dentro de la planificación de la obra.

4. METODOLOGÍA

Esta investigación realiza un estudio sistemático de investigaciones que tengan como objetivo la implementación de LPS en proyectos de construcción por primera vez, sin embargo, se encuentran muchas de este tipo.

Para depurar la cantidad de información encontrada se utilizaron los siguientes criterios, los cuales arrojaron un total de 14 proyectos para el estudio:

1. Que adoptaran la herramienta por primera vez: para cumplir con el objetivo de esta investigación.
2. Que el plan maestro ya estuviera realizado con Gantt y no por línea de balance, esto garantizaba aún más que el LPS se adoptara por primera vez.
3. Que aplicaran por lo menos los dos niveles de programación de Last Planner, programación intermedia y semanal.
4. Que fueran investigaciones no mayores a 10 años, para garantizar que ya se aplicaran las normas de seguridad industrial y calidad en las obras.
5. Que fueran realizadas en Suramérica: por ser el contexto de estudio similar a Colombia.

Estas investigaciones fueron encontradas en las bases de datos (Scopus, Scielo, Emerald, Scienci Direct y Engineering Village) en el international group for lean construction y Google Académico.

A continuación se presentan 22 investigaciones encontradas de las cuales se descartan 8 debido a que no cumplen con los criterios anteriormente nombrados y se dejan las 14 que son las utilizadas para este estudio, las investigaciones escogidas fueron la 3, 4, 8, 9, 10, 11, 13, 14, 15, 16, 18, 20, 21 y 22 pues cumplían con los criterios arriba mencionados. (Ver tabla 1)

La investigación No. 1 se descartó debido a que no cumplía el criterio No 4 y las investigaciones No. 2, 5, 6, 11, 16, 18 y 22 se descartaron por que no cumplían el criterio No 5 de este estudio.

#	NOMBRE INVESTIGACIÓN	AUTOR	TIEMPO ESTUDIO (SEMANAS)	PAÍS ESTUDIO	AÑO ESTUDIO	TIPO PROYECTO
1	APPLYING THE LAST PLANNER CONTROL SYSTEM TO A CONSTRUCTION PROJECT: A CASE STUDY IN QUITO, ECUADOR	Mario Fiallo C. and Víctor Hugo Revelo P	23	Ecuador	2001	Vivienda
2	CASE STUDY: AN APPLICATION OF LAST PLANNER TO HEAVY CIVIL CONSTRUCTION IN KOREA	Yong-Woo Kim and Jin-Woo Jang	12	Corea	2005	Estaciones Metro
3	APLICACIÓN DEL SISTEMA DE PLANIFICACIÓN 'LAST PLANNER' A LA CONSTRUCCIÓN DE UN EDIFICIO HABITACIONAL DE MEDIANA ALTURA	Daniela Andrea Diaz Montecino	10	Chile	2007	Edificación
4	APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE PLANEACIÓN LAST PLANNER EN EL MEJORAMIENTO DE LA PRODUCTIVIDAD, EFECTIVIDAD Y EFICIENCIA EN EL SISTEMA CONSTRUCTIVO APORTICADO (LEAN CONSTRUCCION)	Elberth Delgado Orduz	22	Colombia	2007	Edificación
5	LAST PLANNER IN A SOCIAL PERSPECTIVE – A SHIPBUILDING CASE	Sigmund Aslesen and Sven Bertelsen		Noruega	2008	Naval
6	LAST PLANNER SYSTEM: EXPERIENCES FROM PILOT IMPLEMENTATION IN THE MIDDLE EAST	Abdullah AlSehaimi, Patricia Tzortzopoulos and Lauri Koskela	18	Oriente Medio	2009	Edificación
7	MEJORAMIENTO DE LA PRODUCTIVIDAD EN LA OBRA TAYRONA DE URBANAS S.A. BASADO EN LA FILOSOFÍA LEAN CONSTRUCTION (CONSTRUCCIÓN SIN PÉRDIDAS).	Lady Johana Pinto Vega	28	Colombia	2010	Edificación
8	IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA LEAN CONSTRUCTION PARA ACTIVIDADES DE ESTRUCTURA DEL PROYECTO NATURA DEL CONSORCIO CAMPO EMPRESARIAL CAMPESTRE	Brenda Minelly Granados	44	Colombia	2011	Edificación
9	LECCIONES SOBRE LA IMPLEMENTACIÓN DEL LAST PLANNER SYSTEM	Diego Eduardo Ocampo	14	Ecuador	2011	Edificación
10	IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DEL ÚLTIMO PLANIFICADOR PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL EDIFICIO 1 EN EL CAMPUS PUCE-NAYÓN	David Encalada López, José Poveda Hinojosa	12	Ecuador	2012	Edificación

11	APPLYING LAST PLANNER® IN THE NIGERIAN CONSTRUCTION INDUSTRY	Ismail Adamu and Gregory Howell	10	Nigeria	2012	Vivienda
12	PLANEJAMENTO E CONTROLE DE PRODUÇÃO: APLICAÇÃO DO SISTEMA LAST PLANNER	Rodrigo Todeschini Roehrs	10	Brasil	2012	Vivienda
13	IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE PLANEACIÓN Y CONTROL "LAST PLANNER" EN EL TRAMO 2B DEL CORREDOR PARCIAL DE ENVIGADO PARA MEJORAR LA CONFIABILIDAD Y REDUCIR LA INCERTIDUMBRE EN LA CONSTRUCCIÓN	Patricia Castaño Jimenez	29	Colombia	2012	Vía
14	IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA LAST PLANNER EN UNA HABILITACIÓN URBANA	Daniel Mirando Casanova	5	Perú	2012	Edificación
15	LAST PLANNER SYSTEM UN CASO DE ESTUDIO	Inmaculada Sanchis Mestre	22	Chile	2013	Edificación
16	A CASE STUDY OF LAST PLANNER SYSTEM IMPLEMENTATION IN NIGERIA	Ograbe Ahiakwo, David Oloke, Subashini Suresh and Jamal Khatib	21	Nigeria	2013	Edificación
17	UN PROYECTO EN MARCHA CON LAST PLANNER SYSTEM	Pedro Botero Toro	9	Colombia	2014	Edificación
18	LAST PLANNER® SYSTEM: IMPLEMENTATION IN A MOROCCAN CONSTRUCTION PROJECT	Habchi Hicham, Cherradi Taoufiq, and Soulhi Aziz	18	Marruecos	2015	Edificación
19	APLICACIÓN DEL SISTEMA LAST PLANNER EN LA CONSTRUCCIÓN DE ESTACIONAMIENTOS SUBTERRANEOS EN LA CIUDAD DE VIÑA DEL MAR.	Sebastian Ponce Muñoz	21	Chile	2015	Edificación
20	IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DEL ÚLTIMO PLANIFICADOR EN LA GESTIÓN DE PROYECTOS DE LA CONSTRUCCIÓN DE UN COLISEO EN LA PARROQUIA PILAHUÍN PROVINCIA TUNGURAHUA"	Maria Gabriela Taco	18	Ecuador	2015	Edificación
21	IMPLANTACIÓN DEL SISTEMA DEL ÚLTIMO PLANIFICADOR EN UNA OBRA DE EDIFICACIÓN RESIDENCIAL EN SANTIAGO DE CHILE	Rafel Francesc Cases Company	24	Chile	2015	Edificación
22	IMPLEMENTING LAST PLANNER IN THE CONTEXT OF SOCIAL HOUSING RETROFIT	Sergio Kemmer, Clarissa Biotto, Fernanda Chaves, Lauri Koskela, and Patricia Tzortzopoulos Fazenda	6	Irlanda	2016	Vivienda

Tabla 1. Investigaciones encontradas

En el desarrollo de la metodología se tendrá lo siguiente:

- 4.1.** Descripción de los proyectos.
- 4.2.** Tipo de Estudio proyectos
- 4.3.** Nivel de implementación
- 4.4.** Dificultades con la implementación de LPS
- 4.5.** Aspectos positivos con la implementación de LPS
- 4.6.** Lecciones aprendidas durante la implementación de LPS

4.1. Descripción de los proyectos.

A continuación se presentan las características generales de cada proyecto.

4.1.1. Proyecto 1 “Parque Espoz”

El proyecto se construyó sobre una parcela de 10.000M² en la Comuna de Vitacura, Santiago de Chile. Dispone de más de 5.000M² de áreas verdes. Está equipada de sala de eventos, gimnasio, piscina y estacionamiento de visitas, la superficie construida son 39.943M², repartidos en tres torres de viviendas de 10 plantas con 6 viviendas por planta, se construyó en dos fases, las torres 1 y 2 primera fase y la torre 3 la segunda.

La información de este proyecto fue extraída de la tesis LAST PLANNER SYSTEM un caso de estudio de la autora Inmaculada Sanchis Mestre. (Sanchis Mestre, 2012)

4.1.2. Proyecto 2. “Corredor Parcial de Envigado”

El tramo 2B del corredor parcial de Envigado con una longitud de 900 m aproximadamente, es el segundo tramo de los tres tramos que hace parte de la Pre troncal de Envigado que consta de un total de 3,8 km de longitud y 7 estaciones centrales, iniciando en la Avenida El Poblado (Carrera 43^a) con calle 21 sur, y continúa hasta la calle 50 sur.

La obra comprendió la ampliación de la vía a seis carriles, tres en cada sentido, la ampliación del puente sobre la quebrada Ayurá, la ampliación de 2 coberturas que reciben en nombre de Honda y Ayurá, la construcción de la plataforma y accesos a la estación central ubicada en la calle 26 sur; así como la construcción, retiro y/o traslado de redes

La información de este proyecto fue extraída de la tesis IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE PLANEACIÓN Y CONTROL “LAST PLANNER” EN EL TRAMO 2B DEL CORREDOR PARCIAL DE ENVIGADO PARA MEJORAR LA CONFIABILIDAD Y REDUCIR LA INCERTIDUMBRE EN LA CONSTRUCCIÓN de la autora Patricia Castaño Jiménez. (Castaño Jiménez, 2012)

4.1.3. Proyecto 3. “Mirador Bahía”

El proyecto “Mirador Bahía” donde se implementó el sistema fue construido por la empresa constructora DESCO S.A. en la quinta región del país. El proyecto consta de tres edificios de seis pisos cada uno, por lo que se planificó enfrentar la construcción de la obra gruesa utilizando tres frentes de trabajo. Cada edificio poseía dos sectores, que se denominaron como se indica:

- Edificio 1: posee sectores A y B.
- Edificio 2: posee sectores C y D.
- Edificio 3: posee sectores E y F.

La implementación comenzó cuando se dio inicio a la construcción de la obra gruesa del primer edificio, ya que antes no valía la pena hacerlo debido a que se estaba trabajando con subcontratos que finalizarían su trabajo en poco tiempo.

La información de este proyecto fue extraída de la tesis APLICACIÓN DEL SISTEMA DE PLANIFICACIÓN “LAST PLANNER” A LA CONSTRUCCIÓN DE UN EDIFICIO HABITACIONAL DE MEDIANA ALTURA de la autora Daniela Andrea Díaz Montecino. (Díaz, 2007)

4.1.4. Proyecto 4. “Habilitación Urbana”

El proyecto en el que se realizó la implementación piloto es una obra de habilitación urbana, la cual consiste en la parcelación de una matriz de terreno rural en pequeños lotes independientes que contarán con los servicios básicos (agua, luz y vías de acceso).

La ubicación del proyecto en estudio es en el distrito de Carabayllo, ubicado en la periferia de la ciudad de Lima; dicho proyecto tiene un área bruta de 7.24 Ha dentro de las cuales se tendrá un total de 315 lotes unifamiliares, conformando así el 52.47% del área bruta, que viene a ser el área vendible del proyecto.

La información de este proyecto fue extraída de la tesis IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA LAST PLANNER EN UNA HABILITACIÓN URBANA del autor Daniel Miranda Casanova. (Casanova, 2012)

4.1.5. Proyecto 5. “Universidad Ciudad”

El proyecto se llama Universidad Ciudad, está ubicado en la calle 40 con carrera 7ma en Bogotá, Colombia y hace parte de la expansión de infraestructura de la Universidad Javeriana. Es un edificio de 9 pisos y 1 sótano que combina estructura porticada en concreto hasta el quinto piso y luego estructura metálica hasta el noveno piso. Cuenta con un sótano que se encuentra a 4 metros por debajo del nivel de la carrera séptima, una de las avenidas principales de la ciudad.

El área total del proyecto es de 1000m² aproximadamente con un área por piso de 1100m² aproximadamente. La cimentación fue construida por caissons excavados a mano, utilizando el sistema “tronco cónicos”.

Durante la ejecución del proyecto, se contó con una instrumentación y monitoreo permanente para estar atentos a cualquier movimiento del suelo que comprometiera la vía y los edificios aledaños al proyecto.

La información de este proyecto fue extraída de la tesis UN PROYECTO EN MARCHA CON LAST PLANNER SYSTEM del autor Pedro Botero Toro. (Botero Toro, 2014)

4.1.6. Proyecto 6 “Natura Ecoparque”

El proyecto se encuentra Ubicado en el Anillo Vial vía a Girón en el Municipio de Floridablanca, Natura Ecoparque empresarial se encuentra ubicada en un predio de 2 hectáreas colindante con los campos de golf del club campestre. El proyecto cuenta con tres torres de oficinas de 8 pisos y dos sótanos cada una.

Natura Ecoparque empresarial se crea bajo el concepto de un centro empresarial responsable con el medio ambiente y se convierte en el primer proyecto en Bucaramanga en desarrollar estudios bioclimáticos cuyos resultados son implementados en sus diseños y por tanto plantea un eco desarrollo que se fundamenta en el desarrollo sostenible considerando el impacto ambiental positivo para un óptimo uso de los recursos energéticos.

El proyecto Natura Ecoparque empresarial cuenta con una estructura jerárquica encabezada por el Director de Ingeniera de MARVAL S.A. e Ingenieros Residentes

que guían a Ingenieros Residentes Auxiliares e Ingeniero Lean Construction en la parte técnica y dirigen al Almacenista, Auxiliares, Operadores de Grúa y Llaverero en la parte operativa del proyecto.

La información de este proyecto fue extraída de la tesis IMPLEMENTACIÓN DE METODOLOGÍA LEAN CONSTRUCTION PARA ACTIVIDADES DE ESTRUCTURA DEL PROYECTO NATURA DEL CONSORCIO CAMPO EMPRESARIAL CAMPESTRE de la autora Brenda Minelly Granados Orellanos (Granados, 2011).

4.1.7. Proyecto 7 “Campus PUCE-NAYÓN”

En el año 2011 se inició la construcción del Nuevo Campus PUCE en Nayón. La primera etapa del proyecto Nuevo Campus PUCE contempla la construcción de la Facultad de Biología y el Edificio 1 de esta etapa es el Centro de Investigación de Enfermedades Infecciosas (CIEI). El edificio va a disponer de laboratorios, oficinas y aulas.

La superestructura es de estructura metálica y la subestructura o cimentación es de hormigón armado.

La construcción del nuevo campus es administrada por el Departamento de Planta Física de la PUCE e igualmente tienen a su cargo el diseño arquitectónico. El departamento se encarga de la contratación del personal de obreros, los contratistas, la planificación del desarrollo de la obra y el establecimiento de los cronogramas propuestos, especificaciones técnicas y de trabajo. En obra se cuenta con personal administrativo que incluye fiscalizador, administrador, residente, ayudante de residente, topógrafo, pasantes y asistente de recursos humanos de la PUCE.

Como mano de obra para la construcción de la cimentación se tiene a un maestro mayor a cargo de los obreros y dos contratistas para el armado del refuerzo de acero y el encofrado.

La información de este proyecto fue extraída de la tesis IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DEL ÚLTIMO PLANIFICADOR PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL EDIFICIO 1 EN EL CAMPUS PUCE-NAYÓN de los autores David Encalada López y José Poveda Hinojosa (Poveda Hinojosa & Encalada López , 2012).

4.1.8. Proyecto 8 “I.E San José de Maryland”

El proyecto está ubicado en la ciudad de Bogotá, barrio Bosa Laureles en la dirección CI 74 Sur N° 89-91. El lote San José de Maryland donde se desarrollarán las obras tiene las siguientes características e instalaciones. En este predio se ha iniciado la construcción del Instituto Educativo San José de Maryland que en adelante se denominará IED SJM, el proyecto tiene un área construida de 8900 m².

Las instalaciones de este plantel educativo están compuestas por 5 grandes edificaciones: Zona de Aulas, Servicios generales, Aula Múltiple, CIRE y el Edificio Preescolar.

Existe una amplia zona de juegos y zonas verdes, dos canchas al aire libre y una gran plazoleta al aire libre.

La información de este proyecto fue extraída de la tesis APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE PLANEACIÓN LAST PLANNER EN EL MEJORAMIENTO DE LA PRODUCTIVIDAD, EFECTIVIDAD Y EFICIENCIA EN EL SISTEMA CONSTRUCTIVO APORTICADO (LEAN CONSTRUCCION) del autor Elberth Delgado Orduz (Delgado Orduz, 2007).

4.1.9. Proyecto 9 “Estacionamientos Subterráneos”

Este proyecto es la construcción de estacionamientos subterráneos en la plaza sucre de Viña del Mar, obra que fue licitada por la Ilustre Municipalidad de Viña del Mar por veinte millones de dólares.

La empresa que se adjudicó las obras fue la Empresa Besalco S.A a través de su filial Besalco Construcciones S.A. La empresa Besalco S.A se dedica a la construcción a nivel nacional e internacional desde 1944, pero la filial Besalco construcciones nace en marzo de 2001 por la necesidad de la empresa de crear un plan modernizador de Besalco S.A. que le permitiría seguir creciendo y desarrollando un plan de desarrollo integral a la empresa.

La empresa se encuentra certificada con ISO 9001, OHSAS 18001 e ISO 14001, además pretende ser líder en servicios de construcción a nivel nacional a través de entregar seriedad y confiabilidad a sus clientes, darle una calidad de servicio, seguridad a sus trabajadores y protección al medio ambiente.

La obra incluye dos niveles que contemplan aproximadamente 500 estacionamientos, se tendrá vías de acceso por calle Viana y costado de Galería

Escorial y dos salidas vehiculares por calle Valparaíso y frente Teatro Municipal. Renovada y en armonía con su entorno, preservando sus palmeras y rejuveneciendo el sector aledaño, la Plaza Sucre pretende además de albergar dichos estacionamientos ser un lugar de encuentro del pueblo Viñamarino.

El proyecto de dos niveles de estacionamientos subterráneos, en su planificación inicial tenía una duración estimada de 397 días, comenzando el 1 de marzo 2010 y finalizando el 1 de abril de 2011, es decir casi un año de ejecución del proyecto.

Cabe destacar que el Proyecto no comenzó en la fecha indicada debido al atraso en la entrega del terreno para ejecutar las obras, esto debido al terremoto del 27 de febrero 2010, ocurrido solo días antes de la entrega oficial del terreno por parte de la municipalidad.

La información de este proyecto fue extraída de la tesis APLICACIÓN DEL SISTEMA LAST PLANNER EN LA CONSTRUCCIÓN DE ESTACIONAMIENTOS SUBTERRÁNEOS EN LA CIUDAD DE VIÑA DEL MAR del autor Sebastián Ponce Muñoz (Ponce Muñoz, 2015).

4.1.10. Proyecto 10 “Tayrona Etapa 1”

La construcción consta de 240 apartamentos, distribuidos en 5 torres con 4 apartamentos por piso y altura de 12 pisos para un total de 48 apartamentos por torre. El conjunto se integra con Tayrona Etapa II, mediante un Club que consta de dos canchas sobre tierra de mini fútbol, múltiple y de tenis; piscina tipo resort con playas húmedas, jacuzzi, piscina de niños, sede social con terraza cubierta, baño turco de hombres (otro para mujeres), gimnasio y juegos infantiles.

Este proyecto está ubicado en la calle 158 con Carrera 21, entre el puente de la quebrada Zapamanga y Álamos Parque, frente a la estación El bosque, Bucaramanga.

Área lote. El área total del lote son 9.367,93 M²

El sistema utilizado para la construcción de los muros y placas de concreto de las torres en la obra TAYRONA, es el SISTEMA INDUSTRIALIZADO OUTINORD o TIPO TUNEL, que consiste en un sistema integrado de formaletería en grandes dimensiones compuestos de banches y mesas voladoras, en donde los banches son formaletas para los muros y las mesas voladoras para las placas. El Panel Horizontal o Mesa viene modulada en diferentes tamaños acorde al diseño de la

estructura, la cual mediante unos alineadores que van soportados en la parte superior por unos tubos en acero son apoyados sobre unas ruedas para su movimiento horizontal el cual es respaldado por un soporte que permite deslizar la mesa para su posterior enganche y retiro con la grúa. El banche o panel vertical no es más que un juego de 2 caras encofrado tipo lateral; el cual trabaja de forma independiente siendo la formaleta misma auto soportante y auto nivelante con pasarelas de trabajo y barandas de protección para el personal obrero.

La información de este proyecto fue extraída de la tesis MEJORAMIENTO DE LA PRODUCTIVIDAD EN LA OBRA TAYRONA DE URBANAS S.A. BASADO EN LA FILOSOFÍA LEAN CONSTRUCTION (CONSTRUCCIÓN SIN PÉRDIDAS) de la autora Lady Johana Pinto Vega (Pinto Vega, 2010).

4.1.11. Proyecto 11 “Coliseo Pilahuín”

El proyecto de la construcción del coliseo CENTRO CÍVICO ARTÍSTICO, CULTURAL Y DEPORTIVO PILAHUÍN en la parroquia de PILAHUÍN provincia TUNGURAHUA, consiste en una estructura espacial de columnas y vigas de sección rectangular, con cubierta de estructura metálica y galvalumen, el mismo que se encuentra ubicado en la cabecera parroquial, al cual se aumentaron 95 días más por contrato complementario (obras extras) y en dicho contrato complementario se implementa el Sistema del Último Planificador.

La información de este proyecto fue extraída de la tesis IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DEL ÚLTIMO PLANIFICADOR EN LA GESTIÓN DE PROYECTOS DE LA CONSTRUCCIÓN DE UN COLISEO EN LA PARROQUIA PILAHUÍN PROVINCIA TUNGURAHUA de la autora María Gabriela Taco Valle. (Taco Valle, 2015)

4.1.12. Proyecto 12 “Habitacional Santa María”

El proyecto Parque Santa María Manquehue, es un proyecto de carácter habitacional. Este proyecto se ubica en el cruce entre las avenidas Parque Antonio Rabat y Carolina Rabat, en un solar de 32.000 m² divididos en dos edificios, ocho casas y la urbanización que comprende portería y cuarto de basuras

Los edificios constan cada uno de dos subterráneos y tres pisos en los que se ubican departamentos entre 650m² y 440m² cada uno además de estacionamientos.

También se ubican ocho casas con 350 m² cada una que constan de dos pisos, estacionamiento y jardín con barbacoa. A todo esto se agrega el proyecto de

urbanización el cual incluye los tránsitos, accesos, portería de recepción, cuarto de basuras y las instalaciones generales de agua, electricidad y gas.

El proyecto se ubica en una zona alejada del núcleo urbano y de carácter residencial. Tiene la peculiaridad de tener un horario restringido desde las 8:30 de la mañana hasta la 18:00 de la tarde para la realización de los trabajos.

La información de este proyecto fue extraída de la tesis IMPLANTACIÓN DEL SISTEMA DEL ÚLTIMO PLANIFICADOR EN UNA OBRA DE EDIFICACIÓN RESIDENCIAL EN SANTIAGO DE CHILE del autor Rafel Francesc Cases Company (Cases Company, 2015).

4.1.13. Proyecto 13 “Conjunto Residencia Los Prados”

El proyecto habitacional Los Prados, perteneciente a la empresa MPR CONSTRUCCIONES liderada por el ingeniero Manuel Picoïta Rojas, consiste en un conjunto residencial, donde se espera la construcción completa de 24 casas, de las cuales 16 son de tres plantas y 8 de dos plantas. Además, la construcción de un cerramiento que limita el conjunto residencial, área comunal que consta de salón para eventos sociales, juegos infantiles y cancha deportiva.

Las casas contarán con conexión para agua caliente, cocina equipada y amoblada, baño máster, baño hijos, cerámica en baños y cocina, closets terminados, conexión para teléfono, TV cable e internet.

Vale la pena señalar que en el momento de la implementación del sistema, el proyecto se encontraba con un avance de 14 casas de tres plantas terminadas y dos en construcción, 6 casas de dos plantas en construcción y 2 de ellas por construir, es decir, si se hace un total entre los dos tipos de casa, el 60% se encontraba ya terminado.

Este conjunto residencial está emplazado en un terreno de 6192 m². El proyecto se encuentra ubicado al Norte de la ciudad de Loja, en el barrio Motupe, frente al colegio Manuel Cabrera Lozano, en la figura 3.1 se puede observar su ubicación en la zona tramada

La superficie total de construcción es de 5211.24 m² y se tiene como elementos predominantes, estructura de hormigón armado, losas alivianadas de 15 cm de espesor, cubierta de losa de hormigón armado y en buhardilla teja sobre estructura metálica. Paredes de mampostería de ladrillo revestido y empastado de acuerdo a

su ubicación (interior y exterior), en buhardilla bloque alivianado revestido y empastado.

La información de este proyecto fue extraída de la tesis LECCIONES SOBRE LA IMPLEMENTACIÓN DEL LAST PLANNER SYSTEM del autor Diego Eduardo Ocampo Quirola (Ocampo Quirola, 2011) .

4.1.14. Proyecto 14 “Construcción Comercial Residencial”

El proyecto consiste en una construcción de dos pisos de 190M², se compone en su primer piso de un local de 88 M² y un baño y el segundo piso un apartamento con tres (3) habitaciones, dos (2) baños y una (1) cocina.

El sistema constructivo es en concreto armado, losa compuesta de vigas y viguetas, mampostería en ladrillo de 6 huecos, cubierta en teja asbesto cemento.

La información de este proyecto fue extraída de la tesis PLANEJAMENTO E CONTROLE DE PRODUÇÃO: APLICAÇÃO DO SISTEMA LAST PLANNER del autor Rodrigo Todeschini Roehrs (Todeschini Roehrs, 2012) .

4.2. Tipo de estudio proyectos

La tabla 2 muestra el tipo de estudio que realizó cada uno de los 14 proyectos:

Descriptiva: se refiere a caracterizar un fenómeno en sus componentes y propiedades que en el caso de las investigaciones es la aplicación del sistema Last Planner y para ello acopia y sistematiza información extraída de las obras mediante las diferentes planificaciones y mediciones realizadas.

Explicativa-Correlacional: establece relaciones entre variables que en el caso de las investigaciones es la correlación entre la aplicación de Last Planner y el sistema tradicional, para ello se identifica y caracteriza variables como los indicadores que miden el desempeño de las programaciones.

PROYECTOS		TIPO DE ESTUDIO		
		DESCRIPTIVA	EXPLICATIVA-CORRELACIONAL	DESCRIPCIÓN
1	Parque Espoz	X		Caracteriza la implementación de Last Planner System en un proyecto de edificación, por medio de los 3 niveles de programación y mide el desempeño del sistema.
2	Corredor Parcial de Envigado	X		Caracteriza la implementación de Last Planner System en un proyecto de construcción de infraestructura para mejorar la confiabilidad en la planificación y reducir su incertidumbre.
3	Mirador Bahía	X		Analiza y evalúa el Sistema “Último Planificador” mediante la implementación de éste en una obra de construcción ubicada en la Quinta Región.

