

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL



TESIS

**“GESTIÓN DE PERSONAS PARA REDUCIR LA
INCERTIDUMBRE EN LA PLANIFICACIÓN Y EJECUCIÓN
DE UN PROYECTO DE INFRAESTRUCTURA DEPORTIVA”**

PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

ELABORADO POR

ANDREWS ALEXANDER ERAZO RONDINEL

ASESOR

Ing. LUIS ALFREDO COLONIO GARCÍA

LIMA- PERÚ

2021

© 2021, Universidad Nacional de Ingeniería. Todos los derechos reservados

**“El autor autoriza a la UNI a reproducir de la Tesis en su totalidad o en parte,
con fines estrictamente académicos.”**

Erazo Rondinel, Andrews Alexander

Email: aerazor@uni.pe

Teléfono: 945605041

*A mis papás y hermanos por todo su apoyo en
todos estos años que llevo lejos de casa.
A todas las personas que trabajan en hacer un
Perú mejor.*

AGRADECIMIENTOS

A mis papás y hermanos, por animarme a seguir adelante en mi búsqueda por ser cada día mejor.

A mis amigos del GIT y Proyecta UNI con los cuales descubrí que las ideas se pueden hacer realidad mediante los proyectos.

A Mónica, por su apoyo todo este tiempo; por las largas conversaciones motivándome a completar el presente trabajo.

A mis amigos del CEIC 2015, con los cuales compartí 01 año entero y pude entender el amor por un ideal, la pasión y ganas de una juventud que quiere un Perú mejor.

A los ingenieros Julio Guinand y Abel Alva, por su apoyo en el Proyecto La Videna, por su liderazgo y apertura a implementar mi tesis en el recinto el cual tenían a cargo.

A COSAPI, empresa que aportó mucho en mi crecimiento como persona y como profesional, que me ha permitido involucrarme en grandes proyectos de construcción.

A mis compañeros de obra, tanto ingenieros como obreros y en especial a los que ya no están con nosotros (Carlos Núñez, Manuel Solís y Nicanor Quispe) y que me han dado grandes lecciones de vida y también ayudado en mi crecimiento como profesional.

A André Ramírez, quién me prestó el libro de Virgilio Ghio en el 2012 e inició mi camino en este hermoso viaje de la filosofía Lean.

Al Dr. Teófilo Vargas, a quién conocí el 2012 y quien motivó mis ganas de investigar.

A Virgilio Ghio, pese a no estar presente, por haber impactado generaciones con el libro Productividad en Obras de Construcción. Por sus ideas y pensamiento de que el Perú siempre puede ser mejor.

Finalmente, al Ingeniero Luis Colonio, mi asesor, por haberme brindado su tiempo y disposición en la presente investigación.

INDICE

RESUMEN	10
ABSTRACT	12
PRÓLOGO	14
LISTA DE CUADROS	15
LISTA DE FIGURAS	16
LISTA DE SÍMBOLOS Y SIGLAS	20
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	22
1.1. GENERALIDADES.	22
1.2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	23
1.3. OBJETIVOS DEL ESTUDIO	24
1.3.1. Objetivo General	24
1.3.2. Objetivos Específicos.....	24
1.4. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS	24
CAPÍTULO II FUNDAMENTO TEÓRICO	27
2.1. INFRAESTRUCTURA DEPORTIVA	27
2.2. INCERTIDUMBRE Y VARIABILIDAD	27
2.2.1. Incertidumbre.....	27
2.2.2. Variabilidad.....	28
2.2.3. Tipos de Variabilidad	29
2.2.4. Buffers para reducir la variabilidad.....	30
2.3. PLANIFICACIÓN Y CONTROL DE PROYECTOS.....	31
2.3.1. Planificación.....	31
2.3.2. Control de Proyectos	32
2.3.3. Valor Ganado.....	33
2.4. FILOSOFÍA LEAN	34
2.5. MODELOS DE PRODUCCIÓN.....	35
2.5.1. Modelo Clásico de Producción.....	35
2.5.2. Modelo Dual.....	36
2.5.3. TFV (Transformación Flujo Valor)	37
2.5.4. VFO (Valor Flujo Operación).....	39
2.6. LEAN CONSTRUCTION.....	40
2.6.1. Principios Lean Construction.....	40
2.6.2. Nuevos Principios Lean.....	41
2.7. PLANIFICACIÓN TRADICIONAL VS. PLANIFICACIÓN LEAN	42
2.8. LAST PLANNER® SYSTEM.....	44
2.8.1. Se puede, Se debería, se hará	45
2.8.2. Niveles de Planificación en Last Planner® System	46

2.8.3. Programación Maestra.....	46
2.8.4. Pull Planning o Plan de Fases	47
2.8.5. Look ahead Planning	48
2.8.6. Planificación Semanal.....	48
2.8.7. Aprendizaje.....	49
2.9. BENEFICIOS DEL LAST PLANNER SYSTEM	50
2.10. FACTORES CLAVE DE IMPLEMENTACIÓN DE LAST PLANNER SYSTEM 50	
2.11. BARRERAS DE IMPLEMENTACIÓN DE LAST PLANNER SYSTEM.....	52
2.11.1. Barreras Generales.....	52
2.11.2. Barreras en Perú.....	52
2.11.3. Problemas en la implementación de LPS.....	53
2.12. INTEGRATED PROJECT DELIVERY(IPD).....	54
2.13. NEW ENGINNERING CONTRACT (NEC)	55
2.13.1. Conceptos Generales	55
2.13.2. Características del Contrato.....	55
2.13.3. Contrato de los Juegos Panamericanos.....	57
CAPÍTULO III PROPUESTA DE MODELO DE GESTIÓN DE PERSONAS....	58
3.1. MODELOS DE GESTIÓN DE PERSONAS.....	58
3.1.1. Modelo de gestión basado en personas para mitigar la complejidad en proyectos de construcción	58
3.1.2. Modelo de Pensamiento Lean y Dinámica Social.....	59
3.1.3. Modelo para una mejor construcción	61
3.1.4. Modelo de Personas, Proceso y Tecnología	61
3.2. TEORÍA DE GESTIÓN DEL CAMBIO	63
3.3. MODELO PROPUESTO	64
3.4. PERSONAS	67
3.4.1. Acción Lingüística y Promesas Confiables.....	67
3.4.2. Colaboración.....	69
3.4.3. Liderazgo	70
3.4.4. Respeto a las Personas	72
3.5. PROCESOS.....	74
3.5.1. Transparencia y Gestión Visual	74
3.5.2. LAST PLANNER SYSTEM	78
3.5.2.1. <i>Pull Planning</i>	79
<i>a. Materiales</i>	80
<i>b. Participantes</i>	80
<i>c. Antes de la Reunión</i>	80

d. Durante la reunión	81
e. Pasos para la sesión de Planificación.....	81
f. Recomendaciones para la sesión	85
g. Características del Facilitador.....	86
3.5.2.2. Look ahead Planning	89
a. Definición de la ventana de Planificación	89
b. Definición de las actividades del Look ahead Planning.....	89
c. Explosión.....	90
d. Revisión.....	90
e. Análisis de Restricciones	91
f. Make Ready	92
g. Inventario de Trabajo Ejecutable (ITE).....	93
3.5.2.3. Plan Semanal	94
a. Criterio de Calidad para Programación de Tareas Semanales.....	94
b. Medición del desempeño del sistema de planificación con el PPC	96
c. Promesa Confiable	97
d. Reunión de Planificación Semanal.....	98
e. Ciclo de Planificación Semanal.....	99
f. Recomendaciones para la Planificación Semanal.....	99
3.5.2.4. Plan Diario	100
3.5.2.5. Aprendizaje.....	100
a. Análisis de Causas de No Cumplimiento.....	100
b. ¿Por qué?.....	102
3.5.3. Big Room	103
a. Beneficios del Big Room.....	103
b. Consideraciones físicas para un Big Room.....	104
c. Elementos claves para un buen Big Room.....	106
3.5.4. Relación PPC vs SPI	107
3.5.5. Nivel de Implementación de LPS	107
a. Modelo de Buenas Prácticas de planificación.....	107
b. Modelo de Nivel de Implementación desarrollado por GEPUC	108
3.6. ICT (Information Construction Technology o Tecnologías de Información de la Construcción).....	110
3.6.1. BIM.....	110
3.6.2. IT.....	111

