



Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú. Decana de América

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil

**Implementación corporativa de un sistema de
producción basado en el Last Planner® System, para
mejorar la productividad de las empresas constructoras
de edificaciones urbanas**

TESIS

Para optar el Título Profesional de Ingeniera Civil

AUTOR

Sandra Rosa ARROYO PAREDES

ASESOR

Arq. Gina Gabriela CHAMBI ECHEGARAY

Lima, Perú

2021



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Arroyo, S. (2021). Implementación corporativa de un sistema de producción basado en el Last Planner® System, para mejorar la productividad de las empresas constructoras de edificaciones urbanas. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica, Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.

Metadatos complementarios: un autor / un asesor

Datos de autor	
Nombres y apellidos	Sandra Rosa Arroyo Paredes
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	77296081
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0001-8381-5296
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	Gina Gabriela Chambi Echegaray
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	08234103
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0002-1824-1350
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	Luis Miguel Morán Yáñez
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	06118148
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	Jorge Escalante Contreras
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	28286636
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	Edgar Gabriel Jiménez Rodrigo
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	07553168
Datos de investigación	
Línea de investigación	No aplica
Grupo de investigación	No aplica

Agencia de financiamiento	Sin financiamiento
Ubicación geográfica de la investigación	País: Perú Departamento: Lima Provincia: Lima Distritos: Miraflores, San Isidro, Surco y Lince. Latitud: -12.0989 Longitud: -77.0347
Año o rango de años en que se realizó la investigación	2018-2020
URL de disciplinas OCDE	Ingeniería, Tecnología https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.00.00 Ingeniería civil https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.00 Ingeniería de la construcción https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.03



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA

FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINERA, METALÚRGICA Y GEOGRÁFICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

ACTA DE SUSTENTACIÓN VIRTUAL DE TESIS PARA OPTAR TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

Siendo las 10:00 horas del día Jueves 11 de Marzo del 2021 y conforme a la Directiva General de Sustentación de Tesis en la Modalidad No Presencial, aprobada con Resolución Rectoral N° 01242-R-20, usando la Plataforma Virtual Google Meet, en presencia del Vicedecano Académico de la Facultad, Dr. Alfonso Alberto Romero Baylón y los Señores Docentes designados como Miembros del Jurado Calificador:

Dr. LUIS MIGUEL MORÁN YÁÑEZ	Presidente
Mg. JORGE ESCALANTE CONTRERAS	Miembro
Ing. EDGAR GABRIEL JIMENEZ RODRIGO	Miembro

Reunidos en Acto Académico Virtual Público de Sustentación de la TESIS titulada: «IMPLEMENTACIÓN CORPORATIVA DE UN SISTEMA DE PRODUCCIÓN BASADO EN EL LAST PLANNER® SYSTEM, PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD DE LAS EMPRESAS CONSTRUCTORAS DE EDIFICACIONES URBANAS» presentada por la Bachiller SANDRA ROSA ARROYO PAREDES, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, asesorada por la Docente Arq. Gina Gabriela Chambi Echegaray.

Expuesta la Tesis; los miembros del Jurado plantearon a la Bachiller las preguntas pertinentes, que fueron absueltas a:

Satisfacción del Jurado

Concluida la sustentación de Tesis, el Jurado procedió a evaluar y calificar la calidad y sustentación en secreto, cuyo calificativo fue:

Aprobado con nota 15

Habiendo sido aprobada la Sustentación de la Tesis por el Jurado Calificador, el Presidente del Jurado recomienda que la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica, otorgue el **TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**, a Doña SANDRA ROSA ARROYO PAREDES.

Siendo las 11:10 horas, se dio por concluido el acto académico, expidiéndose Actas Originales de la Sustentación de Tesis, firmadas por el Jurado Calificador.

Lima, 11 de marzo del 2021

Dr. LUIS MIGUEL MORÁN YÁÑEZ

PRESIDENTE

Mg. JORGE ESCALANTE CONTRERAS

MIEMBRO

Ing. EDGAR GABRIEL JIMENEZ RODRIGO

MIEMBRO



Firmado digitalmente por SANTOS RODRIGUEZ Ricardo Ramiro FAU
20148092282 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 16.03.2021 16:04:17 -05:00

Mg. RICARDO RAMIRO SANTOS RODRIGUEZ

DIRECTOR

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Dedicatoria:

A mis padres y hermanos, por ser mi
fortaleza y empuje. Y a mis mentores y
amigos por la guía y confianza.

RESUMEN

El sector construcción realmente es influyente en la economía de los países y a nivel nacional, sin embargo, también es reconocido por su baja productividad en comparación con otros sectores de producción. Se sabe que una leve mejora puede traer grandes ventajas tanto a nivel económico, como para las empresas involucradas. Esta investigación se propone promover implementaciones corporativas que estandaricen los procesos de Planificación y Control de los proyectos de construcción de una empresa, bajo la metodología del *Last Planner System*[®].

El objetivo de esta investigación es mostrar la formulación y ejecución de la propuesta en la empresa en estudio, mostrar las estandarizaciones y proceso de monitoreo definido para sostener la implementación. Así también, mostrar la relación entre el Nivel de Implementación (NI) con la Confiabilidad del Plan Semanal (PPC) y el Performance del Cronograma (SPI), y de esta forma robustecer los beneficios que trae esta iniciativa a nivel regional.

Al implementar la propuesta se encontró correlación entre un alto y constante Nivel de Implementación (NI) o uso completo de las herramientas definidas, con un predecible PPC y SPI en los proyectos estudiados, así mismo una correlación inversa.

PALABRAS CLAVE: LPS, Nivel de Implementación, PPC, SPI y Predictibilidad.

ABSTRACT

The construction sector is really influential in the economy, and yet it is also known for its low productivity compared to other sectors. It is known that a slight improvement can bring great advantages both economically and for the companies involved. This research proposes to carry out corporate implementations that standardize the Planning and Control processes of the construction projects of a company, under the Last Planner System® methodology.

The objective of this research is to show the formulation and execution of the proposal in the company under study, show the standardizations and monitoring process defined to support the implementation. Also, show the relationship between the Level of Implementation (NI) with the Reliability of the Weekly Plan (PPC) and the Performance of the Schedule (SPI), and in this way strengthen the benefits that this initiative brings at the regional level.

When implementing the proposal, a correlation was found between a high and constant Implementation Level (NI) or full use of the defined tools, with a predictable PPC and SPI in the projects studied, as well as an inverse correlation.

KEYWORDS: LPS, Level of implementation, PPC, SPI y Predictability.

TABLA DE CONTENIDO

1. ASPECTOS GENERALES	16
1.1. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA.....	16
1.2. PROBLEMA A INVESTIGAR.....	17
1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	18
1.3.1. Objetivo general	18
1.3.2. Objetivos específicos.....	18
1.4. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA.....	19
2. MARCO TEÓRICO.....	20
2.1. ANTECEDENTES DE ESTUDIO.....	20
2.1.1. <i>The Last Planner® System of Production Control</i>	20
2.1.2. <i>The development and use of Last Planner® System (LPS) guidance</i>	21
2.1.3. Aplicación de la filosofía <i>Lean Construction</i> en la Planificación, programación, ejecución y control de Proyectos	23
2.1.4. <i>Factors influencing the use of Last Planner System Methods: an empirical study in Peru</i>	24
2.1.5. <i>Last Planner®: 5+1 crucial & collaborative conversations for predictable design & construction delivery</i>	25
2.2. BASES TEÓRICAS	26
2.2.1. Enfoque Lean.....	26
2.2.2. Valor y pérdidas	27
2.2.3. Principios <i>Lean Construction</i>	28

2.2.1.	<i>Last Planner System</i> ®	29
2.2.2.	Takt time y Lotes de producción	30
2.2.3.	Gestión de Valor Ganado	31
3.	DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN.....	32
3.1.	HIPÓTESIS	32
3.1.1.	Hipótesis general	32
3.1.2.	Hipótesis Específicos.....	32
3.2.	VARIABLES	33
3.2.1.	Operacionalización de las Variables.....	33
3.3.	MUESTRA	36
3.3.1.	Descripción del Core de la empresa en Estudio	36
3.3.2.	Descripción de los proyectos estudiados	37
3.4.	MÉTODOLOGÍA	38
3.4.1.	Nivel de la Investigación	38
3.4.2.	Diseño de la Investigación.....	38
3.4.3.	Técnicas de recolección de información	39
3.4.4.	Procesamiento y análisis de datos.	43
3.5.	HALLAZGOS Y PROPUESTAS	43
3.5.1.	Ausencia de sistematización de experiencias de implementación corporativa del Sistema Last Planner®.	43
3.5.2.	Ausencia de estándar para la elaboración y control a nivel corporativo del Plan Meta.....	61

3.5.3.	Monitorear un sistema de producción basado en el <i>Last Planner System</i> ®.	
		68
3.5.4.	Predictibilidad del índice de rendimiento del Plan Meta (SPI) de los siete proyectos observados.	78
3.5.5.	Predictibilidad en la confiabilidad del plan semanal (PPC) de los siete proyectos observados.	82
4.	RESULTADOS	87
4.1.	ANÁLISIS DE RESULTADOS	87
4.1.1.	Análisis de la implementación corporativa del sistema de producción basado en el <i>Last Planner System</i> ®.	87
4.1.2.	Análisis de la Estandarización para elaborar y controlar a nivel Corporativo el Plan Meta.....	89
4.1.3.	Análisis del monitoreo del sistema de producción basado en el <i>Last Planner System</i> ®.....	90
4.1.4.	Análisis de la relación entra la implementación del <i>Last Planner System</i> ® en el sistema de producción con la predictibilidad del índice de rendimiento del Plan Meta – SPI.....	91
4.1.5.	Análisis de la relación entra la implementación del <i>Last Planner System</i> ® en el sistema de producción con la predictibilidad de la confiabilidad del plan semanal (PPC).....	94
4.2.	CONCLUSIONES	97
4.2.1.	Implementación corporativa del sistema de producción basado en el <i>Last Planner System</i> ®.....	97

4.2.2.	Estandarización para elaborar y controlar a nivel corporativo el Plan Meta.	
		97
4.2.3.	Monitoreo del sistema de producción basado en el <i>Last Planner System</i> ®.	
		98
4.2.4.	Relación entra la implementación del <i>Last Planner System</i> ® en el sistema de producción con la predictibilidad del índice de rendimiento del Plan Meta (SPI).	
		98
4.2.5.	Relación entra la implementación del <i>Last Planner System</i> ® en el sistema de producción con la predictibilidad de la confiabilidad del plan semanal (PPC)..	99
4.3.	RECOMENDACIONES.....	99
4.3.1.	Implementación Corporativa del Sistema de Producción basado en el Last Planner® System.....	99
4.3.2.	Estandarización para elaborar y controlar a nivel corporativo el Plan Meta.	
		100
4.3.3.	Monitoreo del sistema de producción basado en el <i>Last Planner System</i> ®.	
		101
4.3.4.	Relación entra la implementación del <i>Last Planner System</i> ® en el sistema de producción con la predictibilidad del índice de rendimiento del Plan Meta (SPI).	
		102
4.3.5.	Relación entra la implementación del <i>Last Planner System</i> ® en el sistema de producción con la predictibilidad de la confiabilidad del plan semanal (PPC).	102
5.	BIBLIOGRAFÍA.....	105
6.	ANEXOS.....	108

1. Examen de conocimiento sobre el enfoque LPS	108
2. Estandarización en Fases de Control	115
3. Control de Plazos con el sistema de Producción	116
4. Panel de Monitoreo.....	120
5. Registro Fotográfico del Seguimiento del Sistema de Producción	121
6. Datos de los tres indicadores	125
7. Procesamiento de Datos.....	129
8. Definición de términos	136

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Relación del PPC y el grado de implementación LPS (Mossman, 2015)	26
Tabla 2. Operacionalización de Variables (Elaboración propia).....	33
Tabla 3. Matriz de consistencia (Elaboración propia).....	34
Tabla 4. Descripción de Proyectos estudiados (Elaboración propia)	37
Tabla 5. Matriz de consistencia (Elaboración propia).....	40
Tabla 6. Ranking de principales problemas (Elaboración propia)	45
Tabla 7. Plan de acción a problemas principales (Elaboración propia).....	46
Tabla 8. Desglose del NGA (Elaboración propia).....	49
Tabla 9. Resultados del proyecto piloto (Elaboración propia)	52
Tabla 10. Calificación del seguimiento semanal	69
Tabla 11. Ejemplo del seguimiento semanal (Elaboración propia).....	69
Tabla 12. Indicadores del panel de monitoreo (Elaboración propia)	71
Tabla 13. Resultado de NI, SPI y PPC (Elaboración propia)	85
Tabla 14. Resumen de hallazgos y propuestas (Elaboración propia)	86
Tabla 15. Diagnósticos de los problemas crónicos de las empresas (Elaboración propia)	88
Tabla 16. Mapeo del problema por diferentes autores (Elaboración propia)	89
Tabla 17. Datos de desempeño y desviación del SPI (Elaboración propia)	92
Tabla 18. Datos de desempeño y desviación del PPC (Elaboración propia).....	95
Tabla 19. Resultados finales (Elaboración propia).....	103
Tabla 20. Datos de los tres indicadores (Fuente Propia)	125

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Matriz de herramientas 2018 (Elaboración propia)	23
Figura 2. Enfoque de Procesos y Flujos (Virgilio Ghio, 2001).....	27
Figura 3. Esquema del <i>Last Planner System</i> ® (Mossman, 2015).....	29
Figura 4. Ejemplo de Takt time (Elaboración propia).....	31
Figura 5. Variables de la Investigación (Elaboración propia).....	33
Figura 6. Core de la empresa en Estudio (Elaboración propia).....	36
Figura 7. Estructura típica de personal clave (Elaboración propia)	43
Figura 8. Proceso de implementación corporativa (Elaboración propia)	48
Figura 9. NGA proyecto piloto vs <i>benchmark</i> (Elaboración propia)	49
Figura 10. Matriz de elementos del LPS implementadas (Elaboración propia).....	54
Figura 11. Proceso de monitoreo y control bajo LPS (Elaboración propia).....	58
Figura 12. Ejemplo de estandarización de la fase de control (Elaboración propia)	62
Figura 13. Escudo 1 (Elaboración propia).....	64
Figura 14. Escudo 2 (Fuente Propia).....	65
Figura 15. Propuesta del control de plazos (Elaboración propia).....	67
Figura 16. Ejemplo del control de plazos (Elaboración propia).....	67
Figura 17. Estado de la semana de producción (Elaboración propia)	72
Figura 18. Distribución de las restricciones de la semana 1 (Elaboración propia)	72
Figura 19. Restricciones en la semana del 2 al 4 (Elaboración propia).....	73
Figura 20. Distribución de restricciones nuevas (Elaboración propia)	73
Figura 21. Tiempos de anticipación por tipo de restricción (Elaboración propia)	74
Figura 22. Restricciones programadas con anticipación (Elaboración propia).....	74
Figura 23. Restricciones programadas con retraso (Elaboración propia).....	75
Figura 24. Confiabilidad del equipo del proyecto (Elaboración propia).....	76

Figura 25. Asistencia de involucrados a la reunión semanal (Elaboración propia)	77
Figura 26. Asignación de restricciones con responsable presente (Elaboración propia)	78
Figura 27. Relación del NI vs SPI meta vs PPC – Proyecto 1 (Elaboración propia)	80
Figura 28. Distribución del Nivel de Implementación - Proyecto 1 (Elaboración propia)	80
Figura 29. Distribución del SPI meta (Elaboración propia)	81
Figura 30. Distribución del PPC - proyecto 1 (Elaboración propia)	81
Figura 31. Relación del NI vs SPI meta vs PPC – proyecto 2 (Elaboración propia)	83
Figura 32. Distribución del Nivel de Implementación - proyecto 2 (Elaboración propia)	83
Figura 33. Distribución del SPI Meta - Proyecto 2 (Fuente Propia)	84
Figura 34. Distribución del PPC - proyecto 2 (Elaboración propia)	84
Figura 35. Influencia del NI en el desempeño del SPI (Elaboración propia)	93
Figura 36. Relación entre el NI con la desviación del SPI (Elaboración propia)	94
Figura 37. Influencia del NI en el PPC (Elaboración propia)	96
Figura 38. Relación entre el Nivel de Implementación con la desviación del PPC (Elaboración propia)	96
Figura 39. Estandarización por Fases de Control (Fuente Propia)	115
Figura 40. Control de Hitos del Plan Meta - Proyecto 1 (Fuente Propia)	116
Figura 41. Control de Hitos del Plan Meta - Proyecto 2 (Fuente Propia)	117
Figura 42. Reporte del Control de Plazos – Proyecto 1	118
Figura 43. Reporte de Control de Plazos - Proyecto 2 (Fuente Propia)	119
Figura 45. Panel Monitoreo - Proyecto 1 (Fuente Propia)	120
Figura 46. Realización del Plan de Fases (Fuente Propia)	121
Figura 47. Revisar el Lookahead Planning (Fuente Propia)	121

Figura 48. Definición del Plan Semanal de Producción (Fuente Propia).....	122
Figura 49. Definición del Plan Semanal de Producción (Fuente Propia).....	122
Figura 50. Realización de Reuniones Diarias (Fuente Propia).....	123
Figura 51. Cálculo del PPC (Fuente Propia)	123
Figura 52. Registro de Causas de No Cumplimiento (Fuente Propia)	124
Figura 53. Realización de las Reuniones Semanales de Producción (Fuente Propia)..	124
Figura 54. Relación del NI vs SPI Meta vs PPC – Proyecto 3 (Fuente Propia).....	129
Figura 55. Distribución del Nivel de Implementación - Proyecto 3 (Fuente Propia)...	129
Figura 56. Distribución del SPI Meta - Proyecto 3 (Fuente Propia)	129
Figura 57. Distribución del PPC - Proyecto 3 (Fuente Propia)	130
Figura 58. Relación del NI vs SPI Meta vs PPC – Proyecto 4 (Fuente Propia).....	130
Figura 59. Distribución del Nivel de Implementación - Proyecto 4 (Fuente Propia)...	131
Figura 60. Distribución del SPI Meta - Proyecto 4 (Fuente Propia)	131
Figura 61. Distribución del PPC - Proyecto 4 (Fuente Propia)	131
Figura 62. Relación del NI vs SPI Meta vs PPC – Proyecto 5 (Fuente Propia).....	132
Figura 63. Distribución del Nivel de Implementación - Proyecto 5 (Fuente Propia)...	132
Figura 64. Distribución del SPI Meta - Proyecto 5 (Fuente Propia)	132
Figura 65. Distribución del PPC - Proyecto 5 (Fuente Propia)	133
Figura 66. Relación del NI vs SPI Meta vs PPC – Proyecto 6 (Fuente Propia).....	133
Figura 67. Distribución del Nivel de Implementación - Proyecto 6 (Fuente Propia)...	133
Figura 68. Distribución del SPI Meta - Proyecto 6 (Fuente Propia)	134
Figura 69. Distribución del PPC - Proyecto 6 (Fuente Propia)	134
Figura 70. Relación del NI vs SPI Meta vs PPC – Proyecto 7 (Fuente Propia).....	134
Figura 71. Distribución del Nivel de Implementación - Proyecto 7 (Fuente Propia)...	135
Figura 72. Distribución del SPI Meta - Proyecto 7 (Fuente Propia)	135

Figura 73. Distribución del PPC - Proyecto 7 (Fuente Propia) 135

1. ASPECTOS GENERALES

1.1. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA

Cada año a nivel mundial los gastos relacionados con el sector construcción son de aproximadamente de 10 billones de dólares, equivalente al 13% del PBI mundial. Adicionalmente, el sector construcción emplea al 7% de la población laboral mundial. Esto hace que la construcción sea uno de los sectores más grandes de la economía.

El crecimiento global de la productividad en la construcción ha promediado solo el 1% anual durante las últimas dos décadas, en comparación con un crecimiento del 2,8% en la economía mundial y del 3,6% en la manufactura. Esto muestra claramente que el sector construcción tiene una productividad inferior. Se estima que si el sector construcción hubiera tenido el mismo rendimiento que los otros sectores entonces hubiera aumentado un equivalente al 2% del PBI mundial al año. (*McKinsey Global Institute*, 2017, pág. 11)

En el 2018, se publicó en el UK *Industry Performance Report* que el KPI de Predictibilidad de Tiempo fue de 59% de proyectos ejecutados o construidos dentro de Plazo. Esto a causa de problemas crónicos del sector como: falta de métodos para la planificación y control, proyectos poco detallados y escasamente analizados, falta de coordinación y transparencia entre los *stakeholders*, escasos o nulos controles de la productividad. (Achell, 2019, pág. 23)

Empresas innovadoras sugieren que, para mejorar los resultados en la etapa de ejecución de proyectos se debe trabajar con el enfoque del *Last Planner System*[®] (LPS), el cual está orientado en introducir procesos de planificación y control riguroso. (McKinsey Global Institute, 2017, pág. 19)

El LPS fue introducido en el Perú desde el año 2000 bajo un estudio que mostraba el bajo rendimiento del sector, es así como se sugirió el uso del *Last Planner System*[®] como un enfoque para aumentar los niveles de productividad en la industria (Virgilio, 2001). Desde ese entonces se ha venido implementándolo, y algunas empresas decidieron estandarizar el LPS como parte de su sistema de producción; sin embargo, la implementación de este enfoque no ha sido completa. (Murguía, 2019)

Se tiene conocimiento de implementaciones del LPS en proyectos de construcción en muchas partes del mundo pero aún no hay registros de cómo se implementa este enfoque de manera Corporativa, razón por lo que esta investigación toma mayor interés ya que permitirá tener como resultado pautas que guíen a que otras empresas adopten y estandaricen procesos de planificación y control rigurosos bajo el enfoque del LPS que está orientado a mejorar la productividad de las empresas, así como una herramienta para medir y conocer su nivel de gestión bajo dicho enfoque; todo esto orientado a mejorar la predictibilidad en la entrega de proyectos dentro del plazo.

1.2. PROBLEMA A INVESTIGAR

El bajo rendimiento y/o productividad de las empresas constructoras, se traduce en la baja predictibilidad de entregar la ejecución de proyectos al cliente dentro del plazo; lo que saca a luz la falta de métodos de planificación y control rigurosos.

Se detallan los siguientes problemas crónicos de la construcción a resolver:

- Ausencia de Sistematización de experiencias de implementación corporativa del *Last Planner System*[®] (LPS).
- Débil relación o conexión entre los diferentes estándares de control del Plan Meta que manejan las diferentes áreas del proyecto.

- Carencia de estándares de referencia para medir el Nivel de Implementación del LPS en los proyectos.
- Falta de análisis sistematizado que permita conocer la influencia de la implementación corporativa del LPS en la predictibilidad (alto performance y baja desviación) del índice de rendimiento del Plan Meta.
- Falta de análisis sistematizado que permita conocer la influencia de la implementación corporativa del LPS en la predictibilidad (alto performance y baja desviación) de la confiabilidad del plan semanal.

1.3.OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1. Objetivo general

Implementar de forma corporativa un sistema de producción basado en *Last Planner System*®, para mejorar la productividad de las empresas constructoras de edificaciones urbanas; a través del análisis de 7 proyectos.

1.3.2. Objetivos específicos

1. Mejorar la productividad de las empresas constructoras de edificaciones urbanas, a través de la descripción del procedimiento de implementación corporativa del sistema de producción basado en el *Last Planner System*®.
2. Mejorar la productividad de las empresas constructoras de edificaciones urbanas, a través de la estandarización de la elaboración y control a nivel corporativo del Plan Meta.
3. Mejorar la productividad de las empresas constructoras de edificaciones urbanas, a través de monitorear el sistema de producción basado en el *Last Planner System*®.

4. Mejorar la productividad de las empresas constructoras de edificaciones urbanas, a través de mostrar la influencia de la implementación del LPS en la predictibilidad del índice de rendimiento del Plan Meta – SPI de los proyectos (7) observados.
5. Mejorar la productividad de las empresas constructoras de edificaciones urbanas, a través de mostrar la influencia de la implementación del LPS en la predictibilidad en la confiabilidad del plan semanal – PPC de los proyectos (7) observados.

1.4.JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

Como se mencionó anteriormente, en el país hay un gran esfuerzo de difundir la aplicación del *Last Planner System*[®]. Esto se contrasta con la gran cantidad de investigación o registros que se tienen de implementaciones aisladas en proyectos, pero no se encuentran investigaciones que muestren el caso de una implementación corporativa. Por lo que este estudio permitirá que las empresas estandaricen su sistema de planificación y control bajo el enfoque del *Last Planner System*[®] (LPS) y tengan una guía de arranque de la implementación LPS en sus proyectos, de esta forma fomentarán una planificación y control rigurosa de sus proyectos. Así como las empresas verán la influencia de la implementación en la predictibilidad de la entrega de la ejecución sus diferentes proyectos, medido con el performance del SPI y PPC.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE ESTUDIO

En la búsqueda y revisión de bibliografía relacionada con el problema de la investigación planteada, se encontraron estudios tanto de alcance nacional y extranjeros. El mismo problema fue tratado por dichos autores y, a la vez, se evidencia que hay algo aún por decir con respecto al tema, que es lo se complementa y se toma como punto de arranque de esta investigación.

2.1.1. *The Last Planner® System of Production Control*

En dicha tesis el autor Glenn Ballard (2000) propone y divulga por primera vez el *Last Planner System®* (LPS), con lo que entrega al sector construcción un sistema estructurado de gestión de la producción. Esta propuesta es en base a las características de los proyectos que fueron parte de la experiencia del autor. Este sistema propuesto genera un aumento de la confiabilidad del plan, así como una adicional mejora del rendimiento.

“El sistema de diseño del último planificador aún no se ha determinado de manera definitiva, sin embargo, la naturaleza generativa del proceso de diseño sugiere que se necesita un sistema de control como el *Last Planner System®*, en oposición a los enfoques que se basan en la programación rápida y la selección temprana de alternativas. Se sugiere un mayor desarrollo del *Last Planner System®*. Además, se necesita investigaciones para cuantificar, comprender y difundir los beneficios de un plan con mayor confiabilidad para entregar seguridad, calidad, tiempo y costo”. (Ballard H. G., 2000, pág. 125)

Como indica el autor el diseño del enfoque LPS no es definitivo, ya que se debe diseñar según los principales problemas y características de los proyectos de la empresa. Así como, se debe mejorar con nuevas herramientas que surjan de las experiencias. Esta

propuesta es el punto de arranque para el diseño del nuevo sistema de producción que se desarrolla en esta investigación.

2.1.2. The development and use of Last Planner® System (LPS) guidance

En esta investigación los autores Vince Hackett, Peter Harte, y Jorge Chendo (2019) muestran una guía de implementación del LPS, en base a la metodología “*accion research*” que se enfoca en aplicar constantemente lo aprendido o experimentado en el proceso de implementación de cada proyecto. Los proyectos estudiados están situados en Australia, en donde el LPS ya viene implementado hace 25 años con resultados documentados. Aun así, se tiene un déficit de implementaciones generalizadas, así como un déficit de orientación. Por lo que se define una guía de implementación y/o orientación en base a lo experimentado en los proyectos de estudio. Esta guía la resume en los siguientes principios:

1. Obtenga verdadera aceptación y soporte de la gerencia ejecutiva de la compañía, incluido el cliente principal.
2. Identifique e involucre a los líderes formales, especialmente a la alta gerencia del proyecto, quien guiará a que los tomadores de decisiones tomen el control de sus responsabilidades.
3. Identifica e involucra a los líderes informales de tu proyecto o subcontratistas, quienes están dispuestos a actuar e influir en la solución de los problemas.
4. Identifica e involucra a los agentes de cambio, que son aquellos que ayudan en la transformación organizacional y mejora continua en la compañía.
5. Utilice el desarrollo temprano de una estrategia de alto nivel y un sólido mapa de hitos, la cual dirigirá el plan de producción del proyecto.
6. Utilice los hitos del cronograma master para reportar el proceso de planificación o control intermedio del LPS.

7. Utilice un enfoque disciplinado. Se debe asegurar en orientar y guiar a los tomadores de decisiones (líderes formales e informales) sobre las reuniones de planificación (reuniones de fase, semanales y diarias).
8. Utilice como puentes los objetivos límites, que son causados por diferencias de idiomas, interpretación, conocimientos o intereses que pueden llegar a bloquear alguna solución.
9. Utilice las reuniones LPS para lograr la mejora continua y la práctica. Estas reuniones son la oportunidad de interacción entre los tomadores de decisiones, donde se comparten experiencias, decisiones, conocimientos y se generan oportunidades.
10. Utilice los conocimientos preexistentes de lean, así como las iniciativas existentes.
11. Estandarizar las buenas prácticas y la mejora continua, incluida la evolución de las herramientas.

Esta guía de orientación fue definida en base a las características de los proyectos ejecutados en Australia, muchos de estos principios son reforzados según las características y experiencias de implementación encontradas en los proyectos de Perú. Así como, son tomados como referencia para definir y estandarizar herramientas que ayuden al control de la planificación.

2.1.3. Aplicación de la filosofía *Lean Construction* en la Planificación, programación, ejecución y control de Proyectos

En esta investigación Abner Guzmán (2014) pone en práctica ocho de las treinta herramientas mostradas en la Figura 1, para un proyecto que pertenece a la misma empresa en estudio. Esta investigación muestra la aplicación para un proyecto en específico. Así como, describe propuestas de mejora que son abordadas en esta investigación.

De los beneficios observados de cada herramienta *Lean* se concluye que la sectorización y los trenes de trabajo son dos de las herramientas que han sido mejor adoptadas por los equipos de producción de esta empresa. Dejando abierta la posibilidad de mejora mediante la estandarización y un alto nivel de mejora para estandarizar y utilizar mayores herramientas o elementos que ofrece el enfoque LPS.

HERRAMIENTAS DEL SISTEMA LEAN THINKING	CAPACITACIÓN PERIÓDICA DE ASPECTOS LEAN A STAFF	TALLERES A SUBCONTRATISTAS	LECCIONES APRENDIDAS PERIÓDICAS	TAKT TIME	LOTES DE PRODUCCIÓN	PLAN MAESTRO CON TREN DE TRABAJO (TALLER)	PLAN RÍTMICO DEL SALDO DE OBRA	MEMORIA DE CÁLCULO DEL TREN DE TRABAJO	PHASE SCHEDULING	LOOK AHEAD PLANNING DE CUATRO SEMANAS	ANÁLISIS DE RESTRICCIONES	PLAN DE PRODUCCIÓN (ITE)	AJUSTE DIARIO	ORDEN DE TRABAJO	MONITOREO DE INDICADOR DE CONFIABILIDAD	MONITOREO DE COMPROMISOS	ANÁLISIS DE CAUSA RAÍZ Y DESVIACIONES	VALUE STREAM MAP PROCESOS CONSTRUCTIVOS	GO TO GEMBA	FIRST RUN STUDIES	NIVEL GENERAL DE ACTIVIDADES	CARTAS DE BALANCE	CONTROL DEL TIEMPO DE SET UP	ENCUESTAS DE DETENCIÓN	SALA DE PRODUCCIÓN	DIGITALIZACIÓN DE CONCLUSIONES	AUDITORIA PERIÓDICA	TABLEROS DE INDICADORES DE EFICIENCIA	REPOSITORIO DE INFORMACIÓN (SOFTWARE)	
	CONOCER LOS PRINCIPIOS Y HERRAMIENTAS LEAN	X	X	X																										
IDENTIFICACIÓN Y REDUCCIÓN DE PERDIDAS																			X		X	X								
MANTENER FLUJOS CONTINUOS					X	X	X	X											X											
ASEGURAR FLUJOS EFICIENTES				X	X		X	X																						
ASEGURAR PROCESOS EFICIENTES																					X	X	X	X						
PASAR A LA MEJORA CONTINUA																		X												
REDUCIR VARIABILIDAD									X	X	X	X	X																	
REDUCIR TIEMPO DEL CICLO																			X		X	X	X		X					
JALAR EL PRODUCTO								X																						
FOCALIZAR EL CONTROL EN PROCESOS GLOBALES DE OBRA									X	X	X	X	X		X	X									X					
INTEGRACIÓN DE LOS INVOLUCRADOS EN OBRA									X	X	X	X																		
INTEGRACIÓN DISEÑO - PROCURA - CONSTRUCCIÓN																	X													X
MANTENIMIENTO DEL SISTEMA				X																								X		
ASEGURAR TRANSPARENCIA																									X	X		X	X	
BENCHMARKING			X																											

Figura 1. Matriz de herramientas 2018 (Elaboración propia)

2.1.4. Factors influencing the use of Last Planner System Methods: an empirical study in Peru

En Perú, el LPS se introdujo por primera vez a principios de la década de 2000 con un estudio que mostró niveles bajos de productividad en la industria y sugirió el uso de *Last Planner System*® como un enfoque para aumentar los niveles de productividad en la industria de la construcción (Guio 2001). En esta investigación Daniel Murguía (2019) muestra que los primeros adoptantes implementaron la programación en base a ritmos de trabajo con trenes de trabajo y el método de muestreo de trabajo llamado nivel general de actividades. Durante los próximos años se incluyen la decisión de los grandes contratistas de estandarizar LPS como un sistema de gestión de producción, sin embargo, ha sido parcialmente. Con frecuencia, las reuniones semanales omiten el análisis de restricciones o actividades que no se revelan a nivel operativo (Murguía, 2016). Por lo que en esta investigación se entrevista a noventa y cinco ingenieros de proyectos, así como a los principales implementadores de este enfoque en el Perú, con lo que se concluye los siguientes factores que influyen en el proceso de implementación:

1. Integración y comunicación, este factor permitirá asegurar una efectiva comunicación entre los diferentes *stakeholders* del proyecto, decisiones consensuadas y constante *feedback*.
2. Adecuado conocimiento sobre el enfoque LPS, lo cual indica que es un factor importante capacitar a los involucrados para comenzar la implementación.
3. La resistencia al cambio es un factor humano que está presente en la difusión de procesos e innovaciones tecnológicas.