4	Habilitación Urbana		X	Compara la aplicación del sistema de gestión tradicional de la empresa inmobiliaria en estudio y el uso del sistema Last Planner obtiene resultados mediante la medición de los sistemas
5	Universidad Ciudad	X		Caracteriza la implementación de Last Planner System en un proyecto de edificación
6	Natura Ecoparque	X		Implementa un sistema de planificación y control de proyectos integral utilizando herramientas de identificación, medición de pérdidas y análisis de rendimientos de consumo de mano de obra, bajo la metodología "Lean Construction" para las actividades de estructura en la obra Natura del Consorcio Campo Empresarial
7	Campus PUCE-NAYÓN	X		Implementa el sistema del Último Planificador y la filosofía Sin Pérdidas en la construcción del nuevo campus de la PUCE en Nayón con el propósito de recolectar información sobre esta nueva corriente, sus beneficios, dificultades y la posibilidad de propiciar su difusión.
8	I.E San José de Maryland	X		Presenta las experiencias de la implementación de LPS como herramienta de planificación y control de obra orientada al control de costos.
9	Estacionamientos Subterráneos	X		Aplica las técnicas de formulación, seguimiento y control de proyectos según el sistema de Last Planner en el proyecto de construcción de estacionamientos subterráneos de la Plaza Sucre de Viña del Mar.
10	Tayrona Etapa 1			Inicia el proceso de Implementación del LEAN CONSTRUCTION en la obra Tayrona de Urbanas S.A., apoyando la dirección del proyecto en la minimización o eliminación de las actividades que no agregan valor (pérdidas).
11	Coliseo Pilahuín	X		Caracteriza la implementación del Sistema del Último Planificador en la obra civil de un coliseo en el cantón PILAHUÍN de la provincia Tungurahua
12	Habitacional Santa María		X	Analiza la situación inicial de una obra de edificación en Chile y detecta sus carencias al inicio del estudio y describe un protocolo de implantación y seguimiento del Sistema del Último Planificador ("Last Planner System") para la planificación y control de la obra.
13	Conjunto Residencial Los Prados		X	Realiza un diagnóstico del proyecto en estudio y lo compara una vez se realiza la implementación del sistema Last Planner, obtiene resultados mediante la medición.
14	Construcción Comercial Residencial	X		Caracteriza la implementación del sistema del Último Planificador en una construcción comercial residencial

Tabla 2. Tipo Estudio Proyectos

4.3. Nivel de implementación

4.3.1. Nivel de implementación: Proyecto 1 “Parque Espoz”

Se inició la implementación con la torre 2 la cual ya estaba en construcción y solo se realizaron programaciones semanales, además, no se fiscalizó la liberación de restricciones, de manera que cuando llegó la fecha comprometida muchas de ellas estaban sin liberar.

Después se realizó la implementación en la torre 1, esta también estaba en construcción, se trabajó con el programa general y se realizaron programaciones intermedias “lookahead”, el personal como los maestros son los que realizaron la programación semanal y esto generó que existiera mayor compromiso e involucramiento por parte de todo el personal.

Finalmente se ejecutó la implementación en la torre 3 la cual fue un reto pues se implementó desde el inicio del proyecto, donde se mejoraron las programaciones semanales generando ilustraciones de los trabajos a realizar y esto generó que el personal entendiera perfectamente de que se les estaba hablando, además se introdujeron las 5S para el orden y la seguridad.

El sistema se implementó durante 22 semanas.

4.3.2. Nivel de implementación: Proyecto 2. “Corredor Parcial de Envigado”

Esta obra realizó una fase de planificación la cual tuvo en cuenta:

- Programa general
- Programación intermedia
- Análisis de restricciones
- Programación semanal
- Evaluación (PPC y CNC)

También realizó la formación al personal técnico y administrativo.

La programación general para este proyecto se hizo con el Diagrama Gantt y no con la línea de balance.

Para la programación intermedia y el análisis de restricciones se relacionaron las actividades comprendidas entre la 4 y 6 semana, y las restricciones que se

incluyeron fueron: diseños, materiales, equipos, contrato, anticipo, predecesoras, permisos, socialización, sitio y ambiental. Estas restricciones fueron presentadas, determinadas y discutidas con el equipo de residentes de obra.

La programación semanal inicialmente se realizó solo con los residentes y el director de la obra y después se socializaba con los contratistas y maestros, pero no funcionó mucho, entonces se definió realizar esta con la participación de los subcontratistas y maestros generando con esto mayor confianza y asertividad en la programación.

El sistema se implementó durante 29 semanas.

4.3.3. Nivel de implementación: Proyecto 3. “Mirador Bahía”

Inicialmente se realizó una reunión con el grupo de trabajo que estaría involucrado en la implementación, en la cual se explicó brevemente los principios del sistema como se implementaba, que indicadores se medirían y que resultados se esperaban obtener.

Se realizó la planificación intermedia con intervalo de tiempo de 4 semanas pues el tiempo de respuesta de los proveedores, además, se detallaron las restricciones que fueron: cancha, materiales, mano de obra, diseño, equipos o herramientas y listas de chequeo.

Semanalmente se revisaron los siguientes puntos:

- Aumento en una semana de nuestro horizonte de trabajo.
- Revisión del estado de las restricciones de las actividades.
- Incorporación de actividades posibles de realizar; pero que no hayan sido incorporadas desde un principio en la planificación intermedia por haber considerado poco probable que fueran realizadas.
- Informe del estado de restricciones a agentes involucrados.
- Identificación de tareas liberadas para la actualización del inventario de trabajo ejecutable.
- Identificación de las tareas que deberían haber sido liberadas para la semana siguiente.

Para revisar estos puntos con tranquilidad, durante la implementación se decidió fijar reunión en forma semanal los días viernes con el director de obra del proyecto.

Se decidió focalizar en él al equipo en terreno ya que es la persona que organiza los recursos y las estrategias de trabajo. (Díaz, 2007)

Se realizaron mediciones de productividad en tres especialidades, carpinteros, herreros y concreteros y se evaluaron los 4 tipos de actividades, trabajo productivo, no productivo, contributivo y detenciones autorizadas.

Se realizó también la planificación semanal y se midieron los indicadores de PPC y CNC.

La implementación comenzó cuando se dio inicio a la construcción de la obra gruesa del primer edificio, ya que antes no valía la pena hacerlo debido a que se estaba trabajando con subcontratos que finalizarían su trabajo en poco tiempo.

El sistema se implementó durante 10 semanas.

4.3.4. Nivel de implementación: Proyecto 4. "Habilitación Urbana"

La metodología que se utilizó para la implementación consistió en 4 fases:

Fase 1: Estandarización de procesos: en esta fase se realizaron la identificación de procesos, mapeo de los procesos, diagramas de flujos, formatos de calidad, formatos de seguimiento, revisión del organigrama y se definieron y elaboraron los formatos para la implementación de Last Planner System.

Fase 2: Inducción: se explicaron fundamentos básicos respecto al sistema y nociones respecto a lo que es Lean Construction y Last Planner System.

Fase 3: Aplicación de Last Planner System: con este se realizó el programa general en Project, la programación intermedia, la liberación de restricciones y la programación y reunión semanal.

Fase 4: Evaluación y retroalimentación: análisis de PPC y causas de NO cumplimientos, se evaluó además el compromiso del personal.

Al momento de la implementación, la construcción de la urbanización se encontraba en la finalización de la tercera etapa de construcción, pero teniendo aún actividades de Saneamiento y de Electrificación que se ejecutaron en paralelo con el reingreso del contratista de Movimiento de Tierras para traslapar actividades y así optimizar los tiempos. De esta forma se dio inicio a la cuarta etapa con la que se culminaría

la construcción de esta nueva urbanización, y se daría paso así a la entrega de lotes a los clientes.

El sistema se implementó durante 5 semanas.

4.3.5. Nivel de implementación: Proyecto 5. “Universidad Ciudad”

Se realizó una explicación al personal de la implementación del sistema y se realizó el programa maestro, el intermedio, el semanal, además, se realizaron entrevistas para indagar sobre la experiencia durante la implementación.

Como parte del ejercicio, se describió lo ocurrido durante las primeras sesiones para ver el desarrollo y avance de la actitud de los participantes y cómo se iba desarrollando el proceso de implementación de LPS.

En un principio se pasó una propuesta al director de obra sobre la necesidad de tomar de 1 a 2 horas semanales de todos los maestros e ingenieros del proyecto. Esta solicitud fue aceptada por el director de obra y él dio razón a todos los maestros e ingenieros que el programa venía de la gerencia de la constructora. Por eso, era indispensable para ellos asumirlo con seriedad y compromiso. Esto último fue de gran ayuda, pues los maestros vieron con otros ojos al sistema y al facilitador y no como un estudiante haciendo su tesis de pregrado. Las sesiones se programaron los viernes o sábados para planificar las siguientes semanas y poder comenzar el lunes con unos compromisos adquiridos para cada semana.

En un principio los maestros e ingenieros dudaron acerca de la pertinencia de la implementación del sistema en la obra. Les parecía algo aburrido, donde perdían tiempo valioso para estar en obra y que no les aportaba nada nuevo, pues ellos ya sabían qué era lo que iban a construir.

Inicialmente el ingeniero residente asistió de forma mal humorada a las reuniones y esta actitud la contagió a los demás asistentes. Asumieron al LPS como un trabajo innecesario donde se les aumentaban sus obligaciones, pues creían que además de las reuniones debían incrementar sus actividades durante la semana, esto también fue cambiando con el paso de las semanas. Llevar algo de comer a las reuniones es indispensable para distraer a los participantes de su mala actitud, de igual forma este comportamiento se vendría apagando con el paso de las sesiones. (Botero Toro, 2014)

El sistema se implementó durante 9 semanas.

4.3.6. Nivel de implementación: Proyecto 6 “Natura Ecoparque”

Se realizó la capacitación al personal del sistema Last Planner.

El punto de partida para una adecuada planificación está en que las actividades asignadas cumplan con los criterios descritos a continuación:

- Definición. Las asignaciones son suficientemente específicas para ser planeadas.
- Sentido. Las asignaciones pueden ser ejecutadas. Se entienden, se cuenta con los materiales, equipos, mano de obra, los prerequisites, etc.
- Secuencia. Poseer la secuencia correcta de trabajo, es decir, la secuencia que mejor permita concretar los objetivos del proyecto.
- Tamaño. Poseer la correcta cantidad de trabajo, es decir, la cantidad que pueda ser realizada, dada la capacidad de la empresa.
- Aprendizaje. Las asignaciones no completadas se han analizado y se ha tomado acción sobre las causas.

Se realizó el proceso de coordinación y seguimiento, en el cual se pudo identificar situaciones restrictivas imprevistas que exigían ajustar la planificación semanal. Los ajustes solo fueron aprobados por los residentes del proyecto quienes asignaron otras actividades críticas contempladas en la planificación “Lookahead”.

En las reuniones Lookahead asistieron: el director de ingeniería, Dirección de compras, Jefe de equipos, Dirección de gestión de calidad, Director del proyecto Natura Ecoparque y como moderador la Ingeniera Lean Construction, en esta se realizó el análisis de restricciones las cuales fueron materiales, herramientas, equipos, diseños, contratos y seguridad

Finalmente se realiza la programación semanal.

El sistema se implementó durante 44 semanas.

4.3.7. Nivel de implementación: Proyecto 7 “Campus PUCE-NAYÓN”

Se realizaron varias reuniones de trabajo donde se elaboró una propuesta que destacaban los siguientes puntos:

- Hacer una capacitación introductoria sobre construcción Sin Pérdidas y el Sistema del Último Planificador.

- Realizar un Programa Maestro con hitos a cumplir.
- En la Programación de Fase realizar un cronograma con la obra sectorizada para tener claro el avance de la obra y que a su vez los distintos sectores se adapten a las necesidades.
- Establecer una reunión semanal donde se involucre al maestro mayor y a los contratistas.
- Que el residente se encargue de levantar las restricciones de las actividades mediante una hoja específica de la Programación Intermedia.
- Elaborar una hoja de control semanal para obtener valores de PPC y CNC para el establecimiento de medidas correctivas.
- Se estuvo de acuerdo en casi todas las propuestas durante la ejecución de la obra pero se adaptaron ciertos puntos a la realidad, los cuales son:
- Para no recargar de trabajo a los residentes, los auxiliares colaborarían con el control semanal.
- Tener una reunión semanal con los contratistas, maestro mayor, residentes y pasantes.
- Eliminar la hoja de Programación Intermedia y unificarla con el cronograma.

En las reuniones semanales de planificación se realizaron los cronogramas de Programación Intermedia, las plantillas de control semanal y discutieron medidas correctivas.

En la reunión semanal se desarrolló una retroalimentación de la programación en donde se tomaron las medidas correctivas para no reiterar los errores y actualizar las fechas que variaban de acuerdo al avance de la obra.

Se adoptó el programa maestro, el programa por fases, la planificación intermedia, programación semanal, seguimiento de la producción y mejoramiento continuo. El periodo de implementación abarco la fase de cimentación.

El sistema se implementó durante 12 semanas.

4.3.8. Nivel de implementación: Proyecto 8 "I.E San José de Maryland"

Se revisaron los pasos a seguir para efectuar el proceso de programación de las obras siguiendo los principios del sistema del Ultimo Planificador (Last Planner). Para lo cual el auxiliar de ingeniería conjuntamente con la coordinación de obra presentó la metodología al personal administrativo de la obra compuesto por:

1. Director de Obra.

2. Ingeniero Residente de Obra.
3. Ingeniero Residente del Sistema de Gestión de Calidad.
4. Ingeniero Residente del Sistema de Seguridad Industrial y Ocupacional
5. Maestro General.
6. Secretaria de obra.

Se creó un comité de implementación y apoyo para el sistema de costos que la empresa deseaba implementar orientado bajo el Last Planner, para lo cual la empresa designo al Ingeniero Residente de SISO quien conjuntamente con el Auxiliar de Ingeniería se encargarían del sistema de costos. La finalidad de este comité era:

- Funciones Last Planner:
- Coordinar las 2 reuniones semanales del sistema.
- Llevar el sistema de información del sistema Last Planner como Registros de control de Planificación Intermedia, ITE y PTS.
- Aplicar las herramientas de control para determinación de pérdidas.
- Realizar el análisis y evaluación de la información recolectada.
- Llevar el control del PPC.

Se implementó la planificación intermedia con una ventana de 4 semanas, las restricciones que se tuvieron en cuenta para el análisis fueron:

- Diseño
- Constructivas
- Materiales y Equipos
- Mano de obra
- Laboratorios
- Prerrequisitos

Se realizó la planificación semanal en la cual se midió el PPC y se identificaron las CNC.

El Sistema del Ultimo Planificador se aplicó durante el periodo de cimentación y elementos horizontales y verticales de la estructura para el primer y segundo piso.

El sistema se implementó durante 22 semanas.

4.3.9. Nivel de implementación: Proyecto 9 “Estacionamientos Subterráneos”

Se realizó un reunión integral en donde primero el administrador explico el proyecto completo, las obras realizadas y las aun por ejecutar. Se expuso a todos los participantes brevemente los principios que están detrás del sistema, su base fundamental en la filosofía Lean, como se implementa, los indicadores a medir y resultados esperados.

La reunión fue integrada por toda la dirección del proyecto, comenzando con el administrador de la obra, Maestro de obra, jefe de oficina técnica y sus ayudantes, jefe de administración, jefe de topografía, jefe de seguridad, jefe de calidad, jefe de área medioambiental, jefe de calidad, coordinador de instalaciones y jefe de bodega.

La explicación de las etapas del sistema Last Planner, programa maestro, plan semanal, reuniones semanales e indicadores a medir se les trato de dar un énfasis significativo, detallado y didáctico con ayuda de una presentación con apoyo visual, con ejemplos de implantación en otras empresas del rubro de la construcción, con la finalidad de que fuese entendido de mejor manera y este pudiese ser implementado a la brevedad en el proyecto.

Se realizó el plan intermedio o plan trimestral, plan semanal, medición de PPC y análisis de CNC

El sistema se implementó durante 21 semanas.

4.3.10. Nivel de implementación: Proyecto 10 “Tayrona Etapa 1”

Se realizó la planificación intermedia, semanal, e inventario de trabajo ejecutable. La planificación intermedia, el plan de trabajo semanal y las reuniones de control de lo planificado afectaron positivamente el desarrollo de la obra y su desempeño en diferentes aspectos, la comunicación mejoro ya que la planificación intermedia y del día a día (plan de trabajo semanal) se realizó conjuntamente en la obra, el compromiso de los trabajadores aumento al ser tenidos en cuenta para la planificación, se creó una cultura de medición necesaria para establecer referencias del desempeño del proyecto.

El sistema se implementó durante 28 semanas.

4.3.11. Nivel de implementación: Proyecto 11 “Coliseo Pilahuín”

El programa maestro es la base del Último Planificador ya que de aquí se parte para realizar las planificaciones intermedias, análisis de restricciones inventario de trabajo ejecutable y la planificación, aquí se establecen hitos y primeros acuerdos, se acuerdan las respectivas estrategias de trabajo en un tiempo estipulado, se organizará tanto recursos humanos como materiales y determinando los detalles esenciales para la obra para toma de decisiones repentinas que no benefician el progreso de la obra.

La planificación intermedia o Lookahead resalta las actividades que se realizarán en un futuro muy cercano, la planificación será mayor a una semana para poder predecir y analizar los problemas que al fin y acabo se presentan cuando se ejecuta una actividad en la fecha programada de dicha actividad.

El objetivo principal es controlar el flujo de trabajo como el diseño (planos), proveedores (equipos y materiales), recursos humanos, toda la información necesaria y requisitos previos muy necesarios para que cada cuadrilla cumpla correctamente su trabajo.

Una vez definidas las actividades en el lookahead se deben buscar los factores que impiden que las tareas puedan ejecutarse, es decir elaborar un análisis de restricciones. Las restricciones más comunes son:

- a) Diseño
- b) Materiales
- c) Mano de obra
- d) Equipos y herramientas
- e) Prerrequisitos
- f) Calidad

El ITE está conformado por las actividades de la planificación intermedia (lookahead) que tienen liberadas sus restricciones, de esta manera se crea un stock de actividades que sabemos que pueden desarrollarse, en una secuencia apropiada para su ejecución.

Cabe destacar que dentro del ITE pueden existir los siguientes tipos de actividades:

- Actividades con restricciones liberadas que pertenecen al ITE de la semana en curso y que no pudieron ser ejecutadas.

- Actividades con restricciones liberadas que pertenecen a la primera semana futura que se desea planificar.
- Actividades con restricciones liberadas con dos o más semanas futuras (situación ideal de todo planificador) que se conocen como Buffers.

En cada reunión semanal se revisó el avance de obra y se analizó las causas de NO cumplimiento, se levantó las restricciones identificadas en un anterior análisis, se establecieron compromisos de producción a partir del inventario de trabajo ejecutable, después de la reunión, se realizó la programación en base al Lookahead o programación intermedia. Diariamente se registraba el cumplimiento y no cumplimiento de las actividades

El sistema se implementó durante 18 semanas.

4.3.12. Nivel de implementación: Proyecto 12 “Habitacional Santa María”

Debido al avance del proyecto se definió realizar un ajuste a la programación maestra con Microsoft Project, la cual se muestra en la siguiente figura

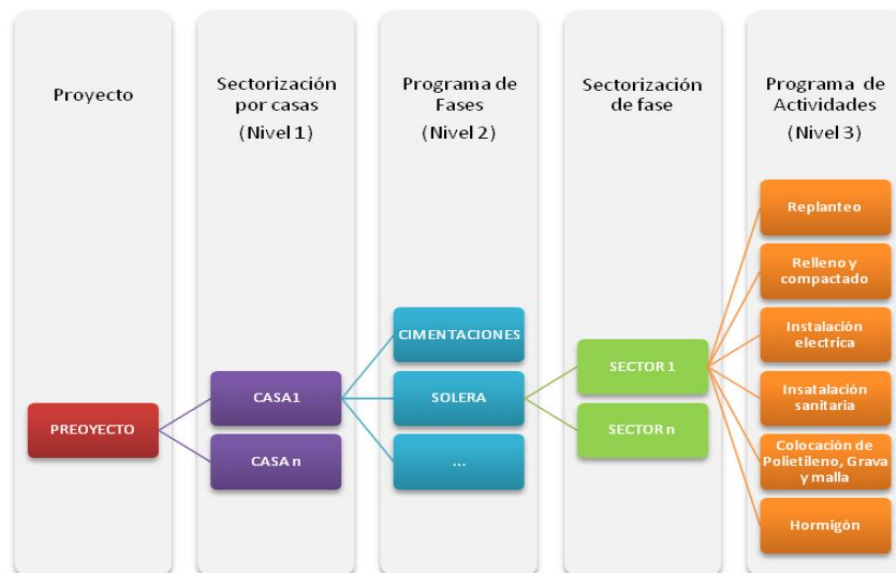


Figura 5. Ajuste programación fuente: (Cases Company, 2015)

Con este desglose, se realizó una planificación lo más realista posible que se adaptó al máximo al desarrollo en interacción de actividades del proyecto.

Para la definición de los tiempos de duración de cada actividad y las relaciones de interdependencia, se consideró las opiniones y experiencias de los Encargados de Producción y los Maestros de Obra.

Al incorporar un nuevo diseño de Lookahead se logró tener una previsión con suficiente antelación de las restricciones que surjan como necesidades de material, maquinaria, herramienta, espacio de trabajo, o simplemente se solapen muchos frentes de trabajo al mismo tiempo poder preverlo y reprogramar la planificación.

Todo con el objetivo de que la ejecución de los trabajos se realice en el plazo programado con un flujo continuo.

El sistema se implementó durante 24 semanas.

4.3.13. Nivel de implementación: Proyecto 13 “Conjunto Residencia Los Prados”

No se utilizó el plan maestro debido a que presentaba muchos errores, para la planificación intermedia se tomó un horizonte de 4 semanas por dos razones, la primera es que la obra se encontraba cerca del lugar de abastecimiento de los materiales y la segunda razón por la cual se tomó este tiempo se debe a la no existencia del programa maestro, entonces se comenzó a realizar una planificación tentativa de las actividades que podían ser desarrolladas las siguientes 4 semanas y transcurrido este tiempo entraban 4 semanas más en la planificación intermedia. Mediante esta metodología se desarrolló este nivel intermedio de planificación.

Una vez realizada la planificación para 4 semanas, a cada semana se le realizó el análisis de restricciones de las actividades, se tomó en cuenta las siguientes restricciones: materiales, mano de obra, equipos y herramientas, diseño y prerequisite.

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

El sistema se implementó durante 14 semanas.

4.3.14. Nivel implementación Proyecto 14 “construcción Comercial Residencial”

Inicialmente se realizó la revisión de la literatura sobre la planificación y control buscando comprender los principios de la metodología del sistema Last Planner y las condiciones para la aplicación en el proyecto.

En la etapa de preparación se realizó la cuantificación de las actividades y la elaboración del presupuesto, a partir de eso se realizó la programación a largo, mediano y corto plazo.

La programación a largo plazo fue preparada mediante cronograma de Gantt; con el presupuesto y la programación a largo plazo fue posible la implementación de un programa físico-financiero.

Para la programación a mediano plazo se ideó una tabla en Excel con un horizonte de 10 semanas y a través de este se ejecuta la planificación a corto plazo con un horizonte semanal.

Al final de cada semana se midió el PPC y se identificaron las CNC.

El sistema se implementó durante 10 semanas.

4.4. Dificultades con la implementación de LPS

4.4.1. Proyecto 1 “Parque Espoz”

- Al iniciar la implementación el equipo de trabajo lo tomó como una imposición.
- Al equipo le costó familiarizarse con la herramienta y considero que era una manera de control.
- Los profesionales se quejaban por la falta de tiempo requerido para la aplicación de LPS.
- Falta de cumplimiento de compromisos de los subcontratistas.

4.4.2. Proyecto 2. “Corredor Parcial de Envigado”

- Se presentaron inconsistencias debido a que las obras eran suspendidas por la interventoría ante cambios en las especificaciones o inconsistencias en los diseños.
- El proyecto incluía la tala de unos árboles, generando oposición en la comunidad, ante esto tuvo que suspender las talas y con esto un ajuste en la ejecución del esquema de trabajo y los atrasos en la programación fueron más evidentes.
- No hubo una participación de cada uno de los actores en la implementación, debido a las condiciones de la obra.
- No se logró reducir la variabilidad con la implementación dadas las circunstancias del proyecto ajenas a este.

4.4.3. Proyecto 3. “Mirador Bahía”

- No se pudo realizar la reunión semanal de una manera periódica con el director de la obra.
- No se logró desarrollar una planificación intermedia adecuada la idea inicial fue tener un horizonte de 4 semanas solo se lograron 2 semanas.
- Se tuvo dificultad para reunir los profesionales de terreno para que ellos realizaran una revisión de las actividades que se les presentaba.
- No se logró crear un inventario de trabajo ejecutable, debido a la deficiente planificación intermedia.

4.4.4. Proyecto 4. “Habilitación Urbana”

- El PPC al inicio fue visto por el equipo como un indicador que iba a presionarlos, exigirles explicaciones, imponer sanciones.
- Al iniciar con la implementación el sistema no arrojó los resultados esperados debido a la inexperiencia del equipo.

- Los Last Planner en las primeras semanas colocaban las actividades “más fáciles” de cumplir para alcanzar un desempeño optimo queriendo decir con esto que no comprendieron el sistema.

4.4.5. Proyecto 5. “Universidad Ciudad”

- Los maestros e ingenieros dudaron acerca de la pertinencia de la implementación del sistema en obra.
- El equipo asumió al inicio el LPS como un trabajo innecesario.
- Se inició tarde la implementación y fue difícil generar la rutina de las reuniones en los subcontratistas especialmente.

4.4.6. Proyecto 6. “Natura Ecoparque”

- Los contratistas no asistían a las reuniones semanales y por esta razón desconocían de las asignaciones que se planificaban.
- La administración inicialmente no definía las asignaciones a los contratistas ausentes en la reunión de planificación y calificación.
- La metodología en la implementación no fue la más adecuada debido a que la ingeniera residente no dirigió el proceso de programación lo realizó la auxiliar, esto generó que inicialmente la mayor causas de NO cumplimiento fuera la mala programación.
- Por lo tanto la planificación se realizó de manera optimista sin tener en cuenta restricciones y al momento de la evaluación de asignaciones el contratista no cumplió y el PPC de la obra se vio afectado.
- Adicionalmente, el contratista presentó confusión a la hora de ser evaluado por qué no tenía claridad de las asignaciones programadas para la semana.

4.4.7. Proyecto 7 “Campus PUCE-NAYÓN”

- Se presentó un cambio de residente inesperado y fue muy difícil que este se adaptara a la implementación, debido a que el proceso de planificación ya estaba adelantado.

4.4.8. Proyecto 8 “I.E San José de Maryland”

- Durante el uso del sistema del Ultimo Planificador, los diversos factores como administrativos, humanos se convirtieron en importantes barreras que obstruyeron los esfuerzos de implementación y afectaron el comportamiento del equipo, las cuales fueron:
 1. Errores en la planificación inducidos por la presión del sistema de costos.
 2. Deficiente administración de obra
 3. Carencia de autocrítica
 4. Visión de corto plazo
 5. Mala interpretación y utilización del indicador PPC.

4.4.9. Proyecto 9 “Estacionamientos Subterráneos”

- En la construcción de los estacionamientos subterráneos se logró ejecutar de forma eficaz la realización de todas las reuniones de programación que se efectuaron todos los días lunes durante veinte semanas. Pero luego de esto, cuando no había una persona que coordinara las reuniones se dejaron de realizar, solamente fueron ejecutadas cuando se creía que era urgente realizarlas. Es por esto que para aplicar el sistema Last Planner se debe tener un encargado de implementarlo con poder de toma de decisiones importantes, esto debido a los múltiples problemas que se pueden ocasionar en las reuniones y que se deben zanjar rápidamente. Los ladrones de tiempo, las llamadas telefónicas atendidas durante las reuniones, la falta de cooperación y atención en las reuniones son acciones que se deben corregir y erradicar, como se pudo llevar a cabo en esta aplicación del sistema ya que se deben tomar medidas para ocasionar que las reuniones no se vuelvan tediosas y duraderas.

4.4.10. Proyecto 10 “Tayrona Etapa 1”

- Se evidencian problemas sociales de salud, educación y capacitación, inestabilidad laboral, bajos de ingresos, rotación de personal, etc. Ante este escenario se propone un mejor tratamiento del trabajador, mediante la propuesta de un programa de gestión humana como estrategia gerencial, basado en el incremento de la productividad, con programas claves de inducción, capacitación, prevención y atención de riesgos, creación y capacitación de familias, logrando resultados en: consenso del equipo,

compatibilidad con el entorno legal, prevención de riesgos y disminución de accidentes.

- Lamentablemente la falta de comunicación entre el personal administrativo y operativo se vio reflejada en la encuesta realizada a los obreros al iniciar el estudio, pues el 70% del personal afirmó que solo tenían comunicación directa con el contratista o jefe de cuadrilla. Un 80% de los trabajadores ayudantes no ejercían ningún tipo de comunicación con los Ingenieros residentes, inclusive la cifra de los trabajadores oficiales estuvo baja con un 60%.

4.4.11. *Proyecto 11 “Coliseo Pilahuín”*

- No se presentaron aspectos negativos durante la implementación del sistema.

4.4.12. *Proyecto 12 “Habitacional Santa María”*

- El uso que le dieron a la planilla de la planificación intermedia fue incorrecto, pues se usó un plan de fases como si fuera una planificación intermedia. A consecuencia de ello no se lograron los objetivos que propone esta planificación intermedia. Además, los tiempos determinados son impuestos y no determinados por lo que no genera un compromiso al tratarse de una imposición.

4.4.13. *Proyecto 13 “Conjunto Residencia Los Prados”*

- No se pudo realizar una implementación adecuada principalmente por la falta del programa maestro

4.4.14. *Proyecto 14 “Construcción Comercial Residencial”*

- No se observaron aspectos negativos

4.5. Aspectos positivos con la implementación de LPS

4.5.1. *Proyecto 1 “Parque Espoz”*

- Con el tiempo se mejoró la implementación de la herramienta de una torre a otra.