CAPÍTULO IV IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO DE GESTIÓN DE PERSONAS	113
4.1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO EN ESTUDIO	113
4.1.1. Características del Polideportivo 03	114
4.1.2. Principales Metrados.....	115
4.1.3. Disciplinas de competencia.....	115
4.1.4. Sectorización del proyecto	115
4.2. IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO DE GESTIÓN DE PERSONAS	117
4.3. DIAGNÓSTICO DEL ESTADO ACTUAL DEL PROYECTO	117
4.3.1. Indicadores del Proyecto.....	117
4.3.2. Nivel de Implementación de LPS	118
4.4. IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA.....	121
4.4.1. Implementación Mes 01	121
4.4.1.1. <i>Personas</i>	121
4.4.1.2. <i>Procesos</i>	121
4.4.1.3. <i>Tecnología</i>	125
4.4.2. Implementación Mes 02	125
4.4.2.1. <i>Personas</i>	125
4.4.2.2. <i>Procesos</i>	126
4.4.2.3. <i>Tecnología</i>	133
4.4.3. Implementación Mes 03	135
4.4.3.1. <i>Personas</i>	135
4.4.3.2. <i>Procesos</i>	136
4.4.3.3. <i>Tecnología</i>	137
4.4.4. Implementación Mes 04	139
4.4.4.1. <i>Personas</i>	139
4.4.4.2. <i>Procesos</i>	140
4.4.4.3. <i>Tecnología</i>	142
CAPÍTULO V: ANÁLISIS DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN	143
5.1. NIVEL DE IMPLEMENTACIÓN FINAL.....	143
5.2. EVOLUCIÓN DE INDICADORES DEL PROYECTO.....	144
5.2.1. Indicadores Mes 01	145
5.2.2. Indicadores Mes 02.....	146
5.2.3. Indicadores Mes 03.....	147
5.2.4. Indicadores Mes 04.....	148
5.3. CONDUCTAS OBSERVADAS LUEGO DE LA IMPLEMENTACIÓN.....	149
5.4. ENCUESTAS A SUBCONTRATISTAS	150
CONCLUSIONES.....	152

RECOMENDACIONES	154
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	155
ANEXOS	165
ANEXO 01: DIAGNÓSTICO DE LA IMPLEMENTACIÓN INICIAL DE LPS.....	166
ANEXO 02: DIAGNÓSTICO DE LA IMPLEMENTACIÓN FINAL DE LPS.....	167
ANEXO 03: ENCUESTAS A LOS SUBCONTRATISTAS DEL PROYECTO	168
ANEXO 04: FOTOGRAFÍAS DE LA CONSTRUCCIÓN DEL RECINTO	170

RESUMEN

En la actualidad, los proyectos de construcción están sometidos a una gran complejidad e incertidumbre debido a los múltiples interesados que forman parte de sus procesos. Además de ello, cada vez se enfrentan a plazos y costos más reducidos, lo que genera que muchos de ellos se enfrenten a sobrecostos y que se excedan los plazos contractuales. Ante este problema, diversas metodologías han surgido con el fin de gestionar el costo y presupuesto de los proyectos, pero dichas metodologías se enfocan más en los procesos y no en las personas, quienes son las que finalmente entregan el proyecto de construcción. Es así que la siguiente investigación propone e implementa una metodología de gestión de personas basada en la filosofía lean, que permita reducir la incertidumbre en un proyecto de infraestructura deportiva. El trabajo de tesis, se divide en cinco capítulos, como se detalla a continuación:

En el Capítulo I, se realiza una revisión de algunas propuestas para gestionar a las personas en los proyectos de construcción, se define el problema y se establecen los objetivos de la investigación.

En el Capítulo II, se realiza una revisión literaria sobre los conceptos que serán estudiados en la investigación, se desarrolla la teoría de lean Construction, base de nuestro modelo de gestión de personas, y se estudia Last Planner® System(LPS) a nivel conceptual, identificando los problemas de implementación y los beneficios del mismo, pues será implementado en nuestro modelo de gestión de personas.

En el Capítulo III, se propone el modelo de gestión de personas y se revisan cuatro modelos de gestión de personas encontrados en la revisión literaria. Además, se propone un modelo de gestión de personas que será detallado a lo largo del capítulo y se explica la teoría de gestión del cambio para la implementación del modelo. El modelo, está compuesto por tres partes, la primera que corresponde a las personas, donde se revisan conceptos de la perspectiva de la acción lingüística, la colaboración, el liderazgo y el respeto, como base conceptual del modelo. Luego pasamos a los procesos donde se propone el uso de la gestión visual y LPS, es así donde se desarrolla un manual de implementación para cada uno de los niveles de LPS. El capítulo termina con el último elemento del modelo, el cual es la tecnología y se propone el uso de BIM para el seguimiento de tareas y el uso de las tecnologías de la información para una mejor comunicación.

En el Capítulo IV, se detalla el proceso de implementación de la propuesta a lo largo de cuatro meses y se describen como evolucionan las distintas herramientas propuestas en el proyecto mes a mes, en este capítulo se muestra la implementación de la gestión visual, Big room y planificación colaborativa para mejorar la comunicación en el proyecto.

En el Capítulo V, se discuten los resultados durante los cuatro meses de implementación de la propuesta, logrando obtener una mejora de los indicadores del proyecto. Además, se analizan las Causas de No Cumplimiento mensuales obtenidas en el proyecto; así también en este capítulo se muestra una encuesta de satisfacción de los participantes de la reunión y se registran las conductas observadas luego del modelo de implementación de gestión de personas.

Finalmente, se brindan las conclusiones del trabajo y se dan recomendaciones de futuras investigaciones relacionadas al modelo propuesto.

ABSTRACT

Construction projects today are subject to great complexity and uncertainty due to the multiple stakeholders that are part of their processes. In addition to this, they increasingly face shorter deadlines and costs, which causes many of them to face cost overruns and the contractual deadlines being exceeded. Faced with this problem, various methodologies have emerged in order to manage the cost and budget of the projects, but these methodologies focus more on the processes and not on the people, who are the ones who finally deliver the construction project. Thus, the following research proposes and implements a people management methodology based on the lean philosophy, which allows reducing uncertainty in a sports infrastructure project. The thesis work is divided into five chapters, as detailed below:

In Chapter I, a review is made of some proposals to manage people in construction projects, the problem is defined and the research objectives are established.

In Chapter II, a literary review is carried out on the concepts that will be studied in the research, the theory of lean Construction is developed, the basis of our people management model, and the Last Planner® System (LPS) is studied at a conceptual level. , identifying implementation problems and benefits, as it will be implemented in our people management model.

In Chapter III, the people management model is proposed and four people management models found in the literary review are reviewed. In addition, a people management model is proposed that will be detailed throughout the chapter and the theory of change management for the implementation of the model is explained. The model is made up of three parts, the first corresponding to people, where concepts from the perspective of linguistic action, collaboration, leadership and respect are reviewed, as the conceptual basis of the model. Then we move on to the processes where the use of visual management and LPS is proposed, this is where an implementation manual is developed for each of the LPS levels. The chapter ends with the last element of the model, which is technology and the use of BIM is proposed for monitoring tasks and the use of information technologies for better communication.

In Chapter IV, the implementation process of the proposal over four months is detailed and it is described how the different tools proposed in the project evolve

from month to month, in this chapter the implementation of visual management, big room and collaborative planning to improve communication in the project.

In Chapter V, the results are discussed during the four months of implementation of the proposal, achieving an improvement in the project indicators. In addition, the monthly Causes of Non-compliance obtained in the project are analyzed; Also, in this chapter, a satisfaction survey of the meeting participants is shown and the behaviors observed after the people management implementation model are recorded.

Finally, the conclusions of the work are provided and recommendations for future research related to the proposed model are given.

PRÓLOGO

La presente tesis, propone e implementa un modelo de gestión de personas en una obra de infraestructura deportiva en la etapa de acabados e instalaciones, etapa donde se tiene una mayor variabilidad en los proyectos de construcción.

Es así que el presente modelo propuesto, consta de tres ítems importantes: las personas, los procesos y la tecnología. En el ítem de personas, el modelo de gestión de personas abarca la teoría de la acción lingüística, la colaboración, el liderazgo y el respeto a las personas, con ello se busca generar un espacio en el que prime la colaboración y se realicen compromisos confiables entre los diferentes participantes del proyecto. Cuando el equipo del proyecto entiende los conceptos relacionadas a las personas, se procede a mejorar el proceso de planificación mediante el uso de Last Planner® System(LPS) y la gestión visual, la implementación de LPS se realiza desde un enfoque socio técnico, es decir no solo nos enfocamos en las herramientas, sino que buscamos integrar a las personas con los principios mencionados anteriormente. El tercer ítem del modelo es el uso de la tecnología, es por ello que se propone el uso de BIM y de los dispositivos móviles.

Luego, el modelo propuesto se implementa en el proyecto de Infraestructura Deportiva. Se inicia la implementación con un análisis de los indicadores del proyecto por un tiempo de 10 semanas, con ello, se realiza un diagnóstico del nivel de implementación de Last Planner® System, y se implementan una serie de mejoras enfocadas en la formación de hábitos entre los distintos subcontratistas y participantes del proyecto, la implementación se da a lo largo de 04 meses y se realiza de manera gradual.

Finalmente, luego de la implementación se logra mejorar los indicadores del proyecto como el PPC (Porcentaje de Plan Completado) y SPI (Schedule Perfomande Index), mejorar el nivel de implementación de LPS y generar mayor colaboración y participación de los distintos participantes del proyecto.