Como indica el autor, varias compañías han avanzado con el uso parcial de algunas herramientas del LPS. Así también, nos detalla tres principales factores, que son considerados para el diseño del sistema de producción en la investigación.

2.1.5. Last Planner®: 5+1 crucial & collaborative conversations for predictable design & construction delivery

En esta investigación Alan Mossman (2015) describe las ventajas que trae implementar el *Last Planner System*® en los proyectos estudiados. Así como, demuestra el aumento de la confiabilidad del control de la planificación semanal “PPC” comparado con el grado o Nivel de Implementación del LPS.

Cada elemento del *Last Planner System*® ofrece sus propios beneficios, juntos ayudan a entregar proyectos de calidad a tiempo y dentro del presupuesto. También se muestra una correlación entre el puntaje de PPC y la productividad. La Tabla 1 muestra la conexión entre el uso gradual del sistema LPS y PPC en 11 proyectos chilenos (N) y 5 proyectos internacionales (I). “Cuando se utilizó todo el sistema de LPS, las puntuaciones de PPC fueron significativamente más altas que cuando solo se utilizó una parte del sistema”. (Mossman, 2015, pág. 29)

Tabla 1. Relación del PPC y el grado de implementación LPS (Mossman, 2015)

Proyecto	I: Internacional , N: Nacional	Plan Semanal	PPC	Causas de Incumplimiento	Reunión de Plan semanal	Lookahead	Trabajo atrasado	Proceso de aprendizaje	PPC promedio
I5	I	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	80%
I1	I	✓	✓	✓	✓	✓			65%
I4	I	✓	✓	✓	✓	✓			85%
N3	N	✓	✓	✓	✓	✓			75%
N4	N	✓	✓	✓	✓	✓			83%
N11	N	✓	✓	✓	✓	✓			89%
N2	N	✓	✓	✓	✓	✓			47%
N8	N	✓	✓	✓	✓	✓			63%
N10	N	✓	✓	✓	✓	✓			67%
I2	I	✓	✓	✓	✓				58%
I3	I	✓	✓	✓	✓				74%
N1	N	✓	✓	✓	✓				53%
N5	N	✓	✓	✓	✓				70%
N6	N	✓	✓	✓	✓				60%
N7	N	✓	✓	✓	✓				59%
N9	N	✓	✓	✓	✓				79%
Nivel de Implementación									

El autor mide el grado o Nivel de Implementación según el cumplimiento o no de los elementos del LPS. Este criterio es tomado en la investigación para el procesamiento y análisis de los datos. Adicionalmente, según la experiencia de implementación que se obtuvo se vio necesario definir un criterio más detallado que permita no solo conocer el grado o Nivel de Implementación, sino también que permita un monitoreo más crítico entre los equipos de proyecto. Esto es desarrollado como parte del tercer objetivo.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. Enfoque Lean

El nuevo enfoque replantea la producción como un flujo de materiales y/o información, desde la materia prima hasta el producto terminado. El material es procesado, inspeccionado, está esperando o se está moviendo (Figura 2). Por lo que la eficiencia de la producción es atribuible a la eficiencia de los procesos de conversión como a la eficiencia de los flujos que unen estos procesos (Koskela, 1992). De aquí se parte que los procesos propios de conversión (transformación de la materia prima a

producto) son los que añaden valor agregado y los flujos (instrucciones, transportes, esperas, inspecciones, etc.) generan costo y consumen tiempo.

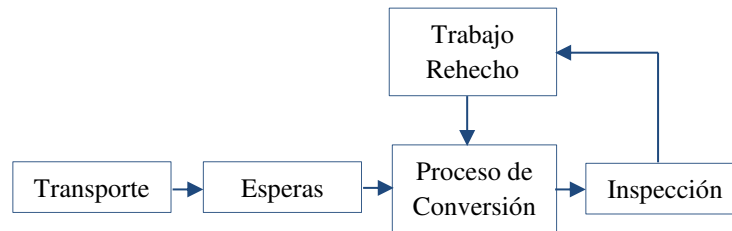


Figura 2. Enfoque de Procesos y Flujos (Virgilio Ghio, 2001)

Un flujo principal de las empresas constructoras es el sistema de producción que adopta cada equipo de proyecto durante el proceso de conversión, por lo que esta investigación se enfoca en la estandarización y reestructuración del sistema de producción actual a nivel empresa.

2.2.2. Valor y pérdidas

Valor es todo lo que ayuda al cliente a alcanzar sus objetivos. Es definido por el cliente y generado por el constructor. Las pérdidas son todas aquellas actividades que tienen un costo, pero no agregan valor al producto terminado. Los trabajos realizados en los proyectos se pueden catalogar en tres tipos:

- Trabajo productivo: son las actividades que entregan el valor agregado. Transforman o da forma a los materiales o información, está bien hecho a la primera vez.
- Trabajo contributorio: son las actividades que no agregan valor y son pérdida necesaria. Estas actividades no pueden ser eliminadas por la tecnología del proceso, política o forma de trabajo.

- Trabajo no contributivo: son las actividades que no agregan valor y son pérdida pura. Estas actividades consumen recursos, pero no agregan valor a la vista del cliente.

2.2.3. Principios *Lean Construction*

En base al nuevo enfoque de producción, se establecen los siguientes principios:

1. Reducir las actividades que no agregan valor.
2. Incrementar el valor del producto a través de la consideración de las necesidades de los clientes.
3. Reducir la variabilidad de los procesos anteriores (proveedores), procesos propios y de la demanda.
4. Reducir el tiempo de los ciclos.
5. Simplificar mediante la reducción del número de pasos, partes y relaciones.
6. Aumentar la flexibilidad de salida (producto terminado).
7. Incrementar la transparencia de los procesos.
8. Focalizar el control en los procesos globales o completos.
9. Introducir la mejora continua en el proceso.
10. Mantener el equilibrio entre mejoras en los flujos y las conversiones.
11. Benchmarking.

Estos principios son la base para la estructuración de las herramientas del sistema de producción. Durante el diseño del sistema, se considera que cada herramienta propuesta asegure cada principio *Lean*.

2.2.1. Last Planner System®

En la Figura 3 se aprecia el sistema completo, el cual parte de una programación meta de toda la obra y es el referente de hitos; luego, baja a una programación por fases, por ejemplo: excavaciones, cimentación, casco, instalaciones de agua y desagüe, entubados eléctricos, etc. (esto es lo que DEBERÍA hacerse); después abre una ventana de programación de 4 a 6 semanas (analizando lo que realmente se PUEDE hacer), denominada *lookahead*, donde se aplica un análisis de restricciones; y finalmente, recién se pasa a una programación semanal (lo que finalmente se HARÁ), la cual será más confiable por haber sido liberada de sus restricciones. Una vez realizados los trabajos (lo que se HIZO), los planificadores son retroalimentados con el porcentaje de planificación cumplida (PPC) y con las causas de no cumplimiento (CNC).

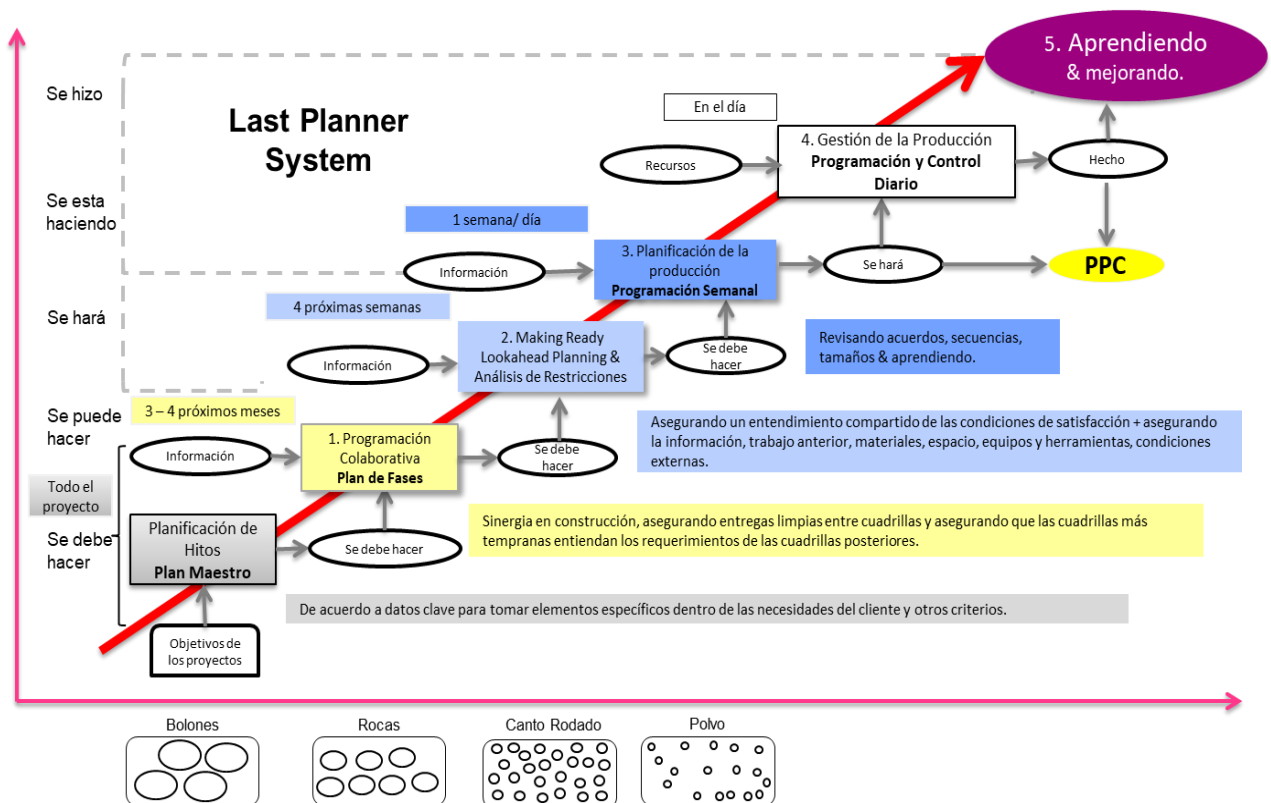


Figura 3. Esquema del Last Planner System® (Mossman, 2015)

El *Last Planner System*[®], propuesto por los investigadores Ballard y Howell (fundadores del Grupo Internacional del Lean Construction - IGLC), plantea que esta brecha entre lo que DEBERÍA hacerse (Plan Meta) y lo que finalmente se HIZO (Avance Real) se puede mejorar significativamente si generamos información confiable y en conjunto con los últimos planificadores (maestros de obra, subcontratistas, jefes de cuadrilla, etc.), de tal manera que podamos visualizar en un plazo intermedio lo que en la práctica se PUEDE hacer (Look Ahead Planning), y luego en un plazo más inmediato, lo que con mucho más certeza se HARÁ (Plan Semanal).

Para tener un control de la confiabilidad de la programación semanal (lo que finalmente se HARÁ) se mide el PPC “porcentaje de plan completado”. Este indicador permite conocer que tan predecibles somos al definir “lo que se hará”.

$$\text{PPC} = \frac{\text{N}^\circ \text{ Tareas Ejecutadas al cierre de la Semana}}{\text{N}^\circ \text{ Tareas Planificadas a ejecutar en la semana}} \times 100\%$$

Este indicador será considerado como variable de la investigación, para analizar la correlación del Nivel de Implementación y la predictibilidad de la planificación.

2.2.2. Takt time y Lotes de producción

En un proyecto compuesto por procesos de diferentes capacidades, es necesario asegurar trabajar con las mismas capacidades, y de esta forma asegurar flujos continuos y eficientes. Como se muestra en la Figura 4 es necesario determinar la capacidad de cada proceso, para evitar demoras entre procesos.

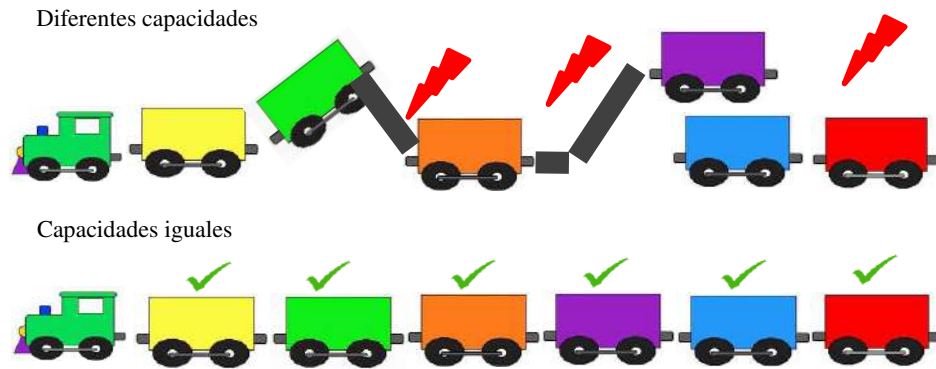


Figura 4. Ejemplo de Takt time (Elaboración propia)

Esta teoría es la base principal para el diseño del sistema de producción el cual ya era conocido y utilizado por los equipos de proyectos, pero se complementarán con otras herramientas.

2.2.3. Gestión de Valor Ganado

Es una herramienta para evaluar el desempeño del Plan Meta durante la ejecución del proyecto, utilizada durante el grupo de procesos de seguimiento y control, es la gestión del valor ganado conocida en inglés por sus siglas EVM (*Earned Value Management*).

Esta herramienta es utilizada para controlar el comportamiento del Plan Meta y de los costos definidos en el presupuesto. Para evaluar en forma apropiada el cumplimiento del avance en los tiempos del proyecto es necesario comparar el costo del trabajo ejecutado (EV) con el costo planificado (PV). Esta comparación se puede hacer a través del índice de desempeño del cronograma (SPI; *Schedule Performance Index*). (Lledó, 2013, pág. 188)

Este indicador nos permite saber que tan predecible somos semanalmente (lo que se HIZO) con respecto al Plan Meta (lo que DEBERÍA hacerse).

$$SPI = \frac{\text{Costo del Trabajo Ejecutado (EV)}}{\text{Costo Planificado (PV)}} \times 100\%$$

Este indicador será considerado como una variable de la investigación, para conocer la correlación del Nivel de Implementación con la predictibilidad de la planificación.

3. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

3.1.HIPÓTESIS

3.1.1. Hipótesis general

Para lograr la mejora de la productividad en construcción; se deben asegurar los objetivos del Plan Meta, mediante la implementación corporativa del sistema de producción basado en el *Last Planner System*[®].

3.1.2. Hipótesis Específicos

1. Implementar un sistema de producción basado en el *Last Planner System*[®] permite mejorar la productividad en las empresas constructoras de edificaciones urbanas.
2. Estandarizar la elaboración y control a nivel corporativo del Plan Meta permite mejorar la productividad en las empresas constructoras de edificaciones urbanas.
3. Monitorear un sistema de producción basado en el *Last Planner System*[®] permite mejorar la productividad en las empresas constructoras de edificaciones urbanas.
4. La implementación del *Last Planner System*[®] en el sistema de producción de una empresa permite mejorar la predictibilidad del índice de rendimiento del Plan Meta (SPI) de los proyectos (7) observados.
5. La implementación del *Last Planner System*[®] en el sistema de producción de una empresa permite mejorar la predictibilidad en la confiabilidad del plan semanal (PPC) de los proyectos (7) observados.

3.2.VARIABLES

Para corroborar las dos últimas hipótesis cuantitativas formuladas, se consideraron las siguientes variables de la Figura 5.

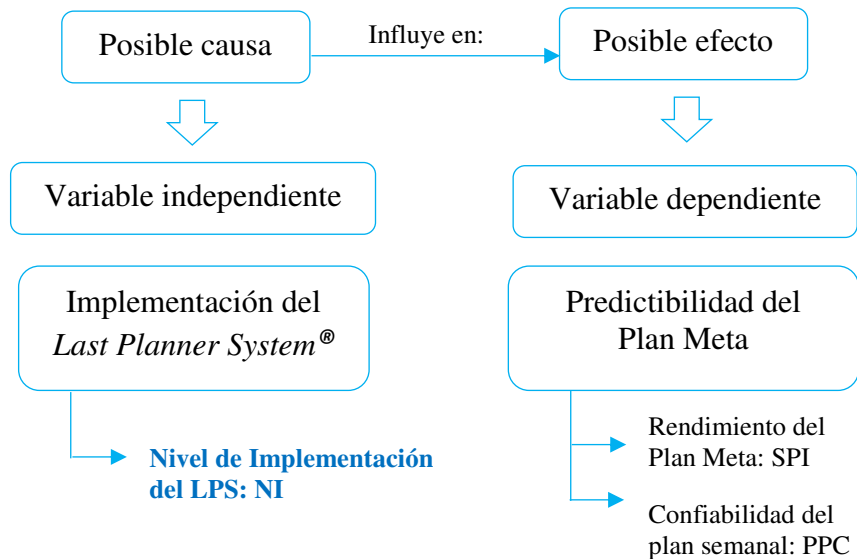


Figura 5. Variables de la Investigación (Elaboración propia)

3.2.1. Operacionalización de las Variables

Habiéndose presentado las variables, se detallan en la Tabla 2 las dimensiones e indicadores correspondientes que permitieron la medición en el campo de investigación.

Tabla 2. Operacionalización de Variables (Elaboración propia)

Variable	Dimensiones	Indicadores
Last Planner System®	Nivel de implementación.	NI
Predictibilidad del Plan Meta	Índice de rendimiento del Plan Meta – SPI	SPI
	Confiabilidad del plan semanal – PPC	PPC

Tabla 3. Matriz de consistencia (Elaboración propia)

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	METODOLOGÍA
Problema General	Objetivo General	Hipótesis General	Independiente		Tipo
¿Cómo mejorar la productividad de las empresas constructoras?	Implementar de forma corporativa un sistema de producción basado en el <i>Last Planner System</i> ®	La implementación corporativa de un Sistema de Producción basado en el <i>Last Planner System</i> ® influye en la predictibilidad del Plan Meta.	<i>Last Planner System</i> ®	Nivel de implementación.	Tipo mixta con enfoque descriptivo.
Problema específico	Objetivo específico	Hipótesis Específica	Dependiente	Dimensiones	Indicadores
No hay documentación de experiencias de implementación corporativa del <i>Last Planner System</i> ® (LPS).	Describir el procedimiento de implementación corporativa del sistema de producción basado en el <i>Last Planner System</i> ®, para mejorar la productividad de las empresas constructoras.	Implementar de manera corporativa el sistema de producción basado en el <i>Last Planner System</i> ®, permite mejorar la productividad en las empresas constructoras.		--	--
No hay una relación o coordinación entre los diferentes controles del plan meta por los diferentes encargados o áreas.	Estandarizar la elaboración y control a nivel corporativo del Plan Meta, para mejorar la productividad de las empresas constructoras.	Estandarizar la elaboración y control a nivel corporativo del Plan Meta, permite mejorar la productividad en las empresas constructoras.	Predictibilidad del Plan Meta	--	--
No hay un control estándar para medir el Nivel de Implementación del	Monitorear un sistema de producción basado en el <i>Last Planner System</i> ®, para mejorar	Monitorear un sistema de producción basado en el <i>Last Planner System</i> ®, permite mejorar la		--	--

LPS en los proyectos.	la productividad de las empresas constructoras.	productividad en las empresas constructoras.		
No se sabe la influencia de la implementación corporativa del LPS en la predictibilidad (alto performance y baja desviación) del índice de rendimiento del Plan Meta (SPI).	Describir la influencia de la Implementación del LPS en la predictibilidad del Índice de Rendimiento del Plan Meta – SPI de los proyectos (7) observados, para mejorar la productividad de las empresas constructoras.	La implementación del <i>Last Planner System</i> ® en el sistema de producción de una empresa permite mejorar la predictibilidad del índice de rendimiento del Plan Meta – SPI de los proyectos (7) observados.	Índice de rendimiento del Plan Meta	SPI
No se sabe la influencia de la implementación corporativa del LPS en la predictibilidad (alto performance y baja desviación) de la confiabilidad del plan semanal (PPC).	Describir la influencia de la implementación del LPS en la predictibilidad en la confiabilidad del plan semanal – PPC de los proyectos (7) observados, para mejorar la productividad de las empresas constructoras.	La implementación del <i>Last Planner System</i> ® en el sistema de producción de una empresa permite mejorar la predictibilidad en la confiabilidad del plan semanal – PPC de los proyectos (7) observados.	Confiabilidad del plan semanal	PPC

3.3.MUESTRA

Esta investigación se basa en la evaluación de una empresa constructora de edificaciones urbanas en la ciudad de Lima, que durante el año 2018 tuvo siete proyectos en proceso de construcción en los distritos de: Surco, Miraflores, Lince, San Isidro y Barranco, los cuales fueron evaluados en diferentes etapas de avance. La empresa tiene un *core business* estándar a muchas otras empresas de sus mismas características, pero con un diferenciador, que es tener una gerencia muy involucrada con la implementación y confianza de los sistemas de producción *lean*.

3.3.1. Descripción del Core de la empresa en Estudio

Productiva es la empresa constructora del Grupo Edifica, con ocho años de experiencia. El *core business* o estrategia empresarial; detallado en la Figura 6, se caracteriza por: tener como cliente a la inmobiliaria del mismo grupo o “construir para ellos mismos”, subcontractar los trabajos de producción a diferentes especialistas y enfocarse en la gestión del proyecto. Esto hace que la actividad de “gestión” sea una de las más relevantes de la estrategia de producción.

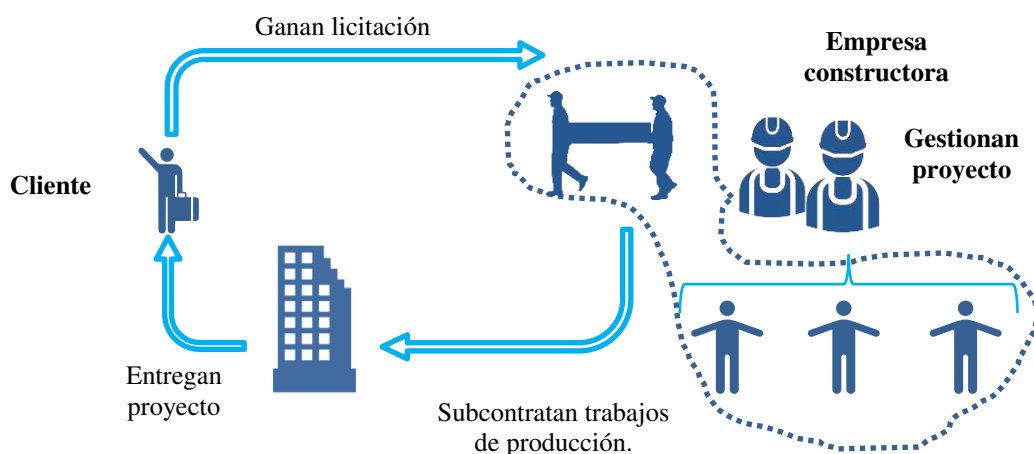


Figura 6. Core de la empresa en Estudio (Elaboración propia)

3.3.2. Descripción de los proyectos estudiados

La empresa en estudio es una pyme, que en promedio maneja siete proyectos al año, de los cuales seis son del tipo edificaciones inmobiliarias. Esta empresa tiene un ratio de departamentos producidos o construidos al año de 1,200 departamentos; en la Tabla 4 se describe los proyectos de la empresa en estudio.

Tabla 4. Descripción de Proyectos estudiados (Elaboración propia)

Nombre del proyecto	Distrito	Tipo de edificación	Número de pisos	Número de sótanos	Etapas de inicio de implementación
Magna Haus	Surco	multifamiliar	8	4	casco en sótanos
Leaf	San Isidro	multifamiliar comercial	7	2	muros anclados
Stelar	Barranco	multifamiliar comercial	20	4	muros anclados
MID	Miraflores	multifamiliar comercial	7	3	casco en sótanos
Connect	Barranco	oficinas multifamiliar	22	6	muros anclados
Harmony	San Isidro	multifamiliar	20	4	acabados húmedos
C PUCP	Miraflores	educativa	8	2	demolición

En el Perú, los departamentos nuevos vendidos en el año 2018 Lima – Callao fueron un total de 13,533 departamentos, cuyos precios oscilan entre 400 a 600 mil soles. Se interpreta que el tamaño de la empresa en estudio o muestra es representativo, en comparación con la venta anual de departamentos.

Para el 2019 se estimó un crecimiento del 13% de la venta. Actualmente hay una demanda de 58 mil departamentos para los próximos 2 años, con una oferta de 27 mil departamentos, lo cual indica que todas estas empresas constructoras podrían y deberían duplicar su ratio de producción anual. Esto hace atractiva la producción o construcción

de proyectos inmobiliarios, así como exige que estas empresas se vuelvan más predecibles en la gestión de sus proyectos, para que sean terminados dentro del plazo definido en el Plan Meta. (CAPECO y BBVA Research, 2018)

Para entender de manera general los proyectos tipo y las características de la empresa, se resumen los siguientes dos puntos:

1. La mayoría de proyectos de la empresa se caracterizan por: estar ubicados en zonas urbanas, o en vías de alto tránsito y contar con una gran cantidad de vecinos residenciales. Estos proyectos son principalmente de uso para viviendas multifamiliares de nivel socio económico B+ y/o de uso comercial.
2. La mayoría de proyectos de la empresa, tienen como cliente a la inmobiliaria del mismo grupo, con quien tienen acuerdo bilateral de entendimiento. Sin embargo, también tienen proyectos con terceros.

3.4.MÉTODOLOGÍA

3.4.1. Nivel de la Investigación

El nivel o profundidad de la investigación es correlacional ya que se tiene una discusión en base a las relaciones de causa y efecto. Se comienza realizando el diagnóstico de los problemas planteados y en base a los hallazgos se diseñan e implementan las propuestas definidas.

3.4.2. Diseño de la Investigación

Para abordar la problemática planteada se adopta una estrategia preexperimental, ya que no se toman datos de una muestra azar sino de forma conveniente. Siendo el sujeto

experimental la empresa, a este se le hará un diagnóstico y en base a los hallazgos obtenidos se formularán propuestas que serán implementadas. En dicho proceso se definen y miden las variables durante treinta semanas, cuya información es procesada y analizada para obtener las conclusiones y recomendaciones.

3.4.3. Técnicas de recolección de información

Durante la etapa de hallazgo para responder las preguntas planteadas en cada hipótesis (Tabla 5), se realiza la búsqueda de información mediante debates grupales y mapeos entre personal clave de los equipos de proyectos y la oficina central.

La información requerida para el procesamiento de las variables, se comenzó a recolectar durante el proceso de implementación en todos los proyectos durante treinta semanas. Se comenzó de manera progresiva según el inicio de los proyectos desde febrero del 2018. La primera variable Nivel de Implementación (NI) se empezó a registrar cuando se definió el proceso de monitoreo de “seguimiento semanal del uso del sistema de producción” (Anexo 4); detallado en las propuestas. al igual, el segundo indicador “PPC” (Anexo 4) y el tercer indicador “SPI” se recolectaron de los reportes elaborados por la el área de proyectos y oficina técnica respectivamente.

Tabla 5. Matriz de consistencia (Elaboración propia)

PREGUNTAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	METODOLOGÍA	MÉTODOS	HERRAMIENTAS
Preguntas General	Objetivo General	Hipótesis General	Independiente		Tipo		
¿Cómo mejorar la productividad de las empresas constructoras?	Implementar de forma corporativa un sistema de producción basado en el <i>Last Planner System</i> ®	La implementación corporativa de un sistema de producción basado en el <i>Last Planner System</i> ® influye en la predictibilidad del Plan Meta.	<i>Last Planner System</i> ®	Nivel de Implementación.	Correlacional y preexperimental.	-	-
Preguntas específicas	Objetivos específicos	Hipótesis Específica	Dependiente	Dimensiones	Indicadores		
¿Cómo realizar una implementación corporativa del <i>Last Planner System</i> ® (LPS)?	Describir el procedimiento de implementación corporativa del sistema de producción basado en el <i>Last Planner System</i> ®, para mejorar la productividad de las empresas constructoras.	implementar de manera corporativa el sistema de producción basado en el <i>Last Planner System</i> ®, permite mejorar la productividad en las empresas constructoras.	Predictibilidad del Plan Meta	--	--	Diagnóstico	- Debates abiertos - Examen de Conocimiento

¿Cómo lograr una relación o coordinación entre los diferentes controles del plan meta por los diferentes encargados o áreas?	Estandarizar la elaboración y control a nivel corporativo del Plan Meta, para mejorar la productividad de las empresas constructoras.	Estandarizar la elaboración y control a nivel corporativo del Plan Meta, permite mejorar la productividad en las empresas constructoras.	--	--	Diagnóstico	- Mapeo y observación
¿Cómo lograr un control estándar para medir el Nivel de Implementación del LPS en los proyectos?	monitorear un sistema de producción basado en el <i>Last Planner System</i> ®, para mejorar la productividad de las empresas constructoras.	monitorear un sistema de producción basado en el <i>Last Planner System</i> ®, permite mejorar la productividad en las empresas constructoras.	--	--	Diagnóstico	- Mapeo y observación
¿Cuál es la influencia de la implementación corporativa del LPS en la Predictibilidad (alto performance y baja desviación) del índice de rendimiento del Plan Meta?	Describir la influencia de la implementación del LPS en la predictibilidad del índice de rendimiento del Plan Meta – SPI de los proyectos (7) observados, para mejorar la productividad de las empresas constructoras.	La implementación del <i>Last Planner System</i> ® en el sistema de producción de una empresa permite mejorar la predictibilidad del índice de rendimiento del Plan Meta – SPI de los proyectos (7) observados.	Índice de rendimiento del Plan Meta	SPI	Recolección de datos	- Mapeo y recolección en base a reportes.

<p>¿Cuál es la influencia de la implementación corporativa del LPS en la predictibilidad (alto performance y baja desviación) de la confiabilidad del plan semanal?</p>	<p>Describir la influencia de la implementación del LPS en la predictibilidad en la confiabilidad del plan semanal – PPC de los proyectos (7) observados, para mejorar la productividad de las empresas constructoras.</p>	<p>La implementación del <i>Last Planner System</i>® en el sistema de producción de una empresa permite mejorar la predictibilidad en la confiabilidad del plan semanal – PPC de los proyectos (7) observados.</p>	<p>PPC confiabilidad del plan semanal</p>	<p>Recolección de datos</p>	<p>- Mapeo y recolección en base a reportes.</p>
---	--	--	--	-----------------------------	--

3.4.4. Procesamiento y análisis de datos.

La información recolectada proveniente de siete proyectos de la empresa, fueron tomados desde febrero a noviembre del 2018. Para el análisis se realizó la correlación entre las variables, según lo propuesto en la cada hipótesis. Se utilizaron gráficos de dispersión para identificar la correlación, analizando la información proyecto por proyecto. Así mismo, se categorizaron los resultados de las tres variables para poder analizar los resultados. Esto es detallado en la propuesta de las últimas dos hipótesis.

3.5. HALLAZGOS Y PROPUESTAS

3.5.1. Ausencia de sistematización de experiencias de implementación corporativa del Sistema Last Planner®.

3.5.1.1. Diagnóstico de la empresa

i. Mapeo de la estructura típica del personal

El diagnóstico se llevó a cabo mediante entrevistas y debates abiertos, según lo detallado en Tabla 5. Antes de iniciar se hizo el mapeo de la estructura típica del personal clave de los proyectos y la empresa (Figura 7), los cuales según el espacio físico son agrupados en equipos de: oficina central y en proyecto. Del segundo grupo, se agrupan en: staff de la empresa y staff subcontratado.