- Se adaptó el sistema a las necesidades del proyecto.
- Las personas se implicaron más en el sistema y en el proyecto.
- Se mejoró la comunicación entre el equipo.
- Con el tiempo se entendió para que servía el sistema.
- Se detectaron problemas de fondo.
- Mediante la observación se detectaron oportunidades de mejora.

4.5.2. Proyecto 2. “Corredor Parcial de Envigado”

- Se realizó una encuesta en la cual se estudió que tanto conocimiento tenía del sistema el equipo.
- Se socializaron los resultados y las metas semanales con el personal operativo, situación que no se presentó al inicio.

4.5.3. Proyecto 3. “Mirador Bahía”

- La medición del porcentaje permitió calificar la programación semanal.
- Las curvas de producción fue herramienta que permitió constatar cómo se avanzó físicamente en el terreno.
- Se logró tener un programa de trabajo semanal el cual era distribuido a todos los asistentes.
- Se midieron los PPC durante todas las semanas que se implementó el sistema.
- Se considera que el grado de implementación fue de un 75%.

4.5.4. Proyecto 4. “Habilitación Urbana”

- Se logró en las últimas semanas que el equipo realizara un mejor análisis de restricciones planificando lo adecuado para cada semana.
- Se logró reducir la variabilidad con una planificación semanal confiable.
- Con la implementación de LPS se elaboraron los formatos que servirán para ser utilizados en las reuniones semanales.

4.5.5. Proyecto 5. “Universidad Ciudad”

- Se realizó una encuesta al equipo y coincidieron que la implementación permitió que el equipo adquiriera un mayor compromiso con las planificaciones semanales.

- Si seguirían aplicando LPS para proyectos futuros.
- Se adquirió más conciencia en el cumplimiento de las actividades con las que se comprometieron.
- Se tuvo más claridad en cuanto a la programación de la dirección de la obra con respecto a los compromisos adquiridos, esto ayudo a evidenciar donde se podía acelerar la ejecución.

4.5.6. Proyecto 6 “Natura Ecoparque”

- A pesar del carácter especial del proyecto el PPC pudo llevarse de un 14% en su etapa inicial a un 92% después de 43 semanas de implementación, registrando un PPC máximo del 96% en la semana 40. Por consiguiente, la disminución de la variabilidad implicó un aumento de la confiabilidad de la planificación y por ende un aumento de la productividad.
- La implementación del “Last Planner” se aprecia como una oportunidad para definir adecuadamente los requerimientos de cada contratista y responder en un tiempo oportuno para con ello aliviar las interrupciones y detenciones.
- El sistema “Last Planner” permite reducir los plazos contractuales de ejecución de los proyectos de construcción. Al reducir plazos, permite importantes reducciones de costo, ya que se limita la utilización de recursos que se estimaron hasta la fecha de término contractual de ejecución del proyecto.
- Al aumentar el porcentaje de planificación cumplida (PPC) se disminuye la variabilidad de obra, lo que se traduce en una disminución de la incertidumbre del proyecto, por lo tanto los flujos de producción se hacen más seguros y estables.

4.5.7. Proyecto 7 “Campus PUCE-NAYÓN”

- En la práctica común se realizan reuniones de programación para eventos puntuales y considerados importantes o críticos. En el sistema se considera que todos los trabajos son críticos porque al analizar las actividades semanalmente se puede observar que todas las actividades tienen que ir a un ritmo constante para que exista un flujo de trabajo continuo.
- La Programación de Fases generó la mayor cantidad de beneficios y un serio compromiso de los trabajadores; conocimiento de las actividades de planificación, reducción de incertidumbres, coordinación de los agentes participantes del proyecto y la planificación de un flujo continuo de trabajo.

- El análisis del PPC y CNC en la reunión semanal ofrece valiosa información para tomar decisiones y medidas correctivas. Permite tener una idea de la productividad y evitar situaciones que generen retrasos.

4.5.8. Proyecto 8 “I.E San José de Maryland”

- Del registro y análisis de las causas de NO cumplimiento depende la retroalimentación y el mejoramiento continuo, tomando como derrotero una vez identificada una falla la elaboración de un plan de acciones correctivas y preventivas e incluso desarrollar herramientas de planificación de operaciones para todo el proyecto que permita saldar las fallas y evitar su reaparición.
- EL PPC no debe constituir un indicador por sí solo, la medición del PPC no debe usarse como una herramienta para medir el avance de obra, esta visión induce a generar cadenas de culpa y a rechazar la aplicación de la metodología, como recomendación se debe hacer énfasis en los procesos mejorar la calidad de las asignaciones (unidad de control de producción) y enfatizar en la coordinación de recursos para garantizar el control de flujos de trabajo.
- Dado el contexto actual de la construcción se debe apoyar la implementación del Last Planner con otras herramientas de planificación como cartas de procesos, diagramas de flujo, instructivos de procesos, listas de chequeo y requerirá la aplicación de algunas técnicas de muestreo que ayuden a determinar las causas de pérdidas y permitan evidenciar la mejora de la productividad de la empresa.

4.5.9. Proyecto 9 “Estacionamientos Subterráneos”

- En los proyectos no se parte cumpliendo todas las tareas programadas, es un avance gradual, es decir, el método tiende a estabilizar el trabajo en al menos tres a cuatro semanas luego de la primera aplicación y luego de algún cambio, como en este caso el cambio de un subcontrato importante.
- La estabilidad en el PPC mejoró la productividad en la obra, esto se puede afirmar a pesar de que en este estudio no se midió directamente la productividad con herramientas formales, ya que estudios de Liu Min et al (2011), demuestran que un alto PPC indica una menor variación del flujo de trabajo y a su vez al reducir la variación del flujo de trabajo aumenta la productividad en los proyectos.

- Se realizó una encuesta la cual muestra que todos los participantes en la consulta declaran que la aplicación del sistema Last Planner ha servido para una correcta ejecución del proyecto.
- Para terminar cabe destacar que más allá de la aplicación del método o la forma de hacerlo, lo importante fue que el equipo en su totalidad, tuvo inquietud y ganas de aplicar el sistema. Las planificaciones mejoraron semana a semana al igual que la actitud de los participantes hacia el sistema, se lograron cumplir hitos importantes, se optimizó la calidad del quehacer diario y el trabajo en equipo mejoro sustancialmente.

4.5.10. Proyecto 10 “Tayrona Etapa 1”

- El compromiso de los directivos en el mejoramiento de la productividad, constituye el éxito en la implementación de un sistema de mejora, gracias a ellos fue sencillo que las barreras y el personal negado a trabajar con dicho sistema se acoplaron y entendieran que las nuevas herramientas mejoraban el rendimiento y facilitan el trabajo.
- Después de los resultados y las evidencias encontradas, se puede concluir que la identificación de pérdidas constituye un paso importante en el desarrollo los programas de mejoramiento, ya que deja ver claramente las falencias y pérdidas que se están generando para mejorarlas.
- La inexistencia de una cultura de programación y la informalidad es un serio impedimento para la implementación de nuevas metodologías como el Last Planner, sin embargo si la dirección apoya este proceso y se es persistente y se es claro con los objetivos y definiciones es un poco más manejable.

4.5.11. Proyecto 11 “Coliseo Pilahuín”

- La implementación del sistema del Último Planificador es un sistema colaborativo y basado en el compromiso. Con los resultados obtenidos entre la interrelación del personal técnico, demuestra que dicho personal cumple con los compromisos de la planificación semanal, eliminando actividades que no añaden valor.
- Teóricamente el sistema del Último Planificador es una herramienta muy poderosa que provee herramientas de planificación y efectividad dando buenos resultados hasta en proyectos complejos, en las obras complementarias del proyecto al implementarla por el equipo de trabajo existe una complejidad, no adaptabilidad primeramente debido a la gran cantidad de trabajo por realizar, segundo porque no están constantemente en este tipo de sistema más organizado, por lo cual es necesario un líder de

confianza principalmente para el maestro de obras, albañiles y peones, en este caso el residente de obras.

- Mediante el PPC o porcentaje de planificación cumplida y las causas de NO cumplimiento se realizó el análisis de confiabilidad de programación y de tal manera logro saber el grado de confiabilidad del proyecto programado, dando como resultado del PPC un 94% lo que significa que todos los esfuerzos fueron exitosos.

4.5.12. Proyecto 12 “Habitacional Santa María”

- Se generaron los siguientes impactos en la implementación, que se muestran en la siguiente figura:

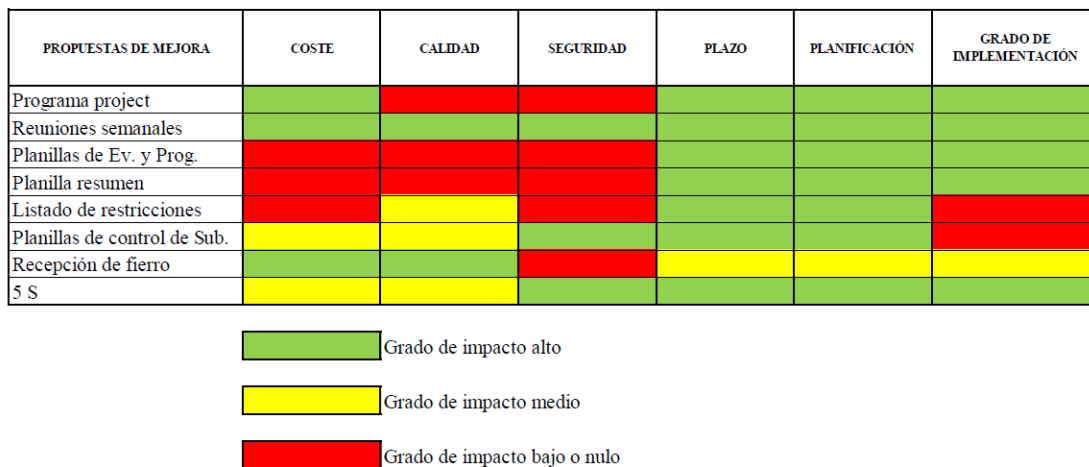


Figura 6. Resumen de impacto fuente (Cases Company, 2015)

- Debido a la brevedad del estudio y a la escasez de datos recopilados, no se puede determinar que la implementación del LPS produzca una mayor confiabilidad en la previsión del plazo de ejecución del proyecto. Sería necesario continuar con la recopilación de datos durante un periodo de tiempo mayor para poder dejar una evidencia clara y representativa.
- Aunque no se ha podido dejar una evidencia clara y representativa de los resultados, sí se detectó una cierta tendencia a la mejora de la confiabilidad en el plazo. Además, según los datos obtenidos en las encuestas también ha tenido un elevado impacto en el plazo y la planificación de la obra. Por ello se puede decir que es muy probable que la mejoría de los resultados se reproduzca con el paso de un periodo de tiempo ya que es complicado obtener unos resultados directos en tan poco tiempo.

- En conclusión, la investigación realizada permitió analizar la obra al inicio del proyecto y al inicio del estudio para determinar los errores y carencias que presentaba. Así, como el diseño, mejora e implementación de herramientas para la reducción de estos errores y carencias.

4.5.13. Proyecto 13 “Conjunto Residencia Los Prados”

- Las causas de NO cumplimiento constituyen el punto de partida para tomar acciones correctivas y anticiparse a los problemas, aunque en este estudio se llevó un registro semanal de estas causas y se tenía conocimiento de cuales se presentaban con mayor frecuencia como lo es la mano de obra y el cambio de prioridades, no fue posible actuar severamente sobre ellas ya que el desarrollo de las actividades no dependía de un programa maestro sino más bien de la última palabra del director del proyecto. Por tal motivo el 77% de los problemas son atribuidos a la falta de mano de obra y al cambio de prioridades.
- El sistema ayudó a incrementar el rendimiento de las cuadrillas tanto en repello como en estuco, entre las dos especialidades se logró aumentar el rendimiento en un 26%, lo que significa que se redujo cinco semanas de remuneración en mano de obra. Esto sin duda alguna es algo bueno ya que se obtiene una ganancia en dinero el mismo que podría servir de pronto para proporcionar incentivos a los trabajadores que a la larga se va a ver reflejado en la culminación a tiempo del proyecto.
- A pesar de los inconvenientes encontrados durante la implementación como por ejemplo la falta de un programa maestro del proyecto, se alcanzó un nivel estimado de implementación total del 71%, además se logró crear una planificación intermedia y un plan semanal que permitieron obtener resultados satisfactorios.

4.5.14. Proyecto 14 “Construcción Comercial Residencial”

- Los pedidos de materiales se realizan de una forma más precisa evitando excesos o falta de estos, permitiendo así reducir el número de solicitudes no programadas y de manera imprevista.
- La programación a corto plazo permitió la estabilidad en la planificación de los trabajos ya que fue reevaluado semanalmente. Esta dinámica llevó a la identificación de problemas en la producción, sirviendo entonces de base de datos de la empresa para la mejora y estructuración de su sistema de producción en proyectos futuros.

4.6. Lecciones aprendidas durante la implementación de LPS

4.6.1. Proyecto 1 “Parque Espoz”

- Se debe dedicar un tiempo a explicar la actividad y así asegurarse que entendida.
- Es importante insertar herramientas Lean para identificar causas de NO cumplimiento.
- Es fundamental que las reuniones semanales se realicen con los maestros, subcontratistas, almacenista para poder hacer una programación acertada.
- El empleo del PPC es arriesgado, dado que puede crear desmotivación en el equipo si semana tras semana no se avanza, por eso es importante explicar que mide el PPC y que las causas de NO cumplimiento van a indicar que grado de responsabilidad tiene cada uno.

4.6.2. Proyecto 2. “Corredor Parcial de Envigado”

- Realizar una encuesta que permita calificar como se está evidenciado el sistema en el equipo permite mejorar pequeños detalles que generen que el sistema falle.

4.6.3. Proyecto 3. “Mirador Bahía”

- El controlar la productividad de los trabajadores viendo qué tipo de actividades realizan durante el día puede servir para detectar problemas de distribución espacial de la obra. Por ejemplo, si detecto que los trabajadores pierden mucho tiempo yendo al baño, quizás sería solución poner un baño químico cada 2 pisos para disminuir lo que tardan en llegar desde su lugar de trabajo hasta el baño.

4.6.4. Proyecto 4. “Habilitación Urbana”

- Es necesario tener el metrado de la actividad que se está programando de tal modo que se pueda definir cuantitativamente si es que la actividad se culminó al 100%.
- Una forma de mejorar el PPC es hacer un correcto análisis de restricciones y seguimiento de liberaciones no solo en la reunión semanal, sino a mitad de semana puede ser por medio de un correo.

4.6.5. Proyecto 5. “Universidad Ciudad”

- Tener en cuenta dentro de los avances de la semana las actividades que se realizaron y no se programaron.

4.6.6. Proyecto 6 “Natura Ecoparque”

- Durante la implementación es importante que todo el personal de la obra participe.
- Las programaciones intermedias y semanales se deben hacer de una manera responsable y con base a liberación de restricciones.

4.6.7. Proyecto 7 “Campus PUCE-NAYÓN”

- En un inicio había resistencia al cambio en la forma de realizar la programación con la inclusión de los Últimos Planificadores. Al momento de formar parte en las reuniones se obtuvo colaboración para planificar, compromiso con las tareas programadas y una especial apertura entre el grupo para llevar el trabajo adelante.
- En la Programación Intermedia se puede unificar con el manejo de cantidades de obra para tener un mejor y simple control del capital. De igual manera en la Programación Semanal llevar el registro de estas cantidades para el manejo del cumplimiento de obra.

4.6.8. Proyecto 8 “I.E San José de Maryland”

- Es indispensable el compromiso desde la gerencia de la empresa, administradores y jefes de obras, subcontratistas y trabajadores, hacia la utilización e implantación del Último planificador y otras herramientas de Lean Construction, promoviendo activamente incentivos que motiven su utilización.
- Involucrar a todo los actores que intervienen en el proyecto como diseñadores, subcontratistas, mandante y proveedores aunque para estos últimos se deben buscar fórmulas de capacitación de interés común en los procesos de planificación de un proyecto, donde se implemente el Último Planificador comprendan cabalmente sus principios y funcionamiento. Se puede realizar talleres de capacitación antes y durante la ejecución de un proyecto de modo que se pueda cuidar el éxito de la implementación.

4.6.9. Proyecto 9 “Estacionamientos Subterráneos”

- Para el desarrollo del plan intermedio se debe realizar listado de tareas ejecutables.
- La relación de avance físico, gastos económicos y un PPC no está directamente relacionado en este sistema de planificación, un PPC alto no necesariamente implica que la obra tenga un alto avance físico, o si mismo un alto gasto económico, es algo importante debido que al final y al cabo en todos los proyectos se busca cumplir plazos y el sistema no los resguarda de forma directa.

4.6.10. Proyecto 10 “Tayrona Etapa 1”

- Se considera que la capacitación es un agente de cambio indiscutible para la implementación del mejoramiento al interior de la organización, los talleres de capacitación generan una mayor participación y compromiso hacia dichos procesos.
- Para que un sistema de medición sea adecuado es necesario que este alineado a las estrategias empresariales, donde se conozca claramente los procesos críticos del negocio, por esta razón no hubo dificultad en el establecimiento de nuevos indicadores que representan potenciales para el mejoramiento.

4.6.11. Proyecto 11 “Coliseo Pilahuín”

- Incrementar considerablemente las relaciones de trabajo y confianza mutua entre todos los agentes participantes del proyecto para compartir y corregir los errores cometidos, dando así oportunidades de aprendizaje entre sí.
- Siempre llevar registros del análisis de las restricciones y las causas de NO cumplimiento en obra.
- Controlar y verificar que se cumple la planificación intermedia o lookahead cuando se implementa por primera vez, porque los trabajadores pueden regresar a utilizar técnicas de trabajo a los que estaban acostumbrados al no observar desde un principio los beneficios de su aplicación.

4.6.12. Proyecto 12 “Habitacional Santa María”

- Para una eficaz implementación del LPS es muy conveniente un facilitador que esté capacitado en la materia y que ayude a mediar las reuniones. Debe estar formando continuamente a los participantes del sistema durante su

implementación para evidenciar los errores que se cometen y ayudar a resolverlos.

- El administrador de la obra deberá establecer un plan definido por una serie de hitos significativos para el proyecto en función de las necesidades del cliente.

4.6.13. *Proyecto 13 “Conjunto Residencia Los Prados”*

- Para la etapa de capacitación sería recomendable mostrar a los involucrados ejemplos de implementaciones realizados en otros países, se puede mostrar los resultados positivos que se obtiene con la implementación del sistema así aumentará las ganas por experimentar la nueva forma de planificación de esta manera será mucho más fácil interiorizar en el personal los fundamentos básicos que posee el sistema.
- Es importante mantener en la planificación semanal un número de actividades considerable capaz de que se obtenga un poco de esfuerzo por parte de la cuadrilla así el valor del indicador PPC no estará demasiado alejado de la realidad.

4.6.14. *Proyecto 14 “Construcción Comercial Residencial”*

- Se debe implementar por más tiempo el sistema para estabilizar el flujo de trabajo de una manera más acertada.

A continuación se presenta el resumen de los 14 proyectos analizados anteriormente, la tabla 3 presenta la descripción de cada proyecto y cuáles fueron los componentes que se utilizaron para la implementación del sistema.

PROYECTO	DESCRIPCIÓN PROYECTO					NIVEL DE IMPLEMENTACIÓN									
	TIEMPO ESTUDIO (SEMANAS)	PAÍS ESTUDIO	AÑO ESTUDIO	TIPO PROYECTO	TIPO ESTUDIO	PROGRAMA FASES		PLAN INTERMEDIO		I.T.E		PLAN SEMANAL		CAPACITACIÓN	
						SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO
1 Parque Espoz	22	Chile	2013	Edificación	Descriptivo	X		X		X		X		X	
2 Corredor Parcial de Envigado	29	Colombia	2012	Vía	Descriptivo		X	X			X	X		X	
3 Mirador Bahía	10	Chile	2007	Edificación			X	X			X	X		X	
4 Habilitación Urbana	5	Perú	2012	Edificación	Explicativo-Correlacional		X	X			X	X		X	
5 Universidad Ciudad	9	Colombia	2014	Edificación	Descriptivo		X	X			X	X		X	
6 Natura Ecoparque	44	Colombia	2011	Edificación	Descriptivo		X	X			X	X		X	
7 Campus PUCE-NAYÓN	12	Ecuador	2012	Edificación	Descriptivo	X		X			X	X		X	
8 I.E San José de Maryland	22	Colombia	2007	Edificación	Descriptivo		X	X		X		X		X	
9 Estacionamientos Subterráneos	21	Chile	2015	Edificación	Descriptivo		X	X			X	X		X	
10 Tayrona Etapa 1	28	Colombia	2010	Edificación	Descriptivo		X	X			X	X		X	
11 Coliseo Pilahuín	18	Ecuador	2015	Edificación	Descriptivo		X	X		X		X		X	
12 Habitacional Santa María	24	Chile	2015	Edificación	Explicativo-Correlacional		X	X		X		X		X	
13 Conjunto Residencial Los Prados	14	Ecuador	2011	Edificación	Explicativo-Correlacional		X	X			X	X		X	
14 Construcción Comercial Residencial	10	Brasil	2012	Vivienda	Descriptivo		X	X			X	X			X

Tabla 3. Descripción Proyectos y aplicación Componentes Last Planner.

La tabla 4 nos muestra un resumen de las dificultades, los aspectos positivos y las lecciones aprendidas de la implementación de cada uno de los proyectos.

PROYECTOS	DIFICULTADES CON LA IMPLEMENTACIÓN	ASPECTOS POSITIVOS CON LA IMPLEMENTACIÓN	LECCIONES APRENDIDAS DURANTE LA IMPLEMENTACIÓN
1. Parque Espoz	El equipo tomo la herramienta como una imposición y una manera de control, se inició programando solamente la semana y sin fiscalizar la liberación de restricciones.	Mediante la observación se detectaron oportunidades de mejora y se adaptó el sistema a las necesidades del proyecto.	El empleo del PPC es arriesgado, dado que puede crear desmotivación en el equipo si semana tras semana no se avanza, por eso es importante explicar que mide el PPC y que las CNC van a indicar que grado de responsabilidad tiene cada uno.
2. Corredor Parcial de Envigado	No se logró reducir la variabilidad con la implementación dadas las circunstancias del proyecto ajenas a este, como la tala de árboles que generó oposición en la comunidad y la suspensión de las obras, debido a cambios en los diseños.	Se socializaron los resultados y las metas semanales con el personal operativo, situación que no se presentó al inicio.	Realizar una encuesta que permita calificar como se está evidenciado el sistema en el equipo permite mejorar pequeños detalles que generen que el sistema falle.
3. Mirador Bahía	No se logró desarrollar una planificación intermedia adecuada la idea inicial fue tener un horizonte de 4 semanas solo se lograron 2 semanas y no se pudo realizar la reunión semanal periódica con el director de obra.	Se logró un programa de trabajo semanal el cual era distribuido a todos los asistentes y se midieron los PPC durante todas las semanas que se implementó el sistema.	El controlar la productividad diaria de los trabajadores detecta problemas de distribución espacial de la obra.
4. Habilitación Urbana	Los Last Planner en las primeras semanas colocaban las actividades “más fáciles” de cumplir para alcanzar un desempeño optimo queriendo decir con esto que no comprendieron el sistema.	Se logró en las últimas semanas que el equipo realizara un mejor análisis de restricciones planificando lo adecuado para cada semana, y se redujo la variabilidad.	Una forma de mejorar el PPC es hacer un correcto análisis de restricciones y seguimiento de liberaciones no solo en la reunión semanal, sino a mitad de semana.
5. Universidad Ciudad	Los maestros e ingenieros dudaron acerca de la pertinencia de la implementación del sistema en obra, el equipo asumió al inicio el LPS como un trabajo innecesario.	Se realizó una encuesta al equipo y coincidieron que la implementación permitió que el equipo adquiriera un mayor compromiso con las planificaciones semanales.	Tener en cuenta dentro de los avances de la semana las actividades que se realizaron y no se programaron.

6. Natura Ecoparque	La metodología en la implementación no fue la más adecuada debido a que la ingeniera residente no dirigió el proceso de programación lo realizó la auxiliar, esto generó que inicialmente la mayor CNC fuera la mala programación.	El PPC pudo llevarse de un 14% en su etapa inicial a un 92% después de 43 semanas de implementación, registrando un PPC máximo del 96% en la semana 40.	Durante la implementación es importante que todo el personal de la obra participe, las programaciones intermedias y semanales se deben hacer de una manera responsable y con base a liberación de restricciones.
7. Campus PUCE-NAYÓN	Se presentó un cambio de residente inesperado y fue muy difícil que este se adaptara a la implementación, debido a que el proceso de planificación ya estaba adelantado.	La Programación de Fases generó un serio compromiso de los trabajadores, conocimiento de las actividades de planificación, reducción de incertidumbres y la coordinación de los agentes participantes del proyecto	La Programación Intermedia y semanal se puede unificar con el manejo de cantidades de obra para tener un mejor y simple control del capital y un manejo del cumplimiento de obra.
8. I.E San José de Maryland	El PPC se tomó como medida para estimar el avance de la obra y para crear una cadena de culpabilidad entre los diversos comités lo que no permitió un mejoramiento continuo sino que en algunos casos sirvió solo para hacer señalamientos.	Se pudo verificar diariamente la cantidad de obra realizada y la mano de obra invertida y realizar un control sobre el avance de la obra.	Es indispensable el compromiso desde la gerencia de la empresa, administradores y jefes de obras, subcontratistas y trabajadores, hacia la utilización e implantación del Último planificador y otras herramientas de Lean Construcción, promoviendo activamente incentivos que motiven su utilización.
9. Estacionamientos Subterráneos	Las primeras tres semanas la aplicación del método fue un éxito y todos participaron de la reunión semanal esto decayó desde la semana cuatro en adelante, afectando en las actividades de todo el grupo y principalmente en el PPC, las reuniones se realizaban, pero ya no con el ánimo de las primeras semanas.	Las planificaciones mejoraron al igual que la actitud de los participantes hacia el sistema, se lograron cumplir hitos importantes, se optimizó la calidad del quehacer diario y el trabajo en equipo mejoró sustancialmente.	Para el desarrollo del plan intermedio se debe realizar listado de tareas ejecutables.
10. Tayrona Etapa 1	Problemas sociales de salud, educación, capacitación, inestabilidad laboral, alta rotación de personal, bajos ingresos percibidos y una mala comunicación entre el personal administrativo y operativo.	El compromiso de los directivos en el mejoramiento de la productividad, constituyó el éxito en la implementación del sistema, gracias a ellos fue sencillo que las barreras y el personal negado a trabajar con dicho sistema se acoplaron y entendieron que las nuevas herramientas mejoraban el rendimiento y facilitan el trabajo.	Se considera que la capacitación es un agente de cambio indiscutible para la implementación del mejoramiento al interior de la organización, los talleres de capacitación generan una mayor participación y compromiso hacia dichos procesos.

11. Coliseo Pilahuín	Al inicio los maestro de obras, albañiles y peones, no tenían compromiso con la implementación, escuchando excusas como: no entiendo, no es posible realizarlo aquí, entre otros	Mediante el PPC y las CNC se realizó el análisis de confiabilidad de programación y de tal manera se logró saber el grado de confiabilidad del proyecto programado, dando como resultado del PPC un 94%.	Controlar y verificar que se cumple la planificación intermedia cuando se implementa por primera vez, porque los trabajadores pueden regresar a utilizar técnicas de trabajo a los que estaban acostumbrados al no observar desde un principio los beneficios de su aplicación.
12. Habitacional Santa María	El uso de la planificación intermedia fue incorrecto, pues se usó un plan de fases como si fuera una planificación intermedia. A consecuencia de ello no se lograron los objetivos que propone esta planificación intermedia. Además, los tiempos determinados son impuestos y no determinados por lo que no genera un compromiso al tratarse de una imposición.	La investigación realizada permitió analizar la obra al inicio del proyecto para determinar los errores y carencias que presentaba. Así, como el diseño, mejora e implementación de herramientas para la reducción de estos.	Para una eficaz implementación del LPS es muy conveniente un facilitador que esté capacitado en la materia y que ayude a mediar las reuniones.
13. Conjunto Residencial Los Prados	No se pudo realizar una implementación adecuada principalmente por la falta del programa maestro	Se alcanzó un nivel estimado de implementación total del 71%, además se logró crear una planificación intermedia y un plan semanal que permitieron obtener resultados satisfactorios.	Se puede mostrar los resultados positivos que se obtiene con la implementación en otros países así aumentará las ganas por experimentar la nueva forma de planificación y de esta manera será mucho más fácil interiorizar en el personal los fundamentos básicos que posee el sistema.
14. Construcción Comercial Residencial	No se encontraron aspectos negativos	La programación a corto plazo permitió la estabilidad en la planificación de los trabajos ya que fue reevaluado semanalmente, esta dinámica llevó a la identificación de problemas en la producción, sirviendo entonces de base de datos de la empresa para la mejora y estructuración de su sistema de producción en proyectos futuros.	Se debe implementar por más tiempo el sistema para estabilizar el flujo de trabajo de una manera más acertada.