Ing. Luis Colonio

LISTA DE CUADROS

Tabla 1 : Dimensiones clave del Valor Ganado.	33
Tabla 2: Dimensiones clave del Valor Ganado.	33
Tabla 3 :La teoría TFV de la Producción.....	38
Tabla 4:Principios Lean Construction.....	40
Tabla 5: Principios Lean asociados a BIM.	42
Tabla 6: ¿Qué está funcionando y qué no está funcionando de la planificación tradicional?	43
Tabla 7: Comparación de los Principios de LPS y la Planificación tradicional.	44
Tabla 8: Principales Beneficios de la implementación de LPS.	50
Tabla 9: Factores que influyen en la implementación de LPS.....	51
Tabla 10: Barreras de Implementación de LPS.....	52
Tabla 11: Características del Modelo de Gestión de Personas.	63
Tabla 12: Características del Modelo de Gestión de Personas	65
Tabla 13. Estructura del flujo de compromisos.	68
Tabla 14: Tipo de CNC.	101
Tabla 15: Criterios del modelo de buenas prácticas.....	108
Tabla 16: Características del Proyecto en estudio.	113
Tabla 17: Principales metrados del Polideportivo 03.....	115
Tabla 18: Orden de las reuniones en el Proyecto.	121
Tabla 19: Cantidad de Tareas Planificadas y Cumplidas por semana. Mes 01.	145
Tabla 20: Tipos de CNC durante el mes 01..	145
Tabla 21: Cantidad de Tareas Planificadas y Cumplidas por semana en el Mes 02.	146
Tabla 22: Tipos de CNC durante el mes 02.	146
Tabla 23: Cantidad de Tareas Planificadas y Cumplidas por semana en el Mes 03.	147
Tabla 24: Tipos de CNC durante el mes 03.	148
Tabla 25: Cantidad de Tareas Planificadas y Cumplidas por semana. Mes 04	149
Tabla 26: Tipos de CNC durante el mes 04.	149

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Niveles de Planificación	32
Figura 2: La visión convencional del proceso de producción, que es dividido en subprocesos.	36
Figura 3: La producción como un flujo de procesos.	37
Figura 4: Filosofía de Planificación tradicional vs. LPS	45
Figura 5: Niveles de Planificación LPS	46
Figura 6: Marco de trabajo IPD.	55
Figura 7: Modelo de gestión basado en personas para mitigar la complejidad ..	59
Figura 8: Modelo de pensamiento lean y dinámica social	60
Figura 9: Modelo para una mejor construcción.	61
Figura 10: Modelo de gestión de personas basado en Personas, proceso y tecnología.	62
Figura 11: Modelo de gestión del cambio en las organizaciones	64
Figura 12: Modelo de gestión de personas propuesto.	64
Figura 13: Flujograma del Modelo de Gestión de Personas.....	66
Figura 14: Flujo de Compromisos.	68
Figura 15: Pizarra con información relevante del proyecto.....	77
Figura 16: Procedimiento Visual de control de la torre grúa y distribución de las áreas de trabajo.....	77
Figura 17: Planificación colaborativa en un proyecto de autopistas.	77
Figura 18: Distribución de cuadrillas y control en un proyecto de edificación y plan semanal visual.....	78
Figura 19: Relaciones entre los niveles de planificación de Last Planner® System.	78
Figura 20: Materiales para la sesión Pull.	80
Figura 21: Tarjetas usadas en la planificación Pull.	81
Figura 22: Paso 01 y 02 de la Planificación Pull.	82
Figura 23: Paso 03 de la Planificación Pull..	82
Figura 24: Paso 04 de la Planificación Pull..	83
Figura 25: Paso 05 de la Planificación Pull.	83
Figura 26: Paso 07 de la Planificación Pull..	84
Figura 27: Paso 05 de la Planificación Pull.	84
Figura 28: Planificación desarrollada por el equipo de proyecto.	88

Figura 29: Equipo trabajando de manera colaborativa en la planificación.	89
Figura 30: Proceso de Revisión.	90
Figura 31: Precondiciones para ejecutar una tarea.	91
Figura 32: Log de Restricciones.	92
Figura 33: Modelo de Plan Semanal.	94
Figura 34: Ejemplo de Plan semana.	96
Figura 35: Proceso de evaluación del PPC.	96
Figura 36: Fórmula del PPC.	97
Figura 37. Registro del PPC Semanal.	97
Figura 38: Etapas de la reunión de Planificación LPS.	98
Figura 39: Ciclo de Planificación Semanal.	99
Figura 40: Ejemplo de Causas de No Cumplimiento semanales.	101
Figura 41: Ejemplo de Diagrama de Pareto.	102
Figura 42: Análisis de 5 Porqué.	103
Figura 43: Esquema de Big Room.	105
Figura 44: Modelo de un pequeño Big Room.	105
Figura 45: Componentes del Modelo de Nivel de Implementación.	109
Figura 46: Modelo de cuantificaciones de cantidad de obra.	110
Figura 47: Tipos de mensajes para la comunicación.	111
Figura 48: Estructura de mensaje de consulta.	111
Figura 49: Estructura del mensaje de respuesta.	112
Figura 50: Frente de Trabajo Principales.	113
Figura 51: Vista de la Fachada del Polideportivo 03.	114
Figura 52: Vista de la pista de competencia del Polideportivo 03.	114
Figura 53: Uso del recinto deportivo.	115
Figura 54: Sectorización del Piso 01.	116
Figura 55: Sectorización del Piso 02.	116
Figura 56: Sectorización del Piso 03.	117
Figura 57: PPC vs SPI después de 10 semanas de implementación.	118
Figura 58: Reuniones entre subcontratistas.	119
Figura 59: Diagnóstico de implementación de LPS.	120
Figura 60: Subcontratista de Instalaciones Eléctricas, explicando su plan semanal.	122
Figura 61: Plan semanal realizado con los subcontratistas.	122
Figura 62: Plan semanal realizado con los subcontratistas de instalaciones.	123

Figura 63: Plan semanal con los subcontratistas de fachada.....	123
Figura 64: Planes semanales de fachada elaborado por los subcontratistas... .	124
Figura 65: Plan diario de los trabajos de fachada.	124
Figura 66: Plan diario que se envió al cliente.	125
Figura 67. Reunión semanal.....	126
Figura 68: Participación de los últimos planificadores en las reuniones.....	126
Figura 69. Roles y responsabilidades para las reuniones semanales.	127
Figura 70. Plan semanal durante el Mes 02.....	128
Figura 71. Jefe de Planeamiento explicando los alcances de la sesión Pull. ...	129
Figura 72: Subcontratista de comunicaciones participando en la sesión.....	130
Figura 73: Conversaciones durante la planificación Pull.	130
Figura 74: Plan generado luego de la Planificación Pull.....	131
Figura 75: Subcontratista de Muro Huaca colocando su poss-its en la pizarra.	131
Figura 76: Subcontratista de Muro Cortina colocando su poss-its en la pizarra	132
Figura 77: Planificación colaborativa de las actividades en fachada.	132
Figura 78. Big Room del proyecto al terminar el mes 02.....	133
Figura 79: Planificación diaria para la fachada.....	133
Figura 80. Coordinaciones del grupo de WhatsApp de subcontratistas de Fachada.	133
Figura 81: Ejemplo de la interacción en el grupo de Whats App del subcontratista.	134
Figura 82: Seguimiento de las actividades de fachada usando el modelo BIM.	134
Figura 83. Subcontratista de aire acondicionado explicando su programación.	135
Figura 84. Identificación de restricciones de parte de un subcontratista.	135
Figura 85. Completion Milestone con actividades críticas del proyecto..	136
Figura 86:Subcontratista de Instalaciones Eléctricas, participando en la reunión.	136
Figura 87: Panel Pull, luego de la sesión de Planificación.	137
Figura 88: Planificación de la fachada en el mes 03.	137
Figura 89: Avance del muro cortina con ayuda del modelo BIM.....	138
Figura 90: Avance del cielo raso con ayuda del modelo BIM.	138
Figura 91: Avance del enchape con ayuda del modelo BIM.	138
Figura 92. Caminata de obra con el cliente.	139
Figura 93. Registro de restricciones del subcontratista antes de la reunión. ...	139
Figura 94: Cronograma de saldo por ambientes.	140