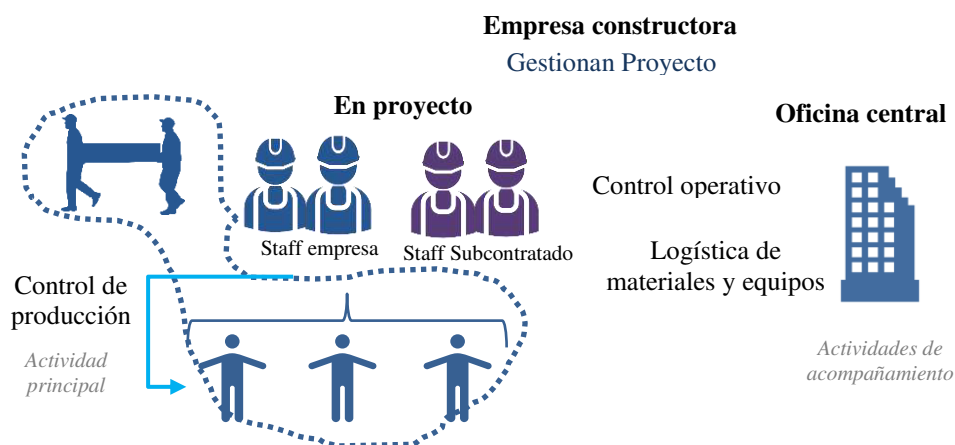


Figura 7. Estructura típica de personal clave (Elaboración propia)

ii. Problemas percibidos por el personal

Se coordinó con nueve profesionales, a quienes se les consultó individualmente sobre los problemas que afectaban su trabajo. Se detectaron respuestas recurrentes y en otros casos tomaron énfasis en sus respuestas.

Las principales respuestas fueron:

- No se programa en obra las restricciones de las siguientes semanas del proyecto.
- Existe una desintegración entre el personal staff propio de la empresa, tales como: residencia y jefes de producción, y el staff subcontratado, tales como: oficina técnica, calidad, seguridad y otros. Esta desintegración no permite alcanzar los resultados de producción.
- Las intervenciones o penalizaciones a los subcontratistas que no cumplen con lo exigido en el contrato son desordenadas.
- El espectro de subcontratistas a cargo de la ejecución de partidas de los proyectos en la empresa está disminuyendo debido a las actuales condiciones de contrato y a las intervenciones en proyecto.
- No se ha encontrado evidencia de herramientas de mejora continua entre los sistemas de control de la empresa y no se realizan esfuerzos para hallar las causas raíces a los problemas en los proyectos y en oficina central.
- No se evidencia un método de la empresa de búsqueda sistemática de novedades tecnológicas para los proyectos.
- No hay conocimiento de la satisfacción del cliente.
- No se realizan programaciones diarias.

iii. Mapeo de propuestas del personal

Después de las entrevistas individuales, se realizaron debates para definir: los principales problemas, las causas raíces y plantear propuestas. Los principales problemas fueron debatidos y puestos a votación para definir su grado de prioridad, detallado en la Tabla 6.

Tabla 6. Ranking de principales problemas (Elaboración propia)

N° Votos	Principales problemas
9	Capacidad operativa de la subcontratista no analizada en la contratación (genera atraso).
9	Falta de seguimiento y control de la planificación.
8	Falta de análisis de los recursos necesarios.
8	Falta de compatibilización de planos al inicio y aspectos contractuales afectan plazos y costos de construcción.
8	No se hace seguimiento a las ideas, políticas y acuerdos que damos.
7	Omisiones y errores del presupuesto.
5	Alta rotación interna del staff.
4	Reducción del espectro de subcontratistas.
4	Divorcio entre el BackOffice y el área de operaciones.
3	Quejas no validas de vecinos no atendidas afectan el tiempo de construcción
3	Criterio principal para elegir al subcontratista es el costo.
3	Mucha informalidad en las subcontratas de ladrillo.
3	Falta de información técnicas al final de obra no ayuda a la postventa.
2	Los clientes piensan que la entrega no está completa
1	Falta de conocimiento de la satisfacción del cliente.
1	Presión de vecinos afecta tiempo de construcción.
1	El staff de obra utiliza mucho tiempo en la oficina.

De la lista de problemas identificados, se analizó a detalle los seis más votados. Dos relacionados directamente con los subcontratistas, dos relacionados a la planificación interna de obra (antes de iniciar el proyecto), uno relacionado con el método de planificación y control en la producción (proyecto en curso), y uno relacionado al control de la información de diseño (proyecto en curso). En el debate analizaron los seis problemas, definiendo sus causas y planteando propuestas de acción, se muestra en la Tabla 7.

Tabla 7. Plan de acción a problemas principales (Elaboración propia)

Principales problemas	Causas de los problemas	Propuestas
Capacidad operativa de la subcontratista analizada en la contratación (genera atraso).	Se contrata a última hora y no hay tiempo de evaluación.	Capacitar y guiar a los subcontratistas en temas de producción
	Desconocimiento de los tiempos de contratación.	Incorporar plan de adquisiciones al Plan Meta Hacer un estudio de impactos de los subcontratistas que abandonan la obra.
Falta de seguimiento y control de la planificación.	Falta de objetivos comunes en las áreas de oficina técnica, calidad, seguridad y producción.	Planificar semanalmente con todas las áreas. Incluir nuevos recursos para la planificación.
	Falta de tiempo y recursos para planificar.	Formalizar el plan semanal, el Lookahead, el programa diario y la rutina de reuniones en un manual.
	Falta de método de seguimiento de la empresa.	
Reducción del espectro de subcontratistas.	Condiciones contractuales muy agresivas para los subcontratistas.	Incorporar a la persona que toma decisiones de cada subcontratista en las reuniones semanales de producción.
	Los subcontratistas no estudian las obligaciones del contrato.	
Falta de análisis de los recursos necesarios.	Rotación interna no permite estudiar el expediente técnico.	Tener una guía metodológica para hacer el presupuesto cronograma meta.
	Falta estudio de detalle de los planos.	Programación rutinaria de staff de obra.
	Desconocimiento de la planeación de la empresa.	Incluir nuevos recursos para la planificación.
Falta de compatibilización de planos al inicio y aspectos contractuales afectan plazos y costos de construcción.	Falta de sistema de control de cambios y compatibilización.	Recomendar la incorporación de un sistema de revisión de planos a los clientes (plano físico, cd y transmital).
	En algunas oficinas técnicas no está completamente definida (casa) el tema de compatibilizaciones.	Hacer un estudio de las incompatibilidades y los sobrecostos en obras de casa.
Omisiones y errores del presupuesto.	Falta de intervención del futuro staff de obra en el desarrollo de propuestas a licitaciones.	Preparación de un staffing plan que esté acorde al Pipeline de los proyectos de la empresa.
	Los metrados en AutoCAD no ayuda mucho.	

3.5.1.2. Propuesta

i. Definición de la Implementación

Se reestructuran las propuestas para los primeros cuatro problemas, los cuales serán abordados con la implementación del *Last Planner System*[®]. Por lo que, las propuestas que se deben implementar como resultado del diagnóstico son:

- Crear el manual de producción de la empresa basado en *Last Planner System*[®].
- Incorporar como factor más relevante del sistema de producción: la planificación integrada semanal con elementos visuales, incorporando a todas las áreas subcontratadas de la dirección del proyecto y a los representantes operativos y que toman decisiones de los subcontratistas.
- Incorporar a los subcontratistas de ejecución del proyecto en todo el sistema de producción, capacitándolos y compartiendo todo el manual de producción de la empresa, para lo cual se deberá seleccionar a los futuros subcontratistas que van a acompañar a los proyectos de los próximos años de la empresa.

ii. Proceso de implementación

El proceso de implementación se enmarcó en dos etapas. La primera etapa incluyó la implementación inicial en el proyecto piloto, y la segunda etapa incluyó desde el diseño del sistema hasta el *roll out* en todos los proyectos de la empresa. Las etapas se bosquejan en la Figura 8.

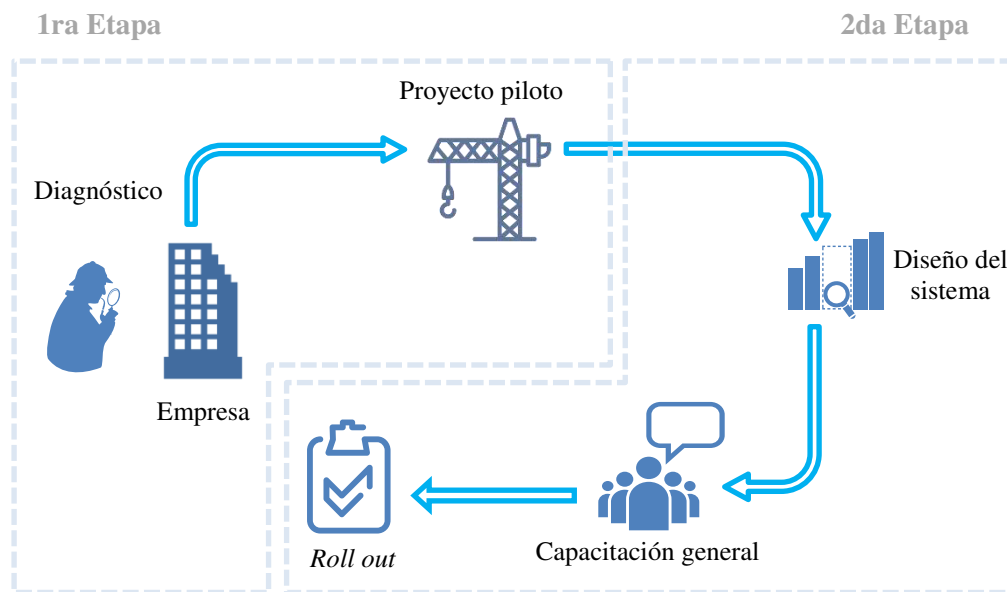


Figura 8. Proceso de implementación corporativa (Elaboración propia)

iii. Proyecto piloto

Terminado el diagnóstico, se planteó realizar el diseño del sistema con la implementación paralela en un proyecto piloto. La interacción con este proyecto piloto comenzó cuando tenía las siguientes características: trabajos en etapa de cimentación, el terreno era relativamente pequeño y el personal obrero se encontró concentrado en el nivel de sótanos. Para entender mejor este proyecto se realizaron mediciones del nivel de productividad y entrevistas al equipo del proyecto (Tabla 9).

a. Nivel de Productividad en Proyecto Piloto

De la medición en el proyecto piloto, se obtuvo un porcentaje de trabajo productivo de 31% y 29% trabajos no contributivos de 40%. Esto muestra que el proyecto piloto tuvo 5% menos de trabajos productivos y 16% más de trabajos no

contributorios, comparado con los resultados del *benchmark*. El porcentaje de trabajo productivo al ser de 31%, calificó como pérdidas internas.

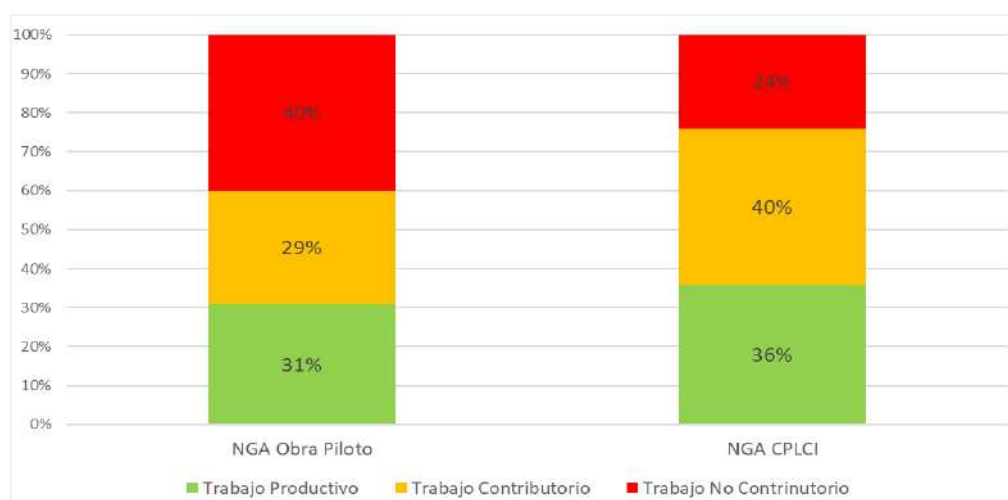


Figura 9. NGA proyecto piloto vs benchmark (Elaboración propia)

b. Resultado Detallado del Nivel de Productividad

De los resultados detallados en la Tabla 8, se observa: trabajos contributorios con 14.28% de la categoría transporte, y trabajos no contributorios con 23.43% de la categoría de esperas, esto está relacionado con una mala planificación o coordinación en obra. Para aclarar las causas de ese resultado, se complementará con entrevistas.

Tabla 8. Desglose del NGA (Elaboración propia)

	Categoría	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Promedio
TP	Trabajo productivo	25.80%	37.30%	25.10%	28.50%	30.58%
TC	Trabajo contributorio	44.90%	35.30%	42.70%	36.00%	39.73%
	Transporte de todo	19.60%	4.80%	9.40%	23.30%	14.28%
	Limpieza	0.00%	0.30%	6.00%	3.90%	2.55%
	Instrucciones	5.00%	1.50%	1.60%	0.00%	2.03%
	Mediciones	2.00%	2.30%	2.90%	0.30%	1.88%
	Otros	18.30%	26.40%	22.80%	8.50%	19.00%
TNC	Trabajo no contributorio	29.30%	27.40%	32.20%	35.50%	31.10%

Viajes	5.00%	3.30%	7.00%	0.50%	3.98%
Esperas	16.00%	23.80%	24.90%	29.00%	23.43%
Tiempo ocioso	7.00%	0.30%	0.20%	5.70%	3.30%
Trabajo rehecho	1.30%	0.00%	0.00%	0.00%	0.33%
Otros	0.00%	0.00%	0.00%	0.30%	0.08%

c. Entrevistas a ingenieros de campo

Para entender los resultados obtenidos de las mediciones del nivel general de actividad, se realizaron entrevistas abiertas a los ingenieros de campo sobre los resultados obtenidos de las mediciones mostrados en la Figura 9 y Tabla 8.

Las conclusiones que obtienen de estas entrevistas son:

- Los altos niveles de esperas observados en el proyecto son generados por programar actividades que tienen restricciones, y por lo tanto alta probabilidad a que se detengan.
- Las cuadrillas, que en su mayoría son subcontratadas y que están dimensionadas para trabajo continuo, al sufrir detenciones o generar esperas, también sufren afectaciones en productividad y en costos.
- El poco espacio que tiene la obra para la logística interna como: ubicación de mixers, bombas, camiones, etc., genera demoras para iniciar trabajos.

De estas entrevistas, se añaden las siguientes sugerencias para la etapa de diseño.

- Para disminuir las esperas, se debe mantener un alto nivel de sincronización del despacho de material a obra, por lo que se debe realizar planes diarios gráficos para la logística interna de obra.

- La programación semanal debe realizarse libre de restricciones para tener flujo continuo de trabajos en el proyecto, así como se debe contar con planes de contingencia para suplir alguna paralización de algún trabajo en específico.
- Se debe lograr el compromiso de los subcontratistas en la definición del programa semanal, por lo que se debe tener un mecanismo que permita la participación de los subcontratistas en las reuniones semanales.
- Se debe dar un espacio para hallar las causas de incumplimiento y realizar planes de acción inmediatos, tales como: una mejor selección de sub contratistas, o tener una alternativa para un caso de contingencia.

Tabla 9. Resultados del proyecto piloto (Elaboración propia)

Objetivo	Características del proyecto piloto	Mediciones	Resultados obtenidos	Sugerencias para el diseño del sistema
Entender a detalle el estado actual de un proyecto estándar de la empresa. Así como recoger la percepción interna de los ingenieros de campo.	El proyecto se encontró en etapa de cimentación. El terreno era relativamente pequeño y el personal obrero se encontró concentrado en el nivel de sótanos	Nivel de productividad general del proyecto piloto	Trabajo productivo de 31%, calificó (perdidas internas). Este tipo de pérdida es más complejo de reducir, la cual debe ser eliminada con herramientas o enfoques de gestión como es el <i>Last Planner System</i> ® (Virgilio Guio, 2001)	Planes diarios gráficos para la logística interna de obra
		Nivel de productividad detallado del proyecto piloto	Trabajo contributivo de la categoría de transporte: 14.28% Trabajos no contributivos de la categoría de esperas: 23.43%, Esto está relacionado con una mala planificación o coordinación en obra.	Planes de contingencia para suplir alguna paralización de algún trabajo en específico
		Entrevista a Ingenieros de campo	Los altos niveles de esperas observados en el proyecto son generados por programar actividades que tienen restricciones. Las cuadrillas de las subcontratistas están dimensionadas para trabajo continuo, y al no lograrse esto se genera afectaciones en su productividad y costos. El poco espacio para logística de la obra genera demora en el inicio de los trabajos.	Hallar las causas de incumplimiento y realizar planes de acción inmediatos

iv. Diseño del Sistema

Según las conclusiones y sugerencias de la etapa de diagnóstico (Tabla 7) y del proyecto piloto (Tabla 9), es evidente la necesidad de implementar el *Last Planner System*[®]. Para el diseño del sistema se consideran: controles, indicadores, políticas internas, compromiso de la alta gerencia, mapeo de conocimientos de los equipos de proyectos y estandarización de las buenas prácticas.

El LPS tiene herramientas que se deben trabajar en conjunto; en diferentes etapas, y deben estar conectadas (Figura 11). En la Figura 10 se presenta una propuesta de elementos y herramientas a considerar en el diseño del sistema para la empresa. Todos los elementos del LPS son abarcados con herramientas visuales de trabajo, que incentivan a la participación de todos los colaboradores dentro de una planificación colaborativa. En la matriz de la Figura 10 se muestra en el eje vertical los elementos deducidos de los principios de *Lean Construction* y en el eje horizontal se muestran las herramientas necesarias a implementar para abordar los elementos *lean*, y asegurar el mantenimiento del sistema.

Las tres primeras herramientas de la matriz presentada; 1) *capacitación periódica* de aspectos *Lean*, 2) *taller de simulación de procesos* y 3) *lecciones aprendidas* periódicas, tiene como fin garantizar un mismo nivel de conocimiento a todos los involucrados relacionados al proyecto. Por lo que se consideran: subcontratistas claves, subcontratos de dirección del proyecto u otras organizaciones involucradas al proyecto.

La herramienta 27) *auditoría periódica* es una herramienta que aporta al mantenimiento del nuevo sistema de producción. Las herramientas 5) *takt time*, 6) *lotes de producción* y 7) *planeamiento con trenes de trabajo*, corresponden a la elaboración del *Master schedule* de la obra y es parte introductoria y necesaria para la primera etapa o nivel del *Last Planner System*[®]. El 8) *phase schedule* o plan de fases, es una técnica visual que incentiva la planificación integrada, que simplifica los trenes de trabajo y es necesaria para el segundo nivel del *Last Planner System*[®].

El 9) *Look Ahead Planning* (LAP), y el 10) *análisis de restricciones*, corresponden al programa intermedio o tercer nivel del LPS. Se desarrollan con elementos visuales para incentivar la planificación integrada. Y el 20) *first run studies* como una herramienta de planificación dentro del LAP, y perteneciente a este nivel.

El 11) *plan de producción*, es el inventario de trabajo ejecutable y se define como parte de la programación de la semana siguiente. El 12) *plan diario* y 13) *la orden de trabajo*, permite organizar los trabajos del día siguiente de una manera metódica y es implementado para afrontar los cambios de último momento del plan de producción (frentes de trabajo sin liberar, incumplimiento del plan del día anterior, accidentes, etc.).

El sistema de producción requiere de indicadores que muestren el desempeño del proyecto en corto tiempo. El 14) *monitoreo de indicadores de confiabilidad*, 15) *monitoreo de compromisos* y el 16) *análisis de causa raíz* y desviaciones son herramientas de control para el proyecto que aportan en el ciclo de la mejora continua. Se planteó realizar semanalmente e incluirlo como indicadores relacionados al desempeño de las áreas de soporte; siendo el *lead time* de atención de sus procesos estándar, tales como: ingreso de personal obrero nuevo, tiempo de procesamiento del AST, etc. La desviación del tiempo de las áreas de soporte para resolver o realizar procesos, podría afectar al desempeño de las operaciones en el proyecto.

Se propone compartir todos los indicadores con el personal directivo del proyecto y de la oficina central, con el fin de identificar: las causas de los factores que afectan el desempeño y conocer el área de soporte responsable que asumirá la propuesta de solución y trabajará en ella durante un periodo definido. Se propone la 25) *digitalización de conclusiones*, las que inicialmente se debe elaborar con el equipo del proyecto con herramientas visuales y el 27) *tablero de indicadores* con un periodo semanal para ser compartido al personal directivo, solo con indicadores para identificar la oportunidad de mejora.

La información de los archivos con las conclusiones del periodo en cada proyecto, así como los tableros de indicadores pueden ser transferidos ordenadamente a través de un sistema de 28) *repositorio de información*, el que podrá colaborar con la visualización de los resultados e indicadores para todos los involucrados, además de instaurar reglas para el envío de información como fecha límite de envío.

Existe otro conjunto de herramientas de *Lean Construction* basadas en la eliminación de pérdidas y en la mejora continua que complementa al *Last Planner System*[®], siempre en la búsqueda de flujos y procesos eficientes. Las herramientas que se incluyen en la propuesta, son: 17) value stream map (mapeo del flujo de procesos de manera visual), 18) 5S (método de mejora continua), 19) go to gemba (caminata en el proyecto para identificar desperdicios), 22) nivel general de actividades (estudio de tiempos de manera general como diagnóstico), 23) carta de balance (estudio de tiempos de la cuadrilla), 24) control del tiempo de ciclo de *setup* para asegurar el inicio programado de la producción de la jornada y la 25) encuesta de detención (herramienta de identificación de pérdidas de manera cualitativa). Estas herramientas son rutinarias entre periodos largos, y se activan solo en casos necesarios. El 21) *one touch handing* debe ser planeado desde el inicio de la obra y retroalimentado a la subgerencia de operaciones para la planificación de procura.

Con respecto a la infraestructura a implementación para acompañar al sistema, se plantearon 26) salas de producción en cada obra que contengan las herramientas visuales para su uso diario y para todas las reuniones de producción. Además, se puede considerar la posibilidad de crear un mural de producción en la oficina central con indicadores de eficiencia (tiempos de ciclo, cumplimiento del plan, cumplimiento de compromisos, etc.) de las áreas principales de soporte del proyecto y de las áreas de acompañamiento (ej. logística, RRHH, etc.).

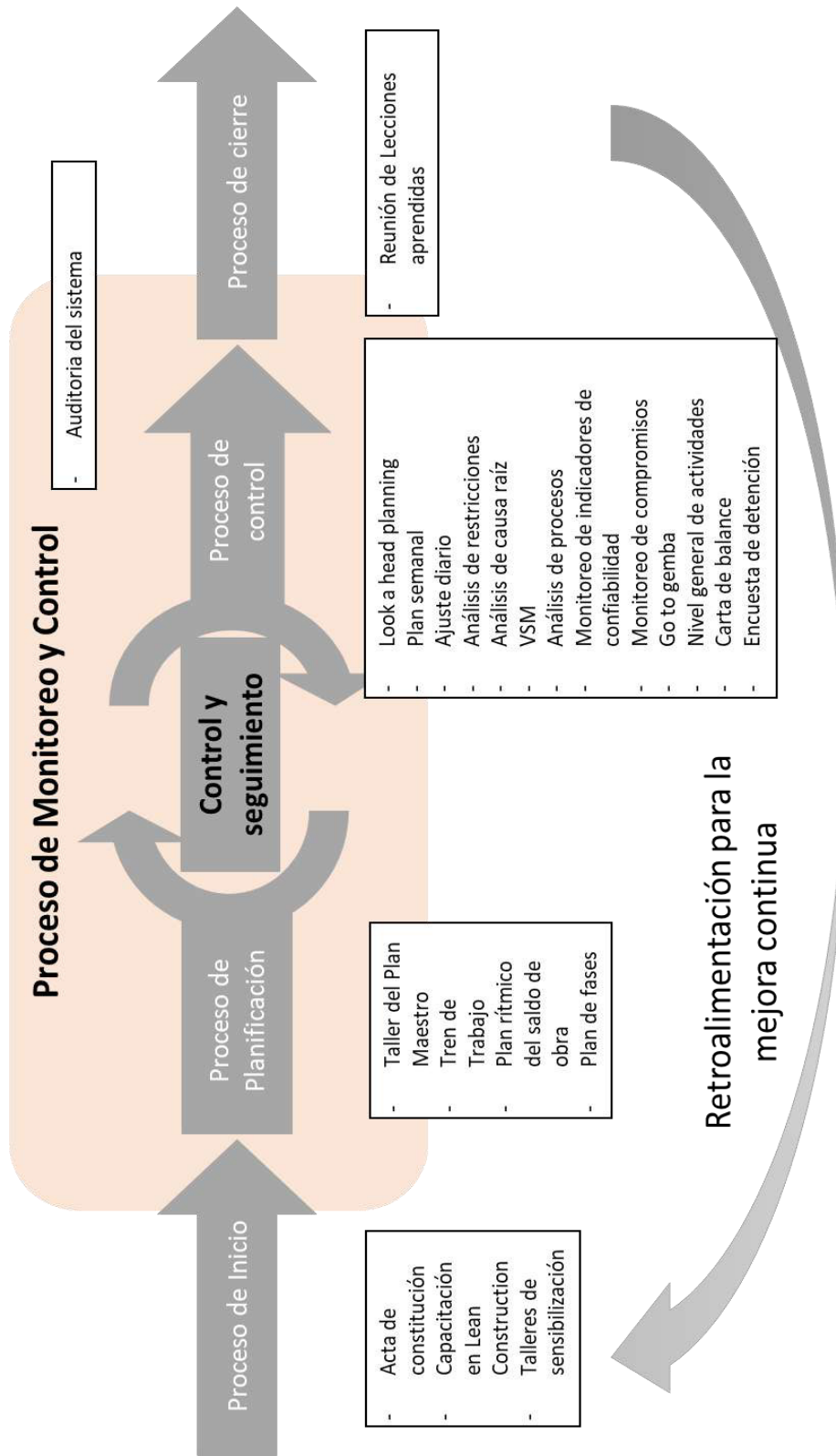


Figura 11. Proceso de monitoreo y control bajo LPS (Elaboración propia)

Este sistema de producción está orientado a la identificación constante de lo que es valor para el cliente; quien puede ser: un cliente interno, cliente externo o usuario final. En investigaciones realizadas en EEUU se comprobó que lo que más valora un cliente de proyectos de construcción es la predictibilidad, es decir que se entregue los proyectos dentro de plazos y sin sobrecostos. El *Last Planner System*[®], con sus principios y herramientas, genera proyecciones certeras y permite acercarse a los principales objetivos del cliente.

Por otro lado, para que el sistema se mantenga en el tiempo dentro de la organización, es necesario incorporar herramientas y rutinas que aseguren su uso correcto además de garantizar el mismo nivel de conocimiento del sistema entre todos los involucrados. Se plantea para el mantenimiento del sistema lo siguiente:

1. Capacitaciones periódicas del sistema de planificación y control del nuevo sistema de producción.
2. Habilitar un programa de lecciones aprendidas al culminar cada fase de los proyectos, el cual debe tener la participación de todo el personal involucrado en los proyectos.

Todas las consideraciones mencionadas fueron tomadas para el diseño del sistema de producción, del cual se definieron las herramientas agrupadas según el ciclo de vida del proyecto (Figura 11).

v. Capacitación

Para diseñar las capacitaciones se toma en cuenta las conclusiones del diagnóstico. Adicionalmente se realizó un examen de conocimiento sobre el enfoque LPS (Anexo 1), el cual permitió entender el estado de conocimiento de todos los involucrados en los proyectos de la empresa. La nota promedio que se obtuvo fue trece de veinte, así como la nota más repetitiva (moda) fue diez. Las preguntas que más fallaron están relacionadas con la aplicación y/o control de los diferentes niveles que propone el enfoque *Last Planner System*[®]. También se mapeó un bajo conocimiento de la aplicación del Plan Rítmico del saldo de obra.

Según estos resultados se estableció que las capacitaciones tendrían una duración de veinticuatro horas, las que se realizaron en seis sesiones continuas de cuatro horas, y que en las capacitaciones se consideren los siguientes criterios:

- Para garantizar que entiendan los principios *Lean*, se consideró dejar lecturas a los asistentes acerca de la implementación exitosa en organizaciones, por ejemplo, en Toyota. Se debe evitar en todo momento que los asistentes al curso confundan Lean con un conjunto de herramientas.
- Debatir con todos en clase, los principales problemas en los proyectos, ya sean de actividades productivas o de actividades de acompañamiento y bosquejar esquemas estratégicos de solución.
- Explicar las herramientas de LPS a incorporar al sistema con dinámicas en las que participen todos los asistentes a las capacitaciones.

- Incluir ejemplos de proyectos de construcción con operaciones similares a las que vienen ejecutando la empresa.

Además, se debe capacitar a un grupo de empleados de la empresa seleccionados para ser los futuros *Lean* líderes de la organización. Este grupo, deberá aprender a profundidad todo el formato del curso, para luego replicarlo en nuevos programas de capacitación dentro de la organización, siendo ellos los llamados a ser los nuevos capacitadores y auditores del sistema.

3.5.2. Ausencia de estándar para la elaboración y control a nivel corporativo del Plan Meta.

3.5.2.1. Desconexión entre los diferentes niveles de planificación

Durante el proceso de implementación del Sistema en cada proyecto, se evidenció una desconexión importante de la estructura de desglose de trabajo del plan maestro o cronograma meta, ya que no coincidía con la estructura del cronograma de seguimiento que utilizaba los equipos de obra o cronograma fase, ni eran estándar con el cronograma contractual ni con los cronogramas de los otros proyectos de la empresa. Esto generó que no se sepa el impacto que se viene generando cada semana con las decisiones tomadas en el proyecto y un divorcio entre las áreas de producción de los proyectos y la oficina central de gestión de proyectos. Esto recae en una repetición de tareas, ya que la oficina central debe traducir la información que reportan las áreas de producción, para obtener un análisis de los diferentes proyectos.

Según lo mencionado, se propuso estandarizar la “estructura en fases de control”, esto ya que son proyectos muy similares en alcance y adicionalmente se propuso una

herramienta para el control del impacto de la planificación intermedia en base a los hitos importantes del plan maestro, al cual se llamó “control de hitos”.

3.5.2.2. Propuesta

i. Estructura en fases de control

Se propuso estandarizar la estructura de desglose para la elaboración de los cronogramas, para esto primero se agrupó por etapas diferenciadas del proyecto en “fases”. Luego cada fase se agrupó por diferencias de alcance o trabajos en “subfases”. Por ejemplo, cuando sucede la fase de acabados húmedos esta se ejecuta de diferente manera, siendo agrupada en las subfases de tabiquería, tarrajeo o enchape. Finalmente, cada una de las subfases debe ser detallada o compuesta según las actividades propias de control de la producción en proyecto.

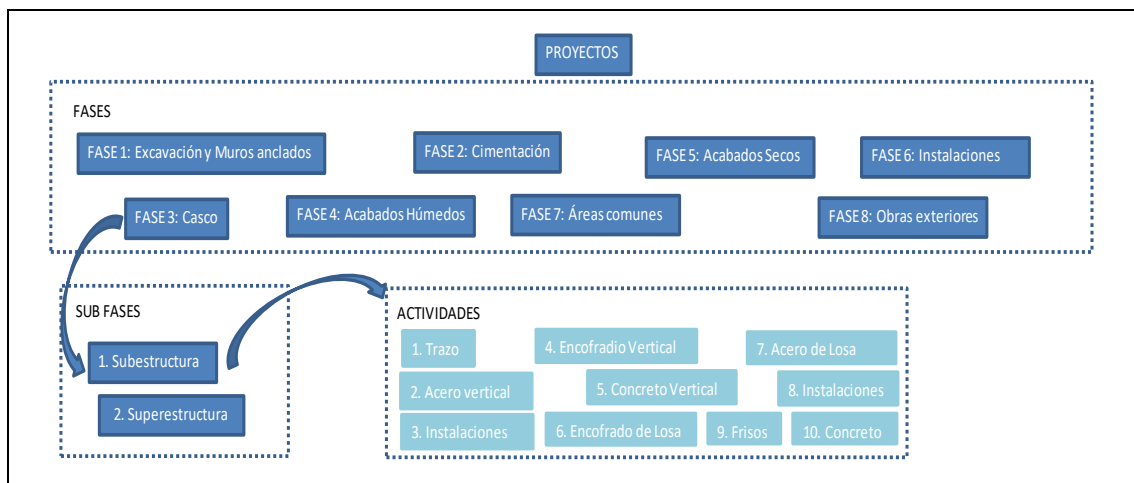


Figura 12. Ejemplo de estandarización de la fase de control (Elaboración propia)

Con lo detallado, los cronogramas meta están compuestos por tres niveles: fase, subfase y actividades (

Figura 12). El tercer nivel debe estar referido a todo el alcance de trabajos que corresponda. Por ejemplo, la actividad de concreto considera la propia actividad de concreto en todo el proyecto, la cual luego puede ser detallada más adelante de manera vertical en pisos y de manera horizontal en sectores. Este último sería el cuarto nivel, que se detallaría cuando se esté por comenzar una fase nueva.