Tabla 4. Resumen Dificultades, aspectos positivos y lecciones aprendidas.

5. ANÁLISIS DE RESULTADOS POR PROYECTO (PPC y CNC)

A continuación se presenta un análisis de los PPC y las CNC en cada proyecto:

5.1. Proyecto 1

Se obtuvo un PPC promedio del 52%, en la semana 14 el PPC tuvo una caída del 26%, según se observa en el gráfico 1, debido a problemas internos; falta de coordinación y cumplimiento de los subcontratistas (ver gráfico 2), ese descenso se observa porque se tenía previsto entregar una de las torres del proyecto y se programaron muchas actividades por encima de la capacidad del equipo. En general el comportamiento de la gráfica es lineal, a pesar que los PPC obtenidos no fueron altos no se observa variabilidad en los resultados.

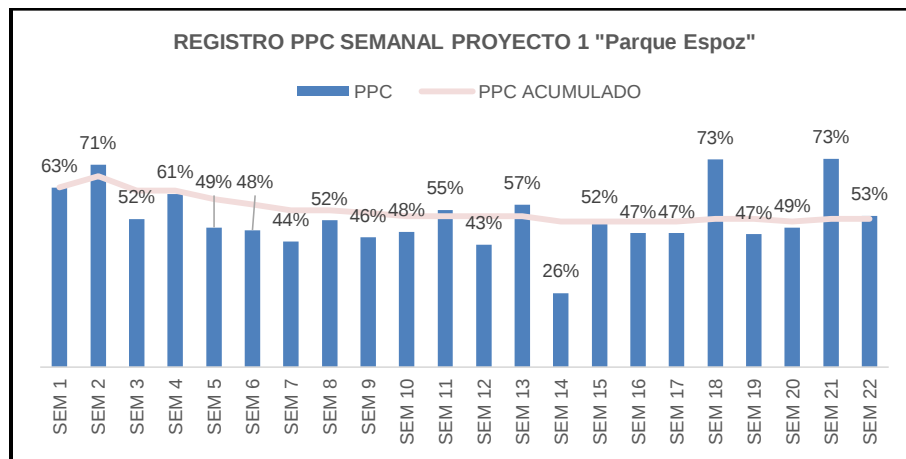


Gráfico 1. Registro PPC, Proyecto 1 (Sanchis Mestre, 2012)

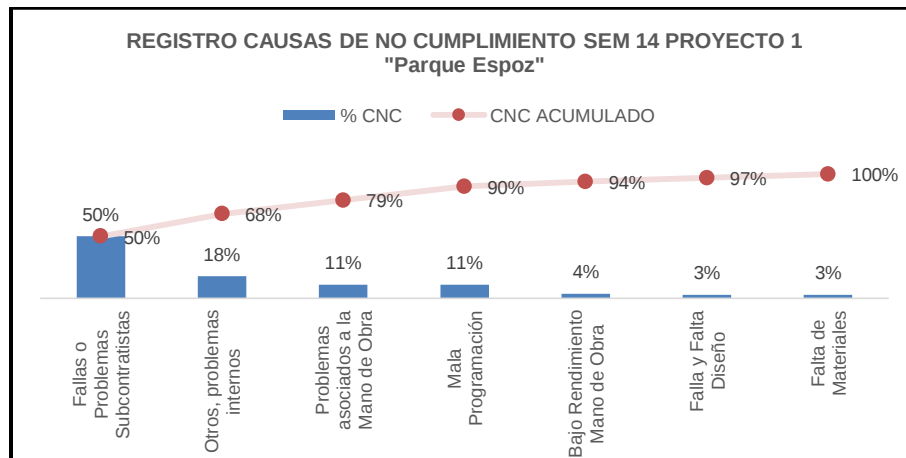


Gráfico 2. Registro CNC semana 14, Proyecto 1 (Sanchis Mestre, 2012)

La mayor causa de NO cumplimiento acumulada fue los problemas con el subcontratista (ver gráfico 3), esto debido al poco conocimiento que tuvieron los subcontratista del sistema, siguiendo la falta de prerrequisito debido a que no se fiscalizó la liberación de las restricciones.

De allí la importancia de aplicar la herramienta en toda la cadena de suministros y el compromiso del equipo en la implementación del sistema de una manera responsable y coordinada.

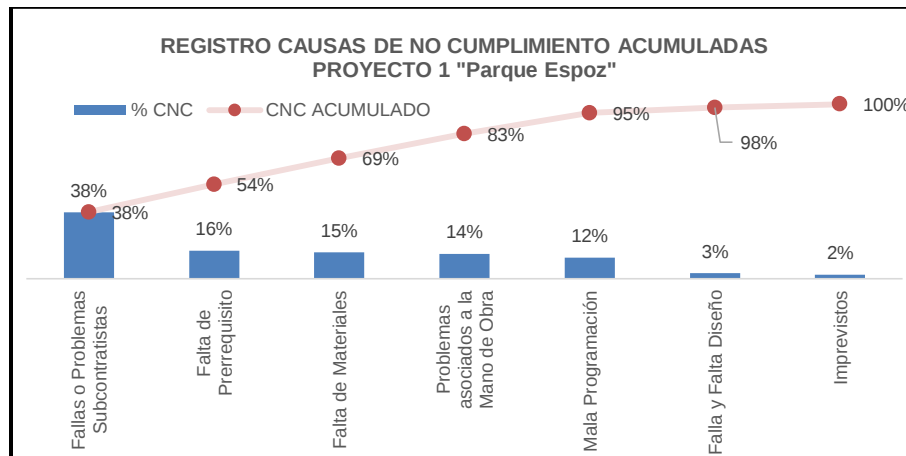


Gráfico 3. Registro CNC Acumulado, Proyecto 1 (Sanchis Mestre, 2012)

5.2. Proyecto 2

Se obtuvo un PPC promedio del 63%; en la semana 13 el PPC tuvo una caída del 11% (ver gráfico 4), debido a que se programaron actividades que no tenían liberadas todas las restricciones, basado en la hipótesis que estas posiblemente podrían ser resueltas en el transcurso, esto demostró una vez más la importancia que las actividades programadas sean las que realmente se pueden hacer.

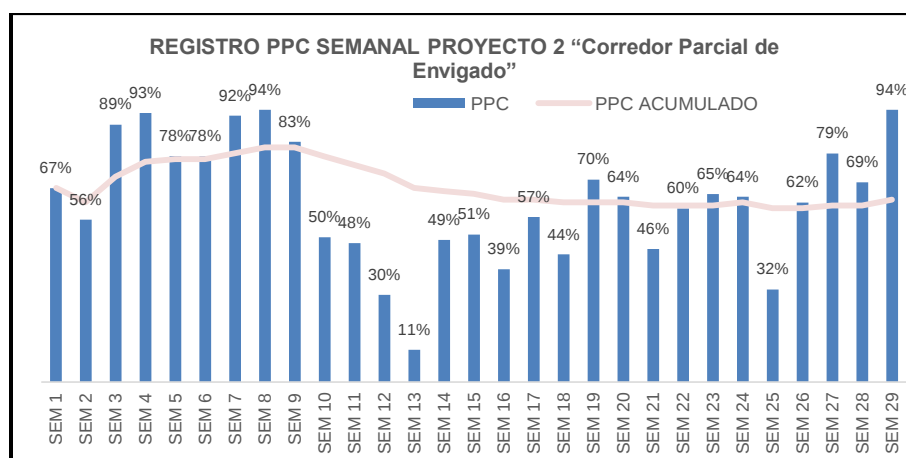


Gráfico 4. Registro PPC, Proyecto 2 (Castaño Jiménez, 2012)

Las mayores causas de NO cumplimiento fueron las asociadas a la mano de obra y problemas externos con el 33% cada una (ver gráfico 5), estas causas están relacionadas con las dificultades propias del proyecto, que fueron problemas con la comunidad por la ejecución del proyecto dificultando abrir nuevos frentes de trabajo, además, los cambios de diseño y especificaciones de última hora, entre otros, generaron una inestabilidad en la ejecución de la obra en donde la vinculación de personal constituía un riesgo para los subcontratistas y los frentes abiertos no eran lo suficientemente grandes de tal manera que facilitaran la ejecución de los trabajos y permitieran la simultaneidad en la ejecución.

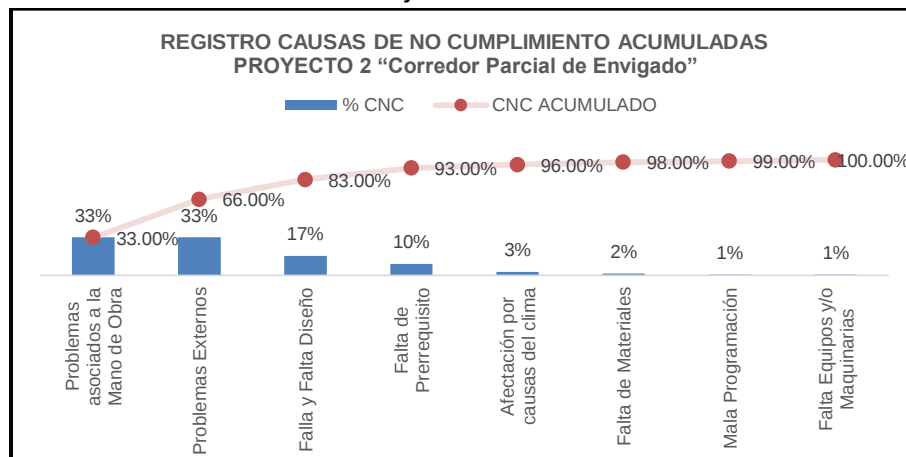


Gráfico 5. Registro CNC acumulado, Proyecto 2 (Castaño Jiménez, 2012)

5.3. Proyecto 3.

Se obtuvo un PPC promedio del 77% en la mitad de la semana (ver gráfico 6) y un 75% al final de la semana (ver gráfico 7), el PPC a la mitad de la semana logra estar levemente por encima del 80% a excepción de la semana 5 donde fueron días lluviosos, al final de la semana se observó que los PPC bajos se obtuvieron en la semana 1 y 2, esto obedece principalmente al proceso de adaptación, el PPC a mitad de semana solo se inició a medir desde la semana 3, para las dos gráficas se observa una baja variabilidad puesto que los puntos no se ven dispersos.

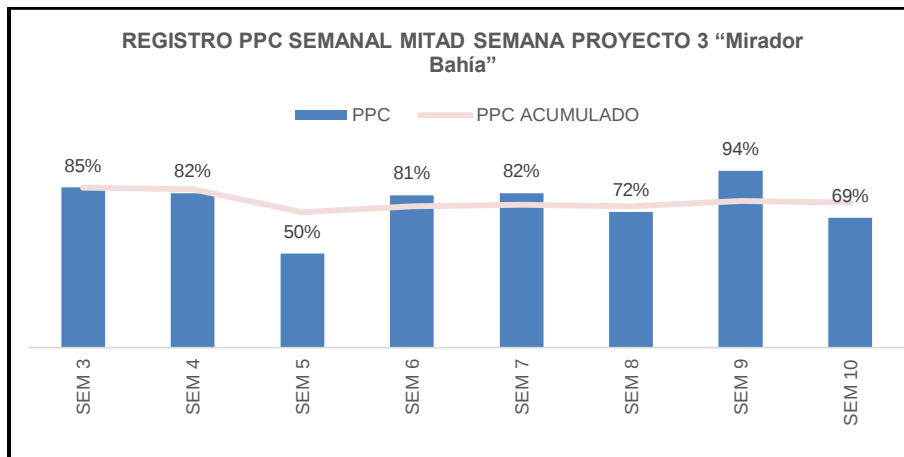


Gráfico 6. Registro PPC Mitad semana, Proyecto 3 (Díaz, 2007)

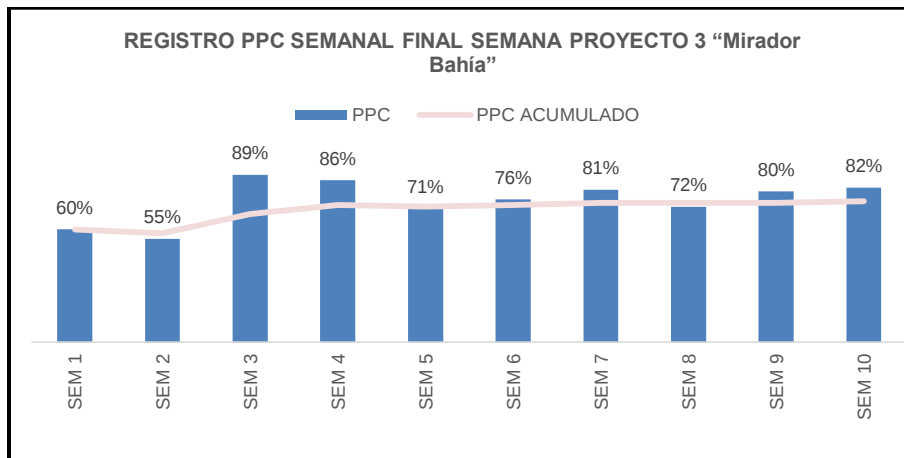


Gráfico 7. Registro PPC Final Semana, Proyecto 3 (Díaz, 2007)

La mayor causa de NO cumplimiento a la mitad de semana fue el cambio en prioridades de asignación de recursos con un 28% (ver gráfico 8), se programaron actividades desde la planificación intermedia y en último momento se cambiaron las actividades generando que estas no tuvieran todas sus restricciones liberadas, otra causa de NO cumplimiento fue la afectación por el clima con un 22% de incidencia, debido a que el proyecto se realizó en época de invierno.

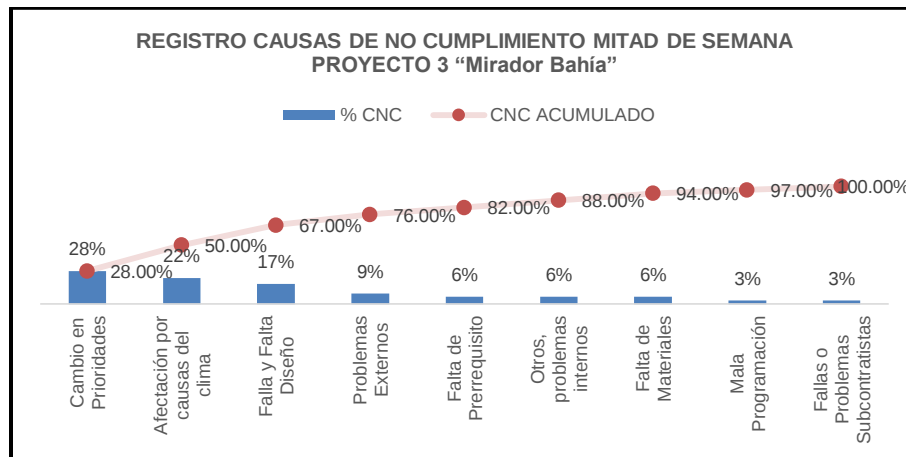


Gráfico 8. Registro CNC Mitad de semana, Proyecto 3 (Díaz, 2007)

Las mayores causas de NO cumplimiento al final de la semana fueron: fallas en el diseño, problemas externos y se mantiene la causa de cambio en prioridades en un porcentaje muy alto, es importante realizar la programación semanal con base a la programación intermedia, ya que permite la liberación de restricciones; si cambiamos las actividades no se estaría realizando la implementación del sistema de una manera correcta (ver gráfico 9).

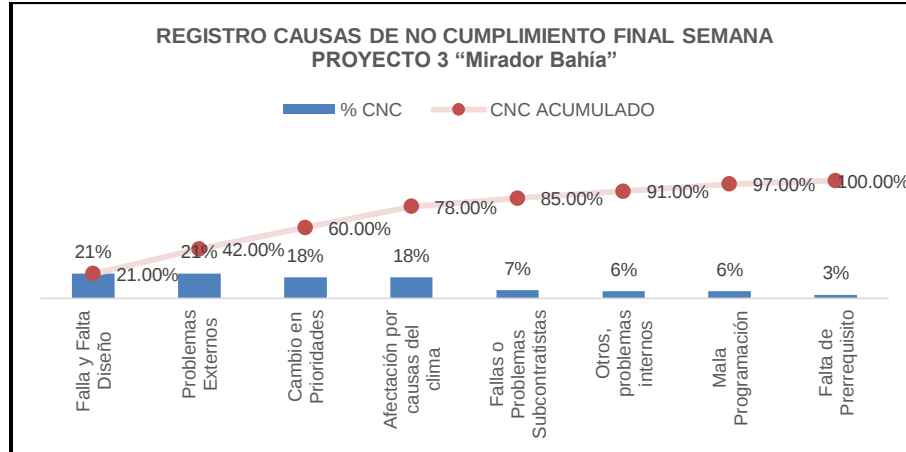


Gráfico 9. Registro CNC final de la semana, Proyecto 3 (Díaz, 2007)

5.4. Proyecto 4.

Se obtuvo un PPC promedio del 74%, en la semana 1 se obtuvo un PPC del 25% (ver gráfico 10) esto debido a la inexperiencia del equipo en la aplicación de la herramienta.

Por otro lado al buscar aprender del error de la semana 1, en la semana 3 los residentes sólo programaron las actividades “más fáciles” de cumplir para llegar a un aparente “óptimo desempeño”. Esto demostró que la herramienta del análisis de

restricciones y su posterior liberación aún no era comprendida a cabalidad. En las últimas dos semanas el equipo realizó un mejor análisis de restricciones.

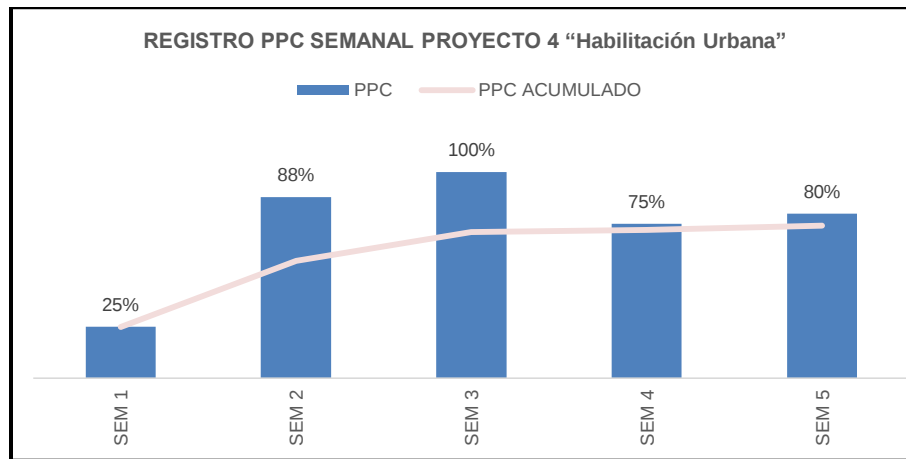


Gráfico 10. Registro PPC, Proyecto 4 (Casanova, 2012)

La causa mayor de NO cumplimiento registrada en la semana 1 y 3 fue la falta de equipos y maquinaria, en la semana 2 la falta de materiales y en la semana 5 la falta de materiales y la falta de prerequisite, esta última también se observó en las semanas 2 y 3; estas CNC surgieron porque no se realizó una óptima liberación de restricciones (ver gráficos 11 y 12).

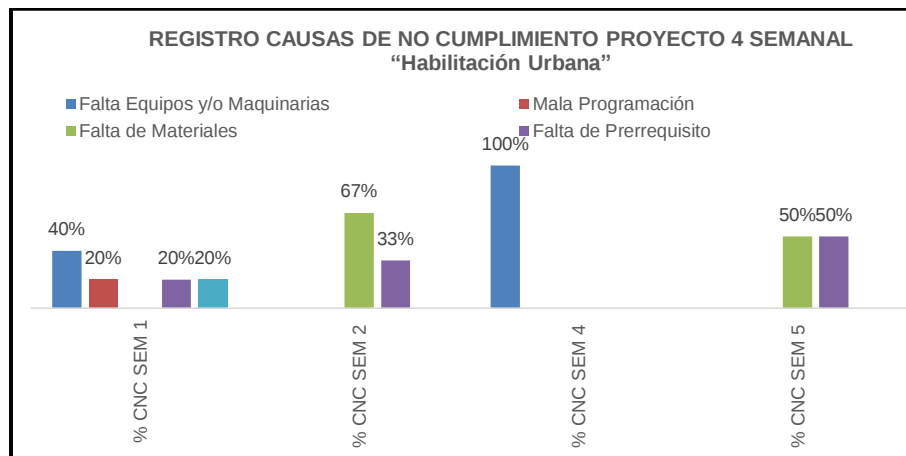


Gráfico 11. Registro CNC semanal, Proyecto 4 (Casanova, 2012)

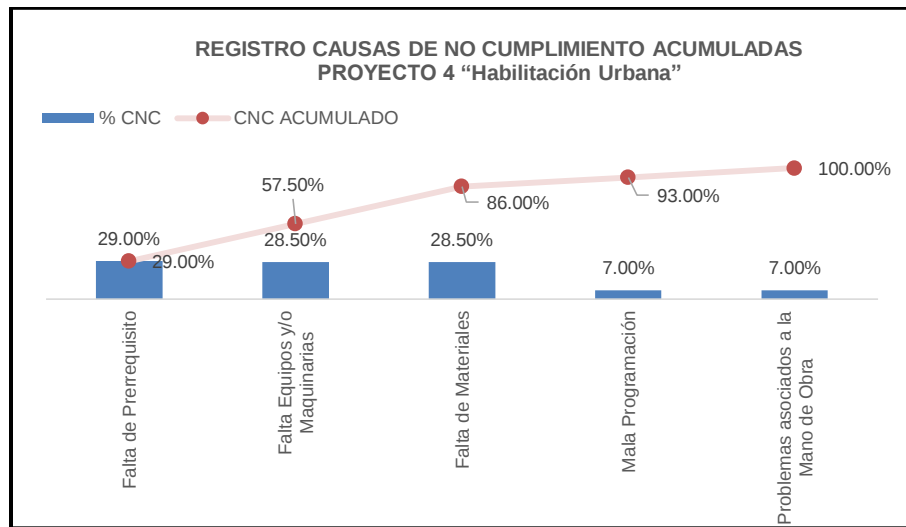


Gráfico 12. Registro CNC Acumulado, Proyecto 4 (Casanova, 2012)

5.5. Proyecto 5

Se obtuvo un PPC promedio del 59%, durante la implementación se presentaron muchos inconvenientes con los subcontratistas, no cumplían los compromisos pactados y realizaban tareas que no estaban programadas, esto generó que los PPC no fueran altos durante la implementación.

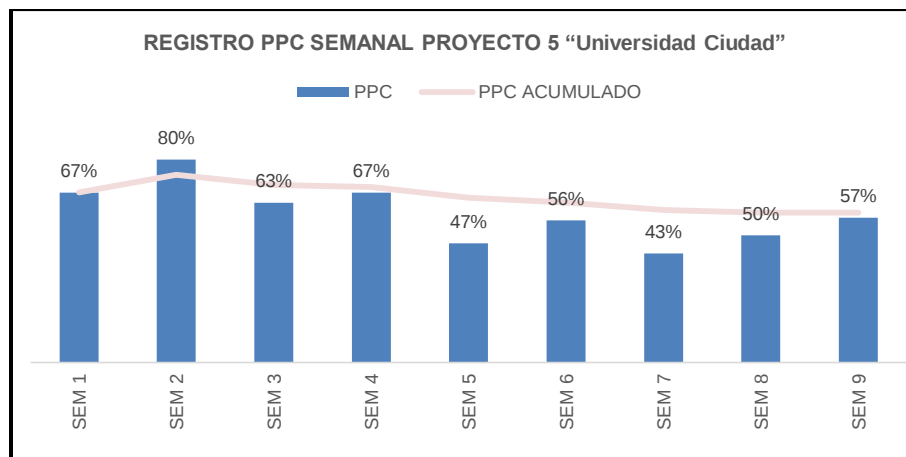


Gráfico 13. Registro PPC, Proyecto 5 (Botero Toro, 2014)

La mayor causa de NO cumplimiento acumulada fue los problemas con el subcontratista (ver gráfico 14), debido a lo expuesto anteriormente, las siguientes causas tienen que ver con la disposición de los recursos al ejecutar la actividad como son los equipos y materiales, esto se debe principalmente al desconocimiento de la liberación de las restricciones.

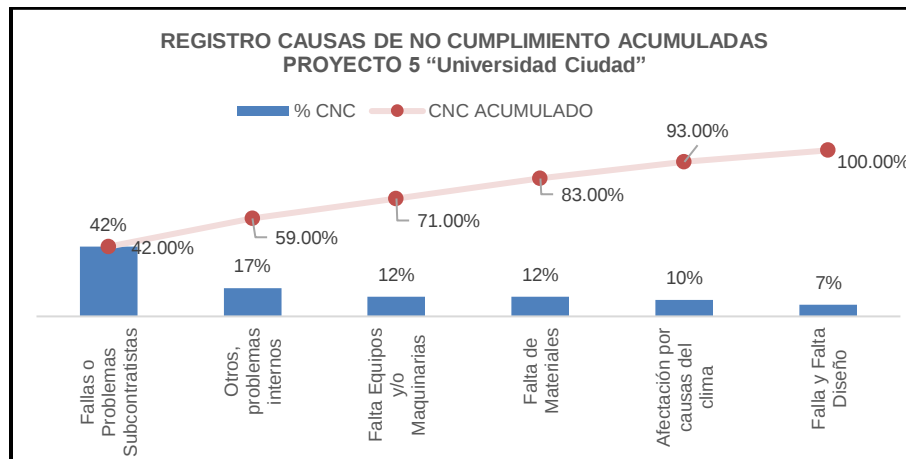


Gráfico 14. Registro CNC Acumulado, Proyecto 5 (Botero Toro, 2014)

5.6. Proyecto 6

El PPC promedio fue del 78%, la adaptación a la implementación del sistema generó que el PPC fuera bajo en las primeras semanas (ver gráfico 15), al inicio el aprendizaje de cómo implementar la herramienta es difícil y se ve reflejado en los PPC de las primeras semanas.