Figura 95: Sesión de planificación en el mes 04 de la implementación.	140
Figura 96: Identificación de restricciones en el mes 04 de implementación.	141
Figura 97. Big Room del proyecto durante el mes 04.	141
Figura 98: Grupo de WhatsApp para el cerramiento del cielo raso de ambientes.	142
Figura 99: Avance de la partida de pintura en el mes 04, con ayuda del modelo BIM.....	142
Figura 100: Radar, luego de la implementación del Modelo de Gestión de Personas..	144
Figura 101: PPC VS SPI durante 27 semanas de implementación.	144
Figura 102: Reunión de coordinación en el frente de trabajo.	150
Figura 103: Apreciaciones del nuevo modelo de planificación.	151
Figura 104: Ejemplo de las redes sociales.	154
Figura 105: Diagnóstico del Nivel de Implementación Inicial de LPS.	166
Figura 106: Diagnóstico del Nivel de Implementación Final de LPS.	167
Figura 107: Encuesta a subcontratista de Pintura.	168
Figura 108: Encuesta a subcontratista de Instalaciones sanitarias..	168
Figura 109: Encuesta a subcontratista Agua Contra Incendio.	169
Figura 110: Encuesta a subcontratista Muro Cortina.	169
Figura 111: Fotografía del recinto en el mes de agosto	170
Figura 112: Fotografía del recinto en el mes de septiembre.	170
Figura 113: Fotografía del recinto en el mes de octubre.	170
Figura 114: Fotografía del recinto en el mes de noviembre.	171
Figura 115: Fotografía del recinto en el mes de diciembre.....	171
Figura 116: Fotografía del recinto en el mes de enero.....	171
Figura 117: Fotografía del recinto en el mes de febrero.....	172
Figura 118: Fotografía del recinto en el mes de marzo.	172

LISTA DE SÍMBOLOS Y SIGLAS

AACE	: American Advanced Cost Engineering
AC	: Actual Cost o Costo Actual
AIA	: American Institute of Architects
BIM	: Building Information Modeling
CII	: Construction Industry Insitute
CNC	: Causas de No Cumplimiento
CCT	: Control de la Calidad Total
CPI	: Cost Performance Index o Índice de desempeño del costo
CPM	: Critical Pad Method o Método de la ruta Crítica
CV	: Cost Variation o Variación del Costo
EV	: Earned Value o Valor Ganado
ICT	: Information Construction Tecnology o Tecnologías de la Información en la Construcción
INEI	: Instituto Nacional de Estadística e Informática
IPD	: Integrated Project Delivery
ITE	: Inventario de Trabajo Ejecutable
JIT	: Just In Time o Justo a Tiempo
LPS	: Last Planner® System
MEF	: Ministerio de Economía y Finanzas
MIT	: Massachusetts Institute of Technology
NEC	: New Engineering Contract
OMS	: Organización Mundial de la Salud
P2SL	: Project Production Systems Laboratory
PAC	: Porcentaje de Actividades Completadas
PEN	: Preparación, Entusiasmo y Neutralidad
PMBOK	: Project Management Body of Knowledge
PMI	: Project Management Institute
PPC	: Porcentaje de Plan Completado
PV	: Planned Value o Valor Planeado
SPI	: Schedule Performance Index o Índice de desempeño del cronograma
SV	: Schedule Variation o Variación del Cronograma
TFV	: Transformación, Flujo y Valor
TI	: Tecnologías de la Información

- TMR** : Task Make Ready o tareas listas para ejecutar
TPS : Toyota Production System o Sistema de Producción Toyota
VFO : Valor, Flujo y Operación

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. GENERALIDADES.

Los proyectos se enfrentan a una gran variabilidad e incertidumbre, es así que el PMI (2020), en su edición Pulse, notó que solo el 60% de los proyectos cumplen con el plazo estipulado en organizaciones maduras y en organizaciones poco maduras, solo 30% de empresas cumplen con los plazos establecidos inicialmente. Además, Gonzáles et al. (2013) realiza el análisis de la data de 02 proyectos de construcción, donde nota que el 40% de las causas de no cumplimiento están asociadas a la planificación y el 37% están asociadas a los subcontratistas. Es así que, para mitigar la variabilidad y la incertidumbre de los procesos, se enfoca en la gestión de costos y de cronograma, sin embargo, los proyectos de construcción, se encuentran formados por personas. Las cuales generan que se entreguen los proyectos a tiempo.

En la actualidad, distintos investigadores están buscando integrar a las personas, como pilar clave de los modelos de gestión. Alvarado (2018), propone el uso de los principios Shingo para desarrollar a las personas en un proyecto multifamiliar, es así que logra incrementar los indicadores del proyecto, relacionados a los compromisos, una mejora de la comunicación y el trabajo en equipo dentro del proyecto. Otros autores que involucran el tema social dentro de los proyectos son Gonzáles et al. (2015), donde plantean el concepto de dinámica social, el cual está basado en la confianza, una menor jerarquía en los proyectos y el establecimiento de metas conjuntas en el proyecto.

Además, basados en el enfoque Lean, Lemke (2018) desarrolla un modelo para mejorar la construcción y considera dentro de uno de los niveles a las personas y socios, y busca que estos se desarrollen dentro del proyecto. Así también Dave et al. (2008), propone un modelo donde se integran a los procesos y la tecnología para lograr un mejor desempeño de los proyectos.

Basado en los autores antes mencionados, el presente trabajo busca generar un modelo de gestión de personas que nos ayude a mitigar la variabilidad en proyectos de construcción, para ello se realizará una revisión exhaustiva de la literatura y se propone un modelo, el cual será aplicado en un proyecto de gran escala como la "Ampliación y Remodelación de la Villa Deportiva Nacional (VIDENA)", en el frente Polideportivo 03, en la etapa de acabados e instalaciones, donde se presenta la mayor variabilidad del proyecto.

1.2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), las enfermedades cardiovasculares, la diabetes, el cáncer y las enfermedades respiratorias crónicas, son las causas de mala salud, muerte y discapacidad en la Región de las Américas. Es así que, en el Perú, de cada 100 personas que fallecen 59 fue por causa de estas enfermedades. Las defunciones por estas causas vienen incrementándose de 54.4% en el año 2008 a 58.5% en el 2016. Estas enfermedades tienen un fuerte impacto en el desarrollo y presentan factores comunes de riesgo: consumo de tabaco, consumo nocivo de alcohol, inactividad física y alimentación poco saludable. (INEI, 2018).

Es así que la actividad deportiva juega un papel importante en la salud pública del país. La práctica constante del deporte, genera impactos positivos en el desarrollo de la persona, con la mejoría de las funciones cognitivas, el aprendizaje y la memoria, así como en la salud física y mental. Además, contribuye en la formación de valores como la disciplina, perseverancia, compromiso, trabajo en equipo, respeto, solidaridad, entre otros. Según datos del INEI, el 52.2% de la población peruana de 15 años a más, tiene exceso de peso. (IPD, 2017). Según el Plan Nacional de Deporte, en el país existe un déficit en la infraestructura deportiva y en la inversión para la práctica de deporte a nivel profesional. Ante esto el sector construcción será el primer afectado cuando se realicen inversiones en la infraestructura, es así que el presente año el país organizó los juegos Panamericanos 2019, invirtiendo alrededor de 4100 millones de soles para su realización. De esta manera el sector construcción peruano tuvo que responder hacia un nuevo reto, el de tener infraestructura de alta complejidad en un plazo ajustado.

El sector construcción está afectado por una incertidumbre debido a múltiples actores que forman parte del proceso de entrega de proyectos. En el mundo entero Ballard y Howell (2003) encontraron que el 53% de las tareas programadas se cumplen en una semana y si se tiene una buena implementación del Sistema del Último Planificador se logra incrementar a un 83% el cumplimiento del plan semanal. Como se puede ver, la incertidumbre y variabilidad es algo propio de los proyectos de construcción. Es así que en un proyecto de infraestructura deportiva se ha observado que el contratista general tiene problemas con la variabilidad e incertidumbre en la planificación y ejecución, pues existen dificultades en la

comunicación entre subcontratistas y el contratista general, poco compromiso de los subcontratistas, cambios en la ingeniería del proyecto, poca colaboración entre subcontratistas, poco conocimiento de la metodología del sistema del último planificador. Si se siguen presentando estos problemas en el proyecto es probable que el proyecto se entregue fuera de la fecha esperada y se incurra en penalidades, además de que no se puedan llevar a cabo las competencias panamericanas asociadas al recinto en construcción. Ante este problema se podría gestionar de una manera adecuada a las personas mediante la comunicación y reuniones, gestión visual, uso de TI (Tecnologías de la Información), planificación colaborativa, mejora de compromisos del equipo mediante la capacitación en Last Planner System. Debido a esto surge la siguiente pregunta:

¿De qué manera la gestión de personas logrará reducir la incertidumbre en el seguimiento y control de un proyecto de infraestructura deportiva?

1.3. OBJETIVOS DEL ESTUDIO

1.3.1. Objetivo General

Proponer un modelo de gestión de las personas para reducir la incertidumbre en la planificación y ejecución de un proyecto de infraestructura deportiva.

1.3.2. Objetivos Específicos.

- Analizar los resultados de la implementación de la gestión de personas en un proyecto de infraestructura deportiva usando el nivel de implementación del Sistema del último planificador y el nivel de satisfacción.
- Analizar la aplicación de la construcción sin pérdidas para reducir la incertidumbre en el seguimiento y control de un proyecto de infraestructura deportiva.
- Analizar las principales conductas de las personas involucradas en un proyecto de infraestructura deportiva para reducir la incertidumbre en un proyecto de infraestructura deportiva

1.4. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

La industria de la construcción es una industria con mucha variabilidad e incertidumbre debido a la gran cantidad de involucrados dentro de sus procesos (contratistas, proveedores, clientes, subcontratistas, supervisores,

etc.). Es así que, para mitigar la variabilidad y la incertidumbre de los procesos, se aplica la gestión de riesgos y Lean Construction o construcción sin pérdidas. En Perú, Eyzaguirre (2015) y Vicencio (2015) han aplicado herramientas del Building Information Modeling (BIM) en conjunto con el Sistema del Último Planificador para una mejor gestión y reducción de la variabilidad e incertidumbre en proyectos de edificaciones, enfocándose en la comunicación y gestión de la información para una adecuada planificación; usando del modelo BIM como soporte visual de manera que se pueda establecer una secuencia constructiva con un mayor horizonte de análisis, se puedan identificar restricciones y así ayudar a mejorar la confiabilidad del plan y la constructabilidad.