Se añade que esta estructura fue definida con el área de control de proyectos y en debates abiertos con los residentes de los proyectos. La Estructura definida está adjunta en el Anexo 2.

Antes de detallar la herramienta planteada para el control de hitos del cronograma meta, se detalla el concepto de “control de escudos” que es el punto de partida. En estos proyectos se manejan tres cronogramas. El primero es el “cronograma contractual” o venta que es definido por el cliente o dueño del proyecto. El segundo es el “cronograma maestro” o meta; que es del que ha sido mencionado en párrafos anteriores, que es definido por el residente del proyecto como compromiso a la empresa constructora. Y el tercer cronograma es el “cronograma de seguimiento” (LAP + proyección) que es definido por el jefe de producción como compromiso con su equipo responsable del proyecto. Se comentó anteriormente que entre estos cronogramas no se tiene una adecuada conexión para poder llevar el impacto que genera el cronograma de seguimiento al cronograma meta y finalmente al cronograma contractual, por lo que se empieza con

definir dos escudos que serán los que permitirán controlar el impacto del cronograma de seguimiento al cronograma meta y contractual, de manera semanal.

ii. Escudo 1: cronograma contractual vs cronograma meta

El cronograma meta al ser elaborado con trenes de trabajo, permite ajustar el compromiso de fin contractual del proyecto (HC) o generar escudos de tiempo. Para esta empresa se estandarizó un escudo 1 (Figura 13), deberá ser mínimo de veinte días. Es decir, al elaborarse el plan maestro se debe asegurar que el fin proyectado meta (HM) sea menor al fin contractual (HC) en veinte días. Para cumplir esto, se añadió el término de restricciones máster, que serán las estrategias que permitirían al equipo de obra acabar el proyecto antes del fin contractual (HC).

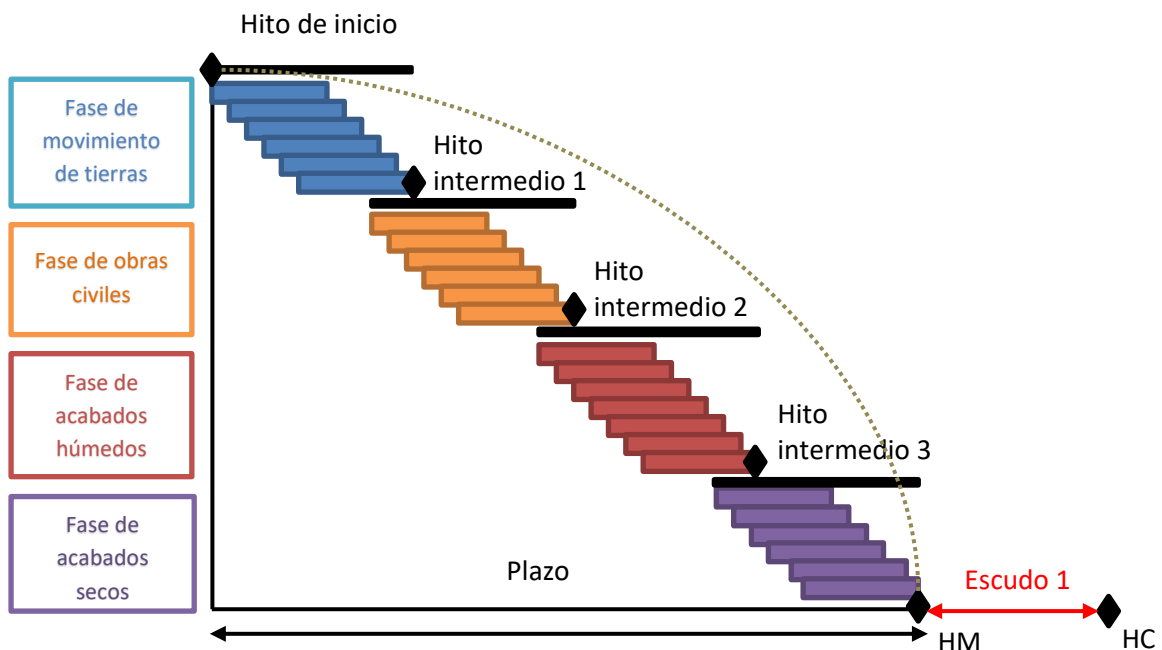


Figura 13. Escudo 1 (Elaboración propia)

Para lograr el escudo 1 y en paralelo el cumplimiento de las estrategias o restricciones máster, se recomienda obtener este escudo en cada fase del proyecto. Esto genera hitos metas intermedios entre las fases del proyecto (Figura 13).

iii. Escudo 2: Cronograma Meta vs Cronograma de Fase

Al definirse unos hitos meta (HM), el equipo de producción para asegurar ello deben realizar sesiones o revisiones por fase (pull planning) con los subcontratistas para lograr un escudo 2 (Figura 14). Este cronograma fase definido es el que se trabajará, dará seguimiento y ajustará semana a semana con los subcontratistas (look ahead planning) para lograr el hito de la fase (HF) acordada de manera colaborativa. Igual que el escudo 1, para este escudo 2 también se estandarizó planificar con término de la fase de mínimo veinte días antes. Para asegurar ello, como parte de la *pull sesion* se deben definir estrategias o restricciones de la fase. Este proceso se hace para cada fase del proyecto, por lo que generará hitos metas para cada fase (HF) a realizarse en tiempos por fase.

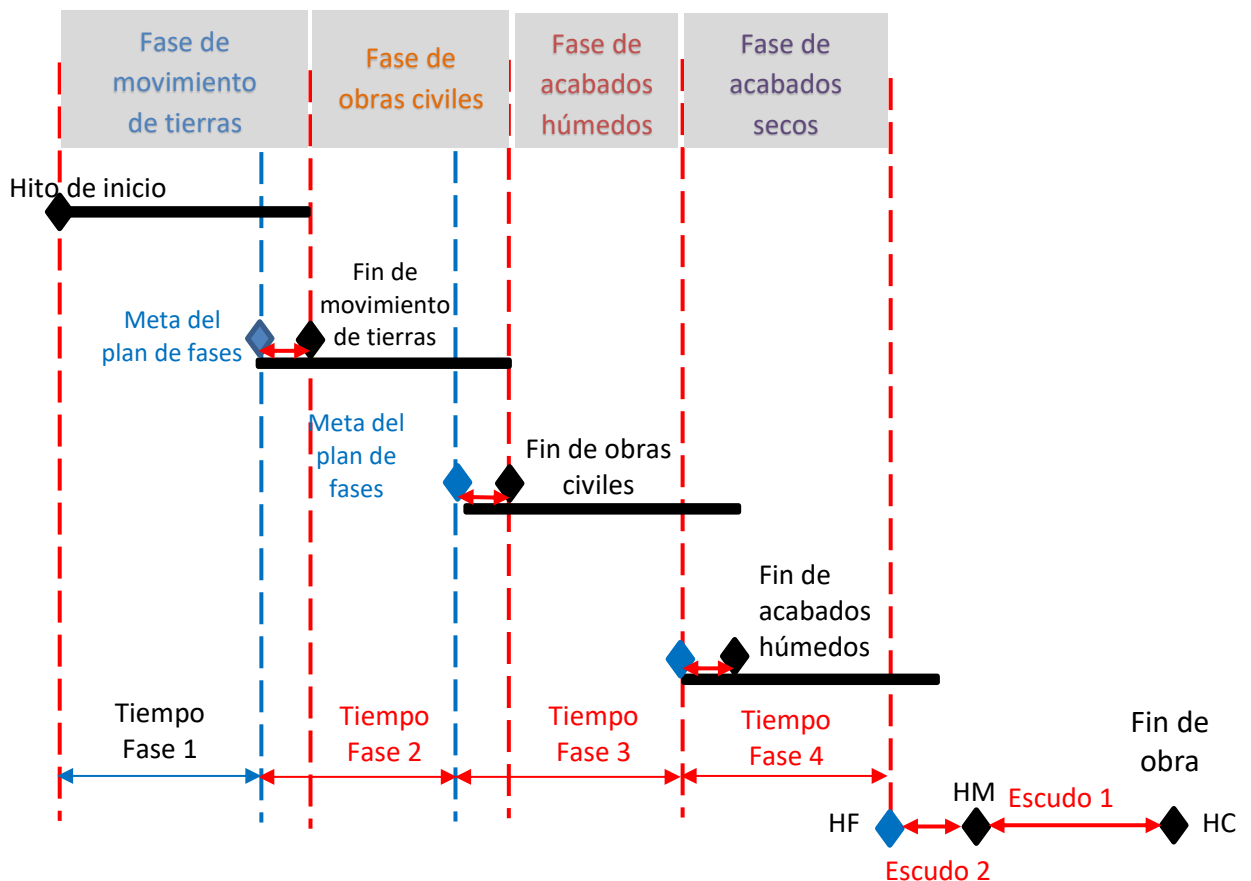


Figura 14. Escudo 2 (Fuente Propia)

iv. Control de Hitos

Teniendo claro los términos de escudo 1 y 2, se define los criterios para el seguimiento de la programación semanal y su impacto en el consumo de estos escudos de tiempo, y de esta forma saber el impacto que está generando el comportamiento real del proyecto a los hitos de las fases, hitos meta y finalmente al fin contractual.

Para garantizar los plazos de obra, se propone lo siguiente:

- Lograr el escudo 1 entre el programa contractual y el programa meta con un mínimo 20 días calendarios.
- Lograr el escudo 2 entre el programa meta y el plan de fases con mínimo 20 días calendarios.
- Semanalmente controlar el consumo de estos escudos de tiempo, proyectando la versión “Se puede” de la semana hacia los hitos definidos en el programa meta y el plan de fases.
- Disminuir la variabilidad del lookahead planning, anticipando las paradas de flujos mediante análisis de restricciones de la segunda, tercera y cuarta semana del horizonte del LAP.
- Cumplir con el levantamiento de las restricciones master y de las fases, en las fechas establecidas.

En base a esto, y para aterrizar este control en una herramienta que se pueda usar semanalmente, se definió el formato de la Figura 15 para el control de hitos. Se estableció hacer un seguimiento semanal del consumo de estos escudos para que no se arriesgue el cumplimiento de los hitos contractual ni meta. De esta forma se conocerá de manera

temprana el nivel de consumo en cada fase, para que se puedan realizar acciones correctivas inmediatas. Por lo que establece que, con un desfase mayor a 7 días calendarios, se deberá alertar a la gerencia de proyectos para no arriesgar los hitos.

Fases	Programado					Real			Fin real
	Hito Venta	Hito Interno	Hito Plan de fases	Escudo 1	Escudo 2	Desfase Actual	Desfase anterior	Consumo de escudo	
1. Excavación y Muros pantallas									
2. Cimentación									
3. Casco									
4. Acabados Húmedos									
5. Acabados Secos									
6. Areas comunes									
7. Obras exteriores - Fin de obra									

Figura 15. Propuesta del control de plazos (Elaboración propia)

En el ejemplo de la Figura 16 se puede notar que en la fase de cimentación el desfase de la semana es de 8 días calendarios, lo que alerta al área gerencial que puede haber afectaciones al hito meta. Se adjunta un par (2) de reportes del control de plazos en el Anexo 1.3.

Fases	Programado					Real			Fin real
	Hito Venta	Hito Interno	Hito Plan de fases	Escudo 1	Escudo 2	Desfase Actual	Desfase anterior	Consumo de escudo	
1. Excavación y Muros pantallas	20/02/19	30/01/19	10/01/19	21	20	4	3	16	10/01/19
2. Cimentación	10/04/19	21/03/19	01/03/19	20	20	8	4	12	01/03/19
3. Casco	28/07/19	06/07/19	15/06/19	22	21				
4. Acabados Húmedos	20/09/19	31/08/19	11/08/19	20	20				
5. Acabados Secos	06/11/19	15/10/19	25/09/19	22	20				
6. Areas comunes	12/12/19	21/11/19	30/10/19	21	22				
7. Obras exteriores - Fin de obra	22/12/19	29/11/19	08/11/19	23	21				

Figura 16. Ejemplo del control de plazos (Elaboración propia)

3.5.3. Monitorear un sistema de producción basado en el *Last Planner System*[®].

3.5.3.1. Necesidad de monitorear el sistema de producción

Para el seguimiento de la implementación, se plantea medir el uso del nuevo Sistema de Producción mediante un seguimiento semanal para verificar que herramientas están utilizando los equipos en sus proyectos. Esto permitirá a la empresa conocer las dificultades de adaptación de algunos equipos, y así poder reforzar la implementación.

3.5.3.2. Propuesta

i. Seguimiento semanal del uso del Sistema

El seguimiento semanal permitirá conocer si se cumple con el uso de las herramientas que son parte del sistema de producción. Cada herramienta del *Last Planner System*[®] ofrece sus propios beneficios, pero al estar diseñadas como un sistema juntos ayudan a entregar proyectos de calidad a tiempo y dentro del presupuesto. Las herramientas que deben ser monitoreadas semanalmente, son:

1. Plan meta
2. Plan de fases
3. Lookahead planning
4. Plan semanal de producción
5. Reuniones diarias
6. Cálculo del PPC
7. Causas de no cumplimiento

8. Reuniones semanales de producción

Para este seguimiento se define una calificación de “-1” a “2”, el detalle está en la

Tabla 10.

Tabla 10. Calificación del seguimiento semanal

Calificación	Interpretación
-1	Incumplimiento o no uso de la herramienta
0	Uso de la herramienta no es de uso obligatorio en esa etapa del proyecto
1	Cumplimiento incompleto
2	Cumplimiento completo

En la Tabla 11 se muestra un ejemplo de seguimiento semanal para los proyectos, el cual es el mismo formato que estaba definido para el registro de dicha información.

Tabla 11. Ejemplo del seguimiento semanal (Elaboración propia)

Año	Semana del año	Proyecto	Semana del Proyecto	Plan Maestro	Plan de Fases	Lookahead Planning	Plan Semanal de Producción	Reuniones Diarias	Calculo de PPC	Causas de Incumplimiento	Reunión Semanal de Producción
2018	32	Black	2	0	0	2	2	0	0	0	0
2018	32	CC PUCP	5	2	0	2	2	2	2	2	2
2018	32	Connect	1	2	0	2	2	2	2	2	2
2018	32	Leaf	54	0	0	2	2	2	2	2	2
2018	32	Magna Haus	40	0	0	2	1	1	2	2	2
2018	32	Mid	45	0	0	1	1	1	1	-1	1
2018	32	Stelar	83	0	0	2	1	1	2	0	1

Según lo registrado en la Tabla 11, se interpreta que para un proyecto no se aplicó la obligatoriedad de tener un plan maestro y plan de fases, debido a que este proyecto ya tenía ambos cronogramas aprobados para la etapa de ejecución en la que se encontraba. Se observa que el *lookahead* no es revisado en las sesiones semanales de manera completa, esto ya que se pudo observar en la visita al proyecto que no estaba actualizado en la sala de producción, al igual que el plan semanal. Las reuniones diarias debían ser transmitidas a los subcontratistas en órdenes de trabajo, lo cual no se presenció y/o no se encontró registro. Al igual, el PPC tiene puntuación de incompleto lo que se pudo verificar con una visita y registro fotográfico de la falta de seguimiento del plan semanal, así como se validó que no realizaron el análisis de incumplimientos y se asignó incompleto a la reunión semanal de producción ya que no se realizó con la asistencia de todos los involucrados. En el Anexo 5 está adjunto el registro fotográfico del cumplimiento del proceso de seguimiento semanal del uso del sistema de producción.

ii. Panel de monitoreo

Durante el proceso de implementación se identificó la necesidad de contar con una herramienta que permita medir el nivel o calidad del uso de cada herramienta, para así asegurar que el equipo del proyecto tenga una herramienta de *feedback* que les permita conocer que tan bien o mal están gestionando su proyecto bajo este nuevo enfoque, y así puedan saber en qué herramienta deben poner mayor énfasis.

Se definen cuatro indicadores que permiten conocer la calidad de la gestión del proyecto bajo el nuevo sistema de producción, los cuales son mostrados en la Tabla 12.

Tabla 12. Indicadores del panel de monitoreo (Elaboración propia)

Indicador	¿Qué nos permite saber?
Generar flujo continuo	Si se define un plan semanal sin restricciones.
Anticipación de problemas	Si se están identificando restricciones de las tareas de la semana 2 al 4 del cronograma, y con un adecuado tiempo de anticipación
Confiabledad de compromisos	Si se está dando seguimiento y resolviendo las restricciones identificadas.
Planificación integrada	Si se están teniendo reuniones semanales con todos los involucrados del proyecto.

Estos indicadores se pudieron calcular en base a información reportada semanalmente por cada equipo de los proyectos (Anexo 4). Este reporte se elabora y analiza con la información reportada, y luego era retornada a los equipos de los proyectos para que revisen y tengan el *feedback* de los resultados obtenidos de su gestión con la metodología *Last Planner System*[®], se comparte un panel de monitoreo en el Anexo 4.

A continuación, se explican cada uno de los indicadores para un proyecto, describiendo cada una de las analíticas definidas en el panel de monitoreo y detallando el *feedback* correspondiente según los resultados obtenidos.

a. Generar flujo continuo

La Figura 17 indica que se tiene definido un plan semanal con siete restricciones pendientes y veintitrés listas de campo (son tareas de soporte que no afectan a la ejecución de las tareas del plan semanal), lo que va en contra de generar flujo continuo. De aquí se

analizan a detalle las restricciones y se busca entender con el equipo de obra porque no lograron anticiparlas, y se proponen planes de acción para que no se repita.

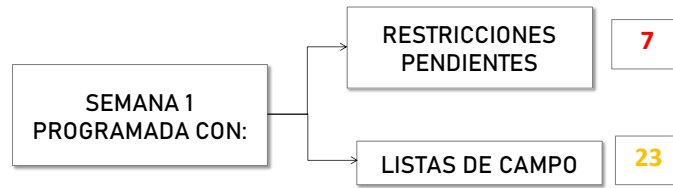


Figura 17. Estado de la semana de producción (Elaboración propia)

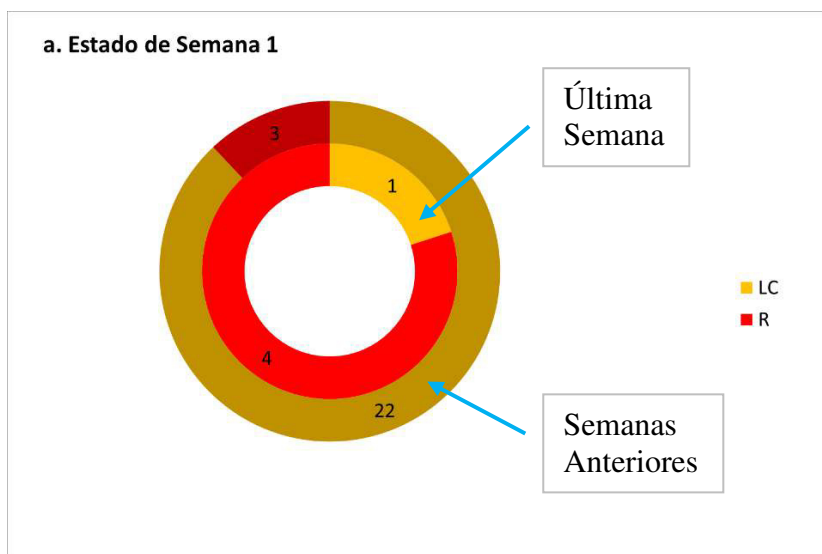


Figura 18. Distribución de las restricciones de la semana 1 (Elaboración propia)

La Figura 18 muestra que en la última semana identificaron cuatro restricciones para la semana de producción, así como una lista de campo. Y de las semanas anteriores, tienen tres restricciones pendientes y veintidós listas de campo. Si estas restricciones pendientes no son liberados a tiempo, las tareas dependientes de ellas y definidas en el

plan no serán ejecutadas en la semana. De aquí se busca concientizar al equipo del proyecto que deben mejorar el análisis de las restricciones.

b. Anticipación de problemas

La Figura 19 muestra que se identificaron dieciocho nuevas restricciones, de las cuales diez de ellas están relacionadas con la ejecución de las tareas de la semana dos, dos restricciones con las tareas de la semana tres y seis restricciones están relacionadas con las tareas de la semana cuatro. Esto indica que, si están revisando las restricciones del lookahead planning, lo que permite asegurar un inventario de tareas ejecutables (libres de restricciones).

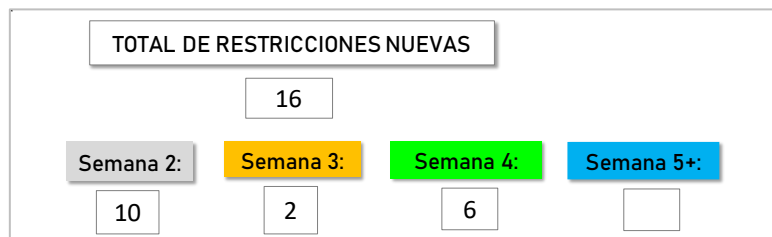


Figura 19. Restricciones en la semana del 2 al 4 (Elaboración propia)

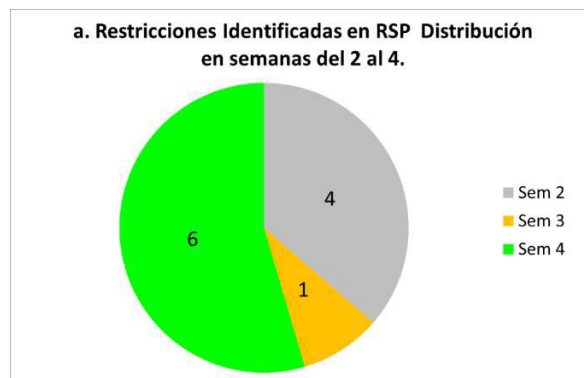


Figura 20. Distribución de restricciones nuevas (Elaboración propia)

La Figura 20 muestra la distribución de restricciones por semana, donde se observa que la mayor cantidad de restricciones ha sido mapeada de las tareas de la semana dos, y siguiente de la semana tres y cuatro. Esta distribución debería ser al revés, ya que, si todas las semanas se revisa el LAP, significa que la primera semana del lookahead es revisada cuatro veces y así todas las semanas. De aquí se muestra a detalle las tareas que se tienen programadas en cada semana, y se corrobora si las restricciones mapeadas son las necesarias o hay un mayor detalle que no fue analizado.

En la Figura 21 se observa el tiempo de anticipación en días, definido para cada tipo de restricción. Este criterio servirá para analizar los siguientes indicadores.

REGLAS DE ANTICIPACIÓN	TIPO DE RESTRICCIÓN	Tiempo de Anticipación
	Condiciones externas	7
	Condiciones seguras	7
	Definición de contrato	24
	Diseño	24
	Equipos casa	14
	Equipos subcontratista	7
	Frente anterior liberado	7
	Mano de obra casa	21
	Mano de obra subcontratista	21
	Material Subcontratista	14
	Materiales casa	7

Figura 21. Tiempos de anticipación por tipo de restricción (Elaboración propia)

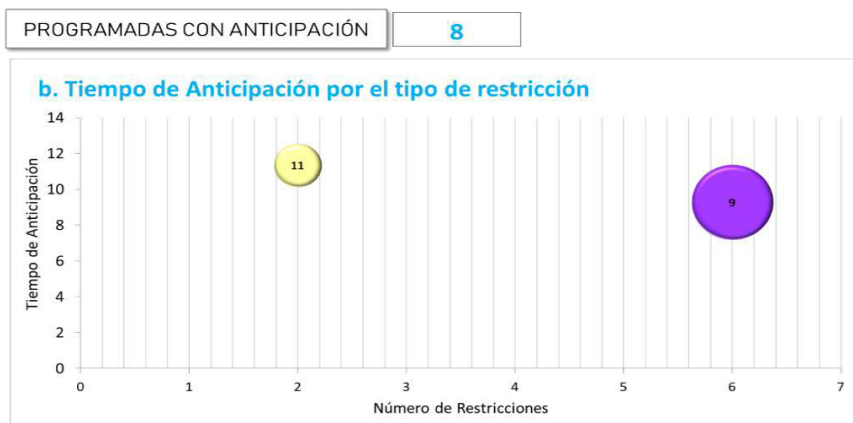


Figura 22. Restricciones programadas con anticipación (Elaboración propia)

De la Figura 22 se observa que ocho restricciones fueron identificadas con anticipación, de las cuales seis fueron del tipo “equipo subcontratista” con un tiempo de nueve días de anticipación extra. Y dos restricciones del tipo “equipo de casa”, las cuales fueron identificadas con un tiempo de once días de anticipación extra.

De la Figura 23 se observa que ocho restricciones fueron identificadas con retraso, siendo tres del tipo “material de casa” con un tiempo de retraso de ocho días, dos del tipo “diseño” con un tiempo de retraso de veinticinco días y tres restricciones. Una de “equipo de subcontratista”, “condiciones seguras” y “equipo de casa”, con un tiempo de retraso de un día. De aquí se analiza con los responsables de dichas restricciones la razón de la tardía identificación, así como se evalúa que no impacte en la ejecución del proyecto.

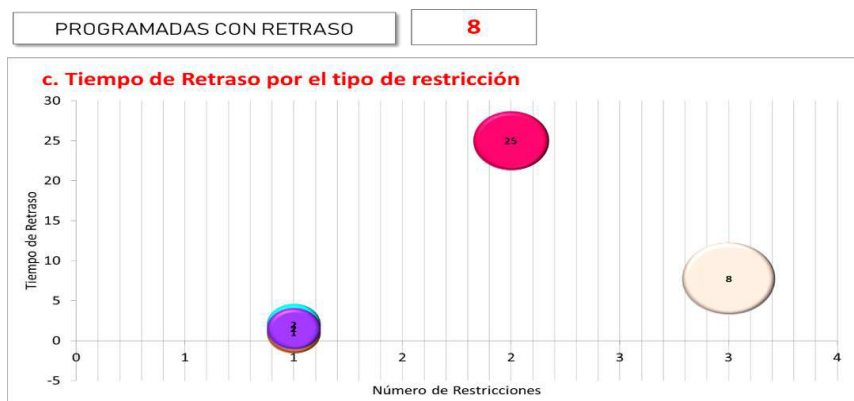


Figura 23. Restricciones programadas con retraso (Elaboración propia)

c. Confiabilidad de compromisos

En la Figura 24 se muestra un 98% de confiabilidad del equipo del proyecto para liberar restricciones en la fecha comprometida. También se muestra el porcentaje de confiabilidad por cada involucrado del proyecto, del cual se observa que un involucrado

tiene una restricción vencida por lo que tiene un porcentaje de confiabilidad semanal del 0% y un porcentaje de confiabilidad acumulado del 60%. De aquí se analiza con los involucrados los inconvenientes que no le permitieron levantar a tiempo dichas restricciones, con esto se busca aumentar su nivel de compromiso.

		SEMANA	% CONFIABILIDAD	BLACK	98%		
	Nombre	% CONFIABILIDAD ACUMULADO	% CONFIABILIDAD DE ESTA SEMANA	RESTRICCIONES EN CURSO	RESTRICCIONES VENCIDAS	CANTIDAD DE COMPROMISOS ASUMIDOS	
Staff							
	Antony Sanz	100%	100%	20	0	21	
	Arturo Yamuca	100%	100%	5	0	15	
	Axel Benavente	50%	0%	0	1	2	
	Edwin Chavez	100%	100%	8	0	8	
	Frider Casas	100%	100%	0	0	2	
	Greta Li	100%	100%	0	0	1	
	Jose Quiroz	100%	100%	1	0	5	
	Juan Carlos Ore	100%	100%	0	0	1	
	Mariana Urbina	100%	100%	1	0	14	
	Omar Ormaeche	100%	100%	0	0	2	
Subcontratista - Capataz							
	Adolfo Cuba	100%	100%	5	0	10	
	Antony Balladares	100%	100%	1	0	1	
	Elvis	100%	100%	0	0	1	
	Jeiner Gomez	100%	100%	0	0	1	
	Juancarlos Calderón	100%	100%	0	0	1	
	Miguel Vilegas	100%	100%	1	0	1	
Subcontratista - Encargado							
	Antony Valladares	100%	100%	0	0	2	
	Luis Lopez	100%	100%	0	0	1	
	Roberto Guerrero	100%	100%	0	0	6	
Subcontratista - Gerente							
	Cesar Julon	100%	100%	0	0	2	
	Cesar Zambrano	100%	100%	0	0	1	
	Enrique Mejia	100%	100%	0	0	3	
	Michael Carrillo	100%	100%	0	0	2	
	Paul Warthon	100%	100%	0	0	2	
	Ricardo Castañeda	100%	100%	0	0	1	

Figura 24. Confiabilidad del equipo del proyecto (Elaboración propia)

d. Planificación integrada

En la Figura 25 se muestra que la reunión semanal se definió realizar con trece involucrados, de los cuales asistieron doce usuarios y un miembro del staff faltó. De aquí

se revisa si se están involucrando a las personas necesarias, es decir de quienes se requiere su colaboración para mejorar el performance del proyecto.

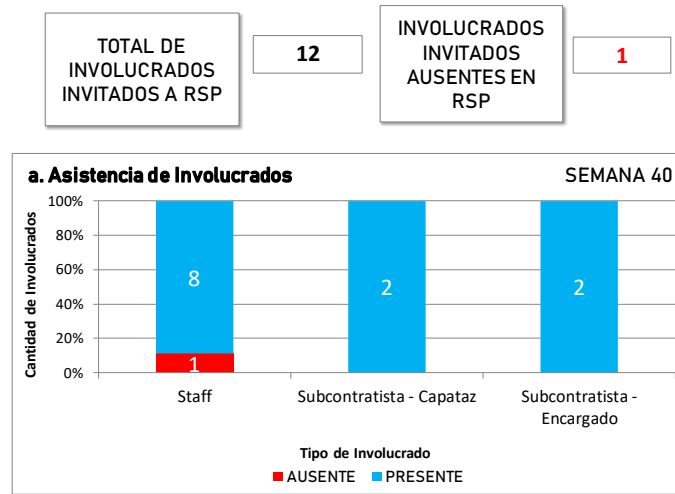


Figura 25. Asistencia de involucrados a la reunión semanal (Elaboración propia)

En la Figura 26 se observa que todas las restricciones fueron asignadas a usuarios presentes, es decir logrando un compromiso integral para que las restricciones identificadas sean liberadas en el tiempo comprometido.

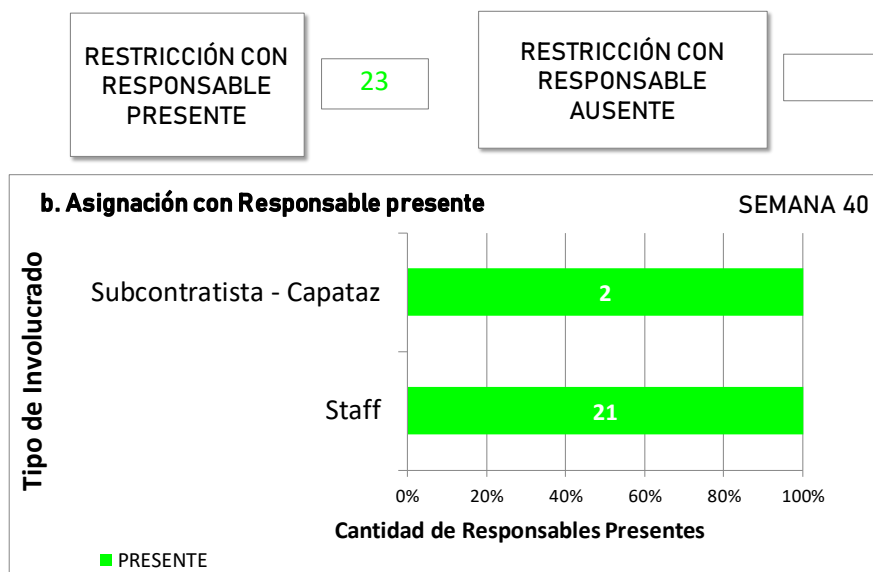


Figura 26. Asignación de restricciones con responsable presente (Elaboración propia)

3.5.4. Predictibilidad del índice de rendimiento del Plan Meta (SPI) de los siete proyectos observados.

3.5.4.1. Hallazgos

Para hacer el análisis de la correlación existente entre la predictibilidad del Plan Meta (SPI) y el Nivel de Implementación (NI), no se encontraron datos previos. Esto debido a que la variable Nivel de Implementación (NI) es un indicador que se definió durante el inicio del proceso de implementación. Por lo que los datos obtenidos corresponden desde las etapas iniciales de implementación de cada proyecto, siendo un aproximado de treinta semanas de seguimiento.