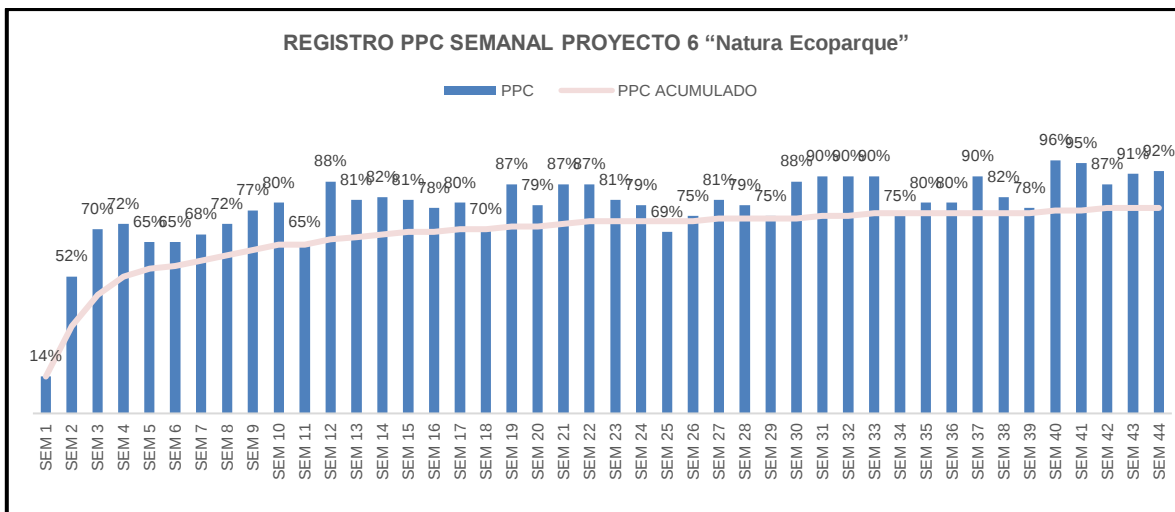
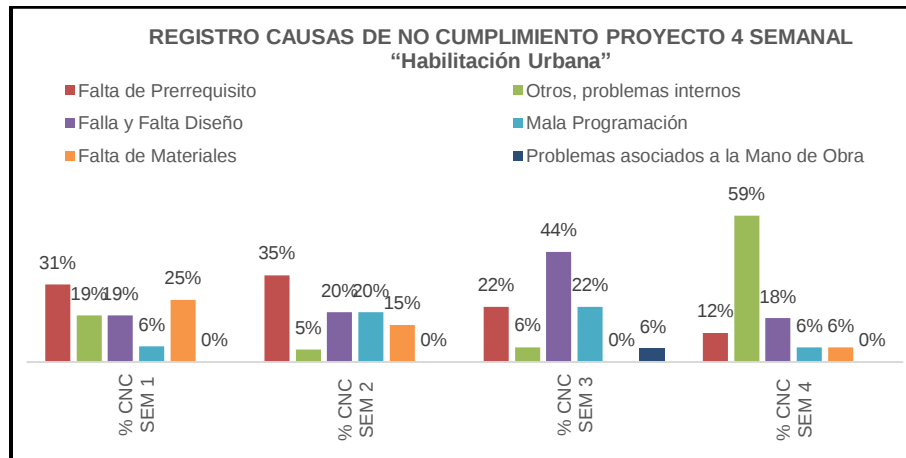
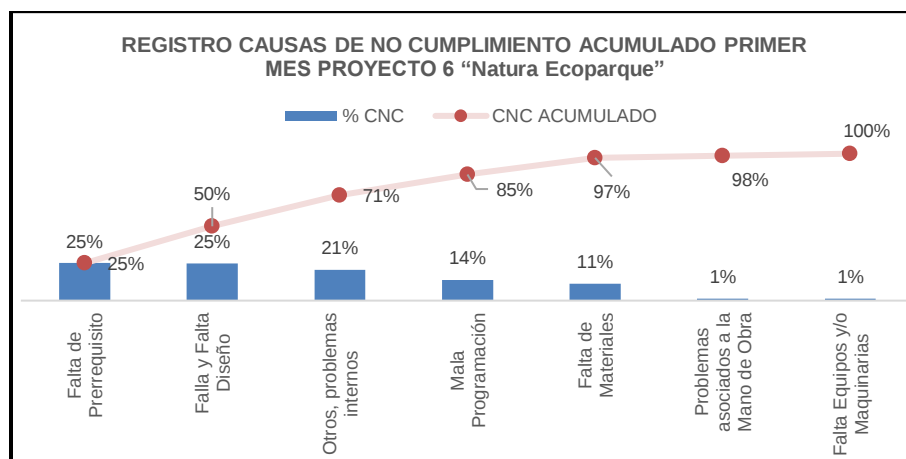


Gráfico 15. Registro PPC, Proyecto 6 (Granados, 2011)

La mayor causa de NO cumplimiento en el primer mes de implementación se debió principalmente a la inexperiencia en la implementación del sistema que llevo a que no se liberara el prerequisite, debido a las fallas y faltas en los diseños. (Ver gráficos 16 y 17).



Gráficos 16. Registro CNC 4 primeras semanas de implementación, Proyecto 6 (Granados, 2011)



Gráficos 17. Registro CNC Primer mes de implementación, Proyecto 6 (Granados, 2011)

La causa mayor de NO cumplimiento finalmente fueron los problemas internos, como olvido en la realización de actividades menores programadas, además de mala coordinación (ver gráfico 18) y debido a la entrada de nuevos contratistas al proyecto, cada vez que avanzaba la obra, generó que el prerrequisito fuera difícil de controlar, siendo esta la segunda razón de NO cumplimiento, se concluye que el sistema en esta obra logró pasar de un PPC en la semana 1 del 14% a un PPC en la semana 44 del 92%, demostrando que la implementación del sistema con el tiempo se estabiliza y mejora.

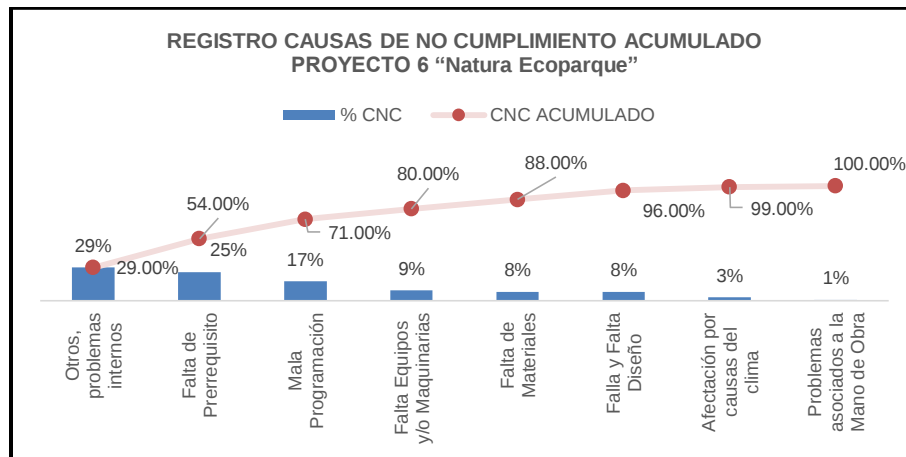


Gráfico 18. Registro CNC Acumulado, Proyecto 6 (Granados, 2011)

5.7. Proyecto 7.

Se obtuvo un PPC promedio del 82%, en la semana 3 un PPC del 54% (ver gráfico 19), esto debido a la falta de mano de obra (ver gráfico 20), se definió contratar más mano de obra para mejorar el PPC, en la gráfica 20 se observa que al inicio de la implementación la adaptación al nuevo sistema se convierte en una causa de NO cumplimiento, al igual que en la semana 2, que las causas encontradas fueron falta de materiales y problemas asociados a la mano de obra debido a la inexperiencia en la liberación de restricciones y la estimación de los rendimientos.

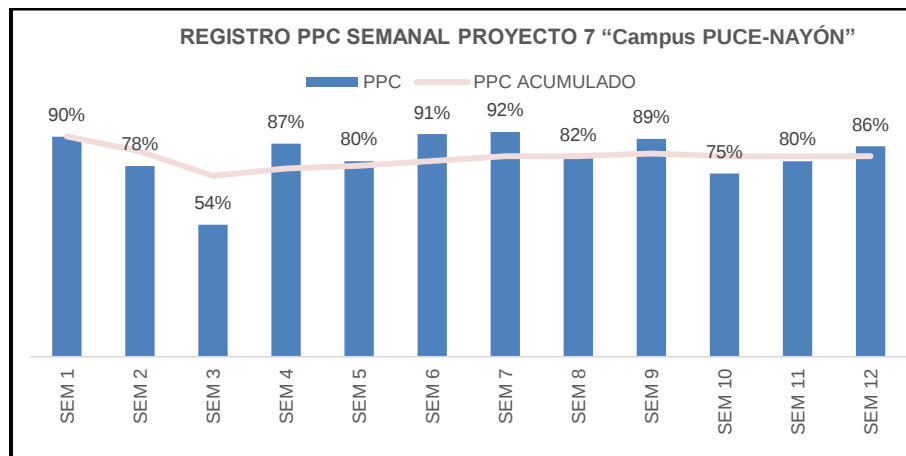


Gráfico 19. Registro PPC, Proyecto 7 (Poveda Hinojosa & Encalada López, 2012)

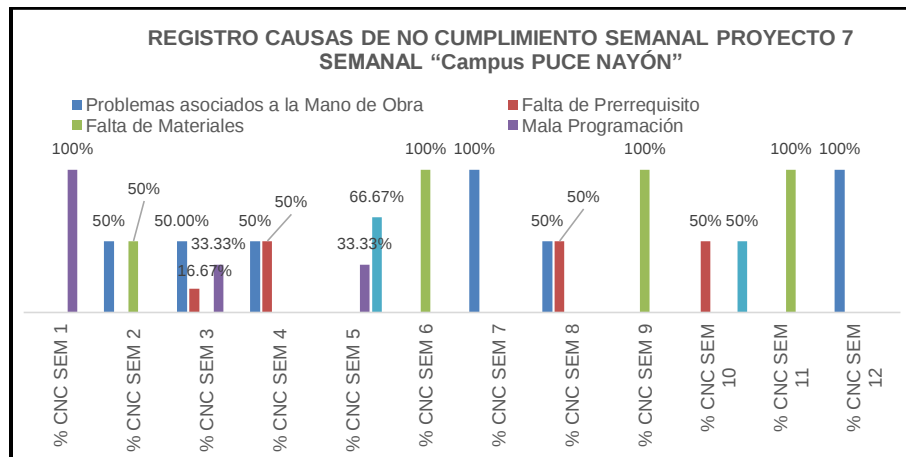


Gráfico 20. Registro CNC Semanal, Proyecto 7 (Poveda Hinojosa & Encalada López, 2012)

La causa mayor de NO cumplimiento fue los problemas asociados a la mano de obra (ver gráfico 21), esto debido a la mala estimación del personal necesario para realizar las actividades.

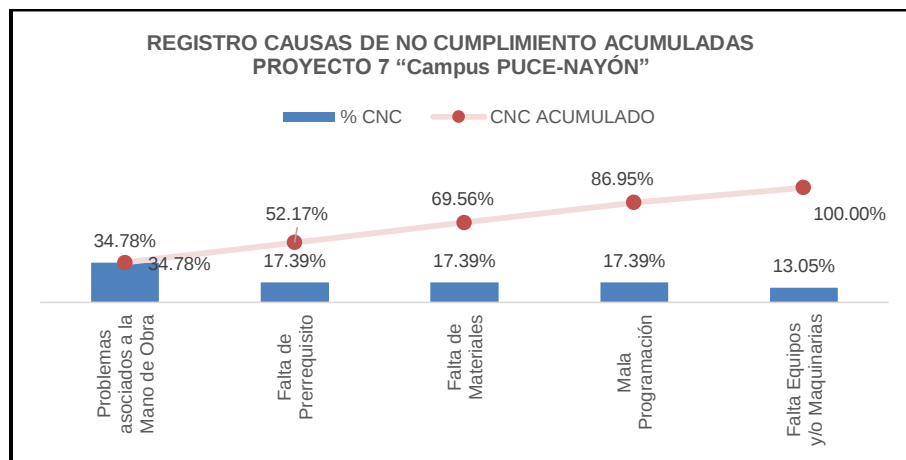


Gráfico 21. Registro CNC Acumulado, Proyecto 7 (Poveda Hinojosa & Encalada López, 2012)

5.8. Proyecto 8.

Se obtuvo un PPC promedio del 58%, en la semana 1 y 9 se obtuvo un PPC del 33% y 31% respectivamente (ver gráfico 22), esto debido a la inexperiencia en la implementación en la primera semana y a la falta de equipos, herramientas y maquinarias por el excesivo trámite para realizar los pedidos desde la administración y al control en los gastos.

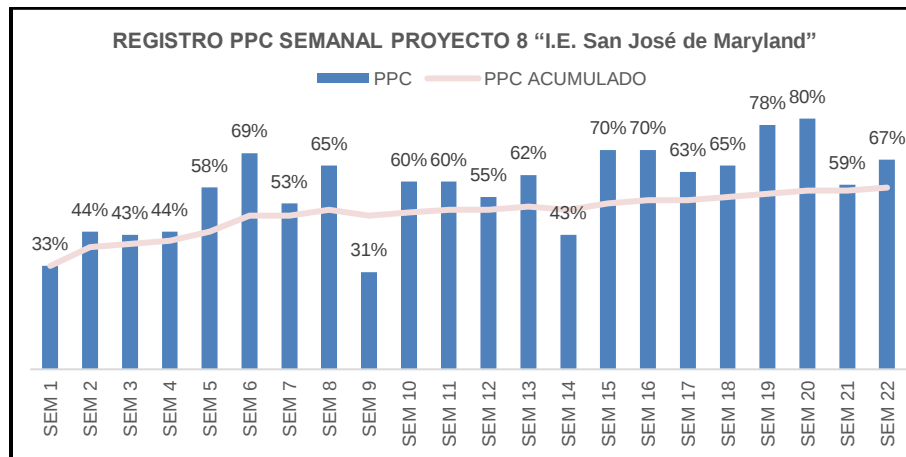


Gráfico 22. Registro PPC, Proyecto 8 (Delgado Orduz, 2007)

La mayor causa de NO cumplimiento es la falta de equipos y/o maquinarias (ver gráfico 23), esto se debió a el excesivo control administrativo para los pedidos desde la oficina, la contratación de los proveedores de servicio de equipos, maquinarias y materiales era demorado y las programaciones intermedias no tuvieron en cuenta ese tiempo de respuesta, debido a esto se programaron actividades sin tener liberadas las restricciones. El bajo rendimiento en la mano de obra fue la segunda causa más representativa y se atribuye principalmente a la baja motivación por salarios, incentivos y seguridad, la falta de prerrequisito y materiales hacen parte del excesivo control en la parte administrativa y a la ausencia de fiscalización de la liberación de restricciones.

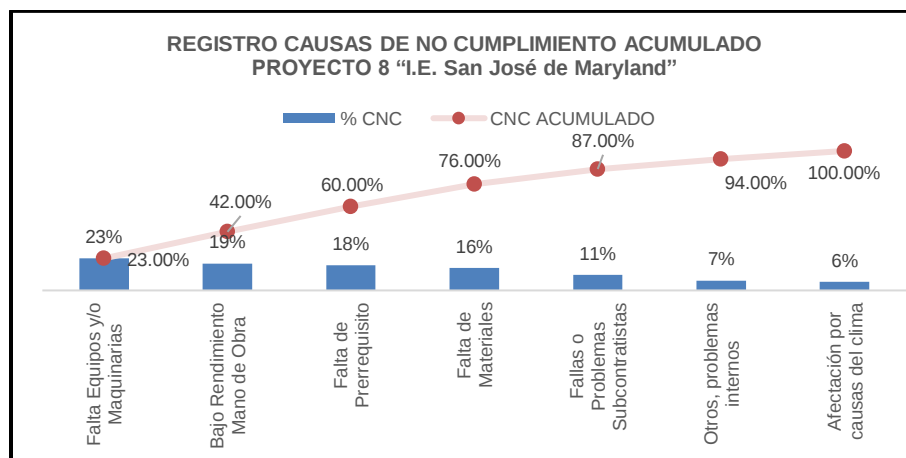


Gráfico 23. Registro CNC Acumulado, Proyecto 8 (Delgado Orduz, 2007)

5.9. Proyecto 9.

El PPC promedio fue del 74%, la primera semana se tuvo un PPC del 60%, según las experiencias el método estabiliza el trabajo entre la 3 y 4 semana de aplicación,

manteniéndose en un promedio aproximado de 80% semanal, debido a que no se cumplió el prerequisite en la semana 11 se descendió al 55%, lo positivo de esto es poder observar que el método sigue la secuencia de aprendizaje de 3 semanas y vuelve a estabilizarse en un promedio semanal de 77% (ver gráfico 24).

Una causa de NO cumplimiento que no se puede prever son los imprevistos en los proyectos, pero el sistema Last Planner estabiliza de tal manera el flujo de trabajo que por ejemplo en la semana 3 de aplicación se tiene un 38% de imprevistos como causa de NO cumplimiento (ver gráfico 25) pero aun así se tiene un alto PPC llegando a un 88% (Ver gráfico 24). Además, en las semanas 8 y 15 en donde el PPC se mantiene en un promedio estable, se disminuyen las causas de NO cumplimiento quedando solo una que es la falta de prerequisite (Ver gráfico 26)

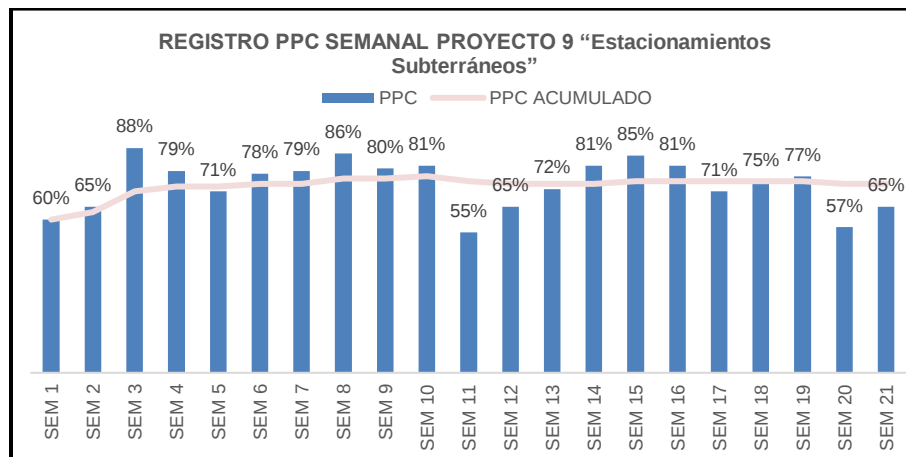


Gráfico 24. Registro PPC, Proyecto 9 (Ponce Muñoz, 2015)

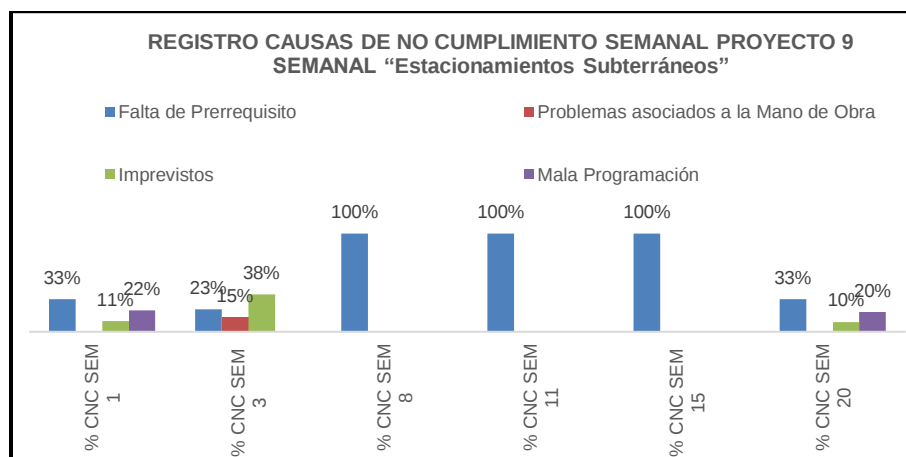


Gráfico 25. Registro CNC Semanal, Proyecto 9 (Ponce Muñoz, 2015)

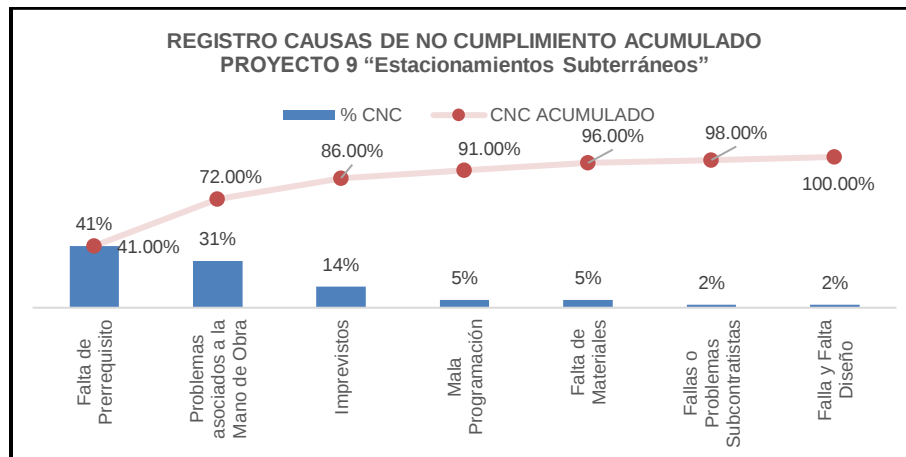


Gráfico 26. Registro CNC Acumulado, Proyecto 9 (Ponce Muñoz, 2015)

5.10. Proyecto 10

El PPC promedio fue del 55%, en la primeras semanas los resultados fueron bajos debido a la adaptación del equipo al sistema, entre la semanas 8 y 13 se presentó una baja en el PPC (ver gráfico 27) debido a problemas asociados con la mano de obra que se dan por la alta rotación del personal, ausencia del personal, mala estimación de rendimientos y poca capacitación.

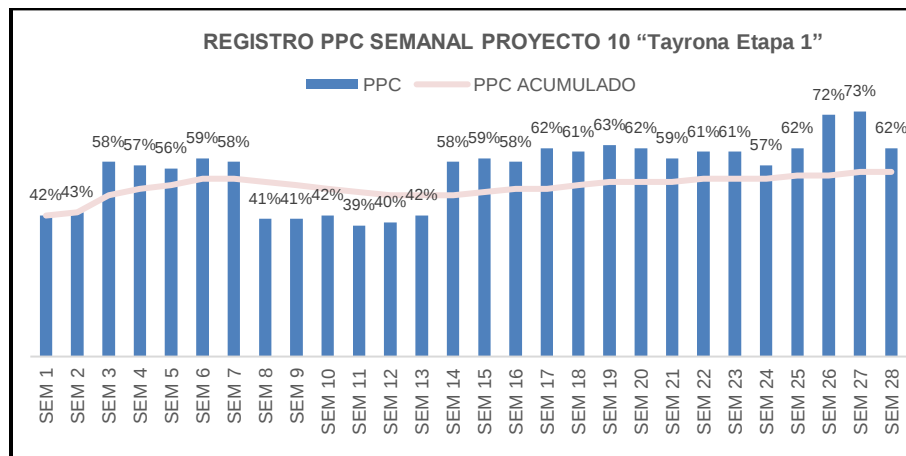


Gráfico 27. Registro PPC, Proyecto 10 (Pinto Vega, 2010)

La mayor causa de NO cumplimiento fue los problemas asociados a la mano de obra (ver gráfico 28), esto debido a muchas situaciones que se presentaron: los contratos no fueron realizados a tiempo, las especificaciones constructivas no se dieron de la manera correcta, problemas sociales, salud, falta de educación, alta rotación, falta de capacitación e inestabilidad laboral.

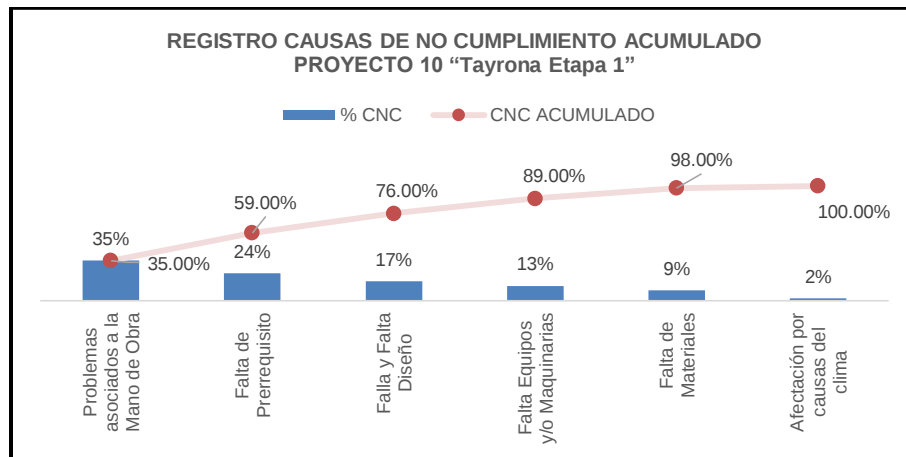


Gráfico 28. Registro CNC acumulado, Proyecto 10 (Pinto Vega, 2010)

5.11. Proyecto 11

El PPC promedio fue del 94%, al inicio el PPC fue del 67% debido a la adaptación del equipo al sistema, en la semana 6, 7 y 14 el PPC fue del 75% debido a la afectación por el clima, a la falta de materiales y problemas asociados a la mano de obra (ver gráfico 29 y 30), sin embargo la implementación del sistema arrojó buenos resultados.

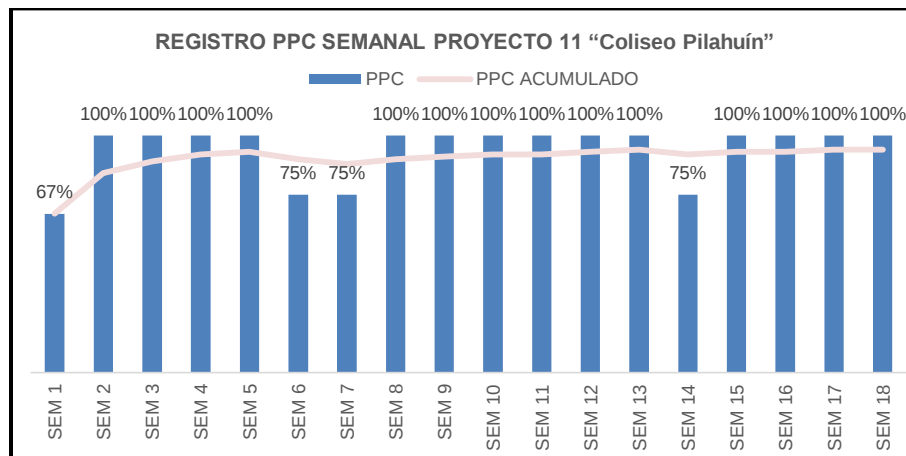


Gráfico 29. Registro PPC, Proyecto 11 (Taco Valle, 2015)

La mayor causa de NO cumplimiento fue la afectación por el clima (ver gráfico 30), se presentaron días lluviosos en la semana 1 y 7, además, problemas asociados a la mano de obra siendo una causa encontrada en mucho proyectos debido al factor social y la naturaleza de la mano de obra en la construcción; la falta de materiales se atribuye principalmente a la no fiscalización de la liberación de restricciones. (Ver gráfico 31).

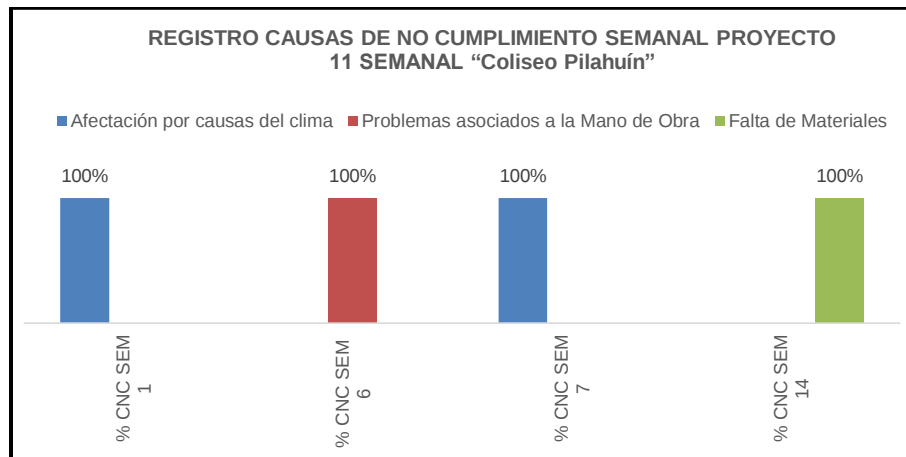


Gráfico 30. Registro CNC Semanal, Proyecto 11 (Taco Valle, 2015)

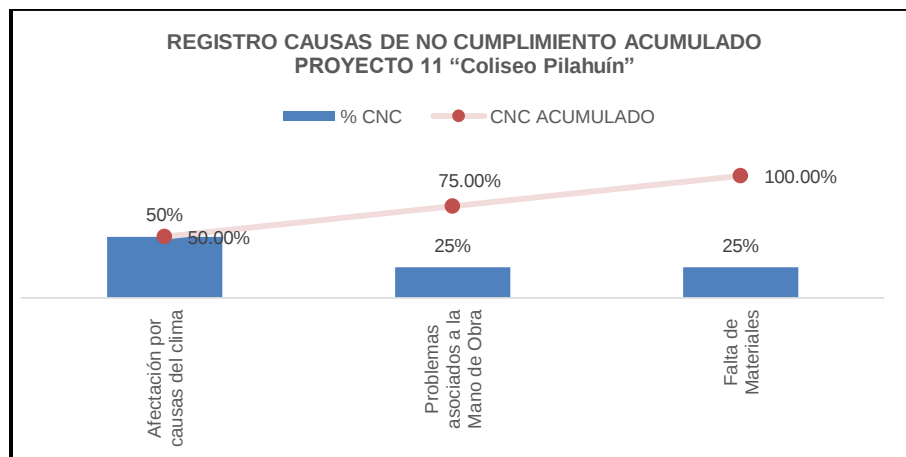


Gráfico 31. Registro CNC Acumulado, Proyecto 11 (Taco Valle, 2015)

5.12. Proyecto 12

El PPC promedio fue 57%, en la semana 1, 15 y 20 se tuvieron PPC muy bajos del 35%, 30% y el 25% respectivamente (ver gráfico 32) y esto se debió al proceso de adaptación, situaciones externas (festividad fiestas patrias) y a un imprevisto en la semana 20 que fue un accidente de alta gravedad que conllevó a parar las labores.