Sin embargo, dichas metodologías no consideran a las personas como base del éxito del proyecto y se enfocan en las herramientas, por lo cual su éxito podría verse afectado por un inadecuado ambiente de trabajo para la implementación de dichas metodologías, Chávez (2016) analiza el clima laboral en los trabajadores de construcción y como esta afecta la productividad, logra identificar 4 factores que conducen a un clima laboral negativo: la comunicación, falta de reconocimiento al trabajo, un lugar inadecuado de trabajo y un deficiente estilo de liderazgo.

Es así que Alvarado (2018) desarrolla una propuesta de gestión de personas en la etapa de acabados en edificaciones donde desarrolla el modelo de Shingo para la excelencia operacional, en dicho modelo realiza un análisis de los flujos que intervienen el proyecto: flujo de objetos (generación de valor), flujo de sujetos (equipo humano), flujo de materiales y flujo de información; y plantea una serie de herramientas que permiten una mejor gestión de cada uno de ellos. Para lograr la implementación realiza una serie de capacitaciones en la metodología que implementó, obteniendo la participación del equipo del proyecto, de igual manera Gamarra (2018) propone un modelo de gestión de subcontratistas, con una cultura de cumplimiento, que mejore la confiabilidad de la planificación en base a una comunicación concurrente, colaboración y el compromiso de todos los involucrados del proyecto. De esta manera propone un sistema de gestión de compromisos de subcontratistas para el levantamiento de restricciones haciendo uso del Last Planner System (LPS).

A nivel internacional se ha estudiado a mayor profundidad dichos conceptos, es así que se han realizado trabajos de investigación basados en la gestión de personas. Aslesen y Tommelein (2016), realizan una investigación dentro de las reuniones de planificación identificando cuatro patrones los cuales son categorizados mediante un enfoque sociológico, dichos patrones son clasificados de acuerdo al nivel aparente de compromiso y la comprensión conceptual del sistema del último planificador. Los patrones identificados son los siguientes: El jugador (tiene un alto entendimiento, pero poco compromiso), el gang pusher (tiene poco entendimiento y poco compromiso), el hombre del sí (poco entendimiento conceptual, alto compromiso, y el Last Planner (alto conocimiento y alto compromiso). Finalmente, los autores enfatizan en las habilidades de comunicación de los últimos planificadores como elemento de éxito en la implementación.

Paolillo et al. (2016) proponen el concepto de innovación centrada, el cual deriva de la suposición de que las personas, no los métodos, los cronogramas o los presupuestos, entregan proyectos. Es así emplean los conceptos de inteligencia emocional y teoría de la agencia para explicar un proyecto de construcción de entrega de proyectos integrado (IPD), logrando beneficios en el costo y plazo de un proyecto. Siguiendo un enfoque similar basado en personas González et al. (2015), desarrollan el concepto de acción lingüística como base de la comunicación, los estados de ánimo positivos y como estos influyen en el rendimiento del equipo, mencionando que cambiar a un estado de ánimo positivo es sinónimo de un cambio a un estado de ánimo de alta productividad y alto rendimiento. Además de ello menciona que las herramientas lean funcionan mejor cuando el entorno es menos autocrático, el equipo está más integrado y los niveles de confianza entre los miembros del equipo del proyecto son más altos.

CAPÍTULO II FUNDAMENTO TEÓRICO

2.1. INFRAESTRUCTURA DEPORTIVA

Para una mejor comprensión de los conceptos de infraestructura deportiva, es necesario conocer las definiciones de actividad física y deporte, según Villavicencio (2019): “La actividad física es todo movimiento corporal que implique gasto energético y el deporte es toda actividad física que implica juego o competición, requiere entrenamiento y está sujeto a normas.” (párr. 1)

En base a las definiciones asociados al deporte, el Ministerio de economía y finanzas (MEF, 2015); define a la infraestructura deportiva como: “Todo espacio fijo, abierto o cerrado, acondicionado para la práctica de actividades deportivas (ejemplo: complejos deportivos, estadios, coliseos, piscinas, losas deportivas, etc.), también denominado escenario deportivo o instalación deportiva” (párr. 3).

Además, la infraestructura deportiva está compuesto por los siguientes elementos:

- Infraestructura: Cancha (piso), tribunas, techo, baños, vestuarios, iluminación artificial, cerco perimétrico, instalaciones sanitarias/eléctricas, almacén, oficinas administrativas.
- Equipamiento y Mat. Deportivo: Arcos, castillos de basquetbol, Net voleibol y Kit de materiales deportivos (pelotas, guantes, raquetas).
- Gestión deportiva: Referida al mantenimiento e implementación de programas de enseñanza deportiva que permitan identificación de talentos deportivos. (MEF, 2015, párr. 7)

2.2. INCERTIDUMBRE Y VARIABILIDAD

2.2.1. Incertidumbre

Según Mulcahy (2018) la incertidumbre se puede definir como:

La falta de conocimiento acerca de un evento que reduce la confianza que uno tiene de las conclusiones a partir de datos. Puede ser incierto el trabajo que se tiene que llevar a cabo, el costo, el tiempo, las necesidades de comunicación, etc. Investigar las incertidumbres puede ayudar a identificar los riesgos. (p. 15)

Además, organizaciones especializadas como el American Advanced Cost Engineering (AAACE, 2020) definen la incertidumbre como el rango total de eventos que pueden ocurrir y producir riesgos (incluyendo amenazas y oportunidades) que

afectan un proyecto. Asimismo, “La incertidumbre es la mayor causante de las pérdidas en el proyecto” (Tommelien, 1997, p. 3).

2.2.2. Variabilidad

Según la estadística y la ingeniería industrial, la variabilidad se puede definir como la calidad de no-uniformidad de una clase de entidades y guarda relación con la aleatoriedad de un fenómeno. La desviación estándar y la varianza son medidas de variabilidad en una muestra o proceso (Hopp y Spearman, 2011). En el caso de los proyectos de construcción, la variabilidad es producto de la complejidad y la incertidumbre de los propios procesos de construcción (Horman, 2000). Pese a generar una gran cantidad de impactos en los procesos de construcción, la variabilidad no está completamente definida en el sector construcción; a continuación, se presentan una serie de definiciones asociadas a distintos autores:

- González y Alarcón (2003) la definen como todo aquello que impide que los procesos se lleven a cabo de manera previsible.
- Guzmán (2014) menciona que la variabilidad se entiende como: “La ocurrencia de eventos distintos a los previstos por efectos internos y externos (complejidad, velocidad, ubicación y magnitud de los mismos). Estos eventos son aleatorios y no se pueden predecir ni eliminar en su totalidad, es decir se puede predecir que ocurrirán imprevistos mas no sabemos de qué tipo ni cuando, aun así, se deben de tomar en cuenta ya que no hacerlo hará que se incrementen significativamente y que generen un impacto mayor en el proyecto” (p. 24)
- Koskela (1992), conceptualiza la variabilidad como cualquier desviación del objetivo, un ejemplo de esto podría ser el desempeño del cronograma.

Con lo descrito anteriormente, la variabilidad se definirá como la ocurrencia de eventos que impiden que las labores de construcción se desarrollen de manera predecible, afectando los objetivos del proyecto. A continuación, listamos algunos de los efectos asociados a la variabilidad en los proyectos de construcción:

- Alarcón y Ashley (1999) mediante simulaciones lúdicas demostraron que la variabilidad impacta en las tasas de producción y puede reducir la productividad del proyecto. Con esto, los objetivos del proyecto no son precisos y se generan barreras para cumplirlos (Thomas et al., 2002).
- Se traduce en plazos más largos y costos más altos; así como pérdidas de capacidad (González y Alarcón, 2003, p. 4).

- Incrementa las actividades que no agregan valor, lo que resulta en el incumplimiento de los requerimientos de calidad; además se aumenta el tiempo de espera y el tiempo necesario para ejecutar un producto. (Ballard y Howell, 1998; Hopp y Spearman, 2011; Isatto et al., 2000)

2.2.3. Tipos de Variabilidad

Koskela (2000), en su tesis doctoral sostiene que existen dos tipos de variabilidad en los flujos de producción:

- Variabilidad en los tiempos de proceso: Este tipo de variabilidad está asociada a la variabilidad propia de los trabajos y al tiempo que supone ejecutar una tarea. (Diferencia en la ejecución de tareas por diferencia de materiales, maquinarias, habilidades entre operadores, etc.). Además, se relaciona a la productividad de las actividades de construcción y como estas varían a lo largo de los procesos de construcción.
- Variabilidad en el flujo: Los flujos son las entradas o pre requisitos que se necesitan para ejecutar una tarea y/o proceso de construcción. (Serpell et al., 1995), esto pre requisitos son 07: Requisitos de seguridad, requisitos de información, espacio para la ejecución de tareas, materiales, personas, requisitos y equipos.