3.5.4.2. Propuesta

Se presentan la revisión y procesamiento de los dos indicadores para los siete proyectos estudiados. Se realizó una limpieza de datos para mejorar la confiabilidad del análisis. El tiempo promedio de los datos validados fue de veinte semanas.

Con el fin de poder comparar el desempeño de los proyectos tanto en efectividad como en confiabilidad se recurre al uso de dos parámetros estadísticos: la media (μ) y la desviación estándar (σ), los que se escogen con el fin de simplificar la replicabilidad del estudio. La media permite obtener el desempeño del indicador medido, y la desviación permite conocer si este desempeño ha sido consistente en el tiempo o dicho también, si es predecible en el tiempo. En el capítulo III. Diseño de la investigación e ítem 2. variables, se definió una calificación por rango de cada indicador tanto para su media y desviación, lo que permitirá generar información procesada para su análisis.

Se muestra el procesamiento de los datos de uno de los siete proyectos, el resto será adjunto en el Anexo 6.

En la

Figura 27 se muestra los tres indicadores durante las semanas medidas. El performance del Nivel de Implementación (NI) mostrado en la Figura 28 muestra que se tuvo un desempeño $\mu = 2$ con una desviación de $\sigma = 0$, lo que indica que en todas las semanas de la implementación usaron todos los elementos definidos en el sistema. Según

el criterio definido este indicador de Nivel de Implementación califica un desempeño “alto” y una desviación “baja”.

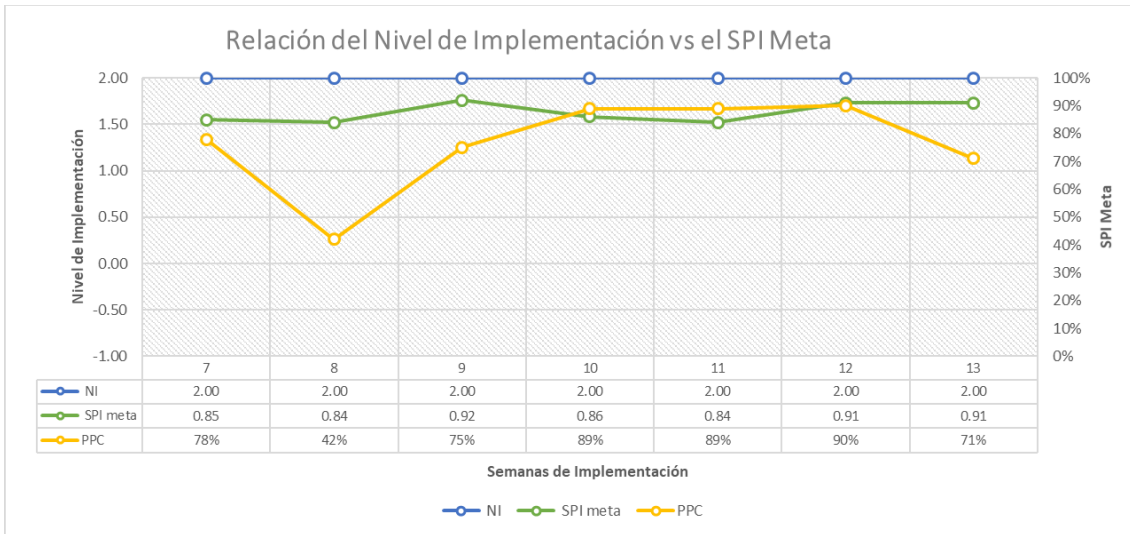


Figura 27. Relación del NI vs SPI meta vs PPC – Proyecto 1 (Elaboración propia)

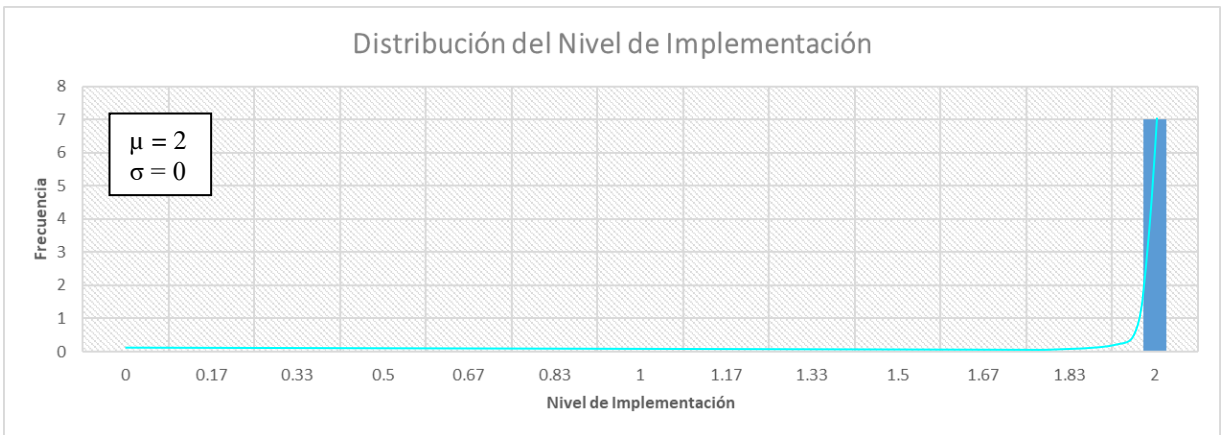


Figura 28. Distribución del Nivel de Implementación - Proyecto 1 (Elaboración propia)

El performance del SPI meta mostrado en la Figura 29 muestra que tuvo un desempeño $\mu = 88\%$ con una desviación de $\sigma = 0.036$. Según el criterio definido este indicador de SPI meta califica un desempeño “medio” y una desviación “baja”.

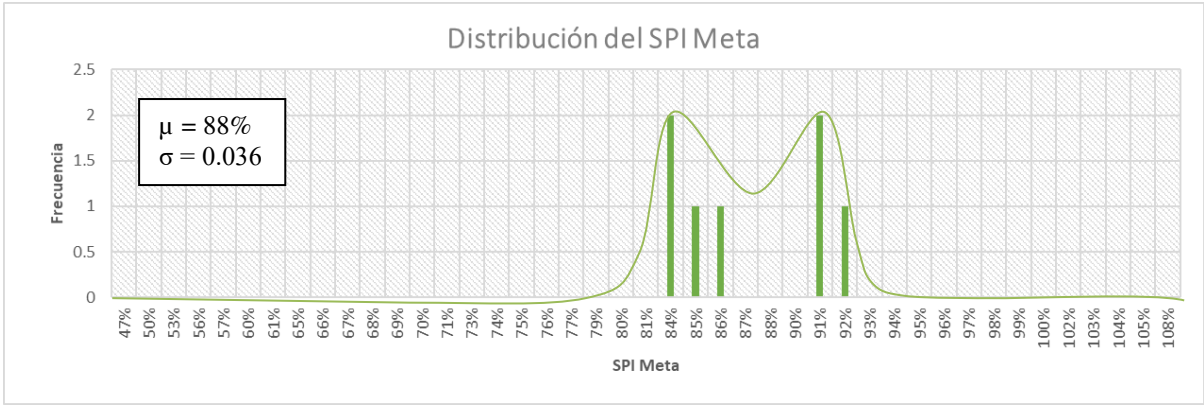


Figura 29. Distribución del SPI meta (Elaboración propia)

El performance del PPC mostrado en la Figura 30 muestra que se tuvo un desempeño $\mu = 81\%$ con una desviación de $\sigma = 0.163$. Según el criterio definido este indicador de PPC califica un desempeño “alto” y una desviación “medio”.

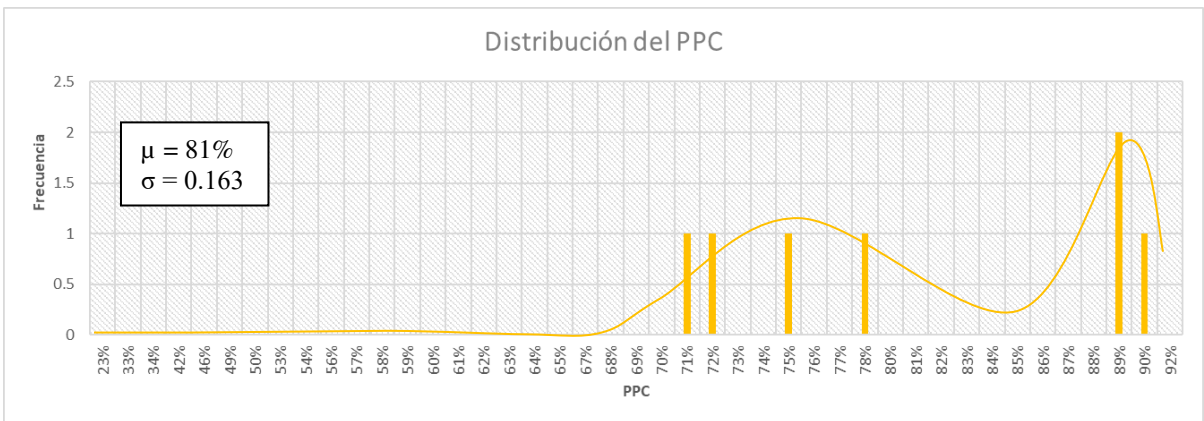


Figura 30. Distribución del PPC - proyecto 1 (Elaboración propia)

3.5.5. Predictibilidad en la confiabilidad del plan semanal (PPC) de los siete proyectos observados.

3.5.5.1. Hallazgos

Para hacer el análisis de la correlación existente entre la predictibilidad del plan semanal (PPC) y el Nivel de Implementación (NI), no se encontraron datos previos. Esto debido a que la variable Nivel de Implementación (NI) es un indicador que se definió durante el proceso de implementación. Por lo que los datos obtenidos corresponden desde las etapas iniciales de implementación de cada proyecto, siendo un aproximado de treinta semanas de seguimiento.

3.5.5.2. Propuesta

Se muestra el procesamiento de los datos de uno de los siete proyectos, el resto será adjunto en el Anexo 6.

En este proyecto se arrancó desde la etapa de casco de sótanos. El tiempo de estudio de este proyecto fueron de treinta y cuatro semanas con datos validados.

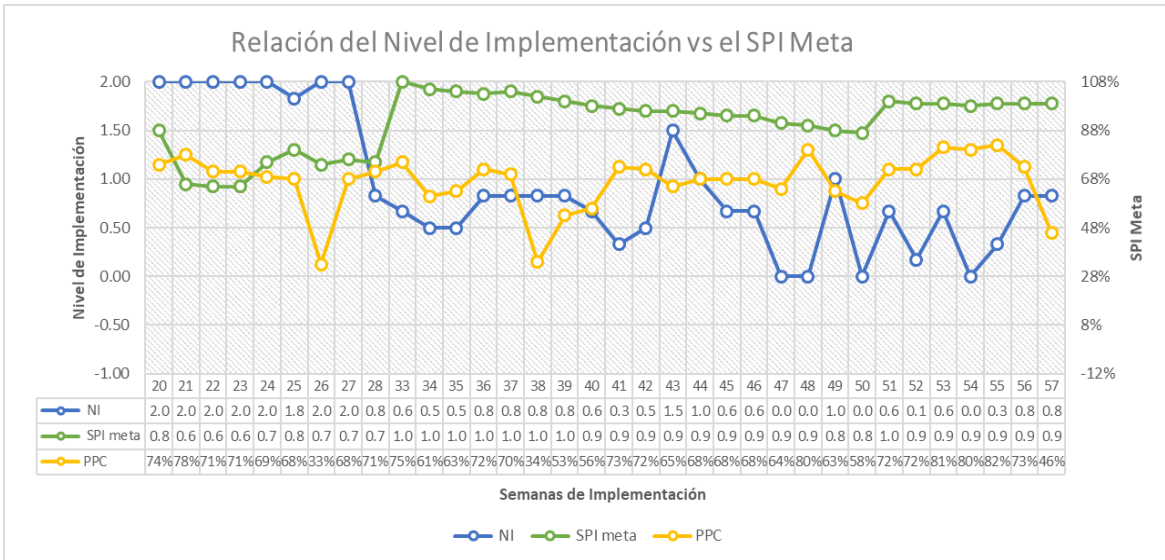


Figura 31. Relación del NI vs SPI meta vs PPC – proyecto 2 (Elaboración propia)

La Figura 31 muestra la relación de los tres indicadores durante las semanas medidas. El performance del Nivel de Implementación mostrado en la Figura 32 , muestra que se tuvo un desempeño $\mu = 0.93$ con una desviación de $\sigma = 0.65$. Según el criterio definido este indicador califica un desempeño “bajo” y una desviación “alta”.

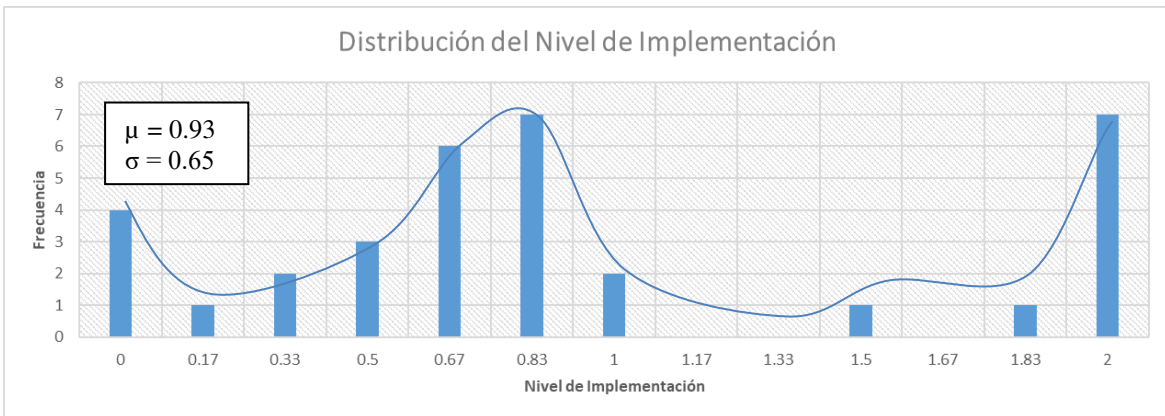


Figura 32. Distribución del Nivel de Implementación - proyecto 2 (Elaboración propia)

El performance del SPI Meta mostrado en la Figura 33, muestra que se tuvo un desempeño $\mu = 91\%$ con una desviación de $\sigma = 0.122$. Según el criterio definido este indicador de PPC califica un desempeño “medio” y una desviación “alta”.

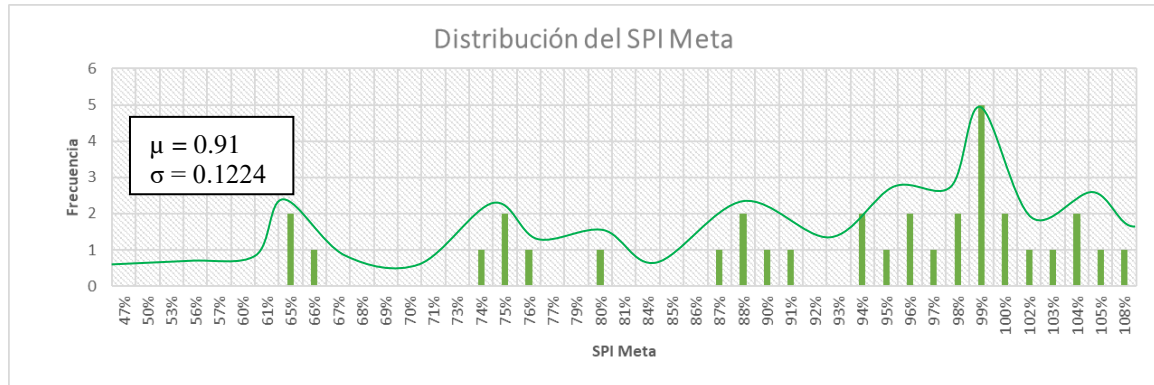


Figura 33. Distribución del SPI Meta - Proyecto 2 (Fuente Propia)

El performance del PPC mostrado en la Figura 34, muestra que tuvo un desempeño $\mu = 67\%$ con una desviación de $\sigma = 0.115$. Según el criterio definido este indicador de PPC califica un desempeño “bajo” y una desviación “baja”.

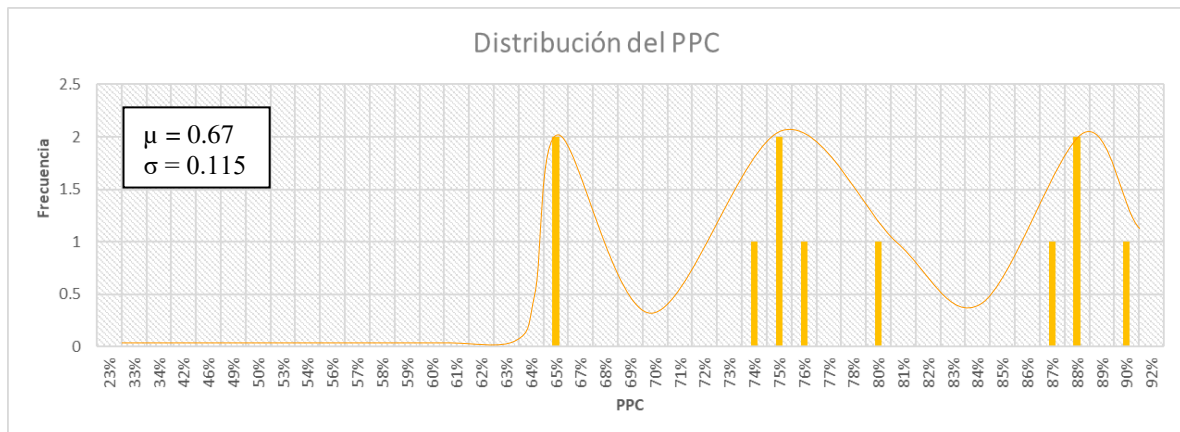


Figura 34. Distribución del PPC - proyecto 2 (Elaboración propia)

Los resultados del desempeño (μ) y desviación (σ) de cada variable se resumen en la Tabla 13.

Tabla 13. Resultado de NI, SPI y PPC (Elaboración propia)

Proyectos	NI		SPI meta		PPC	
	μ	σ	μ	σ	μ	σ
CC PUCP	1.99	0.0471	0.62	0.0540	0.64	0.1510
Connect	2.00	0.0000	0.88	0.0360	0.81	0.0850
Black	1.30	0.7151	0.59	0.0967	0.76	0.1933
Leaf	1.90	0.0862	0.77	0.0948	0.75	0.0999
Stelar	1.82	0.2149	0.92	0.0601	0.73	0.1013
Magna Haus	1.03	0.4939	0.80	0.0958	0.67	0.0906
MID	0.93	0.6505	0.91	0.1224	0.67	0.1154

Tabla 14. Resumen de hallazgos y propuestas (Elaboración propia)

Hipótesis	Hallazgos	Propuestas
Implementar un Sistema de Producción basado en el <i>Last Planner System</i> ® permite mejorar la productividad en las empresas constructoras.	Se contrata a última hora y no hay tiempo de evaluación.	<ul style="list-style-type: none"> - Crear el manual de producción de la empresa basado en <i>Last Planner System</i>®. - Incorporar como factor relevante del sistema de producción: la planificación integrada semanal con elementos visuales, incorporando a todas las áreas subcontratadas de la dirección del proyecto y a los representantes operativos y que toman decisiones de los subcontratistas. - Incorporar a los subcontratistas en todo el sistema de producción y capacitándolos.
	Desconocimiento de los tiempos de contratación.	
	Falta de objetivos comunes en las áreas de oficina técnica, calidad, seguridad y producción.	
	Falta de método de seguimiento de la empresa.	
	Desconocimiento de la planeación de la empresa.	
Estandarizar la elaboración y control a nivel corporativo del Plan Meta permite mejorar la productividad en las empresas constructoras.	Desconexión entre los diferentes niveles de planificación	<ul style="list-style-type: none"> - Estructura en fases de control - Control de hitos
Monitorear un sistema de producción basado en el <i>Last Planner System</i> ® permite mejorar la productividad en las empresas constructoras.	Necesidad de monitorear el sistema de producción, para asegurar la sostenibilidad.	<ul style="list-style-type: none"> - Seguimiento semanal del uso de las herramientas del Sistema de producción. - Panel de monitoreo.
La implementación del <i>Last Planner System</i> ® en el sistema de producción de una empresa permite mejorar la predictibilidad del índice de rendimiento del Plan Meta (SPI).	Necesidad de analizar la influencia de la Implementación sobre los resultados del proyecto.	<ul style="list-style-type: none"> - Medición del Nivel de Implementación - Medición del SPI - Análisis de correlación existente.
La implementación del <i>Last Planner System</i> ® en el sistema de producción de una empresa permite mejorar la predictibilidad en la confiabilidad del plan semanal – PPC de los siete proyectos observados.	Necesidad de analizar la influencia de la Implementación sobre los resultados del proyecto.	<ul style="list-style-type: none"> - Medición del Nivel de Implementación - Medición del PPC - Análisis de correlación existente.

4. RESULTADOS

4.1. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Luego de realizado el proceso hallazgos e implementación de las propuestas (estandarización, propuesta de monitoreo, recolección y procesamiento de todos los datos), se procede a analizar e interpretar los resultados, contrastando con los resultados obtenidos por los autores citados en los antecedentes de estudio.

4.1.1. Análisis de la implementación corporativa del sistema de producción basado en el *Last Planner System*®.

- El proceso de Implementación se desarrolla en las siguientes etapas: diagnóstico, proyecto piloto, diseño del sistema y capacitaciones. Estas cuatro etapas no se dieron una después de otra, sino que se trabajaron en paralelo, lo que permite ir realizando *feedback* de cada etapa para obtener un mejor diseño del sistema.
- La implementación corporativa del sistema de producción arrancó con la primera etapa “diagnóstico” de los problemas que aquejan la empresa, dichos problemas son muy semejantes a los problemas crónicos mencionados por Achell, dicha comparación se muestra en la Tabla 15. Diagnósticos de los problemas crónicos de las empresas.

Tabla 15. Diagnósticos de los problemas crónicos de las empresas (Elaboración propia)

Diagnóstico Encontrado	Diagnostico por Achell (2019)
Capacidad operativa de la subcontratista analizada en la contratación (genera atraso).	Falta de métodos para la planificación y control.
Falta de seguimiento y control de la planificación.	Proyectos poco detallados y escasamente analizados.
Reducción del espectro de subcontratistas.	Falta de coordinación y transparencia entre los stakeholders.
Falta de análisis de los recursos necesarios.	Escasos o nulos controles de la productividad.
Falta de compatibilización de planos al inicio y aspectos contractuales afectan plazos y costos de construcción.	-
Omisiones y errores del presupuesto.	-

- Del “proyecto piloto”, se comienza realizando mediciones para entender a detalle un proyecto típico de la empresa. Se encontraron trabajos productivos de 31%, que según la clasificación propuesta por Virgilio Guio es un tipo de perdida difícil de combatir, ya que estas pérdidas son más complejas se propone implementar herramientas de gestión. El autor Virgilio Guio propuso desde el 2000 la implementación del *Last Planner System*[®] como un enfoque para mejorar la planificación y control de proyectos. Así también, *McKinsey Global Institute* menciona dicho enfoque para la mejora de la productividad en los proyectos de construcción (Tabla 16).

Tabla 16. Mapeo del problema por diferentes autores (Elaboración propia)

Autores	Virgilio Guio	McKinsey Global	Propuesta actual
Año	2000	2017	2018
Problema	Baja productividad		
Propuesta	Implementación corporativa del <i>Last Planner System</i> ®		

- Para el “diseño del sistema” se definen veintinueve herramientas, combinando sus alcances para lograr mejores resultados. Contrastando con el autor Abner García, quien registró la utilización de 2 elementos del sistema, siendo: sectorización y los trenes de trabajo para un proyecto del 2014 en la misma empresa. Esas dos herramientas son las más utilizadas en los proyectos de construcción de Perú, lo cual es mencionado por el investigador Danny Murguía.
- La etapa de “capacitaciones” inició con una evaluación para mapear el nivel de conocimiento del enfoque LPS, del que se obtuvo una nota promedio de trece sobre veinte. Esto dio información clave para diseñar las capacitaciones.

4.1.2. Análisis de la Estandarización para elaborar y controlar a nivel Corporativo el Plan Meta.

- En la etapa de *roll out* o implementación en todos los proyectos, se identificaron problemas de desconexión de información entre las áreas de proyectos, por lo que se diseñó y estandarizó una “estructura de fases de control” para la elaboración del cronograma meta. Este cronograma está compuesto de tres niveles estándar: fases, sub fases y actividades de control. Con esto se logra la interoperabilidad de la información entre diferentes áreas del proyecto.

- La estandarización del cronograma meta permitió a la vez estandarizar una “herramienta para el control de hitos”. Esto permitió ver el impacto del cronograma de seguimiento a la fecha o *Lookahead planning* con respecto al cronograma meta, de esta forma se tuvo un mejor conocimiento del impacto que se generaba con respecto al plazo.

4.1.3. Análisis del monitoreo del sistema de producción basado en el *Last Planner System*®.

- Terminada la etapa de *roll out* o implementación en todos los proyectos, se acompaña a los equipos con una etapa de soporte semanal. Se debe asegurar la adopción del nuevo sistema de producción como parte de sus nuevas formas de trabajo, en este proceso se detecta la necesidad de contar con una herramienta que permita a los equipos de obra tener un *feedback* crítico de cómo está siendo la gestión del proyecto bajo la metodología implementada, por lo que se define el panel de monitoreo. Este es elaborado en base a la información que generaba cada equipo (Anexo 4). Este panel está compuesto por cuatro indicadores: generar flujo continuo, anticipación de problemas, confiabilidad de compromisos y planificación integrada.
- La revisión del indicador “generar flujo continuo” permite al equipo de obra identificar si están definiendo planes semanales libres de restricciones.
- La revisión del indicador “anticipación de problemas” permite al equipo de obra identificar si se está analizando a rigurosidad el LAP, esto mediante el mapeo o identificación de restricciones.

- La revisión del indicador “confiabilidad de compromisos” permite al equipo de obra identificar si se están liberando las restricciones requeridas a tiempo.
- La revisión del indicador “planificación integrada” permite al equipo de obra identificar si las reuniones de planificación semanal se están realizando con los principales involucrados que se necesitan comprometer en los acuerdos que deban tomar.

4.1.4. Análisis de la relación entre la implementación del *Last Planner System*[®] en el sistema de producción con la predictibilidad del índice de rendimiento del Plan Meta – SPI.

- La Implementación del *Last Planner System*[®] fue medida de manera semanal en todos los proyectos. Se verificó el uso base de las siguientes herramientas: Plan Meta definido, realización del plan de fases, revisión del lookahead planning, definición del plan semanal de producción, realización de reuniones diarias, análisis y cálculo del PPC, registro de causas de no cumplimiento y realización de las reuniones semanales de producción.
- El Nivel de Implementación (NI) se calcula promediando el uso de cada elemento, todos con el mismo grado de importancia.
- El índice de rendimiento (SPI) se elabora de forma semanal para cada proyecto. Para estimar este dato, se tomaron de las mediciones realizadas por el área de soporte de oficina técnica de cada proyecto.
- De la revisión de los datos descrita en el capítulo de diseño de la investigación, se abstrae la Tabla 17.

Tabla 17. Datos de desempeño y desviación del SPI (Elaboración propia)

Proyectos	Desempeño NI	Desempeño SPI	Desviación SPI
MID	0.93	0.91	0.1224
Magna Haus	1.03	0.8	0.0958
Black	1.3	0.59	0.0967
Stelar	1.82	0.92	0.0601
Leaf	1.9	0.77	0.054
CC PUCP	1.99	0.62	0.054
Connect	2	0.88	0.036

- De la Tabla 17, se muestra que el proyecto Connect tuvo un Nivel de Implementación “alto” (2), así como un desempeño del rendimiento del Plan Meta “alto” (0.88) y con una desviación baja o alta predictibilidad o confianza.
- De la Tabla 17, se observa que el proyecto MID tuvo un desempeño del NI “bajo” (0.93), un desempeño del SPI “Alto” (0.91) y una desviación “alta”. De lo que interpretan, que un bajo Nivel de Implementación está relacionado con un rendimiento del Plan Meta “alto”, pero con una baja predictibilidad o confiabilidad.
- De la Tabla 17, se observa que el proyecto Black tuvo un desempeño del NI “bajo” (1.2), y un desempeño del SPI “bajo” (0.59) y una desviación “alta”. De lo que interpretan, que un bajo Nivel de Implementación está relacionado con un bajo rendimiento del Plan Meta y con una tendencia menos predecible o baja confiabilidad.
- De la Tabla 17, se abstrae la Figura 35 donde se grafican los siete proyectos estudiados en los círculos azules, así como la línea vertical indica el Nivel de Implementación (NI) y la horizontal indica el índice de rendimiento del Plan Meta

(SPI). Ambas líneas verdes indican el nivel más óptimo e ideal de cada indicador, así como el tamaño de cada círculo azul indica el grado de desviación del SPI meta. Por lo que, el proyecto representado en el círculo verde muestra un proyecto con Nivel de Implementación “alto”, un Índice de rendimiento del Plan Meta “alto” y una desviación del SPI “baja”

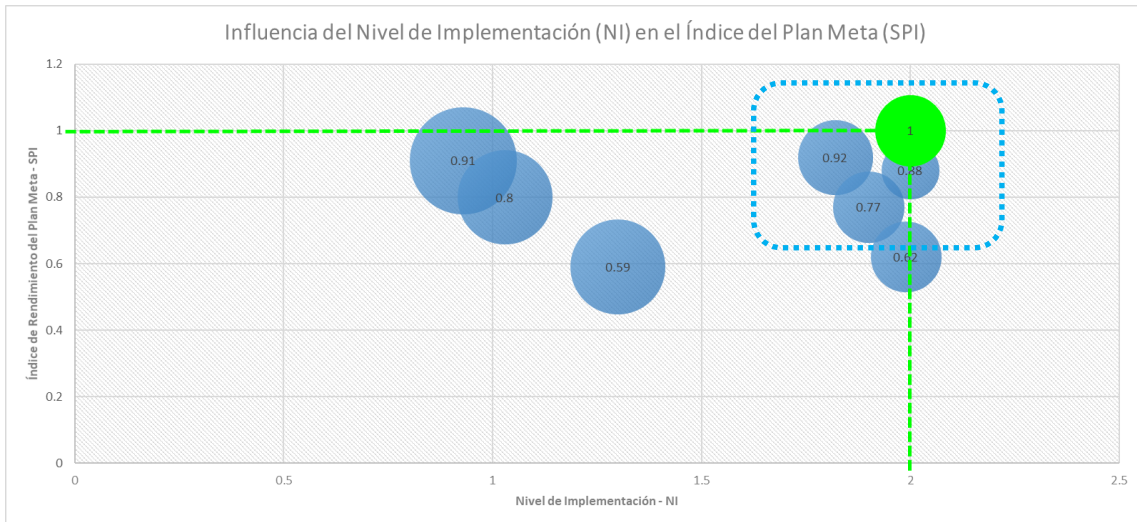


Figura 35. Influencia del NI en el desempeño del SPI (Elaboración propia)

- De la Figura 35 se observa que, de los siete proyectos estudiados cuatro de ellos tuvieron un Nivel de Implementación “Alto”. De los cuales tuvieron un SPI con desempeño “Alto” de: 0.77, 0.88 y 0.92. Estos proyectos fueron: Stelar, Leaf y Connect.