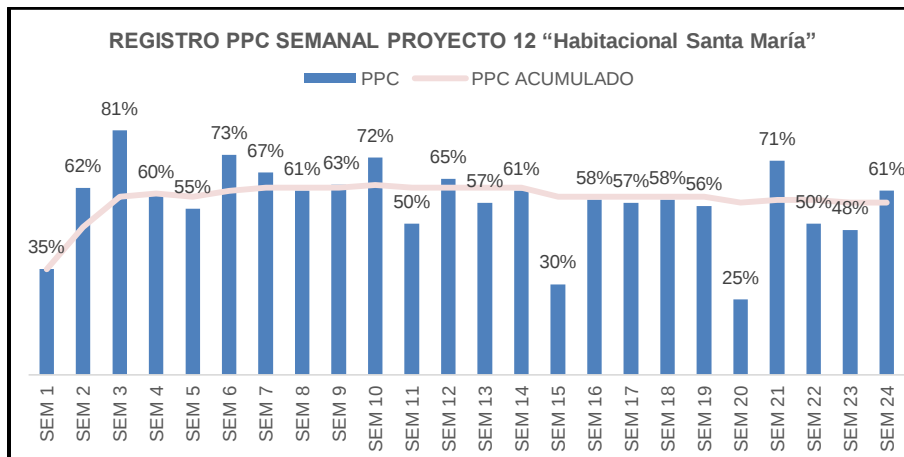


Gráfico 32. Registro PPC, Proyecto 12 (Cases Company, 2015)

La mayor causa de NO cumplimiento fue la falta de prerequisite debido a la falla con los subcontratistas que no entregaban las actividades precedentes a tiempo, esta causa se ha presentado en los anteriores proyectos y se debe principalmente la falta de fiscalización en la liberación de restricciones. (Ver gráfico 33).

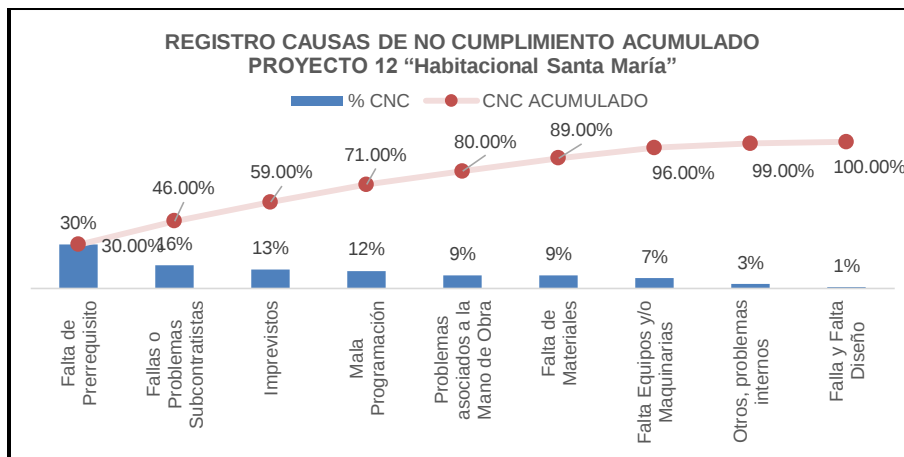


Gráfico 33. Registro CNC Acumulado, Proyecto 12 (Cases Company, 2015)

5.13. Proyecto 13.

El PPC promedio fue de un 86% observando un comportamiento bastante lineal; en las primeras 4 semanas marcadas en rojo no se implementó el sistema, con el fin de realizar un comparativo, en la semana 5 el PPC fue del 78% y se debe a la adaptación por parte del equipo al sistema. (Ver gráfico 34).

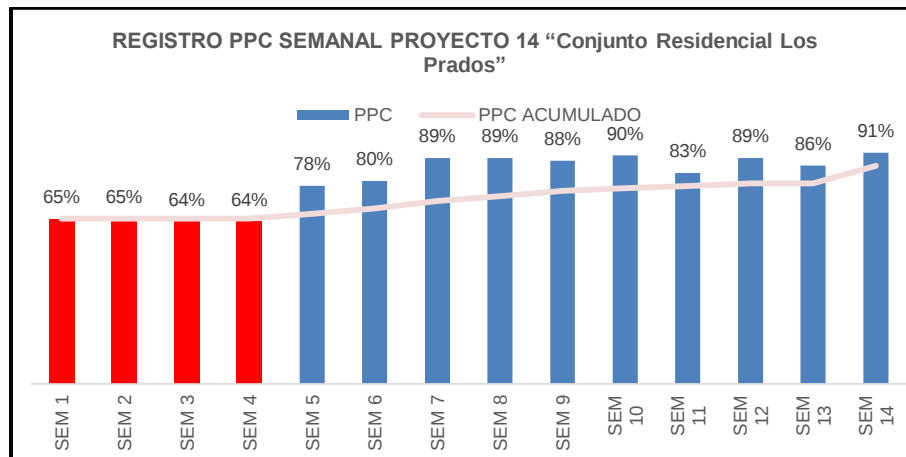


Gráfico 34. Registro PPC, Proyecto 13 (Ocampo Quirola, 2011)

La mayor causa de NO cumplimiento fue los problemas asociados con la mano de obra (ver gráfico 35), esto se debe a muchas situaciones expuestas anteriormente, seguido al cambio de prioridades que genera que se programe una actividad y se cambie a último momento.

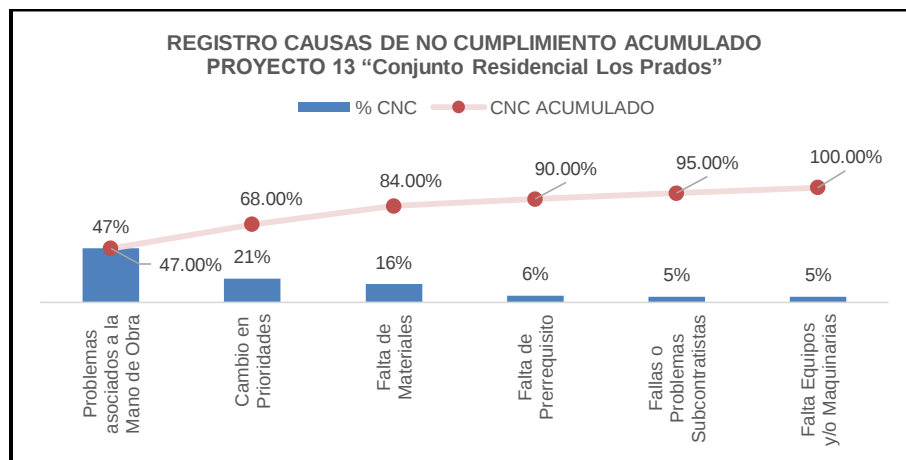


Gráfico 35. Registro CNC Acumulado, Proyecto 13 (Ocampo Quirola, 2011)

5.14. Proyecto 14

El PPC promedio fue 71%, en la semana 2 y 6 se presentaron dos PPC muy bajos equivalentes al 33% (ver gráfico 36), debido a la ausencia del personal que realizaba determinada actividad y a la salida de un trabajador que ejecutaba una tarea específica y no se llevó a cabo en la semana 6, también a días lluviosos que generaron que 2 actividades en zonas exteriores solo se iniciaran hasta el 4to día de la semana. Se observó alta variabilidad en la implementación debido a que se presentaron descensos muy representativos en la semana 2, 5, 6, 7 y 10.

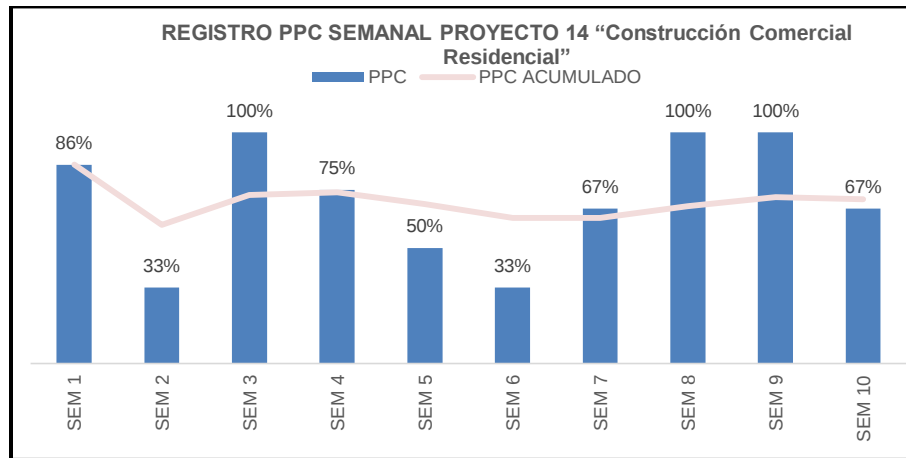


Gráfico 36. Registro PPC, Proyecto 14 (Todeschini Roehrs, 2012)

La mayor causa de NO cumplimiento fue la afectación por el clima (ver gráfico 37), seguido del bajo rendimiento de mano de obra debido al ausentismo del personal. Estas dos causas generaron descensos en los registros del PPC muy marcados que llevaron a que se tuviera una alta variabilidad en los resultados.

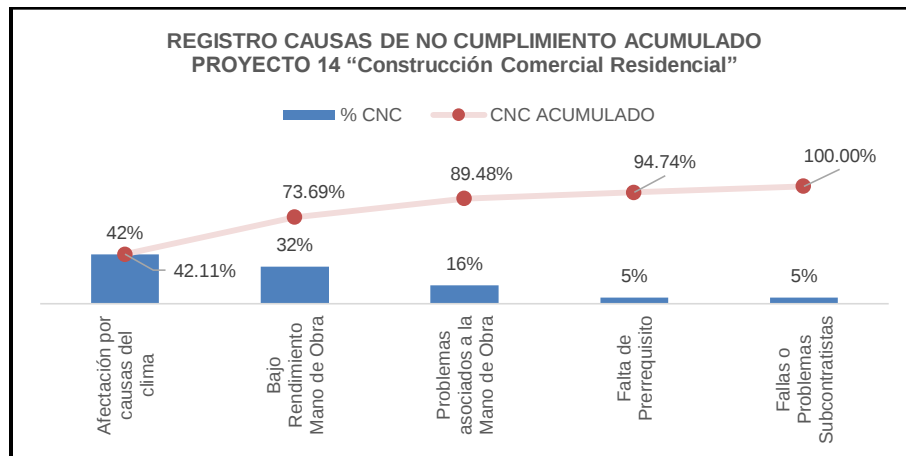


Gráfico 37. Registro CNC Acumulado, Proyecto 14 (Todeschini Roehrs, 2012)

En la tabla 5 se realizan análisis de los PPC más críticos encontrados en los 14 proyectos y las CNC que generaron que esas semanas tuvieran PPC bajos, así como los PPC promedios y las CNC más encontradas en cada proyecto.

PROYECTOS	PPC BAJO-CNC	PPC PROMEDIO- CNC MAYOR
1. Parque Espoz	PPC del 26% semana 14, Falta de coordinación y problemas subcontratistas	PPC Prom del 52%, fallas o problemas subcontratistas y falta prerequisite desconocimiento sistema y no se fiscalizo liberación de restricciones
2. Corredor Parcial de Envigado	PPC del 11% semana 13, se programan actividades sin liberar restricciones.	PPC Prom del 63%, fallas en la mano de obra y problemas externos (comunidad) no se contrató suficiente personal
3. Mirador Bahía	PPC del 60% y 55% 2 primeras semanas debido a la adaptación al sistema.	PPC Prom. 77% y 75%, a mitad y final de semana, cambio de prioridades se realizaron actividades distintas del lookahead y fallas en el diseño.
4. Habilitación Urbana	PPC del 25% semana 1 debido a la adaptación al sistema.	PPC Prom 74%. Falta de prerequisite, falta de materiales y falta de equipos, mala liberación de restricciones.
5. Universidad Ciudad	PPC del 43% semana 7 debido a la mala liberación de restricciones.	PPC Prom 59%. problemas subcontratistas no cumplían los compromisos pactados y otros como mala comunicación y coordinación
6. Natura Ecoparque	PPC del 14% semana 1 falta prerequisite mala liberación de restricciones	PPC Prom 78% otros problemas internos y falta de prerequisite por la entrada de nuevos contratistas
7. Campus PUCE-NAYÓN	PPC del 54% semana 3 falta de mano de obra, por mala estimación de rendimientos.	PPC Prom 82%. Problemas asociados a la mano de obra, mala estimación de los rendimientos y falta prerequisite.
8. I.E San José de Maryland	PPC del 33% y 31% semana 1 y 9 respectivamente, falta de materiales, equipos y herramientas por el excesivo control administrativo	PPC Prom 58%. Falta de equipos y maquinarias y problemas asociados a la mano de obra por baja motivación.
9. Estacionamientos Subterráneos	PPC del 55% semana 11 falta de prerequisite por mala estimación de rendimientos y no se fiscaliza la liberación de restricciones	PPC Prom 74%. Falta de prerequisite y problemas asociados a la mano de obra por la difícil consecución de esta y la deserción.
10. Tayrona Etapa 1	PPC del 42% semana 1 y 2 debido a adaptación del sistema y entre la semana 8 y 13 PPC promedio del 41% debido a problemas asociados a la mano de obra	PPC Prom 55%. Problemas asociados a la mano de obra debido a la ausencia del personal, alta rotación y mala estimación rendimientos y falta de prerequisite por la no fiscalización de la liberación de restricciones

11. Coliseo Pilahuín	PPC del 67% semana 1 adaptación al sistema	PPC Prom 94% Problemas asociados a la mano de obra, implementación del sistema arrojó muy buenos resultados.
12. Habitacional Santa María	PPC del 35%, 30% y 25% semana 1, 15 y 20 respectivamente debido a la adaptación al sistema, y problemas externos	PPC Prom 57% falta prerequisite y problemas subcontratistas estas dos causas están ligadas puesto que los subcontratistas no entregaban el prerequisite a tiempo.
13. Conjunto Residencial Los Prados	PPC 78% semana 1 debido a la adaptación al sistema	PPC Prom. 86% Problemas asociados a la mano de obra y cambio en prioridades por cambio de actividades en último momento
14. Construcción Comercial Residencial	PPC 33% semanas 2 y 6, problemas asociados a la mano de obra por ausencia del personal.	PPC Prom. 71% afectaciones por el clima y problemas asociados a la mano de obra debido a la ausencia del personal.

Tabla 5. Resumen CNC y PPC 14 proyectos, análisis.

6. ANALISIS DE RESULTADOS GENERAL

Para el análisis de resultados de los 14 proyectos y el estudio de la variabilidad se utilizó la técnica de diagrama de cajas, representación gráfica basada en cuartiles, mediante la cual se visualiza un conjunto de datos que muestra las características principales de una distribución de frecuencias y señala los datos atípicos o extremos, pertenece a las herramientas de la estadística descriptiva. Permite ver como es la dispersión de los puntos con la mediana, los percentiles 25 y 75 y los valores máximos y mínimos, entre más alta la caja mayor variabilidad.

Para el análisis de las Causas de NO Cumplimiento, se utilizó la técnica de conglomerados o clúster que agrupa elementos (o variables) tratando de lograr la máxima homogeneidad en cada grupo y la mayor diferencia entre ellos.

6.1. Diagrama de Cajas Proyectos, Estudio Variabilidad PPC

A continuación se muestran los diagramas de cajas (Box Plot) de cada uno de los proyectos respecto a los PPC semanales y el resultado de la información estadística.

Mínimo: Es el valor mínimo encontrado en los PPC semanales de cada proyecto.

Máximo: Es el valor máximo encontrado en los PPC semanales de cada proyecto.

1° Cuartil: 25% de los datos es menor que o igual a este valor.

Mediana: 50% de los datos es menor que o igual a este valor.

3° Cuartil: 75% de los datos es menor que o igual a este valor.

Media: es el promedio de los datos

Q3-Q1: rango intercuartílico. Se representa gráficamente como el alto de las cajas en los diagramas. Y es el que muestra la variabilidad de los datos.

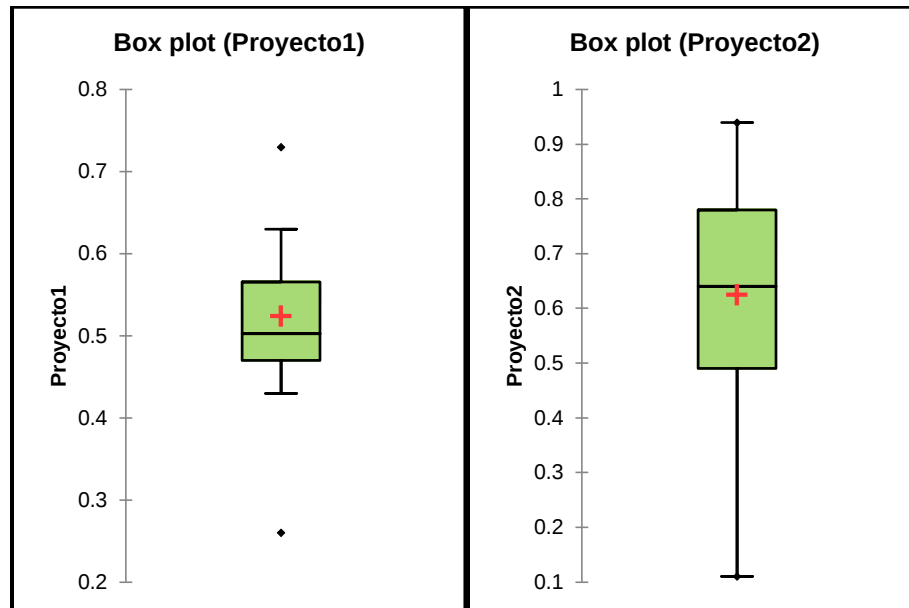


Gráfico. 38. Diagrama de caja proyecto 1 y 2

Estadístico	Proyecto1	Proyecto2
Mínimo	0.260	0.110
Máximo	0.730	0.940
1° Cuartil Q1	0.470	0.490
Mediana	0.503	0.640
3° Cuartil Q3	0.565	0.780
Media	0.524	0.626
Q3-Q1	0.095	0.290
Varianza (n-1)	0.012	0.044
Desviación típica (n-1)	0.108	0.210
Límite inferior de la media (95%)	0.476	0.546
Límite superior de la media (95%)	0.572	0.705
Límite inferior de la varianza (95%)	0.007	0.028
Límite superior de la varianza (95%)	0.024	0.081

Tabla 6. Datos estadísticos Proyecto 1 y 2

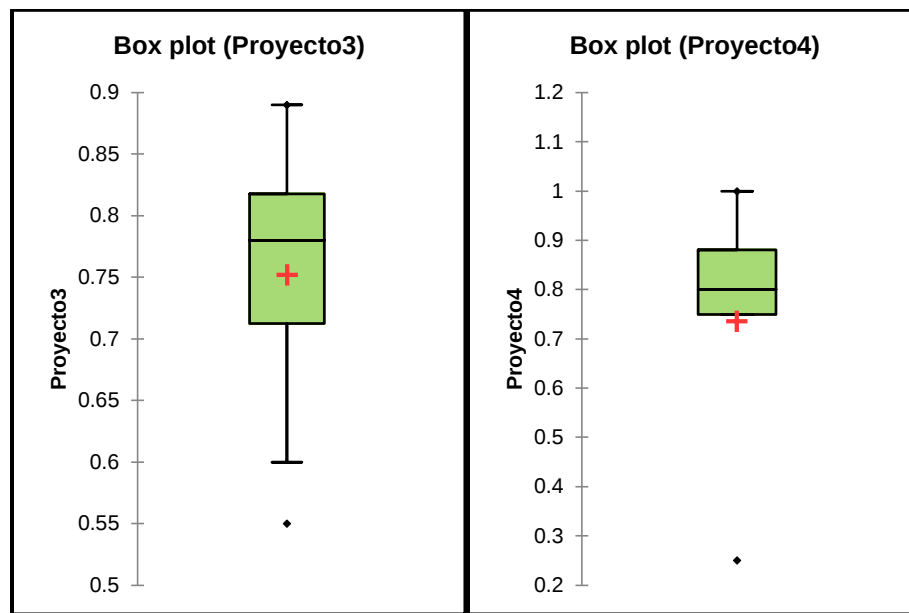


Gráfico 39. Diagrama de caja proyecto 3 y 4

Estadístico	Proyecto3	Proyecto4
Mínimo	0.550	0.250
Máximo	0.890	1.000
1° Cuartil Q1	0.713	0.750
Mediana	0.780	0.800
3° Cuartil Q3	0.818	0.880
Media	0.752	0.736
Q3-Q1	0.105	0.130
Varianza (n-1)	0.012	0.083
Desviación típica (n-1)	0.109	0.288
Límite inferior de la media (95%)	0.674	0.379
Límite superior de la media (95%)	0.830	1.093
Límite inferior de la varianza (95%)	0.006	0.030
Límite superior de la varianza (95%)	0.040	0.683

Tabla 7. Datos estadísticos Proyecto 3 y 4

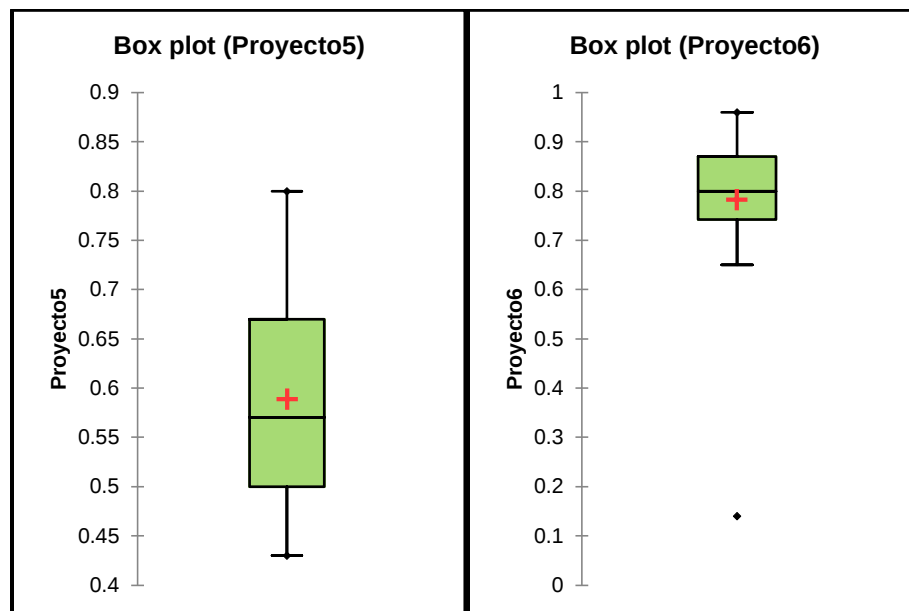


Gráfico 40. Diagrama de caja proyecto 5 y 6

Estadístico	Proyecto5	Proyecto6
Mínimo	0.430	0.140
Máximo	0.800	0.960
1° Cuartil Q1	0.500	0.743
Mediana	0.570	0.800
3° Cuartil Q3	0.670	0.870
Media	0.589	0.783
Q3-Q1	0.170	0.128
Varianza (n-1)	0.013	0.018
Desviación típica (n-1)	0.116	0.135
Límite inferior de la media (95%)	0.500	0.741
Límite superior de la media (95%)	0.678	0.824
Límite inferior de la varianza (95%)	0.006	0.012
Límite superior de la varianza (95%)	0.049	0.029

Tabla 8. Datos estadísticos Proyecto 5 y 6

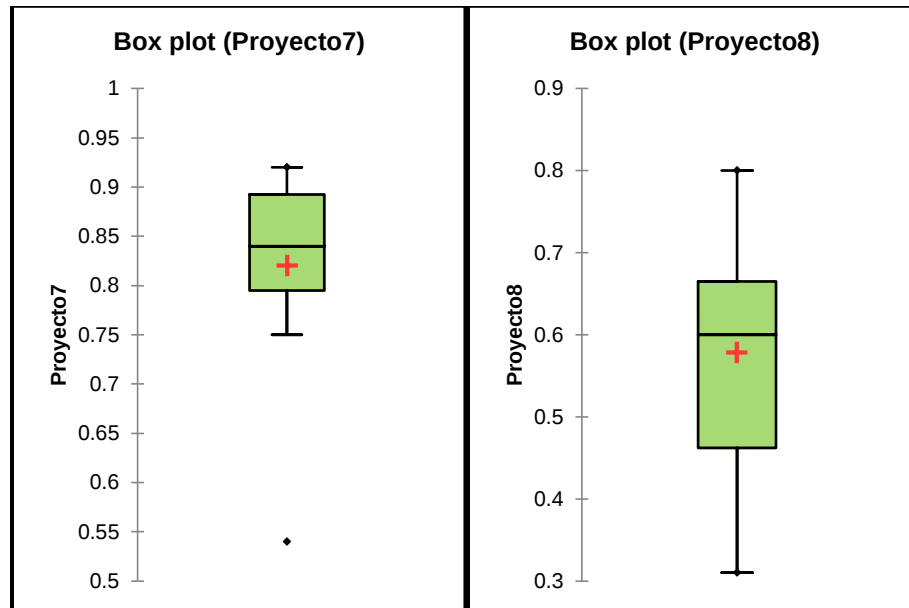


Gráfico 41. Diagrama de caja proyecto 7 y 8

Estadístico	Proyecto7	Proyecto8
Mínimo	0.540	0.310
Máximo	0.920	0.800
1° Cuartil Q1	0.795	0.463
Mediana	0.840	0.600
3° Cuartil Q3	0.893	0.665
Media	0.820	0.578
Q3-Q1	0.098	0.203
Varianza (n-1)	0.011	0.018
Desviación típica (n-1)	0.104	0.134
Límite inferior de la media (95%)	0.754	0.519
Límite superior de la media (95%)	0.886	0.637
Límite inferior de la varianza (95%)	0.005	0.011
Límite superior de la varianza (95%)	0.031	0.036

Tabla 9. Datos estadísticos Proyecto 7 y 8

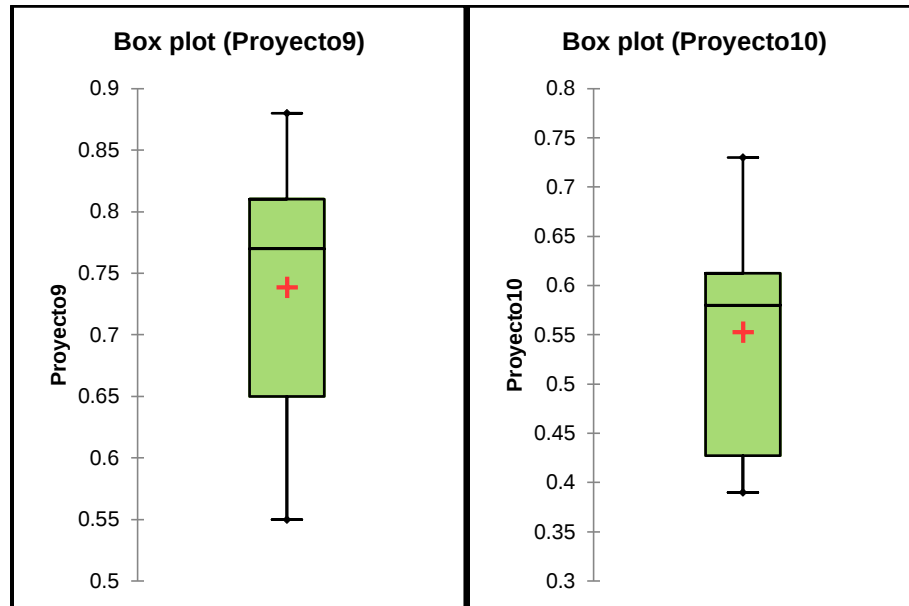


Gráfico 42. Diagrama de caja proyecto 9 y 10

Estadístico	Proyecto9	Proyecto10
Mínimo	0.550	0.390
Máximo	0.880	0.730
1° Cuartil Q1	0.650	0.428
Mediana	0.770	0.580
3° Cuartil Q3	0.810	0.613
Media	0.739	0.553
Q3-Q1	0.160	0.185
Varianza (n-1)	0.009	0.010
Desviación típica (n-1)	0.096	0.098
Límite inferior de la media (95%)	0.695	0.515
Límite superior de la media (95%)	0.782	0.591
Límite inferior de la varianza (95%)	0.005	0.006
Límite superior de la varianza (95%)	0.019	0.018