Así también Isatto et al. (2000), señala que existen tres tipos de variabilidad en un proceso de producción:

- Variabilidad en procesos anteriores: Está relacionado con los proveedores de procesos. Ejemplo: bloques cerámicos con grandes variaciones dimensionales.
- Variabilidad en el proceso en sí: relacionado con la ejecución de un proceso. Ejemplo: variabilidad en la duración de la ejecución de una actividad dada, durante varios ciclos.
- Variabilidad en la demanda: relacionada con los deseos y necesidades de los clientes en un proceso. Ejemplo: ciertos clientes de un desarrollador solicitan cambios en el diseño del edificio.

Para reducir la variabilidad González y Alarcón (2003) propone las siguientes recomendaciones:

- Establecer de manera adecuada la carga de trabajo en el sitio de trabajo, de manera que evitemos las interferencias entre actividades y se cumpla la secuencia lógica.

- Tomar en cuenta las restricciones para la ejecución de una tarea y los pre requisitos necesarios para ejecutarlas; sumado a una fuerte supervisión de las actividades, asegurando que se cumpla lo planeado.
- Aplicación de los principios de Last Planner® System (LPS) y la realización de reuniones semanales. Mediante esto determinaremos las responsabilidades de cada uno de los participantes del proyecto, incluyendo subcontratos y estableciendo promesas confiables. LPS nos permite asegurar fluidez en la producción (p.12).
- El uso de buffers para reducir la variabilidad que se detalla en la sección 2.2.4.

2.2.4. Buffers para reducir la variabilidad

Los buffers son una buena alternativa para reducir la variabilidad en los procesos de producción en construcción. (González y Alarcón, 2003, p.1), otra característica de los buffers es que independizan a los procesos de su medio ambiente y de los procesos que dependen, permitiendo amortiguar el impacto negativo de la variabilidad sobre una cadena de producción (Koskela, 2000).

Los buffers se clasifican de la siguiente manera:

- Contingencias: “Se refiere a las cantidades en tiempo(cronogramas) o costo(presupuestos), que permiten enfrentar y dirigir futuros imprevistos en el proyecto de construcción.” (González y Alarcón, 2003, p. 8).
- Inventarios: son stocks de elementos en exceso, stocks de seguridad, WIP, e inventarios de bienes terminados (Horman, 2000). Los inventarios de materiales en un proyecto de construcción representan buffers pues permiten amortiguar el impacto negativo (fluctuaciones) en la entrega de material de un proveedor externo. El uso de estos buffers es más favorable que otros tipos de Buffers, debido fundamentalmente a que estos Buffers están bajo la acción y control directo de la administración de un proyecto. (González y Alarcón, 2003, p. 8).
- Tiempo (incluyendo el flujo de trabajo): entendidos como colas, lotes, deliberadas pausas de producción, flujos reguladores y holguras en el cronograma (Horman, 2000).
- Capacidad Operacional: Refiere a la utilización flexible de mano de obra, de plantas y equipos, de modo que se ajusten a la demanda actual (Horman, 2000). “En el ambiente de la construcción un Buffer de este tipo

implica, por ejemplo, poseer mano de obra que se ajuste a los requerimientos variables de producción (cantidad flexible de mano de obra)". (González y Alarcón, 2003, p. 8).

- Planes: representados fundamentalmente por Inventario de Trabajo Ejecutable (ITE), propuesto por Last Planner System®, en el cual se tiene una serie de tareas que tenemos en caso las tareas programadas no se puedan ejecutar y evitemos de esta manera que las cuadrillas dejen de producir lo planeado. (González y Alarcón, 2003, p. 8).

2.3. PLANIFICACIÓN Y CONTROL DE PROYECTOS

2.3.1. Planificación

La planificación es una actividad que se realiza a diario en los proyectos de construcción y es importante entender que comprende y que se logra luego de este proceso. Según Serpell y Alarcón (2017), la planificación puede entenderse como el proceso en el cual se determina lo que se debe hacer en el proyecto, como debe hacerse, el conjunto de acciones a tomarse, establecer quienes son los responsables de las acciones y porqué son responsables. Además, en la planificación se definen dos actividades (Campero y Alarcón, 2015):

- Planeación: En esta etapa se establecen los planes para lograr los objetivos fijados.
- Programación: Es establecer cuando deseamos que se logren los objetivos y los recursos necesarios para conseguir estos objetivos.

Serpell y Alarcón (2017) establecen 03 niveles de planificación, los cuales interactúan entre ellos y se describen a continuación (Figura 1):

- Planificación Estratégica: Enfocada en los aspectos globales del proyecto y lo que se debe realizar para lograr estos objetivos generales.
- Planificación Táctica: También conocida como planificación de mediano plazo, busca realizar una planificación más detallada del proyecto y definir las actividades requeridas específicamente para llevar a cabo el proyecto.
- Planificación Operativa: Esta planificación, es mucho más detallada que la anterior y busca desarrollar una planificación al corto plazo; es decir, se enfoca en el detalle de como ejecutar las actividades definidas en el nivel estratégico y táctico, descomponiendo el proyecto en niveles más detallados.



Figura 1: Niveles de Planificación. Fuente: Serpell y Alarcón, 2017)

2.3.2. Control de Proyectos

De acuerdo con el PMI (Project Management Institute), en su estándar denominado el PMBOK (Project Management Body of Knowledge) el proceso de control del proyecto:

“Implica los procesos requeridos para hacerle seguimiento, analizar y regular el progreso y desempeño del proyecto, para identificar áreas en las que el plan requiera cambios y para iniciar los cambios correspondientes” (PMI,2018, p.23).

Además de ello en el campo de la ingeniería civil, instituciones como el AACE (American Advanced Cost Engineering) definen el control de proyectos de la siguiente manera: (1) La acción de gestión, planificada previamente para lograr el resultado deseado o tomada como una medida correctiva impulsada por el proceso de monitoreo. (2) Tomar medidas correctivas oportunas. El control ocurre solo si las actividades de monitoreo y pronóstico indican que es probable que ocurra un resultado final no deseado y que es posible un resultado final diferente. (3) Proceso de comparar el rendimiento real con el rendimiento planificado, analizar las diferencias y tomar las medidas correctivas apropiadas. (AACE,2020). Otra definición importante en este punto es la del el CII (Construction Industry Insitute), organización líder en Estados Unidos que involucra a 140 contratistas generales, clientes y subcontratistas tanto del ámbito público y privado, definen el control de proyectos de la siguiente manera: El Control de Proyectos es un proceso que abarca los recursos, procedimientos y herramientas para la planificación, monitoreo y control de todas las fases del ciclo de vida del proyecto de capital. Esto incluye la estimación, la gestión de costos y cronogramas, la

gestión de riesgos, la gestión de cambios, el progreso del valor ganado y el pronóstico. (CII, 2020)

De lo descrito anteriormente podemos concluir que el control de proyectos implica: identificar las desviaciones principales a las cuales está sujeta el proyecto e incluye la gestión de los costos, riesgos, cronogramas, cambios, y el valor ganado.

2.3.3. Valor Ganado

El Valor Ganado o EV (Earned Value), es un sistema de control de proyectos que permite medir el progreso y la eficiencia del proyecto (Novinsky et al., 2018). El Valor Ganado integra las tres líneas base del proyecto: alcance, costo y cronograma, esto con el fin de compararlas con respecto al desempeño real del cronograma y del costo (PMI, 2018). El Valor Ganado, establece tres elementos clave para cada paquete de trabajo (Tabla 1):

Tabla 1 : Dimensiones clave del Valor Ganado. Adaptado de PMI (2018) y Novinsky (2018).

Indicadores	Interpretación
Valor Planeado = PV (Planned Value)	Indica la cantidad de trabajo que debe ejecutarse para completar una actividad a cierta fecha de corte. El progreso actual del proyecto es comparado con el PV.
Valor Ganado = EV (Earned Value)	El valor del trabajo ejecutado y expresado en términos del presupuesto aprobado para ese trabajo, este presupuesto no puede ser mayor al presupuesto aprobado en el PV para un componente.
Costo Actual = AC (Actual Cost)	Son los costos totales en los que realmente se ha incurrido en un tiempo determinado, para realizar una determinada cantidad de trabajo. Este valor no tiene límite y se medirán todos los costos que incurre el proyecto.

Con los indicadores descritos anteriormente, se realiza el análisis de variación; dentro del cual se establecen las variaciones relacionadas al costo y al cronograma (Tabla 2):

Tabla 2: Dimensiones clave del Valor Ganado. Adaptado de PMI (2018) y Novinsky (2018).