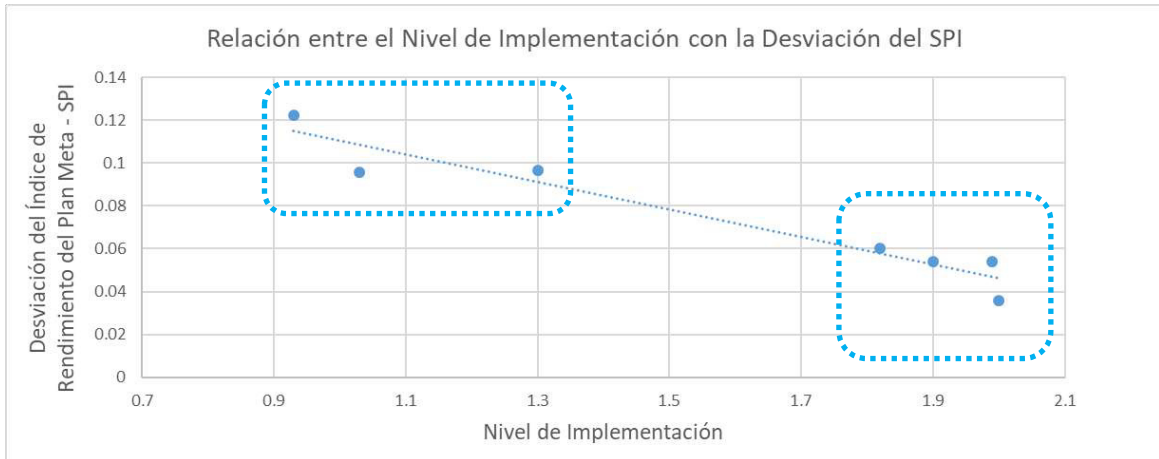


Figura 36. Relación entre el NI con la desviación del SPI (Elaboración propia)

- De la Tabla 17 también se abstrae la Figura 36, de la cual se observa que en cuatro proyectos se encontró un Nivel de Implementación “Alto”, el cual presentó una “baja” desviación del rendimiento del Plan Meta. Esto significa que un completo uso de las herramientas del sistema de producción genera una confiable o predecible rendimiento del Plan Meta (SPI).
- De la Figura 36 se observa que en tres proyectos se encontró un Nivel de Implementación “baja”, las cuales presentan una “alta” desviación del rendimiento del Plan Meta. Esto significa que un incompleto uso de las herramientas del sistema de producción genera un impredecible rendimiento del Plan Meta (SPI).

4.1.5. Análisis de la relación entre la implementación del *Last Planner System*[®] en el sistema de producción con la predictibilidad de la confiabilidad del plan semanal (PPC).

- De la revisión de datos descrita en el capítulo de diseño de la investigación, se abstrae la siguiente Tabla 18.

Tabla 18. Datos de desempeño y desviación del PPC (Elaboración propia)

Proyectos	Desempeño NI	Desempeño PPC	Desviación
MID	0.93	0.67	0.1154
Magna Haus	1.03	0.67	0.0906
Black	1.3	0.76	0.1933
Stelar	1.82	0.73	0.1013
Leaf	1.9	0.75	0.0999
CC PUCP	1.99	0.64	0.151
Connect	2	0.81	0.085

- De la Tabla 18 se observa que el proyecto Connect tuvo un Nivel de Implementación “alto” (2), así como una confiabilidad del plan semanal “alta” (0.81) y con una desviación baja o alta predictibilidad o confianza.
- De la Tabla 18 se observó que el proyecto MID tuvo un desempeño del NI “bajo” (0.93), una confiabilidad del plan semanal “baja” (0.67) y una desviación “alta”. De lo que se interpreta, que un bajo Nivel de Implementación (NI) está relacionado con una confiabilidad del plan semanal (PPC) “baja”.
- De la Tabla 18 se abstrae la Figura 37, de donde se observa cuatro proyectos con un Nivel de Implementación “alto”, y que tuvieron un PPC con desempeño “alto” de 0.73, 0.75 y 0.81. Estos proyectos fueron: Stelar, Leaf y Connect.

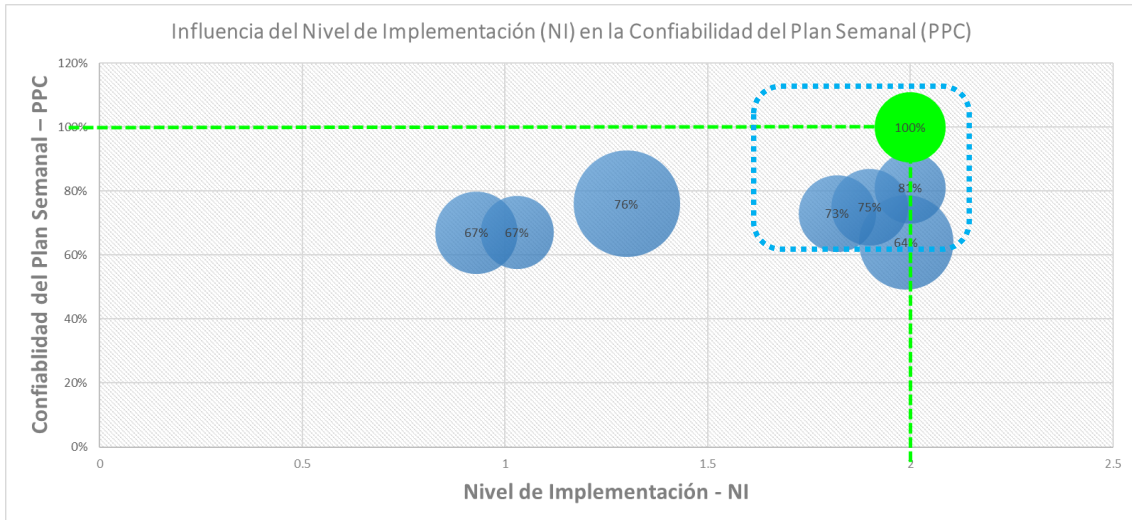


Figura 37. Influencia del NI en el PPC (Elaboración propia)

- De la Figura 38 se observa que en tres proyectos con Nivel de Implementación “alto”, presentaron una “baja” desviación de la confiabilidad del plan semanal (PPC). Esto significa que un completo uso de las herramientas del sistema de producción genera una confiabilidad en el plan semanal. Pero un proyecto con Nivel de Implementación “alto”, presentó una “alta” desviación del PPC.

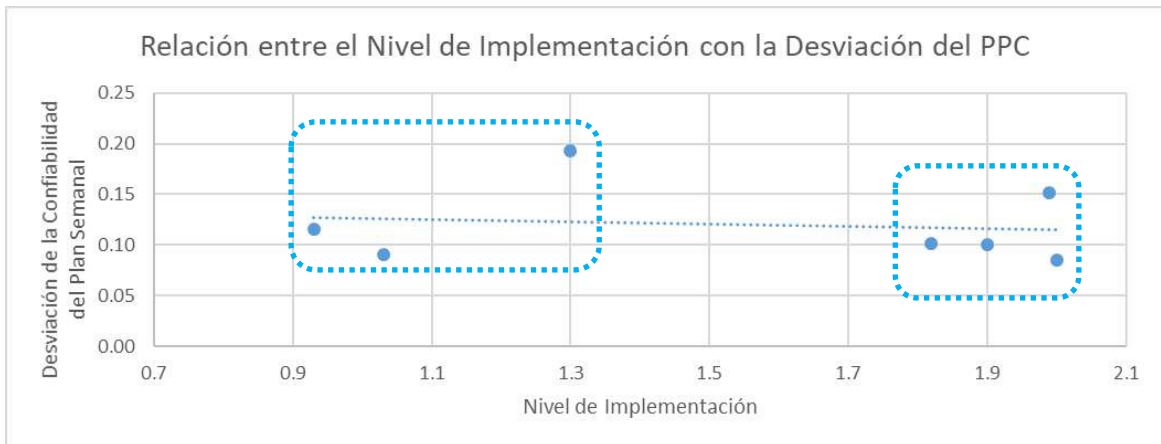


Figura 38. Relación entre el Nivel de Implementación con la desviación del PPC (Elaboración propia)

- De la Figura 38 se observó que de los 3 proyectos con un Nivel de Implementación “bajo”, solo 1 de ellos tuvo “alta” desviación del PPC.

4.2. CONCLUSIONES

4.2.1. Implementación corporativa del sistema de producción basado en el

***Last Planner System*[®].**

De los objetivos planteados, así como las hipótesis analizadas, se concluye:

- Se identifica que el principal problema crónico que aqueja en los proyectos de la empresa estudiada es causado por la falta de métodos para la planificación y control.
- Se encuentra que antes de la Implementación, los proyectos utilizaban dos herramientas del *Last Planner System*[®], siendo los trenes de trabajo y sectorización.
- La implementación corporativa del *Last Planner System*[®] se logra realizar en cinco etapas clave: diagnóstico, mediciones en campo, diseño del sistema, capacitaciones y *roll out*.

4.2.2. Estandarización para elaborar y controlar a nivel corporativo el Plan

Meta.

- Se identifica la necesidad de estandarizar la “estructura de fases de control”, para la elaboración del cronograma meta. Se propone una estructura de tres niveles: fases, sub fases y actividades de control.

- La estandarización de la “estructura de fases de control” permite mejorar el control del impacto del cronograma de mediano plazo o lookahead al cierre del proyecto.

4.2.3. Monitoreo del sistema de producción basado en el *Last Planner System*[®].

- La implementación del *Last Planner System*[®] requiere de una herramienta simple que permita al equipo de obra tener un feedback crítico del nivel de gestión bajo la metodología implementada.
- Se propone un panel de monitoreo como herramienta de feedback para los equipos de obra. Está compuesto de cuatro indicadores: generación de flujo continuo, anticipación de problemas, confiabilidad de compromisos y planificación integrada.

4.2.4. Relación entre la implementación del *Last Planner System*[®] en el sistema de producción con la predictibilidad del índice de rendimiento del Plan Meta (SPI).

- De los indicadores revisados se identifica que el de menor performance fue la anticipación de problemas.
- Se identifica una relación directa de una implementación completa y constante del Nivel de Implementación del LPS (NI) en la predictibilidad del SPI (representado por un alto y baja desviación estándar del SPI).

4.2.5. Relación entre la implementación del *Last Planner System*® en el sistema de producción con la predictibilidad de la confiabilidad del plan semanal (PPC).

- Se identifica una relación directa de una implementación completa y constante del Nivel de Implementación del LPS (NI) con la predictibilidad del PPC (representado por un alto y baja desviación estándar del PPC).

4.3. RECOMENDACIONES

Para resumir los resultados de las hipótesis y complementar las conclusiones, se detallan las recomendaciones. Estas son resumidas en la Tabla 19.

4.3.1. Implementación Corporativa del Sistema de Producción basado en el Last Planner® System.

- Se recomienda seguir las cuatro etapas de la implementación: diagnóstico, mediciones en campo, diseño del sistema y capacitaciones. No restar importancia a las dos primeras etapas de diagnóstico y mediciones de campo, que quizá de forma general se tenga resultados similares de “la necesidad de realizar la Implementación corporativa”, pero al realizar se encontrarán con particularidades propias de la empresa y los equipos de proyectos, que permitirán lograr un mejor Diseño del Sistema.
- Se recomienda para el diseño del sistema tomar solo las herramientas que sean necesarias y prácticas de usar por los equipos de obra. Por ejemplo, la empresa que este diseñando el sistema deberá identificar que sus proyectos no tengan actividades repetidas en las diferentes zonas de trabajo, lo cual evitaría usar la

herramienta de trenes de trabajo. Otro caso podría ser, si los proyectos son de corta duración donde los subcontratistas son definidos desde etapas iniciales, entonces la herramienta de plan de fases podría fusionarse con el plan maestro, una única vez cuando inicie el proyecto.

- Se recomienda no solo realizar las capacitaciones iniciales, sino realizarlas periódicamente para mantener involucrados a los equipos de obra y así inducir a los involucrados que se unen en etapas medias o tardías del proyecto.
- Se recomienda a la empresa estar abiertos al *feedback*, teniendo en cuenta las experiencias de los ingenieros que puedan haber participado en otros tipos de proyectos, que hayan recibido mayores capacitaciones y que quieran implementar en la empresa.
- Se recomienda hacer reuniones de lecciones aprendidas, donde se pueda compartir y conocer las experiencias que están teniendo los equipos de obra, para que en base a esto hagan más robusto el sistema de gestión en la empresa.
- Se recomienda registrar todas estas herramientas en un manual de gestión, para que se tenga claro las herramientas que están disponibles, así como sus respectivos procesos.

4.3.2. Estandarización para elaborar y controlar a nivel corporativo el Plan Meta.

- Se recomienda llevar procesos más ordenados, como el que se logró con la estandarización de la elaboración de los cronogramas meta. Esto permitió generar información estructurada de los proyectos que luego podrán analizarse para

estructurar mejores propuestas, tales como identificación de mucho buffer de tiempo en algunas tareas o nuevos tipos de restricciones que deban ser analizadas.

- Es conocido que la mayoría de herramientas que usan los equipos de obra son configuradas en Excel, y que luego son revisadas y de ellas se elaboran reportes que se envían a la oficina central. Durante el proceso de implementación se identificó que dicha estructura no es sostenible, por lo que se recomienda usar *software* en línea que permitan tener la información a tiempo, que las analíticas sean calculadas por el mismo *software*, y así poder contar con datos estructurados de los diferentes indicadores de los proyectos que permitan mejorar el análisis o revisión de ellos.

4.3.3. Monitoreo del sistema de producción basado en el *Last Planner System*®.

- Se recomienda utilizar indicadores para que los equipos de obra puedan conocer su nivel de gestión, tal como se propuso el panel de monitoreo. Esto en base a las características de los equipos y los proyectos, no tratemos de imponer indicadores o herramientas que no se adapten con los equipos y características de los proyectos.

4.3.4. Relación entra la implementación del *Last Planner System*® en el sistema de producción con la predictibilidad del índice de rendimiento del Plan Meta (SPI).

- Se recomienda compartir los resultados operativos de los proyectos entre todos los equipos de los proyectos, para que se genere una “competencia interna” e incentive a los equipos en sumarse a estos cambios.

4.3.5. Relación entra la implementación del *Last Planner System*® en el sistema de producción con la predictibilidad de la confiabilidad del plan semanal (PPC).

- Se recomienda compartir la experiencia de hacer esta implementación corporativa, ya que incentivará a que otras empresas asuman este reto, y no solo observar como algunos ingenieros aplican buenas prácticas en algunos proyectos, pero no trasciende en la empresa.

Tabla 19. Resultados finales (Elaboración propia)

Hipótesis	Conclusiones	Recomendaciones
Implementar un sistema de producción basado en el <i>Last Planner System</i> ® permite mejorar la productividad en las empresas constructoras.	La implementación corporativa del <i>Last Planner System</i> ® se logra realizar en cinco etapas clave: diagnóstico, mediciones en campo, diseño del sistema, capacitaciones y <i>roll out</i> .	Se recomienda seguir las cuatro etapas de la implementación (diagnóstico, mediciones en campo, diseño del sistema y capacitaciones) sin obviar las dos primeras etapas de diagnóstico y mediciones de campo.
		Se recomienda para el diseño del sistema tomar solo las herramientas que sean necesarias y prácticas de usar por los equipos de obra.
		Se recomienda realizar capacitaciones periódicas, para mantener involucrados a los equipos de proyectos.
	Se identifica que el principal problema crónico que aqueja en los proyectos de la empresa estudiada es causado por la falta de métodos para la planificación y control.	Se recomienda a la empresa estar abiertos al <i>feedback</i> , teniendo en cuenta las experiencias de los ingenieros de los proyectos.
		Se recomienda hacer reuniones de lecciones aprendidas, donde se pueda compartir y conocer las experiencias que están teniendo los equipos de obra.
Se encuentra que antes de la implementación, los proyectos utilizaban dos herramientas del <i>Last Planner System</i> ®, siendo los trenes de trabajo y sectorización.	Se recomienda registrar todas estas herramientas en un manual de gestión, para que se tenga claro las herramientas que están disponibles, así como sus respectivos procesos.	
Estandarizar la elaboración y control a nivel corporativo del Plan Meta permite mejorar la productividad en las empresas constructoras.	Se identifica la necesidad de estandarizar la “estructura de fases de control”, para la elaboración del cronograma meta. Se propone una estructura de tres niveles: fases, sub fases y actividades de control.	Se recomienda llevar procesos más ordenados. Esto permite generar información estructurada de los proyectos que luego podrán analizarse para estructurar mejores propuestas.
	La estandarización de la “estructura de fases de control” permite mejorar el control del impacto del cronograma de mediano plazo o <i>Lookahead</i> al cierre del proyecto.	Se recomienda usar tecnologías online que permitan tener la información a tiempo, así como poder contar con data estructurada de los diferentes indicadores de los proyectos que permitan mejorar el análisis o revisión de ellos.

<p>Monitorear un sistema de producción basado en el <i>Last Planner System</i>® permite mejorar la productividad en las empresas constructoras.</p>	<p>La implementación del <i>Last Planner System</i>® requiere de una herramienta simple que permita al equipo de obra tener un <i>feedback</i> crítico del nivel de gestión bajo la metodología implementada.</p>	<p>Se recomienda utilizar indicadores para que los equipos de obra puedan conocer su nivel de gestión, tal como se propuso el panel de monitoreo. Esto en base a las características de los equipos y los proyectos, no traten de imponer indicadores o herramientas que no se adapten con los equipos y características de los proyectos.</p>
	<p>Proponen un panel de monitoreo como herramienta de <i>feedback</i> para los equipos de obra. Está compuesto de cuatro indicadores: generación de flujo continuo, anticipación de problemas, confiabilidad de compromisos y planificación integrada.</p>	
	<p>De los indicadores revisados se identifica que el de menor performance fue la anticipación de problemas.</p>	
<p>La implementación del <i>Last Planner System</i>® en el sistema de producción de una empresa permite mejorar la predictibilidad del índice de rendimiento del Plan Meta (SPI) de los siete proyectos observados.</p>	<p>Se identifica una relación directa de una implementación completa y constante del Nivel de Implementación del LPS en la predictibilidad del SPI, representado por un alto SPI y su baja desviación estándar.</p>	<p>Se recomienda compartir los resultados operativos de los proyectos entre todos los equipos de los proyectos, para que se genere una “competencia interna” e incentive a todos los equipos a sumarse a estos cambios.</p> <p>Se recomienda compartir la experiencia de la implementación corporativa, ya que incentivará a otras empresas en asumir este reto, propiciando el aprendizaje a través de las “buenas practica”, que permitirá trascender a la empresa.</p>
<p>La implementación del <i>Last Planner System</i>® en el sistema de producción de una empresa permite mejorar la predictibilidad en la confiabilidad del plan semanal (PPC) de los siete proyectos observados.</p>	<p>Se identifica una relación directa de una implementación completa y constante del Nivel de Implementación del LPS en la predictibilidad del PPC, representado por un alto PPC y su baja desviación estándar.</p>	

5. BIBLIOGRAFÍA

- A.Akers, P. (2012). *2 Second Lean*. Estados Unidos: FastCap Press.
- Achell, J. F. (2019). *Lean Construction y la planificación colaborativa*. España: Consejo General de la Arquitectura Técnica de España.
- Azambuja, S. E. (2016). Aligning near and long term planning for lps implementations: a review of existing and new metrics.
- Ballard, G. (1999). Improving work flow reliability.
- Ballard, H. G. (2000). *The Last Planner System of Production Control*. Reino Unido: The University of Birmingham.
- Camilo Ignacio Lagos1, R. F. (2017). Contributions of information technologies to Last Planner System implementation.
- CAPECO y BBVA Research. (2018). Mercado de viviendas nuevas y oficinas prime en Lima Metropolitana.
- Casanova, D. M. (2012). Implementación del Sistema LAST PLANNER® en una habilitación urbana.
- Comelli, M. L. (s.f.). Assessing the level of implementation of Lean Construction: An audit protocol.
- Dayana B.Costa1, C. T. (2004). Performance Measurement Systems for Benchmarking in the Construction Industry.

- Ghali El Samad¹, F. R. (2017). Last Planner System – the Need for New Metrics.
- Hackett, V. (2019). *The development and use of Last Planner System guidance*. Australia.
- Jang², Y.-W. K.-W. (2006). Applying Organizational Hierarchy Constraint Analysis to Production Planning.
- Kim², J. W.-W. (2007). Use of percent of constraint removal to measure the make-ready process.
- Lagos, C. I. (2019). Assessing the Impacts of an IT LPS Support System on Schedule Accomplishment in Construction Projects.
- Lledó, P. (2013). *Director de proyectos: Cómo aprobar el examen PMP® sin morir en el intento*. Victoria, BC, Canadá: Samanta Gallego.
- McKinsey Global Institute. (2017). *Reinventing Construction: A route to higher productivity*. Mckinsey Global Institute.
- Michaud, M. (2019). A case study on improving standardization in the conception phase by developing tools and protocolos.
- Mossman, A. (2015). Last Planner®: 5 + 1 crucial & collaborative conversations for predictable design & construction delivery. *ResearchGate*.
- Moura, C. T. (2009). Evaluation of the impact of the Last Planner System on the performance of Construction Projects.

Murguia, D. (2019). *Factors influencing the use of last planner system methods: an empirical study in Peru.*

Ricardo M. Olano1, L. F. (2009). Understanding the relationship between Planning Reliability and Schedule Performance: a case study.

Sampieri, D. R. (2010). *Metodología de la Investigación.* Mexico: McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.

UK Industry Performance Report. (2018).

Virgilio, G. C. (2001). *Productividad en obras de construcción.*

6. ANEXOS

1. Examen de conocimiento sobre el enfoque LPS

PREGUNTAS TEÓRICAS (7 preguntas)

1 El sistema jalar significa

- a Enviar los materiales de tal manera que no pare la producción
- b Tener disponibles inventarios que no para la línea de producción
- c Producir la cantidad que el cliente solicita en el momento oportuno y a la primera vez
- d Identificar el valor en la línea de producción
- e Producir con lotes pequeños de manera rítmica

2 Con respecto al Porcentaje de Plan completado

- a Es el indicador que mide la confiabilidad del plan
- b Es el indicador que refleja el avance de la semana
- c Es el cociente entre Valor Ganado y Valor Planeado
- d Es el porcentaje de avance de la obra
- e c y d son verdaderas

3 Con respecto a los lotes de producción:

- a El principal beneficio de hacer lotes es permitir la transferencia de los siguientes procesos
- b A mayor tamaño de lote menor tiempo de ciclo de producción.
- c Avanzar una producción mayor a la del lote definido será mas conveniente en el resultado global
- d Los lotes están relacionados al tamaño de la jornada
- e Las respuestas a y d son correctas

4 El tamaño del lote :

- a Los lotes más grandes permiten aprovechar mejor la transferencia entre procesos
- b A lote más pequeño más corto es el tiempo del ciclo
- c Cuanto más grande es el lote menos riesgo se toma
- d A veces no se puede lotizar ya que la forma de la estructura no lo permite
- e Las respuestas a y b son correctas

5 El Values stream Map (Mapa del flujo de valor):

- a Identifica visualmente el flujo de los procesos en una actividad
- b Identifica visualmente el flujo de la información en una actividad
- c Identifica visualmente los inventarios y las pérdidas en una actividad
- d Se puede utilizar solo en procesos constructivos
- e Las respuestas a, b y c son correctas

6 ¿Cómo se aplica el concepto de Should - Can - Will en el Look Ahead Planning?

- a Convirtiendo las actividades programadas en el Plan de Fases en actividades disponibles a ejecutarlas de acuerdo a un programa sin importar las restricciones
- b Convirtiendo las actividades programadas del Master Plan en actividades disponibles a ejecutarlas de acuerdo a un programa sin importar las restricciones
- c Convirtiendo las actividades programadas en el Plan de Fases en actividades disponibles a ejecutarlas de acuerdo a un programa libre de restricciones
- d Convirtiendo las actividades programadas del Master Plan en actividades disponibles a ejecutarlas de acuerdo a un programa libre de restricciones
- e Convirtiendo las actividades programadas por el Ingeniero de Campo en actividades disponibles a ejecutarlas de acuerdo a un programa libre de restricciones

7 Con respecto al Takt time, ¿cual es su objetivo?

- a Optimizar el flujo de los procesos.
- b Lograr flujos eficientes.
- c Lograr procesos eficientes.
- d Asegurar que los procesos no paren.
- e Asegurar que los flujos no paren.

PREGUNTAS DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN (7 preguntas)

8 ¿Quiénes son prescindibles en todas las reuniones del Taller de Plan Maestro?

- a Ingeniero Residente
- b Jefe de campo
- c Superintendente
- d Subcontratistas
- e Capatáz

9 ¿Qué se debe realizar después del Taller de Plan Maestro?

- a Reunión Semanal
- b Análisis de restricciones
- c Memoria de Cálculo – Tren de Trabajo
- d Análisis de causa raíz
- e Plan de fases

10 ¿Quién es el encargado del fondo y forma del sistema de producción, respectivamente?

- a Ingeniero de Campo y Asistente de Producción
- b Ingeniero residente y Asistente de Producción
- c Superintendente y Asistente de Producción
- d Ingeniero residente e Ingeniero de Campo
- e Superintendente e Ingeniero residente

11 ¿Cuál es la utilidad del panel de control?

- a Entregable para oficina central, al iniciar el proyecto.
- b Control interno de programación.
- c Entregable a superintendente.
- d Control del Ingeniero de Campo.
- e Control del Ingeniero Residente

12 Con respecto al Look a head planning:

- a Lo realiza el planner de la obra en una hoja excel
- b Se realizar en una reunión semanal con la participación de todos los involucrados en las fases a planificar
- c Es una programación detallada de los procesos constructivos en las seis semanas siguientes
- d Es una programación que detalla gradualmente los recursos y procesos de acuerdo a la cercanía de la semana pasando por el Should - Can - Will
- e Las respuestas b y d son correctas

13 Con respecto a la planificación diaria:

- a Se realiza en el campo
- b Los cambios de la planificación diaria actualizan el plan de la semana y el LAP
- c Las reuniones de planificación diaria duran una hora
- d Se realiza con los involucrados a la fase mirando el LAP
- e Las respuestas b y d son correctas

14 El análisis de causa raíz es la técnica para aplicar la mejora continua. Al levantar la causa raíz mediante el plan de acción se espera resultados para:

- a Dos semanas
- b Próxima obra
- c Inmediatamente
- d Dos meses
- e Una semana

PREGUNTAS SOBRE CASOS (6 preguntas)

CASO 1: Una obra se encuentra iniciando la etapa de acabados secos. Para el desarrollo de las partidas se han contratado dos empresas por cada actividad con ciertos rendimientos, sin embargo ciertas contratistas han mencionado que pueden hacer mayor producción de lo solicitado. En su contraparte otras subcontratistas están retrasadas porque están avanzando con un rendimiento menor y porque existen esperas de actividades predecesoras. Cabe resaltar que la subcontratista por avanzar y poder valorizar se abren frente sin estar lista la actividad predecesora, lo que se refleja en trabajos rehechos. Para una mejor visión del estado de la obra se presenta el cuadro.

Actividad	Rendimiento propuesto - Departamentos por semana	Rendimiento real por semana										Total		
		Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7	Semana 8	Semana 9	Semana 10			
Empaste de muros y cielo raso	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	100
Primera mano de pintura	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	100
Instalación de marcos y puertas	10	10	12	15	17	17	17	17	17	17	17	17	17	156
Instalación de aparatos sanitarios	10	10	10	9	10	9	10	10	10	9	9	9	11	97
Instalación de tableros de mármol	10	8	8	8	8	8	8	8	8	8	9	9	9	85
Pintura de marcos y puertas	10	10	10	10	10	11	9	9	10	10	9	9	11	99
Instalación de lavaderos	10	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	50
Instalación de griferías	10	10	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	55
Instalación de extractores mecánicos	10	10	10	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	84

15 ¿Qué herramienta planteada en el sistema de producción de productiva deberá activar el residente de dicha obra?

- a Plan Maestro
- b Value Stream Map
- c Plan Rítmico de Saldo de Obra
- d Nivel General de Actividades
- e Plan de fases

16 ¿Qué tipo de desperdicio esta generando el estado de la obra? (Marque la(s) correctas)

- a Sobre procesamiento
- b Sobre producción
- c Trabajo Rehecho
- d Inventario
- e Esperas

17 ¿Qué tipo de buffer se menciona en el caso?

- a Inventario
- b Tiempo
- c Costo
- d Capacidad
- e Alcance

CASO 2: Usted es asignado como Ingeniero Residente de una obra que se ya encuentra acabados húmedos. Observa que en las reuniones semanales no hay compromiso de los subcontratistas con respecto a los programado en las reuniones semanales.

18 ¿Qué propone como Ingeniero Residente?

- a Realizar el Plan rítmico de Saldo de Obra
- b Realizar el Plan de Fases
- c Realizar el Go to Gemba
- d Realizar el Análisis de causa raíz
- e Intervenir a subcontratistas

CASO 3: Una obra va a iniciar y se a decidido activar todas las herramientas del Sistema de Producción de Productiva

19 Defina el orden de utilización de cada herramienta

- a** Taller de Plan Maestro - Memoria de Cálculo - Plan de Fases - Value Stream Map - Lookahead Planning - Reunión Semanal de Producción - Ajustes Diarios - Análisis de Causa Raíz
- b** Plán Rítmico de Saldo de Obra - Plan de Fases - Carta Balance - Lookahead Planning - Reunión Semanal de Producción - Ajustes Diarios - Análisis de Causa Raíz
- c** Taller de Plan Maestro - Plan de Fases - Value Stream Map - Carta Balance - Lookahead Planning - Reunión Semanal de Producción - Ajustes Diarios - Análisis de Causa Raíz
- d** Taller de Plan Maestro - Plan de Fases - Value Stream Map - Lookahead Planning - Reunión Semanal de Producción - Ajustes Diarios - Análisis de Causa Raíz
- e** Taller de Plan Maestro - Plan de Fases - Carta Balance - Lookahead Planning - Reunión Semanal de Producción - Ajustes Diarios - Análisis de Causa Raíz

CASO 4: Si en una obra tiene problema de no cumplimiento de la producción semanal

20 ¿Qué acción tomaría como Ingeniero Residente?

- a** Mandar carta al subcontratista
- b** Herramienta de Diagnóstico - Carta Balance
- c** Herramienta de Diagnóstico - Nivel General de actividad
- d** Análisis de Procesos
- e** Solicitar ampliación de plazo

2. Estandarización en Fases de Control

FASE	SUBFASE		ACTIVIDADES
1. Excavación y Muros pantallas	1	Obras provisionales	Demolición y eliminación de muros pantalla pendiente vecino, construcciones provisionales (trazo y replanteo, instalaciones provisionales (oficina, baños, almacén - trámite vías).
	2	Anillos de Muro pantalla	Excavación masiva, anclaje, perfilado de banquetas, acero, encofrado, concreto, desencofrado, tensado, instalación de escuadras, tensado, instalación de escuadras, instalación de faja transportadora, ex. Localizada, solado en cimiento corrido y perfilado, acero en cimentación, encofrado y concreto en muro, desencofrado y anclaje.
2. Cimentación	3	Cisterna	Losa de cisterna, muro de cisterna y techo de cisterna
	4	Zapatatas	Acero, excavación localizada, falsa zapata, movimiento de tierras, solado, trazo, vaciado, zapatas y viga de cimentación, cimiento corrido.
3. Casco	5	Losa contraterreno	Amolado y preparación de elementos verticales, solaques de muros, placas y columnas, compactación de subrasante, colocación de afirmado, compactación de subbase, excavación de ductos enterrados, construcción de ductos enterrados, instalación eléctrica y sanitarias enterradas, relleno de material, apisonado, vaciado de losa contraterreno, vaciado de rombos bajo placas y columnas.
	6	Estructura	Acero de verticales, encofrado de verticales, concreto de verticales, fondo de vigas y 1er cosatado, acero de vigas, fondo de losa y costado, colocación de viguetas y bovedillas, acero positivo, IEE, IISS, instalado de gas, concreto horizontal, desencofrado parcial y desencofrado total.
4. Acabados Húmedos	7	Revoques general	Limpieza y trazo, armado de andamios, picado de elementos, puntos y tarrajeo de cielo raso.
	8	Tabiquería (instalaciones en muros)	Asentado de albañilería 1° hilada, 2° hilada, vaciado de columnetas
	9	Contrapiso	Limpieza de piso, colocación de puntos, picoteo de placas y columnas, colocación de punto de placas y columnas, tarrajeo de placas y columnas, liberación de tarrajeo y limpieza de piso.
	10	Enchape	Enchape pisos, fragua en muros, fragua en pisos y drywall.
5. Acabados Secos	11	Pintura y Papel Mural	Empaste 1 grueso, resane de cajas eléctricas y lijado, empaste 2 grueso, remasillado, empaste 3 - fino, lijado y sellado, colocación de papel, remasillado 1ra mano y 2da mano pintura
	12	Instalación de Puertas	Colocado de Marcos, Lijado masillado marcos, 1ra mano de pintura, remasillado de marcos, 2da mano pintura, colgado de puerta principal, colgado de puertas interiores y retoque.
	13	Instalación de Muebles	Colocación de estructura, colocación de puertas, muebles bajo cocina, estructura de baño, estructura de mueble alto cocina, muebles de cocina y acabado de closet
	14	Cableado	cableado eléctrico interior, cableado intercomunicadores y ACI.
	15	Instalaciones de Aparatos sanitarios	Instalación de aparatos sanitarios, colocación de lavadero cocina y colocación grifería (incluido sellado).
	16	Instalaciones Electromecánicas	Instalación de intercomunicadores ACI y pruebas de agua (general) y Instalación intercomunicadores ACI.
	17	Tablero de piedra	Tablero muebles cocina/baño y sellado de tablero muebles cocina/baños.
	18	Instalación de Ventanas, Mamparas, barandas y espejos.	Mediciones en campo, colocación de marcos, colocación de vidrios, sellado y colocación de pestillos.
	19	Colocación de Pisos	Colocación, colocación y acabado de contrazocalo madera, tapajuntas, topes y siliconeado de puertas.
20	Entrega final	Limpieza gruesa general y limpieza fina, Levantamiento de observaciones N°1, levantamiento de observaciones N°2 y entrega final.	
6. Areas comunes	21	Ascensor	Ascensores torre y ascensores discapacitado.
	22	Ambientes sociales	AZOTEA: Impermeabilizado, concreto de parrillas, ladrillo refractario, sol y sombra, drywall, cortaviento, paisajismo.
	23	Lobby	Enchape de pisos, contrazocalos, empaste de muros y cielo raso, primera mano de pintura, instalación de ventana, counter de MDF, Instalación de aparatos sanitarios y griferías en baño del lobby, instalación de luminarias e implementación de lobby (instalación de equipos).
	24	Pasillos y Escalera	PASILLOS: Sardineles para ductos de comunicaciones, construcción de banco de medidores de agua, gas y nichos GCI, enchape de pisos, contrazocalo de pisos, colocación de cerramiento de drywall en ascensores, imprimado de muros, empaste grueso, empaste fino, lijado de muros y cieloraso, sellado, 1ra mano de pintura, ESCALERA: Instalación de marcos puerta cortafuego, instalación de barandas y pasamanos, forjado de escaleras y cantoneras, tarrajeo de ojo y fondo de escalera, blanqueado de muros, pintado de barandas, instalación de puertas cortafuego y señalización.
	25	Cuarto de bombas, Estacionamiento y equipamiento (sótanos).	CUARTO DE BOMBAS: Limpieza de cisternas, impermeabilización de cisternas, instalación de bombas. ESTACIONAMIENTO: Carpintería metálica: rejillas y tapas, botallantas, esquineros y pintura de tráfico.
7. Obras exteriores	26	Obras exteriores	BERMA: Retiro de cerco perimetrico, demolición de vereda existente, compactación exterior, vaciado vereda, sardineles y adoquines y pintura de tráfico.
	27	Fachada	Ladrillo pastelero, armado de andamio, picoteo para tarrajeo, colocación de puntos de tarrajeo, tarrajeo de fachada, bruñas y resanes, desarmado de andamio, pintura 1 y pintura 2.