Tabla 10. Datos estadísticos Proyecto 9 y 10

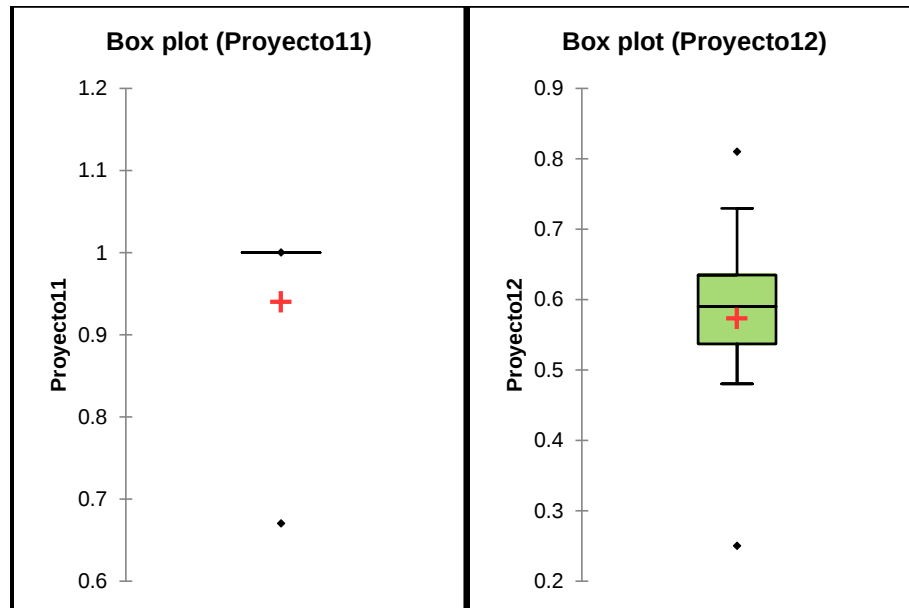


Gráfico 43. Diagrama de caja proyecto 11 y 12

Estadístico	Proyecto11	Proyecto12
Mínimo	0.670	0.250
Máximo	1.000	0.810
1° Cuartil Q1	1.000	0.538
Mediana	1.000	0.590
3° Cuartil Q3	1.000	0.635
Media	0.940	0.573
Q3-Q1	0.000	0.097
Varianza (n-1)	0.014	0.017
Desviación típica (n-1)	0.117	0.131
Límite inferior de la media (95%)	0.882	0.518
Límite superior de la media (95%)	0.998	0.629
Límite inferior de la varianza (95%)	0.008	0.010
Límite superior de la varianza (95%)	0.031	0.034

Tabla 11. Datos estadísticos Proyecto 11 y 12

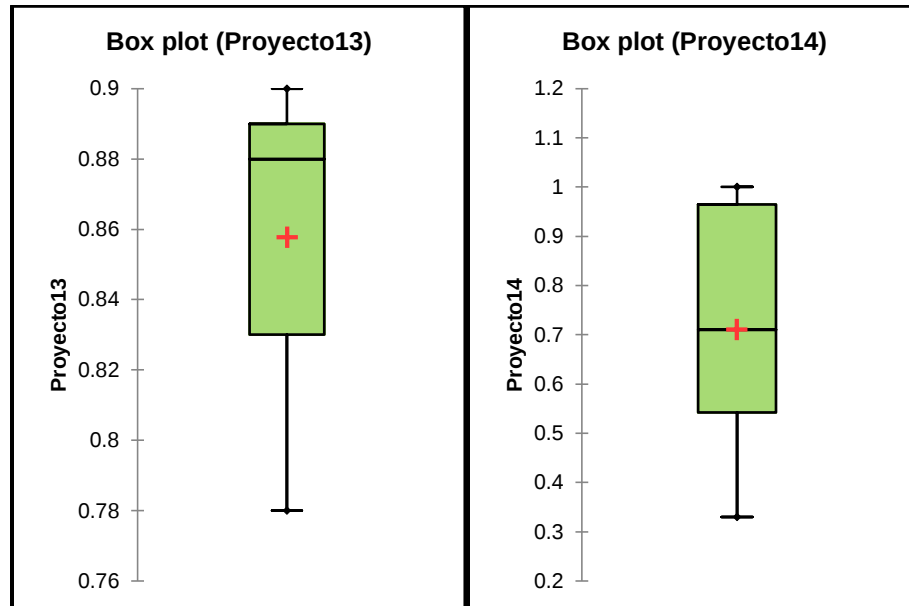


Gráfico 44. Diagrama de caja proyecto 13 y 14

Estadístico	Proyecto13	Proyecto14
Mínimo	0.780	0.330
Máximo	0.900	1.000
1° Cuartil Q1	0.830	0.543
Mediana	0.880	0.710
3° Cuartil Q3	0.890	0.965
Media	0.858	0.711
Q3-Q1	0.060	0.423
Varianza (n-1)	0.002	0.068
Desviación típica (n-1)	0.044	0.261
Límite inferior de la media (95%)	0.824	0.524
Límite superior de la media (95%)	0.892	0.898
Límite inferior de la varianza (95%)	0.001	0.032
Límite superior de la varianza (95%)	0.007	0.227

Tabla 12. Datos estadísticos Proyecto 13 y 14

El gráfico 45 ilustra el diagrama de caja general de los 14 proyectos, la tabla 13 consolida los datos estadísticos de referencia para el análisis de la variabilidad de cada proyecto. La distancia entre el Q3 (Cuartil 3) menos el Q1 (Cuartil 1) es el rango Intercuartílico y mide la amplitud de la distribución de los datos. El valor obtenido como referencia fue Q3-Q1 es de 19%, es decir que: los rangos intercuartílicos de cada proyecto que estén por encima de este valor se consideran proyectos con alta variabilidad.

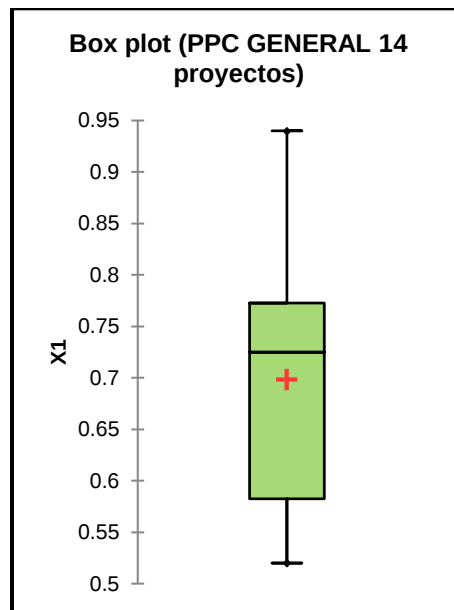


Gráfico 45. Diagrama de caja General 14 proyectos

Estadístico	X1
No. de observaciones	14
Mínimo	0.520
Máximo	0.940
1° Cuartil Q1	0.583
Mediana	0.725
3° Cuartil Q3	0.773
Media	0.699
Q3-Q1 Rango Intercuartílico	0.190
Varianza (n-1)	0.016
Desviación típica (n-1)	0.128

Tabla 13. Datos estadísticos 14 Proyectos

Los proyectos 2, 8, 10 y 14 presentaron una variabilidad alta, según los diagramas de cajas fueron los que presentaron cajas más altas con respecto a la general de los 14 proyectos (ver gráfico 46 y tabla 14).

El proyecto 2 durante su ejecución presentó varias inconsistencias que generaron esa alta variabilidad, las obras fueron suspendidas debido a cambios en las especificaciones y diseños, el proyecto incluía la tala de árboles y la comunidad se opuso a esta situación generando cambios en la programación, dando como resultado inestabilidad en la ejecución, la vinculación del personal se convirtió en un riesgo para la administración; las mayores causas de NO cumplimiento encontradas con un 33% de incidencia fueron los problemas asociados a la mano de obra y problemas externos.

El proyecto 8 presentó diversos errores administrativos que generaron que la implementación del sistema no fuera exitosa, entre ellos excesivos trámites para realizar los pedidos generando que la mayor causa de NO cumplimiento encontrada fuera la falta de equipos y/o maquinaria, además, se tuvieron errores en la planificación, mala interpretación y utilización del indicador PPC.

El proyecto 10 presentó problemas sociales, inestabilidad laboral, alta rotación de personal, bajos ingresos percibidos y una mala comunicación entre el personal administrativo y operativo, generando que la mayor causa de NO cumplimiento fuera problemas asociados la mano de obra.

El proyecto 14 presentó varios días lluviosos generando que no se completaran las actividades, además, de ausentismo del personal, siendo estas dos las causas de NO cumplimiento más representativas que generaron la variabilidad en los resultados.

Los proyectos 3, 4, 5, 6, 9 presentaron una variabilidad por debajo del 19% y por encima del 10%, se considera que no obtuvieron una variabilidad alta pues no pasaron el límite de esta investigación pero tampoco muestran una variabilidad baja, son proyectos que presentaron inconvenientes y eso generó que su comportamiento fuera intermedio, la causa de no cumplimiento que tuvieron en común estos proyectos fue la falta de prerequisite.

Los proyectos 1, 7, 11, 12 y 13 fueron los que más baja variabilidad presentaron, en especial el proyecto 11 que no presentó variabilidad, este proyecto se implementó 18 semanas y su mayor causa de NO cumplimiento fue la afectación por el clima.

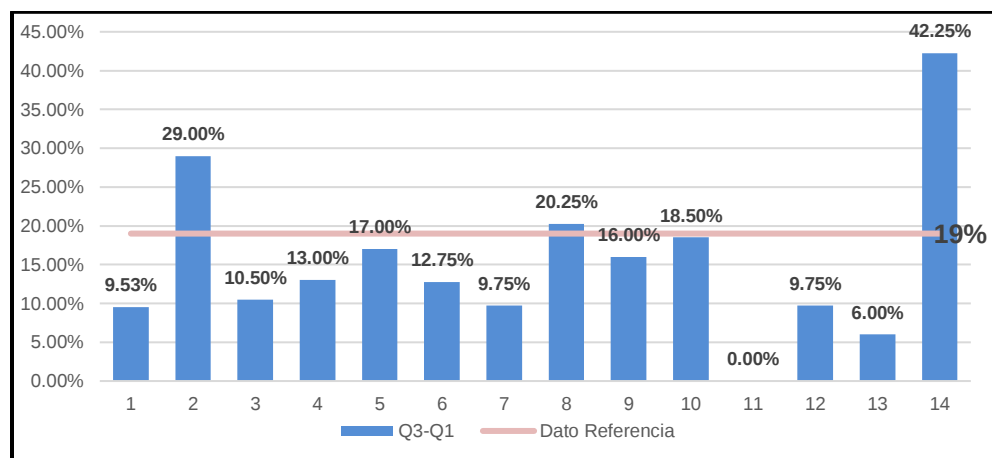


Gráfico 46. Rango Intercuartílico vs Proyectos

#	PROYECTO	1° Cuartil Q1	3° Cuartil Q3	Mediana	Media	Q3-Q1	MAYOR CNC	%
1	Parque Espoz	47.00%	56.53%	50.25%	52.44%	9.53%	Fallas o Problemas Subcontratistas	50.00%
2	Corredor Parcial de Envigado	49.00%	78.00%	64.00%	62.55%	29.00%	Problemas asociados a la Mano de Obra	33.00%
3	Mirador Bahía	71.25%	81.75%	78.00%	75.20%	10.50%	Falla y Falta Diseño	21.00%
4	Habilitación Urbana	75.00%	88.00%	80.00%	73.60%	13.00%	Falta de Prerrequisito	29.00%
5	Universidad Ciudad	50.00%	67.00%	57.00%	58.89%	17.00%	Fallas o Problemas Subcontratistas	42.00%
6	Natura Ecoparque	74.25%	87.00%	80.00%	78.25%	12.75%	Falta de Prerrequisito	25.35%
7	Campus PUCE-NAYÓN	79.50%	89.25%	84.00%	82.00%	9.75%	Problemas asociados a la Mano de Obra	34.78%
8	I.E. San José de Maryland	46.25%	66.50%	60.00%	57.82%	20.25%	Falta Equipos y/o Maquinarias	23.00%
9	Estacionamientos Subterráneos	65.00%	81.00%	77.00%	73.86%	16.00%	Falta de Prerrequisito	41.00%
10	Tayrona Etapa 1	42.75%	61.25%	58.00%	55.29%	18.50%	Problemas asociados a la Mano de Obra	35.00%
11	Coliseo Pilahuín	100.00%	100.00%	100.00%	94.00%	0.00%	Afectación por causas del clima	50.00%
12	Habitacional Santa María	53.75%	63.50%	59.00%	57.33%	9.75%	Falta de Prerrequisito	30.00%
13	Conjunto Residencial Los Prados	83.00%	89.00%	88.00%	85.78%	6.00%	Problemas asociados a la Mano de Obra	47.00%
14	Construcción Comercial Residencial	54.25%	96.50%	71.00%	71.10%	42.25%	Afectación por causas del clima	42.11%
Dato Referencia		58.25%	77.25%	72.50%	69.86%	19.00%		

Tabla 14. Resumen Proyectos

6.2. Análisis CNC mediante de diagrama de cajas y clúster

La tabla 15 y el gráfico 47 muestra las causas de NO cumplimiento encontradas en los proyectos.

PROYECTOS		Problemas asociados a la Mano de Obra	Falta de Prerrequisito	Falta de Materiales	Afectación por causas del clima	Fallas o Problemas Subcontratistas	Falta Equipos y/o Maquinarias	Mala Programación	Falla y Falta Diseño	Otros, problemas internos	Problemas Externos	Bajo Rendimiento Mano de Obra	Cambio en Prioridades	Imprevistos
1	Parque Espoz	14.00%	16.00%	15.00%	0.00%	38.00%	0.00%	12.00%	3.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	2.00%
2	Corredor Parcial de Envigado	33.00%	10.00%	2.00%	3.00%	0.00%	1.00%	1.00%	17.00%	0.00%	33.00%	0.00%	0.00%	0.00%
3	Mirador Bahía	0.00%	3.00%	0.00%	18.00%	7.00%	0.00%	6.00%	21.00%	6.00%	21.00%	0.00%	18.00%	0.00%
4	Habilitación Urbana	7.00%	29.00%	28.50%	0.00%	0.00%	28.50%	7.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
5	Universidad Ciudad	0.00%	0.00%	12.00%	10.00%	42.00%	12.00%	0.00%	7.00%	17.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
6	Natura Ecoparque	1.00%	25.00%	8.00%	3.00%	0.00%	9.00%	17.00%	8.00%	29.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
7	Campus PUCE-NAYÓN	34.78%	17.39%	17.39%	0.00%	0.00%	13.05%	17.39%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
8	I.E San José de Maryland	0.00%	18.00%	16.00%	6.00%	11.00%	23.00%	0.00%	0.00%	7.00%	0.00%	19.00%	0.00%	0.00%
9	Estacionamientos Subterráneos	31.00%	41.00%	5.00%	0.00%	2.00%	0.00%	5.00%	2.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	14.00%
10	Tayrona Etapa 1	35.00%	24.00%	9.00%	2.00%	0.00%	13.00%	0.00%	17.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
11	Coliseo Pilahuín	25.00%	0.00%	25.00%	50.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
12	Habitacional Santa María	9.00%	30.00%	9.00%	0.00%	16.00%	7.00%	12.00%	1.00%	3.00%	0.00%	0.00%	0.00%	13.00%
13	Conjunto Residencial Los Prados	47.00%	6.00%	16.00%	0.00%	5.00%	5.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	21.00%	0.00%
14	Construcción Comercial Residencial	15.79%	5.26%	0.00%	42.11%	5.26%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	31.58%	0.00%	0.00%
MEDIA		18.04%	16.05%	11.64%	9.58%	9.02%	7.97%	5.53%	5.43%	4.43%	3.86%	3.61%	2.79%	2.07%

Tabla 15. Causas de NO cumplimiento 14 proyectos escogidos.

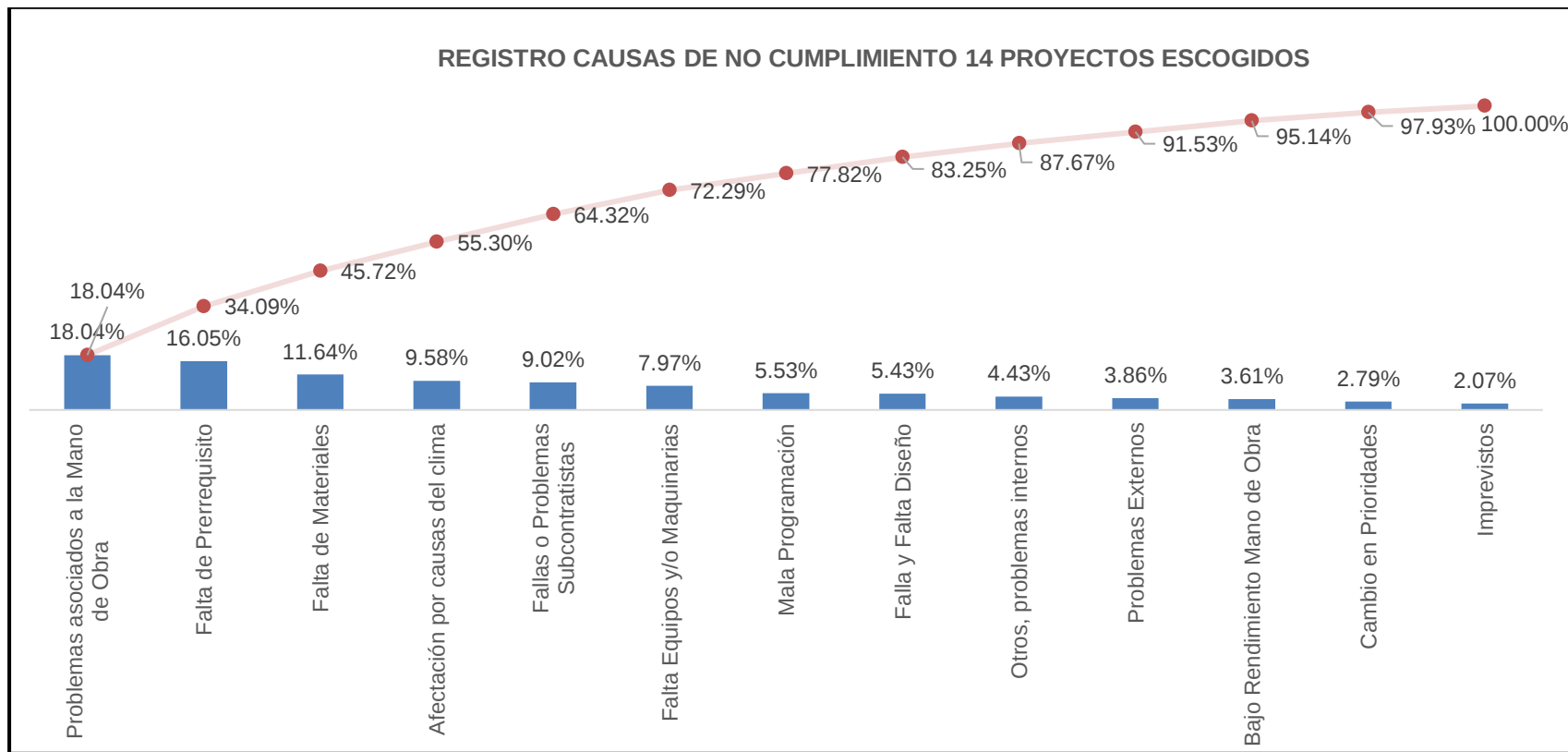


Gráfico 47. Registro CNC 14 proyectos escogidos

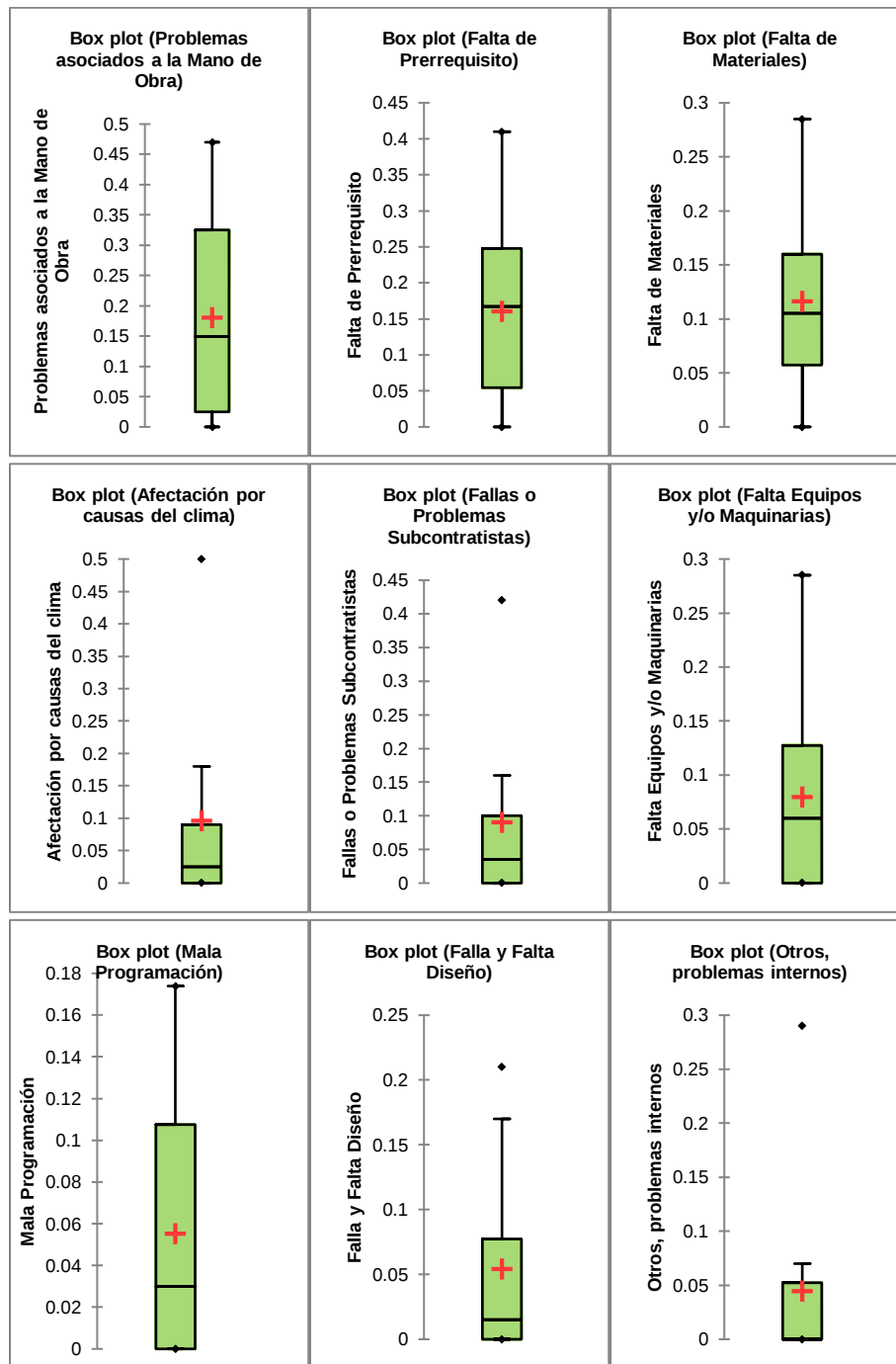
El gráfico 48 y la tabla 16, presenta el diagrama de caja de las causas de NO cumplimiento, las más representativas fueron: problemas asociados a la mano de obra, falta de prerequisite, falta de materiales, afectación por causas del clima, falla o problemas subcontratistas, falta de equipos y/o maquinarias, mala programación, fallas y falta diseño y otros problemas internos; las otras 4 no alcanzaron a mostrar diagrama de caja debido a que no se presentaron repetitivamente en los proyectos.

Análisis diagrama de cajas CNC: la mediana nos indica que el 50% de los datos de los proyectos tuvieron un 14.9% de problemas asociados a la mano de obra, un 16.7% de falta de prerequisite y un 10.5% de falta de materiales, además, si observamos el comportamiento de las gráficas encontramos que los problemas asociados a la mano de obra y la falta de prerequisite fueron las causas que más variabilidad tuvieron, es decir se encontraron en los proyectos con diferentes porcentajes desde un 47% hasta un 0.00% para el caso de los problemas asociados a la mano de obra y desde un 41% hasta un 0.00% la falta de prerequisite.

Los cuartiles Q3 y Q1 nos indican; para el primer cuartil (Q1) el 25% de los datos de los proyectos tuvieron el 2.5% de problemas asociados a la mano de obra, el 5.4% falta de prerequisite y el 5.8% falta de materiales, las demás causas no se alcanzaron a presentar en esa porción del 25%, para el tercer cuartil (Q3) el 75% de los datos de los proyectos tuvieron el 32.5% de problemas asociados a la mano de obra, el 24,8% falta de prerequisite, el 16% falta de materiales el 12.8% falta de equipos y/o maquinaria, el 10.8% mala programación y el 10% fallas o problemas subcontratistas.

En conclusión las causas de NO cumplimiento en el momento de una primera implementación de LPS que requieren de mayor control son las que tuvieron un porcentaje alto en su primer cuartil pues se presentan en casi todos los proyectos y se mantienen con altas variaciones, estas son: **Problemas Asociados a la Mano de Obra, Falta de Prerequisite y Falta de Materiales.**

Es importante a su vez tener en cuenta las mayores causas encontradas en los proyectos que presentaron alta variabilidad, las cuales fueron según la *tabla 14 resumen proyectos*: **Problemas Asociados a la Mano de Obra, Falta de Equipos y/o Maquinaria y Afectación por Causas del Clima.**



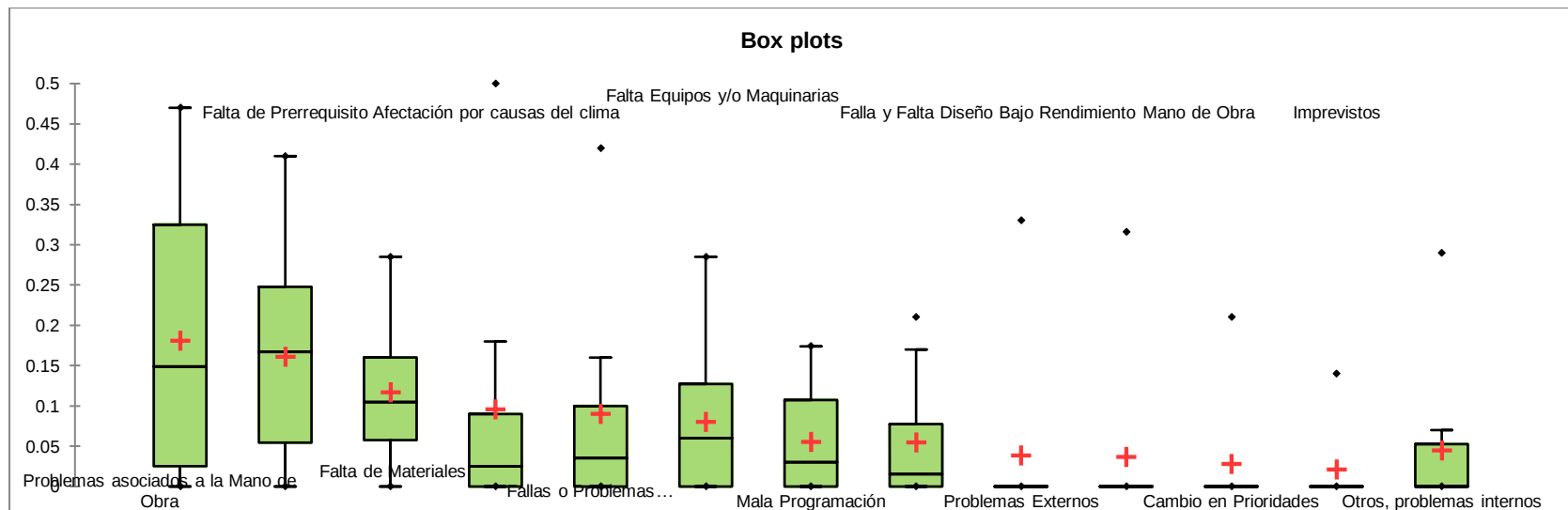
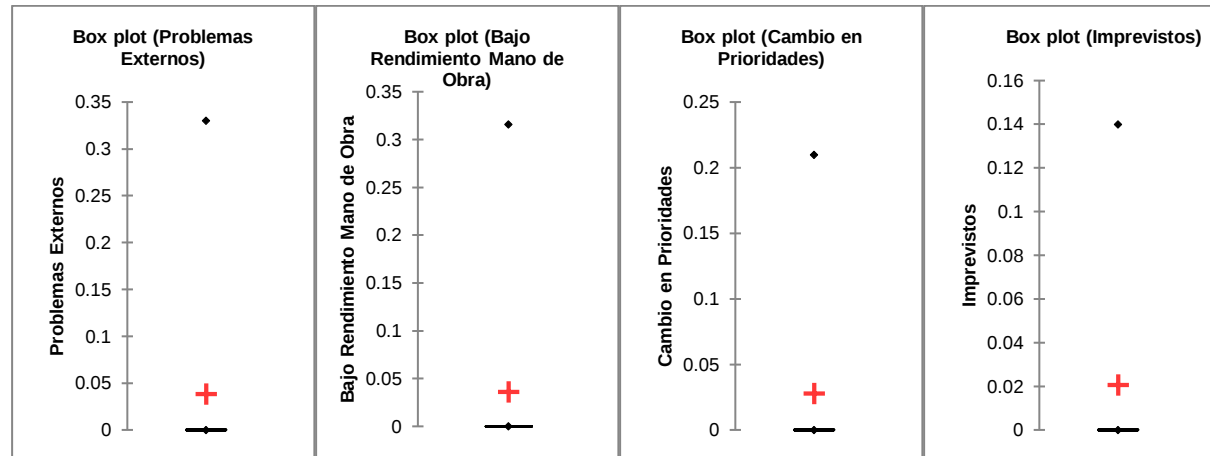


Gráfico 48. Diagramas de cajas CNC

Estadístico	Problemas asociados a la Mano de Obra	Falta de Prerrequisito	Falta de Materiales	Afectación por causas del clima	Fallas o Problemas Subcontratistas	Falta Equipos y/o Maquinarias	Mala Programación	Falla y Falta Diseño	Problemas Externos	Bajo Rendimiento Mano de Obra	Cambio en Prioridades	Imprevistos	Otros, problemas internos
No. de observaciones	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
Mínimo	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Máximo	0.470	0.410	0.285	0.500	0.420	0.285	0.174	0.210	0.330	0.316	0.210	0.140	0.290
1° Cuartil Q1	0.025	0.054	0.058	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Mediana	0.149	0.167	0.105	0.025	0.035	0.060	0.030	0.015	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
3° Cuartil Q3	0.325	0.248	0.160	0.090	0.100	0.128	0.108	0.078	0.000	0.000	0.000	0.000	0.053
Q3-Q1	0.300	0.193	0.103	0.090	0.100	0.128	0.108	0.078	0.000	0.000	0.000	0.000	0.053
Media	0.180	0.160	0.116	0.096	0.090	0.080	0.055	0.054	0.039	0.036	0.028	0.021	0.044
Varianza (n-1)	0.026	0.016	0.008	0.027	0.020	0.008	0.004	0.006	0.010	0.009	0.005	0.002	0.007
Desviación típica (n-1)	0.160	0.126	0.087	0.163	0.140	0.092	0.066	0.075	0.101	0.095	0.071	0.049	0.085

Tabla 16. Datos estadísticos CNC

El gráfico 49 nos presenta el clúster de las causas de NO cumplimiento, y realizando un análisis encontramos lo siguiente:

Los proyecto 1, 4, 5, 6, 8 y 12 tienen como causa mayor de NO cumplimiento la Falta de Prerrequisito y las fallas o problemas subcontratistas y pertenecen al perfil 1 de color rojo.