ÍNDICE DE VARIACIÓN	FÓRMULA	INTERPRETACIÓN
Variación del Cronograma = SV	$SV = EV - PV$	Mide las desviaciones del cronograma
Índice de desempeño del cronograma = SPI	$SPI = EV/PV$	Indica la eficiencia del cronograma y como el equipo del proyecto está llevando el trabajo.
Variación del Costo = CV	$CV = EV - AC$	Mide las desviaciones del presupuesto
Índice de desempeño del Costo = CPI	$CPI = EV/AC$	Indica la eficiencia del costo para el trabajo completado y se considera la métrica más crítica del análisis de Valor Ganado.

2.4. FILOSOFÍA LEAN

El término Lean, fue acuñado por Jhon Krafcik (1988) en un artículo que escribió para la revista MIT Sloan Management Review, luego del trabajo de investigación realizado en las plantas de Toyota. Sin embargo; la filosofía Lean, tiene su origen en Japón en los años 50's, siendo su mayor representante la empresa Toyota con el llamado Sistema de Producción Toyota (TPS) del cual sus máximos exponentes son Shigeo Shingo y Taiichi Ohno. El desarrollo de la filosofía nace a raíz de que Estados Unidos, luego de la segunda guerra mundial, toma el control de Japón y en el afán de reconstruir las ciudades japonesas y la industria japonesa, inicia programas para la mejora de la calidad bajo la guía de consultores estadounidenses como: Deming, Juran y Feigenbaum (Koskela, 1992), de la mano de ellos desarrollaron métodos estadísticos y los círculos de la calidad.

La base de la nueva filosofía fue el JIT (Just In Time) o Justo a Tiempo, en el cual se buscaba reducir los inventarios generados en el sitio de trabajo, así también un concepto asociado al JIT son las pérdidas, que según Shingo (1988) son siete: sobreproducción, esperas, transportes, sobre procesamiento, inventarios, movimientos y defectos. En los últimos años se le ha agregado un octavo desperdicio asociado al talento de las personas, Liker (2004) desarrolla el concepto de pérdida del talento. Otro elemento clave dentro de esta nueva filosofía fue el Control de la Calidad Total (CCT), en el cual se buscaba que los obreros se involucran en la calidad, generando un control proactivo y no reactivo, de esta manera empoderamos a las líneas de producción y a los departamentos de la compañía en la mejora de la calidad (Koskela, 1992). El JIT y el CCT significaron que la productividad se incrementó notablemente en el sector automotriz japonés, lo cual les permitía tener precios competitivos, acompañados de una gran calidad. Dichas ventajas permitieron a los autos japoneses ingresar al mercado estadounidense, generando así una gran competencia y superando ampliamente en calidad y precio a los autos estadounidenses. Es así que la industria estadounidense preocupada por eso contrata al MIT (Massachusetts Institute of Technology) para descubrir cuál era el secreto de la producción japonesa; los resultados de la investigación se muestran en el libro "La máquina que cambió el mundo" donde Womack, Roos y Jones (1988) desarrollan los principales hallazgos de la producción japonesa.

Debido a la amplia curiosidad de conocer la filosofía Lean, Womack y Jones (2000), escriben su libro: "Lean Thinking"; en este libro desarrollan 05 principios del pensamiento lean, los cuales se detallan a continuación:

1. Especificar el concepto de valor, entender el concepto de valor para el cliente.
2. Identificar el flujo de valor.
3. Hacer que los flujos no paren.
4. Accionar el sistema de manera pull.
5. Perseguir la perfección a través de una cultura de mejora continua.

Asimismo, Liker (2004) basado en sus investigaciones desarrolla una pirámide de los principios que guían a Toyota, los cuales están compuestos de la siguiente manera.

- Filosofía, la filosofía de Toyota está enfocada en un pensamiento y decisiones basadas al largo plazo.
- Proceso, creación de procesos que fluyan y sistemas pull, permitiendo la estandarización y eliminación de pérdidas.
- Personas y colaboradores, respeto por un desarrollo de personas y proveedores es lo que sostiene los procesos de la pirámide de Toyota.
- Resolución de problemas, trabajar en base a la mejora continua, de manera que podamos desarrollar una organización que esté en constante aprendizaje.

2.5. MODELOS DE PRODUCCIÓN

2.5.1. Modelo Clásico de Producción

El modelo de producción dominante en la construcción, es el modelo de conversión, en el cual define a la producción como un conjunto de actividades de conversión, que transforman los insumos (materiales, información, mano de obra) en salidas; por ejemplo, muros, tarrajeo, acabados, etc. (Isatto et al., 2000).

Según Koskela (1992), el modelo presenta las siguientes características (Figura 2):

- a) El proceso de conversión puede ser subdividido en subprocesos, los cuales también son procesos de conversión.
- b) El esfuerzo de minimización del costo de un proceso en general, está enfocado en el esfuerzo de minimización de cada subproceso separadamente.

- c) El valor de un producto (salidas) está asociado solamente al costo (como valor) de los insumos. De esta forma se asume que el valor de un producto, puede ser mejorado a través de materiales de mejor calidad.

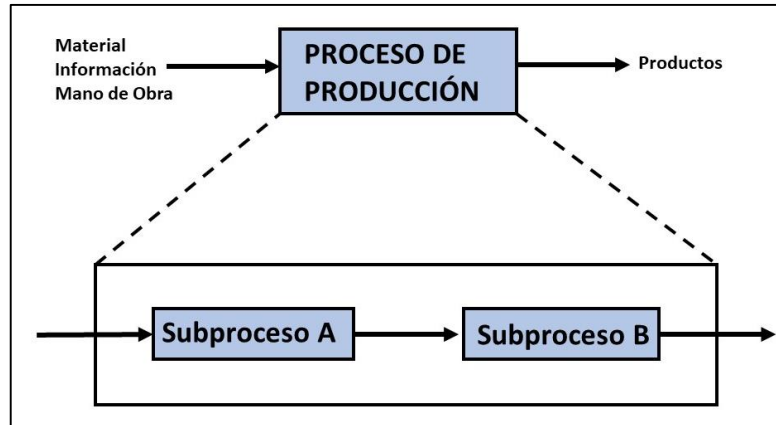


Figura 2: La visión convencional del proceso de producción, que es dividido en subprocesos.
Adaptado de Koskela (1992).

Sin embargo, este modelo presenta las siguientes deficiencias:

- El control de la producción y los esfuerzos de mejora tienden a ser enfocados como subprocesos individuales y como si fuera un todo. Así también, la no consideración de los requisitos de los clientes, puede traer consigo una producción con una gran eficiencia, pero con productos inadecuados y con baja calidad, es necesario considerar los requisitos de los clientes internos y externos. (Isatto et al., 2000)
- Guio (2000), menciona que el modelo se basa en conversiones y elimina el concepto de flujos, los cuales existen entre los procesos. Los flujos son considerados movimientos, esperas o inspecciones propias de los procesos. Este modelo no toma en cuenta las pérdidas dentro de los procesos, lo cual complica su identificación y su reducción sistemática.

2.5.2. Modelo Dual

Koskela (1992) propone un nuevo modelo de producción basado en la transformación y los flujos, y lo define de la siguiente manera:

“La producción es un flujo de material y/o de información desde la materia prima, hasta el producto final (Figura 3). En este flujo, el material es procesado(convertido), se inspecciona, está esperando o se está moviendo. Estas actividades son inherentemente diferentes. El procesamiento representa el aspecto de conversión de la producción; inspeccionar, mover y esperar representan el aspecto de flujo de la

producción. Los procesos de flujo se pueden caracterizar por tiempo, costo y valor. El valor se refiere al cumplimiento de los requisitos del cliente. En la mayoría de los casos, solo las actividades de procesamiento son actividades de valor agregado. Para los flujos de materiales, las actividades de procesamiento son alteraciones de forma o sustancia, montaje y desmontaje.” (p. 15).

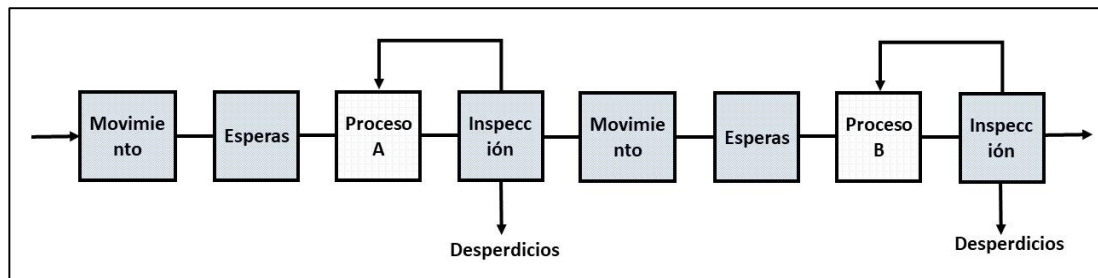


Figura 3: La producción como un flujo de procesos. Los cuadrantes sombreados representan las actividades que no agregan valor. Adaptado de Koskela (1992).