Figura 39. Estandarización por Fases de Control (Fuente Propia)

3. Control de Plazos con el sistema de Producción

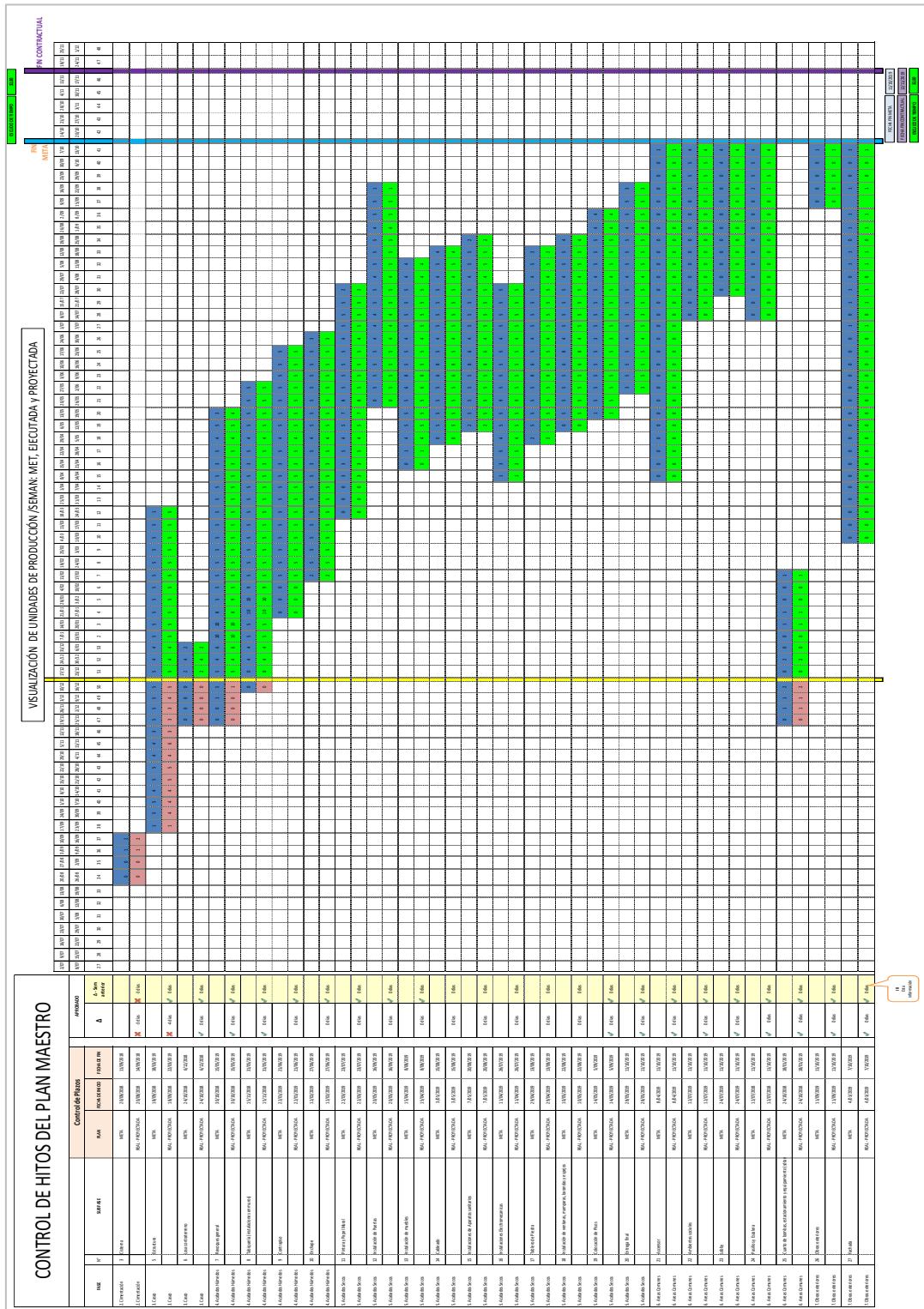


Figura 40. Control de Hitos del Plan Meta - Proyecto 1 (Fuente Propia)

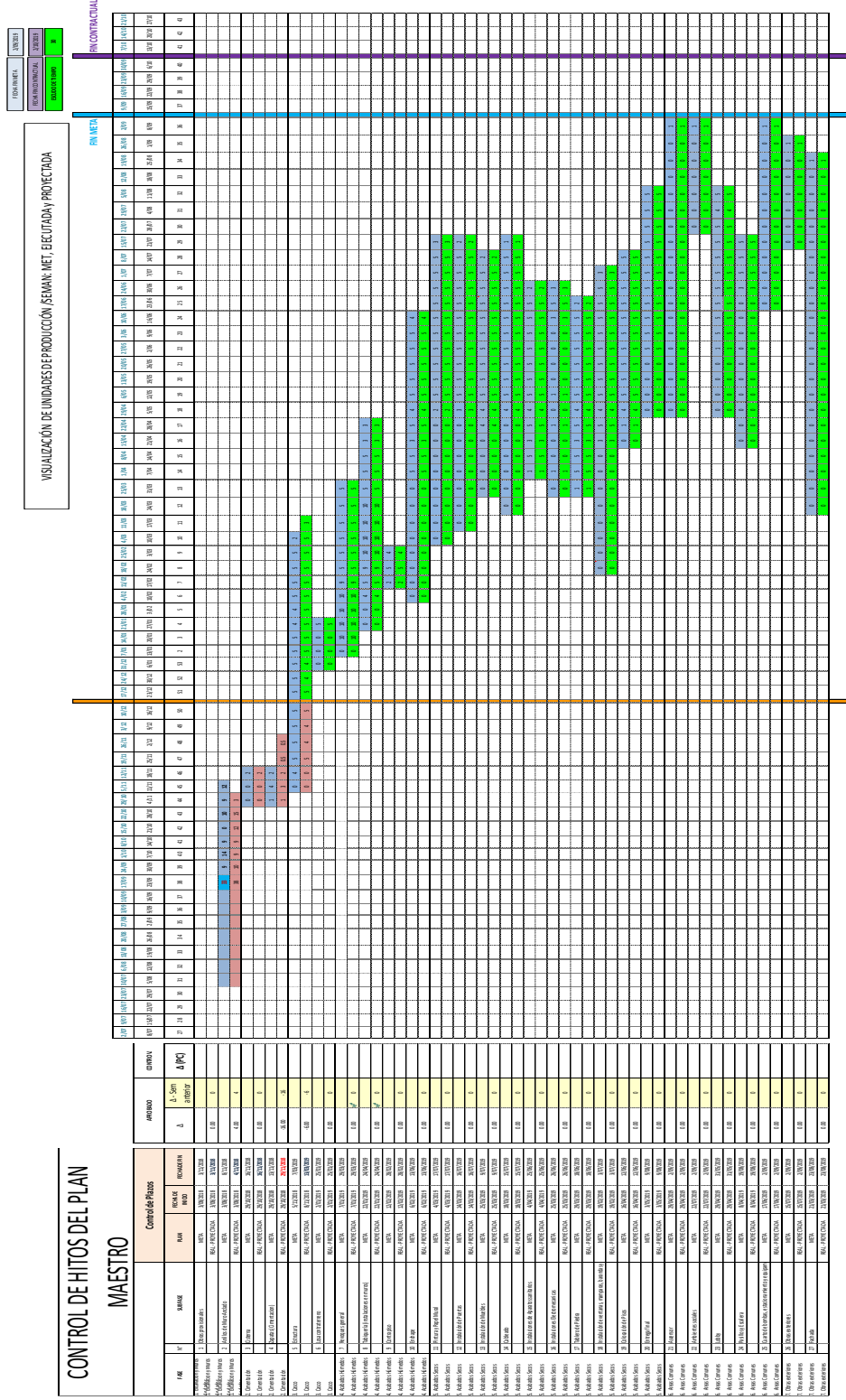


Figura 41. Control de Hitos del Plan Meta - Proyecto 2 (Fuente Propia)

ACTUALIZAR	PLANIFICACIÓN - META (APROBADO)		PLAN META (CONTROVERSIAL = 4 días)		ESTIMACIÓN ACTUAL (REAL - PROYECTADA)		ESTIMACIÓN ACTUAL vs PLAN META APROBADO		ESTIMACIÓN ACTUAL vs PLAN META CONTROVERSIAL	
	FECHA DE INICIO	FECHA DE FIN	PC - FECHA DE INICIO	PC - FECHA DE FIN	FECHA DE INICIO	FECHA DE FIN	Δ Fin de Plazo Sem actual	Δ Fin de Plazo Sem anterior	Δ Fin de Plazo Sem actual (PC)	Δ Fin de Plazo Sem anterior (PC)
	FASES / SUBFASES									
	1. Excavación y Muros Anclados									
	20/08/2018	11/09/2018	20/08/2018	15/09/2018	20/08/2018	14/09/2018	-3 días	-3 días	1 días	1 días
	2. Cimentación									
	18/09/2018	18/03/2019	18/09/2018	22/03/2019	18/09/2018	22/03/2019	-4 días	0 días	2 días	2
	3. Casco									
	30/10/2018	27/06/2019	30/10/2018	1/07/2019	30/10/2018	27/06/2019	0 días	0 días	4 días	4
	4. Acabados Húmedos									
	22/03/2019	11/10/2019	22/03/2019	15/10/2019	22/03/2019	11/10/2019	0 días	0 días	10 días	10
	5. Acabados Secos									
	12/07/2018	11/10/2019	12/07/2018	15/10/2019	12/07/2018	11/10/2019	0 días	0 días	5 días	5
	6. Areas Comunes									
	4/03/2019	11/10/2019	4/03/2019	15/10/2019	4/03/2019	11/10/2019	0 días	0 días	2 días	2
	7. Obras exteriores									
	12/07/2018	11/10/2019	12/07/2018	15/10/2019	12/07/2018	11/10/2019	0 días	0 días	4 días	4 días
	12/07/2018	12/11/2019	12/07/2018	16/11/2019	12/07/2018	11/10/2019	32 días	32 días	36 días	36 días
	CONNECT META		32 días		32 días		32 días		36 días	
	CONNECT CONTRACTUAL		32 días		32 días		32 días		36 días	
	Δ PLAZO		32 días		32 días		32 días		36 días	

Figura 42. Reporte del Control de Plazos – Proyecto 1

FASES / SUBFASES	PLAN META (APROBADO)		PLANIFICACIÓN - META (CONTROVERSIAL)		ESTIMACIÓN ACTUAL (REAL - PROYECTADA)		REAL PROYECTADA VS PLAN META APROBADO		ESTIMACIÓN ACTUAL VS PLAN META CONTROVERSIAL	
	FECHA DE INICIO	FECHA DE FIN	PC - FECHA DE INICIO	PC - FECHA DE FIN	FECHA DE INICIO	FECHA DE FIN	Δ Fin de Plazo	Δ Fin de Plazo Sem anterior	Δ Fin de Plazo Sem actual (PC)	Δ Fin de Plazo Sem anterior (PC)
1. Excavación y Muros Anclados	3/08/2018	8/11/2018			3/08/2018	4/11/2018	0 días	0 días		
2. Cimentación	29/10/2018	16/11/2018			29/10/2018	29/11/2018	-16 días	-16 días		
3. Casco	5/11/2018	7/03/2019			8/11/2018	13/03/2019	-6 días	-6 días		
4. Acabados Húmedos	7/01/2019	13/06/2019			7/01/2019	13/06/2019	0 días	0 días		
5. Acabados Secos	19/02/2019	9/08/2019			19/02/2019	9/08/2019	0 días	0 días		
6. Areas Comunes	8/04/2019	2/09/2019			8/04/2019	2/09/2019	0 días	0 días		
7. Obras exteriores	21/03/2019	2/09/2019			15/07/2019	2/09/2019	0 días	0 días		
CC BLACK META	3/08/2018	2/09/2019					0 días	0 días		
CC BLACK CONTRACTUAL	3/08/2018	2/10/2019			3/08/2018	2/09/2019	30 días	30 días		
Δ PLAZO	30 días									

Figura 43. Reporte de Control de Plazos - Proyecto 2 (Fuente Propia)

4. Panel de Monitoreo

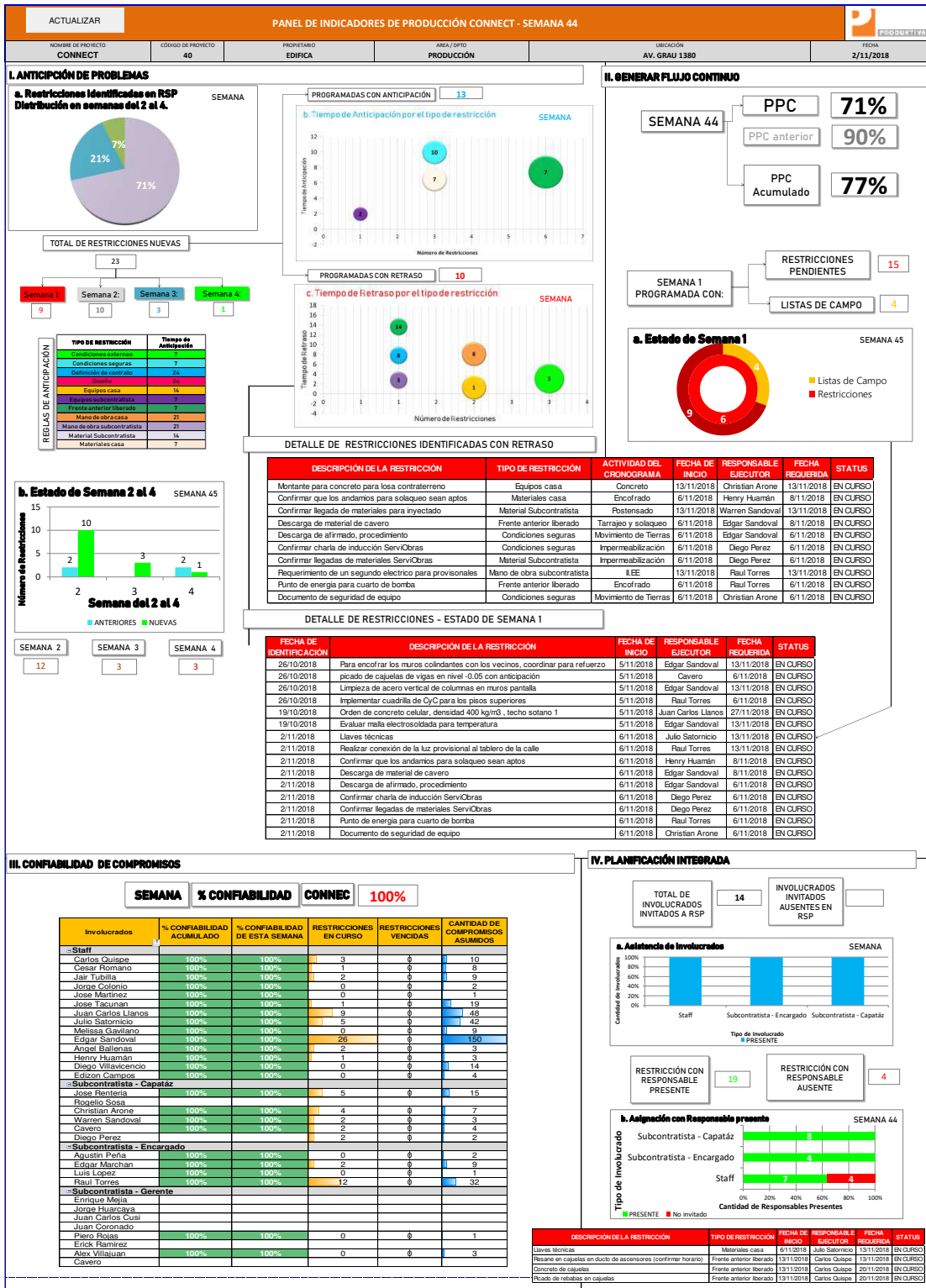


Figura 44. Panel Monitoreo - Proyecto 1 (Fuente Propia)

5. Registro Fotográfico del Seguimiento del Sistema de Producción



Figura 45. Realización del Plan de Fases (Fuente Propia)

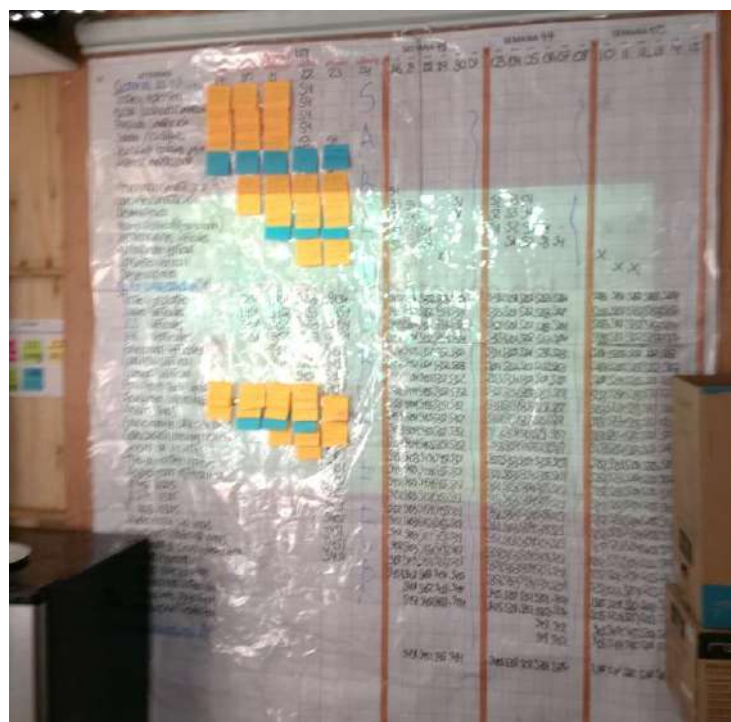


Figura 46. Revisar el Lookahead Planning (Fuente Propia)



Figura 47. Definición del Plan Semanal de Producción (Fuente Propia)



Figura 48. Definición del Plan Semanal de Producción (Fuente Propia)



Figura 49. Realización de Reuniones Diarias (Fuente Propia)



Figura 50. Cálculo del PPC (Fuente Propia)

ANÁLISIS DE CAUSA RAIZ						
PROBLEMA	¿POR QUÉ?	¿POR QUÉ?	¿POR QUÉ?	¿POR QUÉ?	¿POR QUÉ?	CONCLUSIÓN
NO HUBO ACERO	FEDDO TRAYO DE ACERO					PLAN DE ACCIÓN PROGRAMACIÓN GENERAL DE OBRAS 3-11-11
FALTA DE EQUIPO DE ENCOFRADO	NO HUBO ABOLILLA- CASA	NO HUBO LOCALIDAD CASA CON REF. (REVISAR DE PLANOS)	COMO EN LA PROGRAMACIÓN			PLAN DE ACCIÓN GENERAL DE OBRAS 3-11-11
FALTA DE CASERÓN	TRENOS POCOS CONSISTENTES X VIAJE	NO HAY ESPACIO DISPONIBILIDAD 10% DE A				ALMACEN DE CASA + GABARITO 11-11-11
FACTORES PERSONAL	FALTA DE EPP'S	LIMITES DE CONVEN DE "RECHO"	FALTA DE CAPACIDAD DE "RECHO"	IMPACTO EN TIEMPO X POLITICA		Considerar tiempo en el punto para tener de 100 al momento de tener el punto Español no tiene otras medidas de seguridad por ejemplo de tiempo Se debe considerar el tiempo de espera para el trabajo de 100 al momento de tener el punto
NO SE CUMPLE CON PROGRAMACIÓN EN SMA	Llegada tarde de hora de equi% mat	Por falta de cumplimiento de de parte de	Faltas de tiempo para por parte de parte de de	IMPACTO EN TIEMPO X POLITICA		Se debe considerar el tiempo de espera para el trabajo de 100 al momento de tener el punto
FALTA DE MATERIAL LES VERBALES	LIMITES DE CONVEN DE "RECHO"					
	Falta Mod. NO SE RESP. Mod.	SO ERRADO PLANO OS COMP. Grupo	NO SE ENTENDE LISTADO GENERAL TRABAJADO CON PI. TENDAS	NO SE ENTENDE LISTADO GENERAL TRABAJADO CON PI. TENDAS	NO SE ENTENDE LISTADO GENERAL TRABAJADO CON PI. TENDAS	

Figura 51. Registro de Causas de No Cumplimiento (Fuente Propia)



Figura 52. Realización de las Reuniones Semanales de Producción (Fuente Propia)

6. Datos de los tres indicadores

Tabla 20. Datos de los tres indicadores (Fuente Propia)

empresa	Semana	NI	SPI meta	PPC
CC PUCP	S 5	2.00	0.66	23%
CC PUCP	S 6	2.00	0.67	57%
CC PUCP	S 7	2.00	0.65	78%
CC PUCP	S 8	2.00	0.67	70%
CC PUCP	S 9	2.00	0.61	84%
CC PUCP	S 10	2.00	0.60	73%
CC PUCP	S 11	1.83	0.66	75%
CC PUCP	S 12	2.00	0.66	58%
CC PUCP	S 13	2.00	0.68	58%
CC PUCP	S 14	2.00	0.60	58%
CC PUCP	S 15	2.00	0.56	64%
CC PUCP	S 16	2.00	0.53	65%
CC PUCP	S 17	2.00	0.53	72%
Connect	7	2.00	0.85	78%
Connect	8	2.00	0.84	72%
Connect	9	2.00	0.92	75%
Connect	10	2.00	0.86	89%
Connect	11	2.00	0.84	89%
Connect	12	2.00	0.91	90%
Connect	13	2.00	0.91	71%
Black	5	0.50	0.70	61%
Black	6	0.50	0.70	92%
Black	7	0.50	0.70	46%
Black	8	0.83	0.65	65%
Black	9	0.83	0.65	59%
Black	10	1.83	0.57	59%
Black	11	2.00	0.53	88%
Black	12	2.00	0.50	96%
Black	13	2.00	0.47	98%
Black	14	2.00	0.47	92%
Leaf	41	1.83	0.69	53%
Leaf	42	1.83	0.68	70%
Leaf	43	1.83	0.68	70%
Leaf	44	1.83	0.68	77%
Leaf	45	1.83	0.69	77%
Leaf	46	1.83	0.70	82%

empresa	Semana	NI	SPI meta	PPC
Leaf	47	1.83	0.71	72%
Leaf	48	1.83	0.73	58%
Leaf	49	1.83	0.75	72%
Leaf	50	2.00	0.77	81%
Leaf	51	2.00	0.81	87%
Leaf	52	2.00	0.84	84%
Leaf	54	2.00	0.90	85%
Leaf	55	2.00	0.92	86%
Leaf	56	2.00	0.95	71%
Stelar	53	1.50	1.03	76%
Stelar	54	1.50	1.02	89%
Stelar	58	1.67	1.00	83%
Stelar	59	1.67	1.00	58%
Stelar	60	2.00	1.00	62%
Stelar	61	1.83	0.97	83%
Stelar	62	2.00	0.93	77%
Stelar	63	2.00	0.92	83%
Stelar	64	2.00	0.91	65%
Stelar	65	1.83	0.90	60%
Stelar	66	1.67	0.88	50%
Stelar	67	2.00	0.87	67%
Stelar	68	2.00	0.87	70%
Stelar	69	2.00	0.87	62%
Stelar	70	2.00	0.86	76%
Stelar	71	2.00	0.85	81%
Stelar	72	2.00	0.86	74%
Stelar	73	1.83	0.85	65%
Stelar	74	1.83	0.85	65%
Stelar	75	1.83	0.85	82%
Stelar	76	1.83	0.85	78%
Stelar	77	1.83	0.97	80%
Stelar	78	1.83	0.95	84%
Stelar	79	1.50	0.95	84%
Stelar	81	2.00	0.94	63%
Stelar	83	1.17	0.94	69%
Stelar	87	0.17	0.96	75%
Magna Haus	26	0.83	0.84	54%
Magna Haus	27	1.33	0.84	67%
Magna Haus	28	1.50	0.84	59%

empresa	Semana	NI	SPI meta	PPC
Magna Haus	29	1.50	0.80	63%
Magna Haus	30	1.50	0.79	59%
Magna Haus	31	1.50	0.76	63%
Magna Haus	32	0.50	0.74	62%
Magna Haus	33	0.50	0.70	49%
Magna Haus	34	0.50	0.70	59%
Magna Haus	35	0.50	0.69	50%
Magna Haus	36	0.67	0.68	54%
Magna Haus	37	1.17	0.68	63%
Magna Haus	38	1.50	0.67	71%
Magna Haus	39	1.50	0.68	73%
Magna Haus	40	1.67	0.71	74%
Magna Haus	41	1.67	0.75	71%
Magna Haus	42	1.00	0.77	64%
Magna Haus	43	0.00	0.81	73%
Magna Haus	44	2.00	0.84	78%
Magna Haus	45	0.83	0.87	73%
Magna Haus	46	0.83	0.90	77%
Magna Haus	47	0.83	0.92	72%
Magna Haus	48	0.83	0.93	75%
Magna Haus	49	0.67	0.94	81%
Magna Haus	50	0.67	0.95	78%
Magna Haus	51	0.67	0.96	71%
MID	20	2.00	0.88	74%
MID	21	2.00	0.66	78%
MID	22	2.00	0.65	71%
MID	23	2.00	0.65	71%
MID	24	2.00	0.75	69%
MID	25	1.83	0.80	68%
MID	26	2.00	0.74	33%
MID	27	2.00	0.76	68%
MID	28	0.83	0.75	71%
MID	33	0.67	1.08	75%
MID	34	0.50	1.05	61%
MID	35	0.50	1.04	63%
MID	36	0.83	1.03	72%
MID	37	0.83	1.04	70%
MID	38	0.83	1.02	34%
MID	39	0.83	1.00	53%

empresa	Semana	NI	SPI meta	PPC
MID	40	0.67	0.98	56%
MID	41	0.33	0.97	73%
MID	42	0.50	0.96	72%
MID	43	1.50	0.96	65%
MID	44	1.00	0.95	68%
MID	45	0.67	0.94	68%
MID	46	0.67	0.94	68%
MID	47	0.00	0.91	64%
MID	48	0.00	0.90	80%
MID	49	1.00	0.88	63%
MID	50	0.00	0.87	58%
MID	51	0.67	1.00	72%
MID	52	0.17	0.99	72%
MID	53	0.67	0.99	81%
MID	54	0.00	0.98	80%
MID	55	0.33	0.99	82%
MID	56	0.83	0.99	73%
MID	57	0.83	0.99	46%

7. Procesamiento de Datos

■ Proyecto 3: CC PUCP

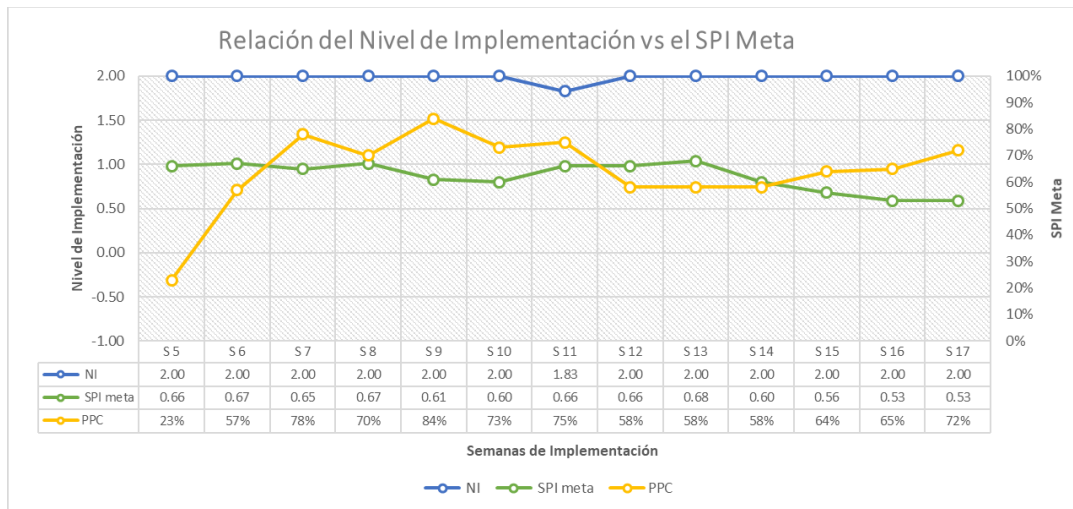


Figura 53. Relación del NI vs SPI Meta vs PPC – Proyecto 3 (Fuente Propia)

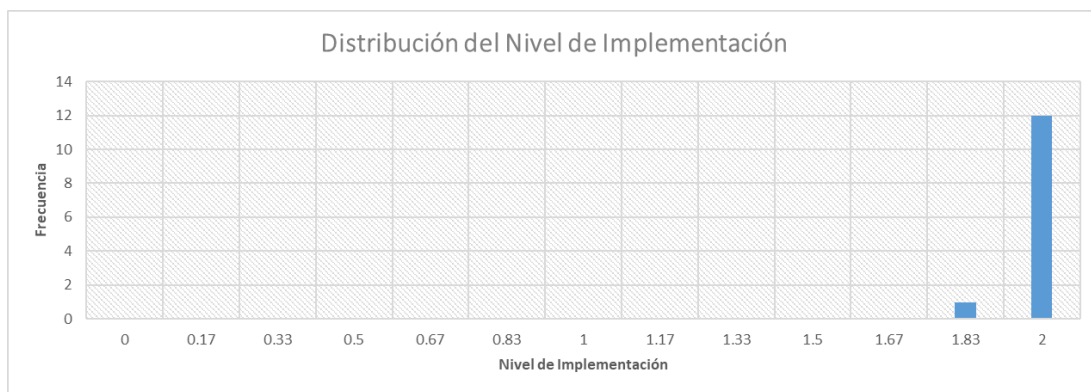


Figura 54. Distribución del Nivel de Implementación - Proyecto 3 (Fuente Propia)