Los proyecto 2 y 3 tienen como causa mayor de NO cumplimiento los Problemas Externos y pertenecen al perfil 2 de color azul.

Los proyecto 7, 9, 10 y 13 tienen como causa mayor de NO cumplimiento los Problemas Asociados a la mano de obra y pertenecen al perfil 3 de color verde.

Los proyecto 11 y 14 tienen como causa mayor de NO cumplimiento la Afectación por Causas del Clima y pertenecen al perfil 4 de color morado.

Estas asociaciones permiten observar que los proyectos que tuvieron alta variabilidad el 2, 8, 10 y 14 no están relacionados directamente a sus causas de NO cumplimiento.

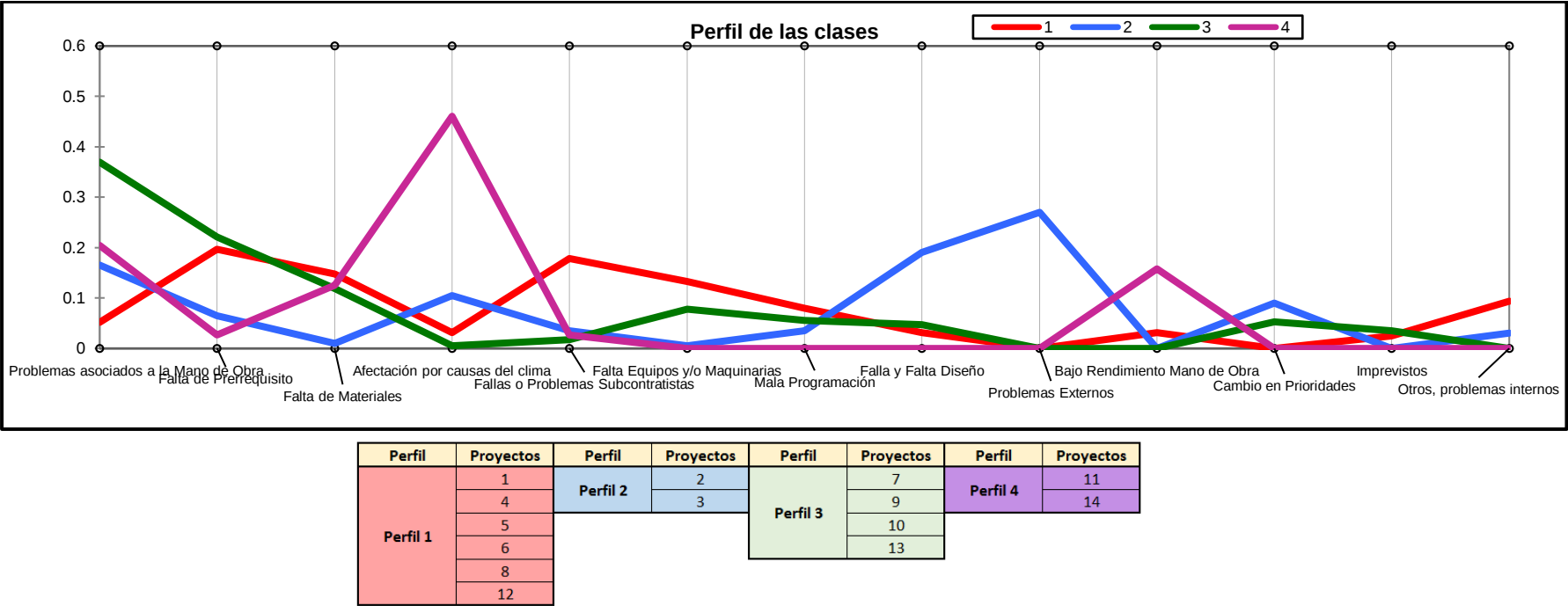


Gráfico 49. Cluster Causas de NO Cumplimiento

Si se realiza una clasificación del origen de las causas de NO cumplimiento se encuentra que aproximadamente el 40% equivalen a razones no manejables por la administración de la obra y hacen parte del riesgo característico de la actividad de construcción. Ver tabla 17 y gráfico 50 y el 60% son causas controlables por la administración de la obra.

CAUSAS	ORIGEN	% CNC	CNC ACUMULADO
Problemas asociados a la Mano de Obra	Interno	18.04%	18.04%
Falta de Prerrequisito	Interno	16.05%	34.09%
Falta de Materiales	Interno	11.64%	45.72%
Afectación por causas del clima	Externo	9.58%	55.30%
Fallas o Problemas Subcontratistas	Externo	9.02%	64.32%
Falta Equipos y/o Maquinarias	Externo	7.97%	72.29%
Mala Programación	Interno	5.53%	77.82%
Falla y Falta Diseño	Externo	5.43%	83.25%
Problemas Externos	Externo	3.86%	87.10%
Bajo Rendimiento Mano de Obra	Interno	3.61%	90.72%
Cambio en Prioridades	Interno	2.79%	93.50%
Imprevistos	Externo	2.07%	95.57%
Otros, problemas internos	Externo	4.43%	100.00%
RESUMEN			
Externo	42.35%		
Interno	57.65%		

Tabla 17. Resumen Causas NO cumplimiento y Origen

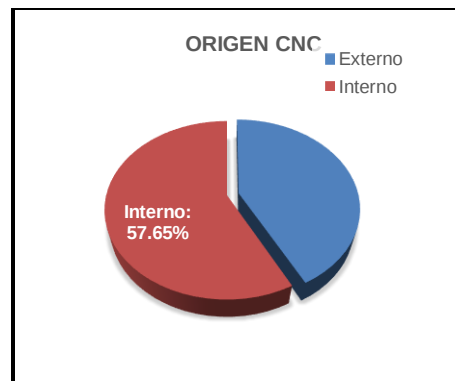


Gráfico 50. Origen CNC

La tabla No 18. Muestra las causas de NO cumplimiento de mayor control encontradas en esta investigación y las posibles soluciones propuestas por la autora desde la experiencia y la bibliografía encontrada durante la investigación.

CAUSA	PROBLEMAS	SOLUCIONES
Problemas asociados a la mano de obra	Rotación Personal, debido a contratos de corta duración, pocos incentivos y condiciones laborales deficientes	Generar estabilidad laboral, mediante contratos de mayor duración, dar premios al mejor colaborador, realizar reuniones donde se incluya el núcleo familiar del trabajador
	Falta personal calificado, falta de educación.	Capacitar para que las actividades asignadas se realicen con calidad
	Resistencia al cambio, a la cultura de planificación	Realizar Inducciones más detalladas del sistema desde la gerencia para que el trabajador se sienta más comprometido, charlas continuas
	Mala Estimación rendimiento	Realizar la estimación de rendimientos de manera más aterrizada a la realidad y no con la premura de realizar las actividades rápidas.
Falta Prerrequisito	Falta personal	Realizar una estimación adecuada de los rendimientos para saber que personal se requiere
	Falta Material por incumplimiento proveedor	Involucrar al proveedor en el proceso de la implementación de la herramienta.
	Programar sin liberar restricciones	Aplicar de manera correcta y juiciosa la programación a mediano plazo.
Falta de materiales	Incumplimiento proveedor	Involucrar al proveedor en el proceso de implementación de la herramienta.
	No se realizó el pedido a tiempo	Aplicar de manera correcta y juiciosa la programación a mediano plazo, para liberar las restricciones a tiempo
	Demasiado protocolo desde oficina para pedido de materiales	Realizar un mapeo de los procesos en cada empresa y mejorarlos mediante herramientas lean
Afectación por causas del clima	No se revisan los registros históricos del comportamiento del clima	Utilizar carpas para invernadero en obras externas
		Programar las obras de excavación según datos de lluvias encontrados.
Falta de Equipos y/o Maquinarias	Incumplimiento proveedor	Involucrar al proveedor en el proceso de implementación de la herramienta.
	No se realizó el pedido a tiempo	Aplicar de manera correcta y juiciosa la programación a mediano plazo, para liberar las restricciones a tiempo
	Demasiado protocolo desde oficina para pedido de materiales	Realizar un mapeo de los procesos en cada empresa y mejorarlos mediante herramientas lean

Tabla 18. Problemas y Soluciones Causas de NO cumplimiento.

7. CONCLUSIONES

- El diagrama de cajas (box plot) es una técnica estadística que permite observar la variabilidad en los datos, esta se mide según el alto de la caja, la gráfica 51 nos muestra que las cajas más altas fueron las de los proyectos 2, 8, 10 y 14 y fueron estos quienes presentaron mayor variabilidad según el análisis desarrollado.

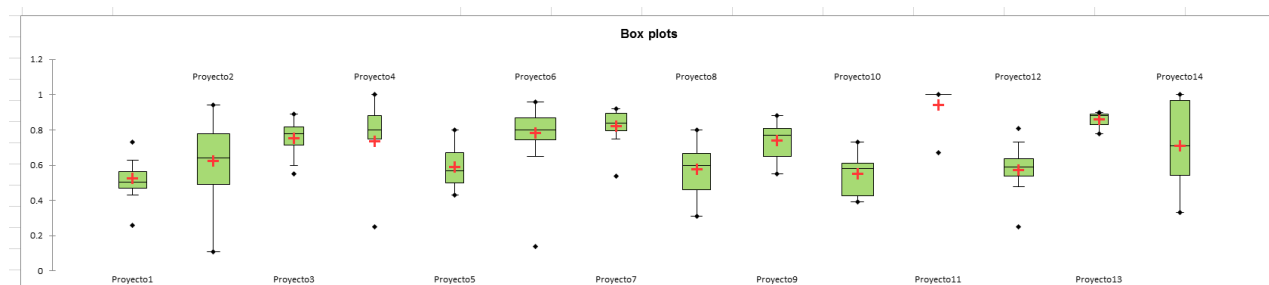


Gráfico 51. Box plot PPC de los 14 proyectos

- En la tabla 19 se observa que los proyectos que presentaron alta variabilidad tienen en común el país y el tiempo de estudio, 3 de ellos fueron implementados en Colombia y con un tiempo promedio de 26 semanas.

PROYECTOS	TIEMPO ESTUDIO (SEMANAS)	PAÍS ESTUDIO	AÑO ESTUDIO	TIPO PROYECTO
2 Corredor Parcial de Envigado	29	Colombia	2012	Vía
8 I.E San José de Maryland	22	Colombia	2007	Edificación
10 Tayrona Etapa 1	28	Colombia	2010	Edificación
14 Construcción Comercial Residencial	10	Brasil	2012	Vivienda

Tabla 19 Aspectos cuantitativos proyectos variables

- Las causas de NO cumplimiento de mayor variabilidad encontradas en los proyectos fueron: problemas asociados a la mano de obra, falta de prerrequisito, falta de materiales, afectación por causas del clima y falta de equipos y/o maquinarias, según se observa en la gráfica 52 pues muestran las cajas más altas.

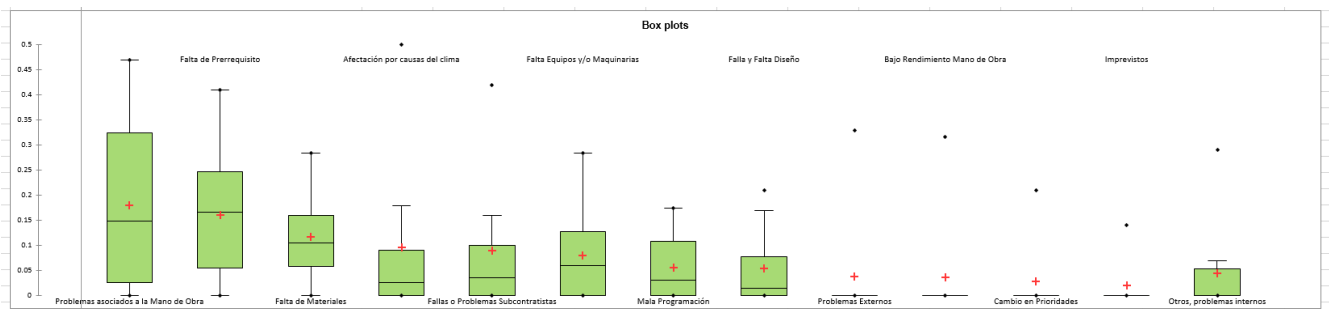


Gráfico 52. Box plot CNC encontradas en los 14 proyectos.

- Los problemas con la mano de obra impacta sustancialmente en los proyectos que inician la implementación de LPS por primera vez, se observó que esta causa generó una de las variabilidades más altas en los proyectos analizados.
- Los proyectos que presentaron mayor variabilidad mostraron como causas de NO cumplimiento en común los problemas asociados a la mano de obra y el bajo rendimiento en la mano de obra, (ver tabla 20), la mano de obra se convierte en un factor de control en la primera implementación del LPS.

PROYECTOS		Problemas asociados a la Mano de Obra	Falta de Prerrequisito	Falta de Materiales	Afectación por causas del clima	Falta Equipos y/o Maquinarias	Problemas Externos	Bajo Rendimiento Mano de Obra
2	Corredor Parcial de Envigado	33.00%	10.00%	2.00%	3.00%	1.00%	33.00%	0.00%
8	I.E San José de Maryland	0.00%	18.00%	16.00%	6.00%	23.00%	0.00%	19.00%
10	Tayrona Etapa 1	35.00%	24.00%	9.00%	2.00%	13.00%	0.00%	0.00%
14	Construcción Comercial Residencial	15.79%	5.26%	0.00%	42.11%	0.00%	0.00%	31.58%

Tabla 20. CNC Proyectos con Alta Variabilidad

- La falta de prerrequisito se convierte en un elemento que debe ser objeto de control en la implementación de LPS, este estudio identifica que esta razón genera variabilidad en los resultados de la programación.
- La falta de materiales como una de las causas de NO cumplimiento encontradas nos indica la importancia de que toda la cadena de suministros se alinee con la implementación de LPS.
- La implementación de LPS por primera vez nos muestra que la variabilidad en los resultados de la programación disminuye, sin embargo se presentan causas que no permiten que se tengan PPC altos (mayores al 80%)

- Es importante mejorar el trato y el ambiente que se da al personal que labora en la obras de construcción, proporcionando incentivos al trabajador, mejorando su estabilidad laboral y realizando capacitaciones.
- Disminuir la variabilidad en los resultados de la programación, sin que necesariamente los resultados del PPC sean muy altos (mayores o iguales al 80%) durante las primeras semanas de aplicación, genera que con el tiempo se establezca el flujo de trabajo y los PPC aumenten.
- Lo anterior debido a que al estabilizar los resultados de la programación ejemplo en un 55% permite que solo se observen y solucionen las razones que generan que no se cumpla el 45% restante, en cambio sí existe una alta variabilidad se requiere estar pendiente de todo el 100%.
- La investigación demostró que las causas más frecuentes de no cumplimiento fueron internas, las cuales pueden ser controladas por la administración de la obra, generando que una primera implementación de LPS mejore con el compromiso de los actores principales de la obra y se avance en la implementación optimizando los resultados.
- Involucrar a todos los actores que intervienen en el proyecto, diseñadores, subcontratistas y proveedores en el proceso de implementación mediante talleres de capacitación dará mejores resultados.
- El programa permite que el personal se involucre más en el proceso de programación y control y con esto exista más horizontalidad en el trato hacia el trabajador.
- La poca cultura de planificación en el medio de la construcción dificulta la implementación del sistema, la mentalidad de resolver todo en el camino, apagando incendios implica que se requiera tiempos más extensos de aplicación para la estabilización del sistema.
- Si toda la cadena de suministros entiende, maneja y se involucra en el proceso de implementación disminuirán las causas de NO cumplimiento como falta de materiales, fallas con el subcontratista y en gran parte que el prerequisite no esté listo.

- Una vez se tienen identificadas las causas de NO cumplimiento se deben buscar acciones correctivas para garantizar la mejora continua.
- La resistencia al cambio es un factor importante en la aplicación del sistema especialmente con los maestros y la mano de obra no calificada, se evidencia en este estudio siendo la causa de NO cumplimiento más representativa problemas asociados a la mano de obra.

BIBLIOGRAFÍA

- Ballard, H. G. (May de 2000). The Last Planner system of production control. Birmingham.
- Botero Toro, P. (2014). *Un proyecto en Marcha con Last Planner System*. Bogota.
- Botero, L. F. (2004). *Construcción sin perdidas*. LEGIS S.A.
- Botero, L. F. (2005). Un Avance en la planificación y control de proyectos de construcción. *Ingeniería y Desarrollo*.
- Bueno De Olarte, A. J. (2014). *Propuesta de mejora para disminuir el número de no cumplimientos de actividades programadas en proyectos de edificaciones basado en Last Planner System, para la Empresa A & Arq. Contratistas y Consultores*. Lima.
- Casanova, D. M. (Febrero de 2012). Implementacion del sistema Last Planner en una habilitacion urbana. *Tesis para optar al titulo de ingeniero civil*. Lima, Peru.
- Cases Company, R. F. (2015). *Implantación del sistema del último planificador en una obra de edificación residencial en Santiago de Chile*. Valencia.
- Castaño Jiménez, P. (2012). *Implementación del sistema de planeación y control "LAST PLANNER" en el tramo 2b del corredor parcial de envigado para mejorar la confiabilidad y reducir la incertidumbre en la construcción*. Medellin.
- Delgado Orduz, E. (2007). *Aplicación de la metodología de planeación last planner en el mejoramiento de la productividad, efectividad y eficiencia en el sistema constructivo aporticado (lean construccion)*. Bucaramanga.
- Diaz, D. A. (Agosto de 2007). Aplicación del sistema de planificación Last Planner a la construcción de un edificio habitacional de mediana altura. *Tesis para optar al titulo de ingeniero civil*. Santiago de Chile, Chile.
- Granados, B. M. (2011). Implementación de la metodología lean construction para actividades del estructura del proyecto natura del consorcio campo empresarial campestre. *Tesis para optar al titulo de ingeniero industrial*. Bucaramanga, Colombia.
- Howell, P. G. (2002). *A Guide for New Users of the Last Planner™ System*.

- Mossman, A. (2012). Why use Last Planner?
- Ocampo Quirola, D. E. (2011). *Lecciones sobre la implementación del last planner system*. Loja.
- Óscar Quiroz P., S. R. (2012). *Actividad edificadora primer semestre 2012, Algunas señales de moderación del crecimiento del sector*. CAMACOL. informe Economico.
- Pinto Vega, L. J. (2010). *Mejoramiento de la productividad en la obra tayrona de urbanas s.a. basado en la filosofía lean construction (construcción sin pérdidas)*. Bucaramanga.
- Ponce Muñoz, S. (2015). *Aplicación del sistema last planner en la construcción de estacionamientos subterráneos en la ciudad de viña del mar*. Viña del Mar.
- Poveda Hinojosa, J., & Encalada López , D. (2012). *Implementación del sistema del último planificador para la construcción del edificio 1 en el campus PUCE-NAYÓN*. Quito.
- Sanchis Mestre, I. (2012). *LAST PLANNER SYSTEM un caso de estudio*. Chile.
- Taco Valle, M. G. (2015). *Implementación del sistema del último planificador en la gestión de proyectos de la construcción de un coliseo en la parroquia pilahuín provincia tungurahua*. Ambato.
- Todeschini Roehrs, R. (2012). *PLANEJAMENTO E CONTROLE DE PRODUÇÃO: APLICAÇÃO DO*. Ijuí.
- TODESCHINI ROEHRS, R. (2012). *PLANEJAMENTO E CONTROLE DE PRODUÇÃO: APLICAÇÃO DO*. Ijuí.

BIBLIOGRAFÍA SECUNDARIA

FERNANDO CERVERÓ-ROMERO, PAULO NAPOLITANO, EDGAR REYES AND LUIS TERAN. Last Planner System and Lean Approach Process: Experiences From Implementation on Mexico. Proceedings IGLC-21, July 2013. Fortaleza, Brazil.

LUIS FERNANDO ALARCÓN CÁRDENAS. Proyecto: Controlando la ejecución, Curso administración de proyectos, pontifica Universidad católica de chile clase 6 de 10. Clase R ejecutiva, 2012,

LUIS FERNANDO ALARCÓN CÁRDENAS. La variabilidad: protegiendo la ejecución del proyecto, Curso administración de proyectos, pontifica Universidad católica de chile clase 4 de 10. Clase R ejecutiva, 2012,

PABLO ORIHUELA. KAREM ULLOA. La planificación de las Obras y el Sistema Last Planner. Corporación Aceros de Arequipa. Construcción integral, Boletín No 12. Julio 2011.

LUIS FERNANDO BOTERO. HARLEM ACEVEDO AGUDELO. Simulación de operaciones y línea de balance: Herramientas integradas para la toma de decisiones. Ingeniería y Ciencia ISSN 1794-9165, Volumen 7, Numero 13, Enero – Junio de 2011 Pags 29-45.

ANTONIO D. RODRIGUEZ FERNÁNDEZ. LUIS FERNANDO ALARCÓN CÁRDENAS. EUGENIO PELLICER. La gestión de la obra desde la perspectiva del último planificador. Revista de obras públicas. No 3518. Febrero 2011.

MANUEL ALEJANDRO AGUILAR BARILLAS. Estudio comparativo de la productividad de construcción de casas en serie, utilizando el método de planificación tradicional y el sistema del último planificador. Guatemala. Junio 2010. Tesis para optar el título de Ingeniero Civil.

LUIS FERNANDO ALARCÓN CÁRDENAS. EUGENIO PELLICER ARMIÑANA Un nuevo enfoque en la gestión: la construcción sin pérdidas. Revista de Obras Públicas/Febrero 2009-Nº 3.496.

LUIS FERNANDO BOTERO. MARTHA EUGENIA ÁLVAREZ VILLA. Last Planner, un avance en la planificación y control de proyectos de construcción, estudio del caso de Medellín. Ingeniería y Desarrollo Numero 17, enero-junio 2005 ISSN: 0122-3461

LUIS FERNANDO BOTERO, Construcción Sin Pérdidas. “Análisis de procesos y filosofía Lean Construction”. Biblioteca Construdata 2004.

LUIS FERNANDO BOTERO. MARTHA EUGENIA ÁLVAREZ VILLA. Identificación de pérdidas en el proceso productivo de la construcción. Revista universidad EAFIT No 130 Abril/Mayo/Junio 2003

VICENTE GONZÁLEZ. LUIS FERNANDO ALARCÓN CÁRDENAS. Buffers de programación: una estrategia complementaria para reducir la variabilidad en los procesos de construcción, 2003 Revista Ingeniería De Construcción, Volumen 18 N°2 Páginas 109-119.

GREGORY L. HOWELL, P.E. HAL MACOMBER. Una guía para nuevos usuarios del Last Planner System Nueve pasos para el éxito. Consultoría de proyectos LEAN. INC. 18 de noviembre de 2002.

JOSE HUMBERTO LORÍA ARCILA. Programación de obras con la técnica línea de balance.

INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION (www.iglc.net)

SERGIO KEMMER, CLARISSA BIOTTO, FERNANDA CHAVES, LAURI KOSKELA, AND PATRICIA TZORTZOPOULOS FAZENDA, Implementing Last Planner in the context of social housing retrofit, 2016

HABCHI HICHAM, CHERRADI TAOUFIQ, AND SOULHI AZIZ Last Planner System: implementation in a Moroccan construction project, 2015,

OGRABE AHIKWO, DAVID OLOKE, SUBASHINI SURESH AND JAMAL KHATIB, A case study of Last Planner System implementation in Nigeria, 2013.

ISMAIL ADAMU AND GREGORY HOWELL, Applying Last Planner in the Nigerian construction industry, 2012,

ABDULLAH ALSEHAIMI, PATRICIA TZORTZOPOULOS AND LAURI KOSKELA, Last Planner System: experiences from pilot implementation in the Middle East, 2009,

BO TERJE KALSAAS, JOHN SKAAR AND REIN TERJE THORSTENSEN, Implementation of Last Planner in a medium-sized construction site, 2009,

SIGMUND ASLESEN AND SVEN BER TELSEN, Last Planner in a social perspective – a shipbuilding case, 2008,

YONG-WOO KIM AND JIN-WOO JANG, Case study: an application of Last Planner to heavy civil construction in Korea, 2005.

MARIO FIALLO C. AND VÍCTOR HUGO REVELO P, Applying the Last Planner control system to a construction project: a case study in Quito, Ecuador, 2001.

LUIS F. ALARCÓN, JOSÉ L. SALVATIERRA AND JOSÉ A. LETELIER, Using Last Planner indicators to identify early signs of project performance. 2014

FERNANDO CERVERÓ-ROMERO, PAULO NAPOLITANO, EDGAR REYES AND LUIS TERAN, Last Planner system and lean approach process: experiences from implementation in Mexico, 2013.

OMAR ZEGARRA, LUIS FERNANDO ALARCÓN, PEDRO PEREIRA AND NUNO CACHADINHA, Weekly tracking of stability of the flow of conversations into the subprocesses of Last Planner system, 2013.

OMAR ZEGARRA AND LUIS FERNANDO ALARCÓN, Propagation and distortion of variability into the production control system: bullwhip of conversations of the Last Planner, 2013.

TAMMY MCCONAUGHY AND DANIEL SHIRKEY, Subcontractor collaboration and breakdowns in production: the effects of varied LPS implementation, 2013.

PEDRO PEREIRA, NUNO CACHADINHA, OMAR ZEGARRA AND LUIS ALARCÓN, Bullwhip effect in production control: a comparison between traditional methods and LPS, 2013.

JONSON FUEMANA, TAIJA PUOLITAIVAL AND KATHRYN DAVIES, Last Planner system – a step towards improving the productivity of New Zealand construction, 2013.

DENISE BRADY, PATRICIA TZORTOPOULOS & JOHN ROOKE, An examination of the barriers to Last Planner implementation, 2011.

FAROOK R. HAMZEH, The lean journey: implementing the Last Planner system in construction, 2011.

BRUNO P. MOTA, DANIELA D. VIANA, Y EDUARDO L. ISATTO, Simulating the Last Planner with systems dynamic, 2010.

CARLOS T. FORMOSO AND CAMILE B. MOURA, Evaluation of the impact of the Last Planner system on the performance of construction projects, 2009.

RODRIGO CREMONESI BORTOLAZZA, DAYANA BASTOS COSTA AND CARLOS TORRES FORMOSO, A quantitative analysis of the implementation of the Last Planner system in Brazil, 2005.