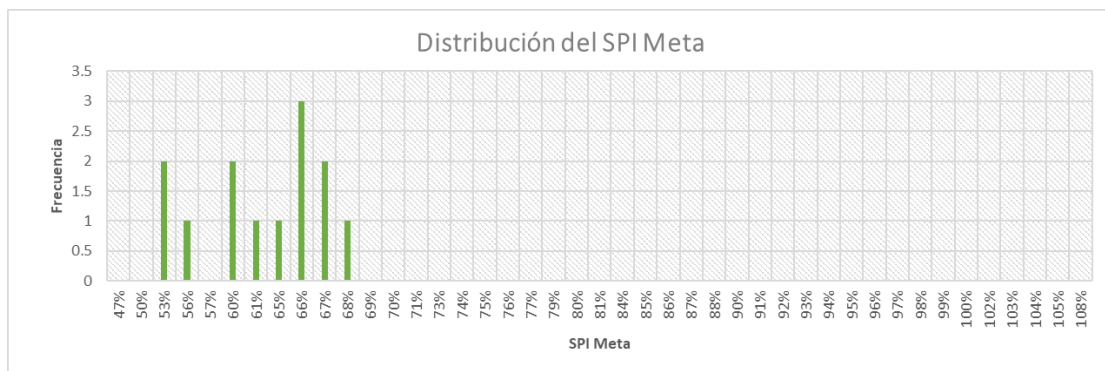


Figura 55. Distribución del SPI Meta - Proyecto 3 (Fuente Propia)

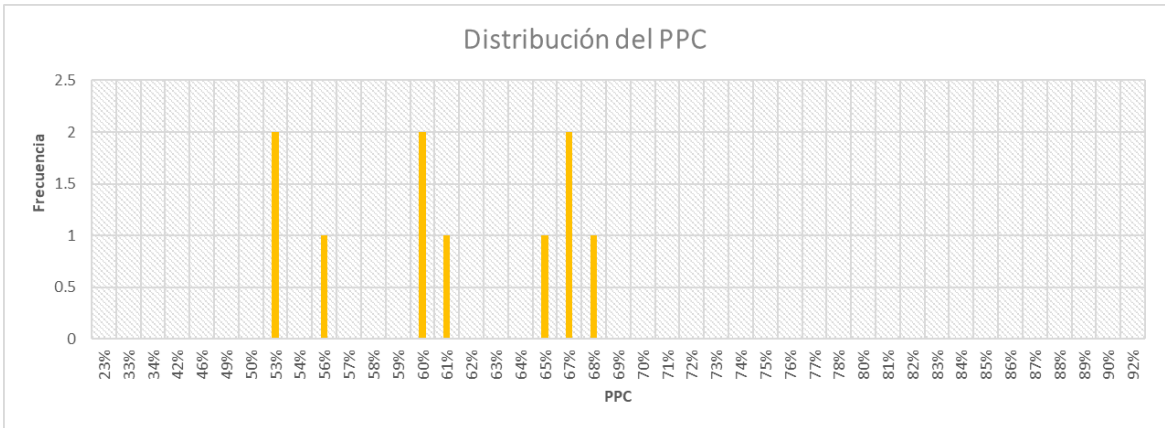


Figura 56. Distribución del PPC - Proyecto 3 (Fuente Propia)

▪ Proyecto 4: BLACK

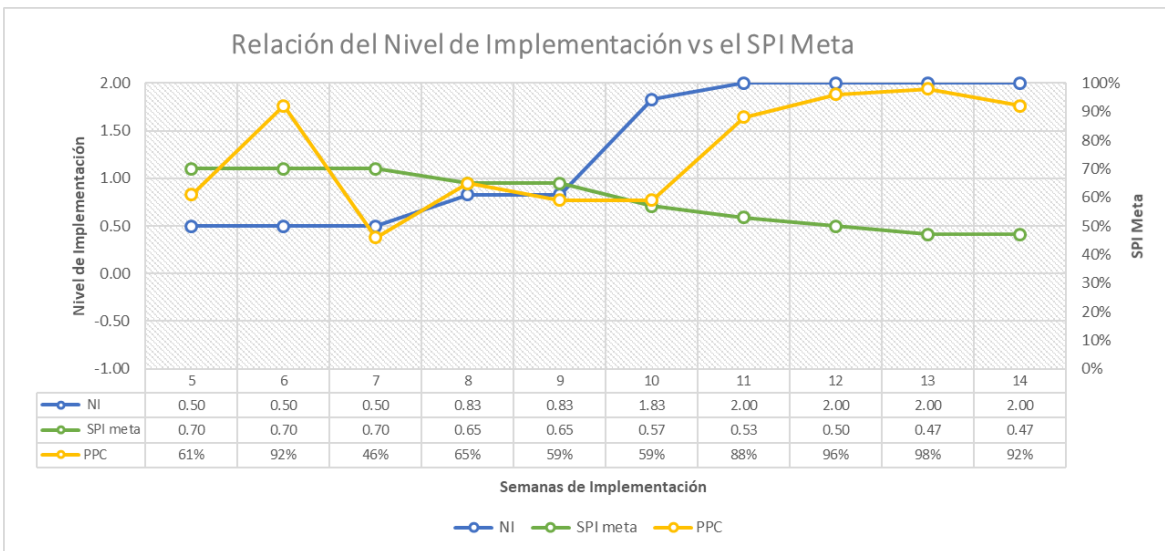


Figura 57. Relación del NI vs SPI Meta vs PPC – Proyecto 4 (Fuente Propia)

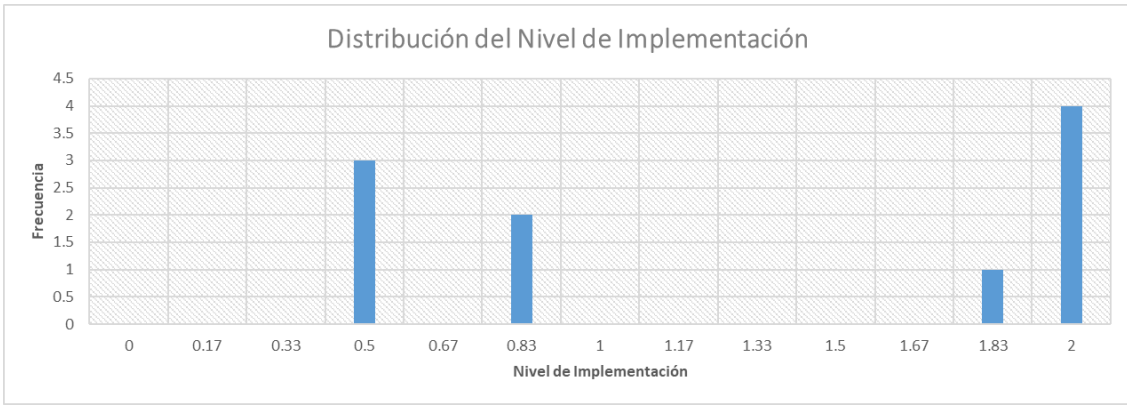


Figura 58. Distribución del Nivel de Implementación - Proyecto 4 (Fuente Propia)

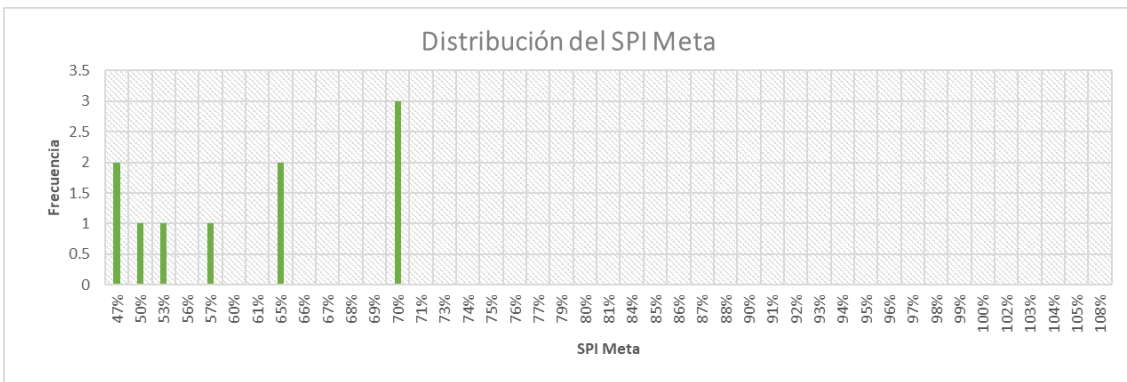


Figura 59. Distribución del SPI Meta - Proyecto 4 (Fuente Propia)

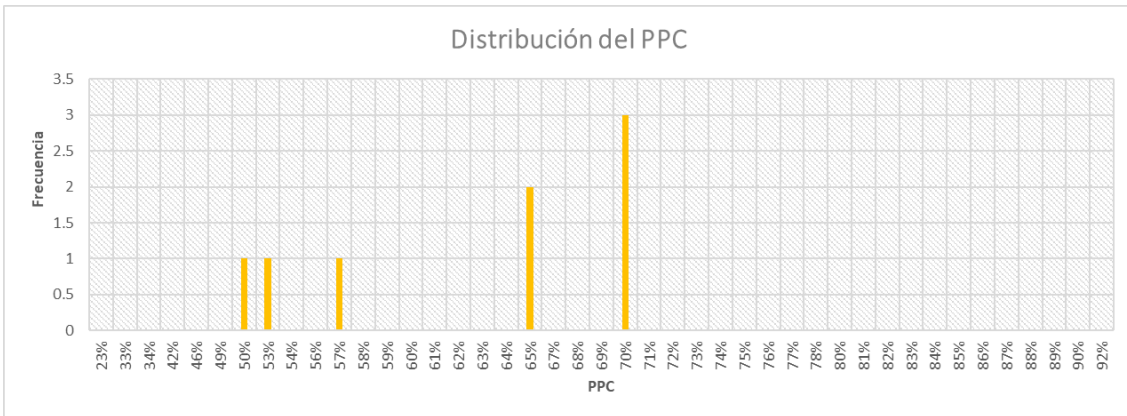


Figura 60. Distribución del PPC - Proyecto 4 (Fuente Propia)

▪ Proyecto 5: LEAF

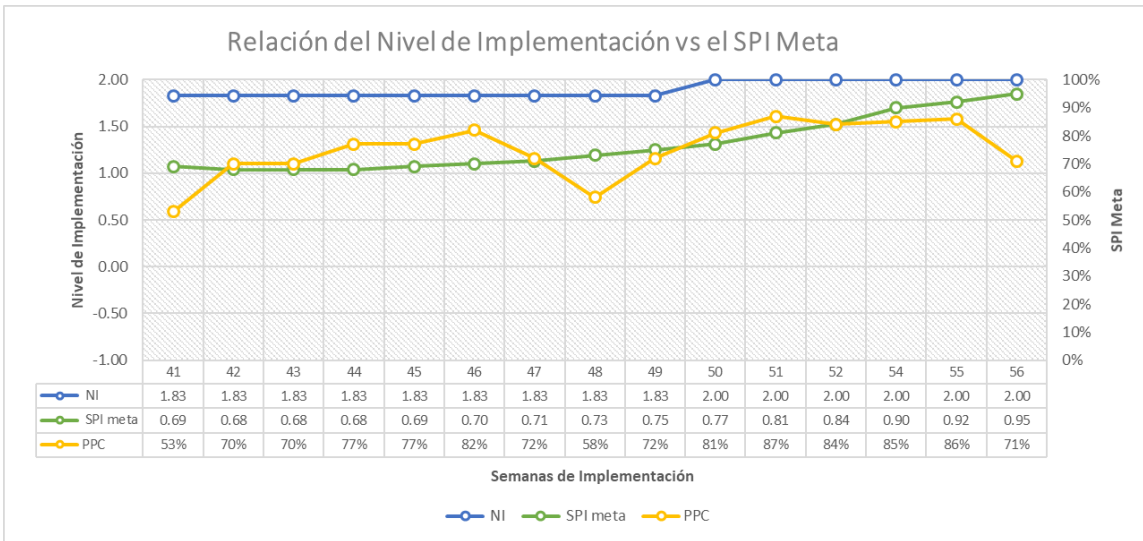


Figura 61. Relación del NI vs SPI Meta vs PPC – Proyecto 5 (Fuente Propia)

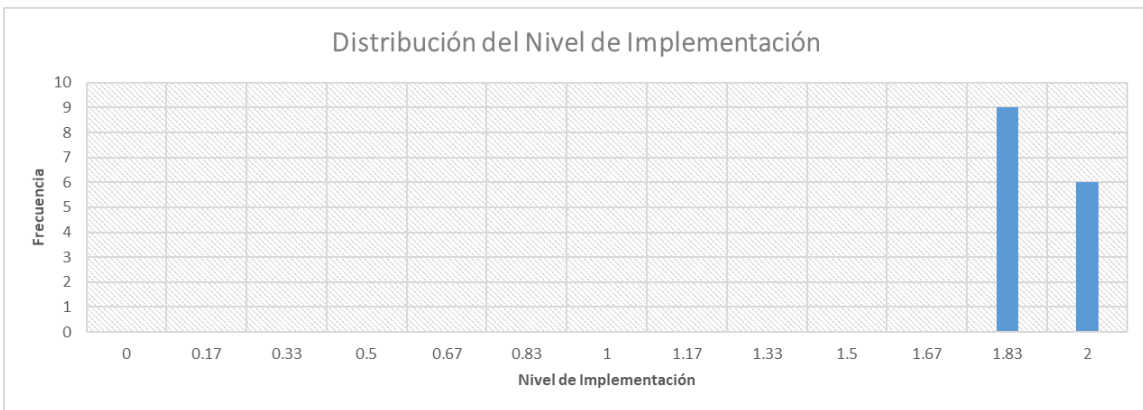


Figura 62. Distribución del Nivel de Implementación - Proyecto 5 (Fuente Propia)

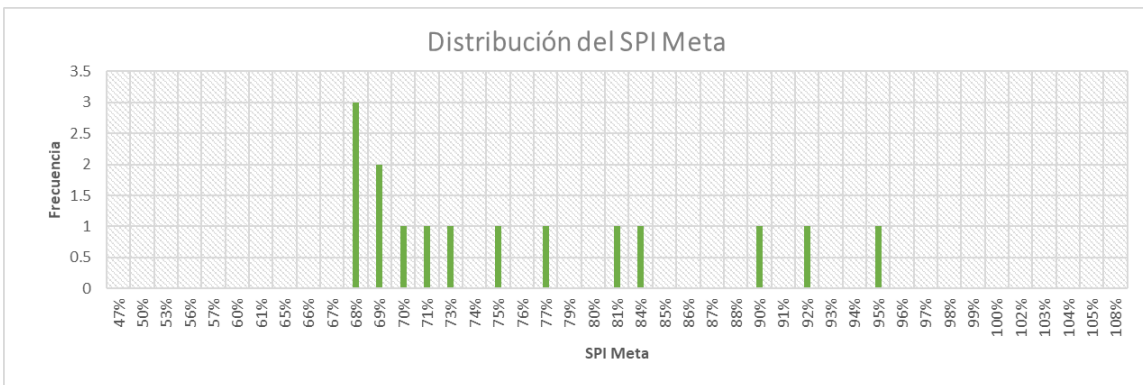


Figura 63. Distribución del SPI Meta - Proyecto 5 (Fuente Propia)

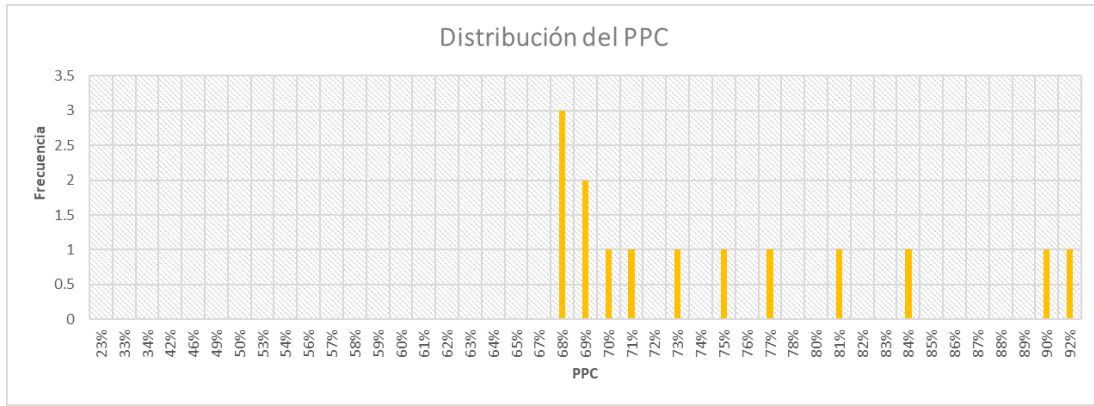


Figura 64. Distribución del PPC - Proyecto 5 (Fuente Propia)

■ Proyecto 6: Stelar

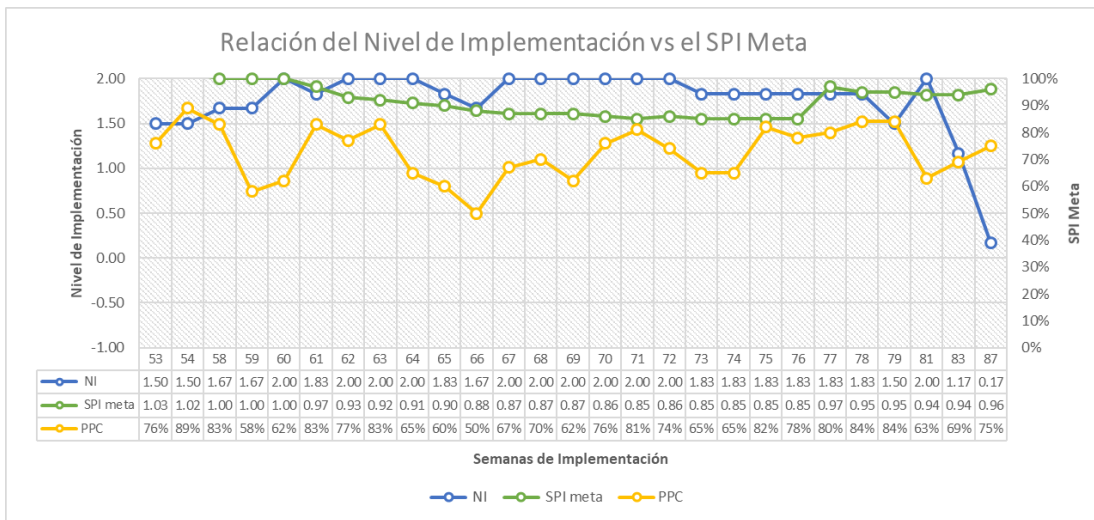


Figura 65. Relación del NI vs SPI Meta vs PPC – Proyecto 6 (Fuente Propia)

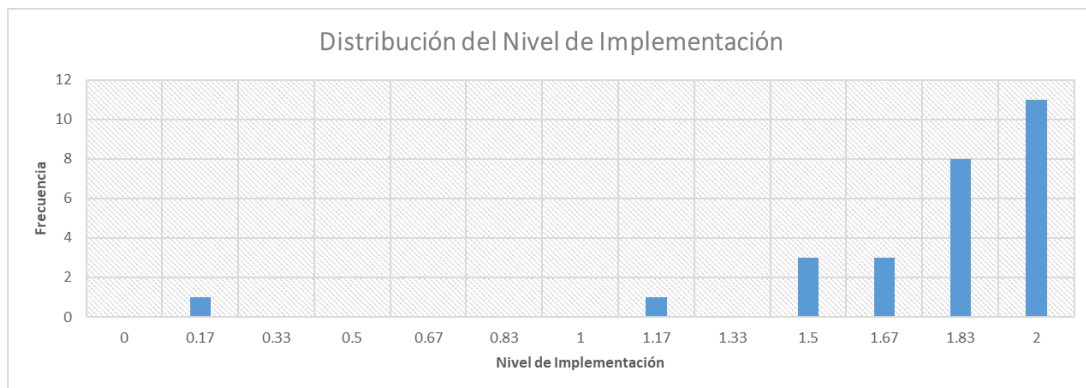


Figura 66. Distribución del Nivel de Implementación - Proyecto 6 (Fuente Propia)

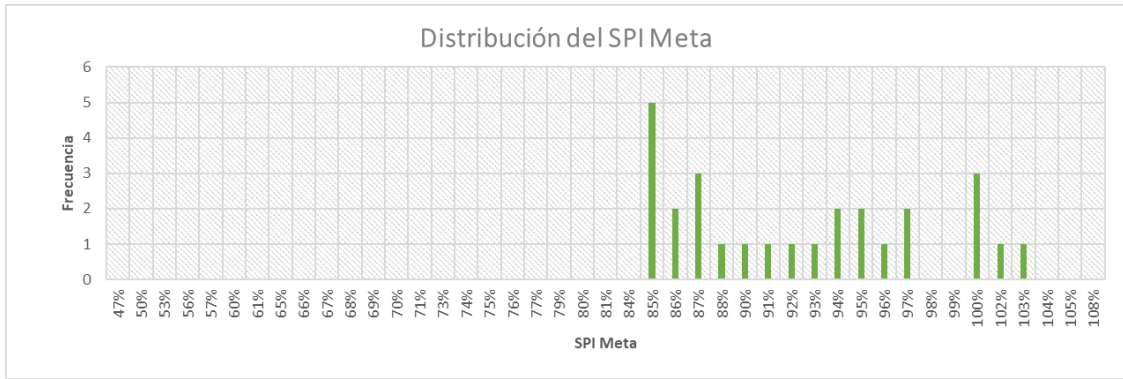


Figura 67. Distribución del SPI Meta - Proyecto 6 (Fuente Propia)

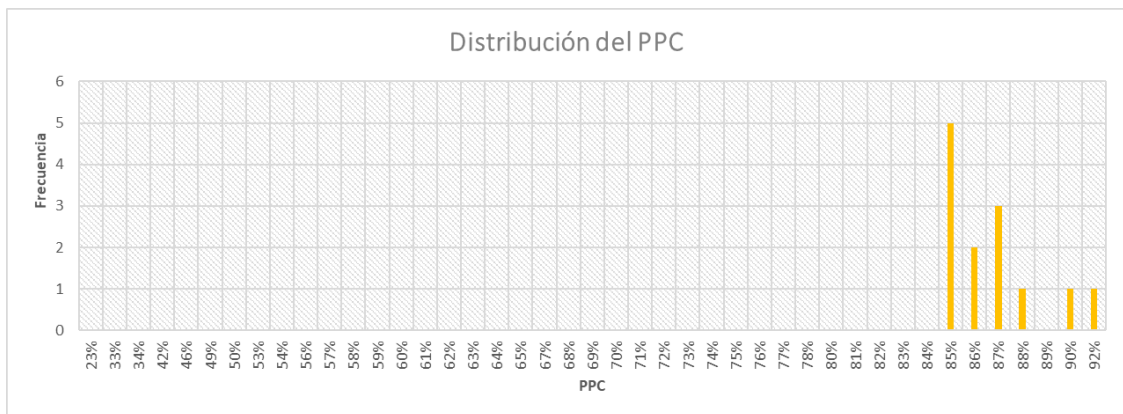


Figura 68. Distribución del PPC - Proyecto 6 (Fuente Propia)

■ Proyecto 7: Magna Haus

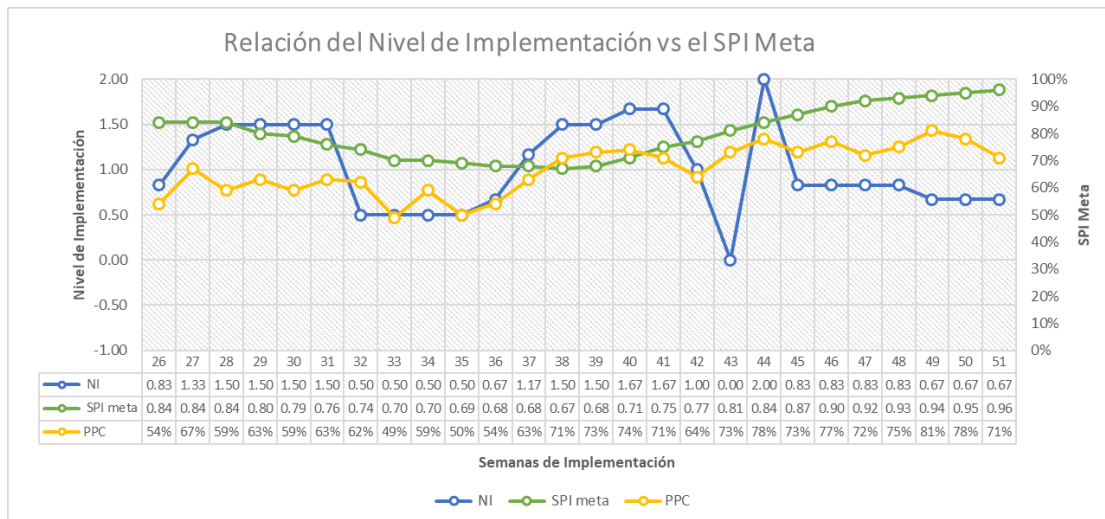


Figura 69. Relación del NI vs SPI Meta vs PPC – Proyecto 7 (Fuente Propia)

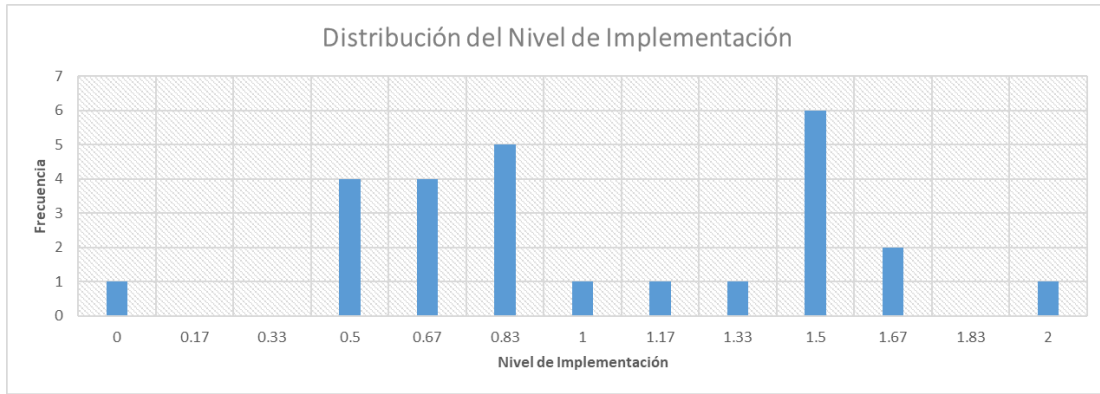


Figura 70. Distribución del Nivel de Implementación - Proyecto 7 (Fuente Propia)

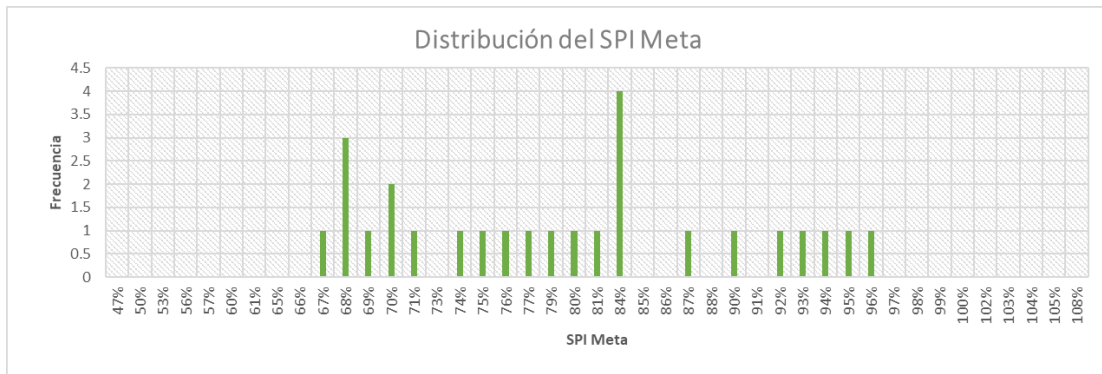


Figura 71. Distribución del SPI Meta - Proyecto 7 (Fuente Propia)

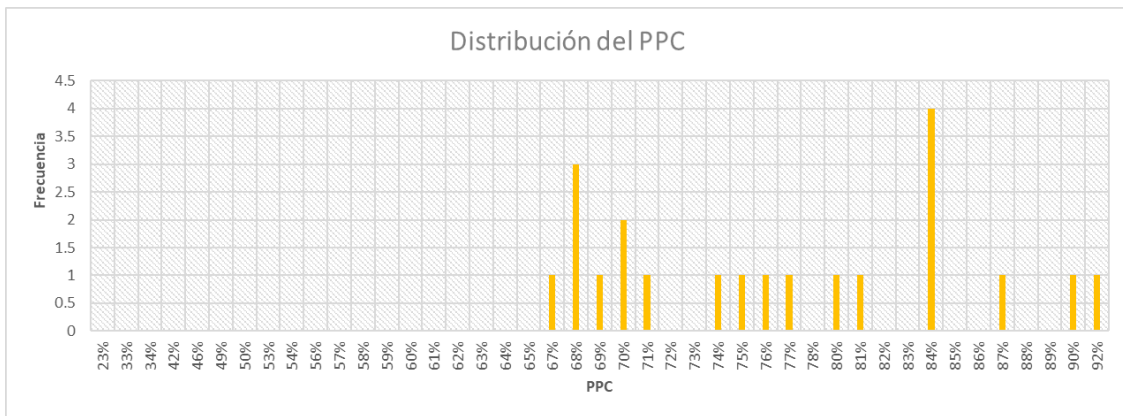


Figura 72. Distribución del PPC - Proyecto 7 (Fuente Propia)

8. Definición de términos

Ciente. - la persona o entidad dueña del proyecto del que se está trabajando. Es quien define el alcance del proyecto y elige que empresa constructora será la responsable de la ejecución del proyecto.

empresa constructora. - es la entidad encargada de ejecutar el proyecto del cliente. Esto en base a un presupuesto inicial y un plazo acordado.

Core business. – hace referencia a la actividad principal que agrega valor a la organización, es la que brinda la ventaja competitiva a una empresa.

Inmobiliaria. – es la empresa que se dedica a la compra y venta de departamentos, casas o comercios. Es el cliente directo de una empresa constructora

Proyecto. – comprende el conjunto de actividades a realizar de manera articulada para lograr generar el producto solicitado por el cliente.

Equipo de obra. – grupo de profesionales con habilidades complementarias, que son encargados de llevar directamente a cabo el proyecto. Ellos están ubicados físicamente en el mismo espacio.

Áreas de soporte. – grupo de profesionales que complementan a los equipos de obra, encargados de soportar actividades del proyecto que están centralizadas. Ellos están ubicados físicamente en otro espacio de trabajo.

Oficina Central. – es el espacio físico donde laboran las áreas de soporte de los proyectos de construcción. Aquí también están alojadas áreas de resultados donde se analizan a nivel macro el performance de sus proyectos a nivel empresa.

Staff propio. – es el personal contratado por la empresa, siendo profesionales que cubren las actividades del core business de la empresa.

Staff subcontratado. – es el personal subcontratado por la empresa, para cubrir actividades especializadas. Tal como equipos de seguridad, calidad u oficina técnica.

Subcontratista. – es quien realiza el trabajo de un proyecto bajo la supervisión de una contratista principal.

Penalizaciones. – es una sanción asumida por incumplimiento de un contrato.

Sistema de Producción. – se refiere a los estándares de trabajo para la planificación y control definidos a nivel de empresa. Permite alinear la forma de trabajo de los equipos de proyectos.

Plan meta. - es el cronograma elaborado por la empresa constructora para asegurar que el control del proyecto está direccionado a cumplir los objetivos detallados en el cronograma (asegurar el presupuesto y el plazo acordados).

Restricciones. – son las limitaciones o requisitos típicos que deben completarse para que pueda ejecutarse una actividad productiva del proyecto.

Predictibilidad. – es la confiabilidad que se muestra al ejecutar proyectos, está relacionado con un alto performance y una alta constancia o baja desviación de los resultados u objetivos definidos.

Productividad. – es la relación entre lo producido o el producto con los recursos usados.

Implementación Corporativa. – poner en acción o en práctica iniciativas a nivel de empresa, se ejecutan para mejorar resultados a nivel macro.

Manual. – es un documento que se crea para sistematizar de forma detallada ciertos procedimientos o instrucciones operativas.

Proyecto Piloto. – es la primera iteración o aplicación exclusiva de una propuesta para probar la viabilidad de la solución, así como aprender de los resultados e introducirlos en la solución.

Roll out. – es la implementación masiva de la solución o propuesta, la cual se ejecuta de manera simultánea y/o progresiva en diferentes proyectos.

Monitorear. – controlar el desarrollo de un suceso o implementación, controlando y entendiendo los resultados obtenidos.

Benchmark. – comparar nuestro performance actual contra la de otra empresa que esté logrando mejores resultados, asegurando implementar las mejores prácticas.