Esta nueva conceptualización implicará una visión dual; es decir, flujos y conversión. Y la eficiencia de la producción total, se atribuye a la eficiencia en la conversión y a la eficiencia en el manejo de flujos.

2.5.3.TFV (Transformación Flujo Valor)

En la búsqueda de una teoría que explique la gestión de la producción en la construcción, Koskela (2000) desarrolla el concepto de TFV (Transformación, Flujo y Valor). El primer concepto está relacionado con la Transformación; en este enfoque, la producción es vista como la transformación de entradas en salidas. El proyecto es gestionado mediante la división de este, en asignaciones de trabajo llamadas tareas, en esta visión los trabajadores trabajan de manera independiente y se busca optimizar la producción a nivel de tareas y no como un todo (Dave, 2013). Koskela et al. (2002) menciona que la visión de "Transformación" tiene dos deficiencias principales:

- No reconoce otros fenómenos en la producción distintos a la "Transformación" (como "Flujo" y "Valor")
- Falla al reconocer que la "Transformación" en sí misma hace que la salida tenga valor, sino que el valor se tiene cuando las salidas se ajustan a los requisitos del cliente.

El segundo concepto (Flujo), enfoca la producción como un flujo, donde, además de la transformación, están también las esperas, inspecciones y movimientos

(Koskela, 2000). La visión del flujo es el centro de la filosofía Lean y busca que el flujo sea continuo, para eliminar las pérdidas de todo el proceso de flujo. (Dave, 2013)

El tercer concepto es el relacionado al Valor, donde la producción se enfoca a cumplir los requerimientos del cliente, la gestión de la producción traslada las necesidades del cliente, hacia el diseño de la solución, y luego a producir productos que conforman el diseño especificado inicialmente (Koskela, 2000). Este punto de vista, es uno de los puntos de vista más difíciles de comprender y es el mucho menos explorado. Aquí la premisa central de la producción es la generación de valor para el cliente. (Dave, 2013).

A continuación, se muestran estos tres enfoques y sus principales aspectos (Tabla 3).

Tabla 3 :La teoría TFM de la Producción. Adaptado de Koskela (2000) y Campero y Alarcón (2015).

ASPECTOS DE LA PRODUCCIÓN	TRANSFORMACIÓN	FLUJO	VALOR
Conceptualización de la producción	Como una transformación de entradas en salidas	Como un flujo de materiales, compuesto de transformación, inspección, movimientos y esperas.	Como un proceso donde el valor para el cliente es generado a través del cumplimiento de sus requerimientos.
Principios Principales	Realizar actividades de transformación de manera eficiente.	Eliminar las actividades que no agregan valor (pérdidas).	Mejorar el valor para el cliente,
Métodos y prácticas	EDT (Estructura de Desglose de Trabajo), MRP, Cuadro de Organización de Responsabilidades	Flujo continuo, control de la producción de manera pull, mejora continua	Métodos de captura de los requerimientos, despliegue de la función de calidad
Contribución práctica	Centrar esfuerzos en la ejecución de los procesos de transformación.	Centrar esfuerzos en que los innecesario debe ser lo menor posible.	Centrar esfuerzos en que los requerimientos de los clientes deben ser cubiertos de la mejor manera posible.
Nombre sugerido de la aplicación práctica	Gestión de Tareas	Gestión de Flujos	Gestión del Valor

Koskela (2000) sostiene que, en lugar de ser competitivos o contradictorios, estos puntos de vista son de hecho complementarios. En ausencia de una teoría de la producción, Koskela (2000) propone una teoría combinada de la producción "TFV", que adopta una visión holística de la producción desde los tres puntos de vista.

2.5.4.VFO (Valor Flujo Operación)

Si bien el TFV busca explicar la gestión de la construcción desde una perspectiva histórica. Bertelsen y Ronke (2011) deciden renombrar el concepto de TFV por tres nuevos conceptos, a los cuales llamarán VFO (Valor, Flujo y Operación). Bertelsen (2017), menciona que este nuevo concepto, presenta diferencias cruciales frente al TFV, las cuales son las siguientes:

- En el VFO, el valor se establece en primera instancia, pues el objetivo del proyecto es crear valor y el valor se crea por el flujo.
- En el VFO, se cambia el concepto de transformación por operaciones, de manera que puedan identificar aquellas actividades que no agregan valor.

Bertelsen y Ronke (2011) desarrollan cada una de las perspectivas del VFO, las cuales se detallan a continuación:

- Valor: Comprender y definir el valor en el proyecto, debe ser el primer paso en el proyecto, pues el valor es el objetivo de cualquier producción. Además, se debe definir para quién es el valor y cuál será el valor, así también, en cada etapa del diseño y construcción, se presentará una perspectiva diferente del valor, es decir; el valor para un cliente, será diferente al valor para un contratista, para el usuario, diseñador, entre otros, puesto que cada uno de ellos buscará cumplir los requerimientos de los clientes internos y externos al proceso del cual forman parte.
- Flujo: Comprender y mejorar el flujo, el flujo dentro de la cadena de valor, debe ser el siguiente paso en la formación de una estrategia, ya que es el proceso el que genera el rendimiento y, por lo tanto, el valor deseado. Es aquí donde aparecen los cuellos de botella y su influencia en el rendimiento.
- Operaciones: Las operaciones son el tercer y último problema para comprender el proceso del proyecto, y está relacionado al proceso de transformación.

2.6. LEAN CONSTRUCTION

Lean Construction o Construcción sin Pérdidas, se ha venido implementando, alrededor del mundo por más de 25 años, desde la publicación del trabajo de Koskela (1992). Pese a que se ha venido implementando en diversos tipos de proyectos, aún no se tiene una definición exacta de lo que es Lean Construcción (Mossman, 2018). Es así que Lean Construction presenta diferentes definiciones, como se detalla a continuación:

Howell (1999), menciona que: Lean Construction es el resultado de la aplicación de una nueva forma de gestión de la producción a la construcción. Las características esenciales de Lean Construction incluyen un conjunto claro de objetivos para el proceso de entrega, destinados a maximizar el rendimiento para el cliente a nivel del proyecto, el diseño concurrente del producto y el proceso, y la aplicación del control de producción a lo largo de la vida del producto desde el diseño hasta la entrega.

Koskela et al. (2002) define Lean Construction como: “Una manera de diseñar los sistemas de producción para minimizar las pérdidas de materiales, tiempo y esfuerzos para generar la máxima cantidad posible de valor” (p.211)

Dave (2013), menciona que Lean Construction se puede definir como un conjunto de nuevos procesos que se basan en una nueva teoría de la producción y que ayudan a mejorar la eficiencia de la construcción al brindar un mejor valor al cliente y reducir las pérdidas del proceso.

El P2SL (Project Production Systems Laboratory) de la Universidad de California Berkeley, define Lean Construction como: "La Aplicación del pensamiento lean al diseño y realización (entrega) de proyectos de capital (o proyectos en general)". (P2SL, 2017).

Basado en las definiciones anteriores, en la presente investigación, definiremos Lean Construction como: “La aplicación de una nueva forma de gestión de la construcción, que busca entregarle la mayor cantidad de valor al cliente, reducir las pérdidas e involucra todo el ciclo de vida de los proyectos de construcción.”

2.6.1. Principios Lean Construction

A raíz de la adaptación del enfoque basado en flujos, Koskela (1992), establece once principios para Lean Construction (Tabla 4). Cabe resaltar que estos principios no son estáticos y pueden ir cambiando con el tiempo.

Tabla 4: Principios Lean Construction. Adaptado de Koskela et al. (2000) e Isatto et al. (2020).

PRINCIPIO	DEFINICIÓN
1.Reducir la participación de las actividades que no agregan valor	Este principio es uno de los fundamentales de Lean Construction, En el, se busca identificar las actividades que agregan y no agregan valor, y reducirlas sistemáticamente. La mayoría de los principios lean, también están orientados a reducir las pérdidas.
2. Aumentar el valor del producto a través de la consideración sistemática de los requerimientos del cliente	Este principio establece que deben ser identificadas claramente las necesidades de los clientes internos y externos, esto debe ser considerado por el proyecto, para una adecuada gestión de la producción. Este principio se logra, mediano el mapeo de procesos e identificando los clientes y sus requisitos
3. Reducir la variabilidad de los procesos	Como se mencionó en la Sección 2.2.2, la variabilidad es el principal enemigo de la producción y debe ser reducida.
4. Reducir los tiempos de ciclo	Está relacionado con el JIT, el tiempo de ciclo puede ser definido como la suma de distintos tiempos (transporte, espera, procesamiento e inspección), en el se busca reducir el tiempo de procesamiento y el tiempo de las actividades que no agregan valor.
5. Simplificar: minimizar el número de etapas, partes y relaciones	Busca reducir la cantidad de pasos, pues cuanto mayor es el número de componentes o pasos dentro de un proceso, mayor tienden a ser el número de actividades que no agregan valor.
6. Incrementar la flexibilidad de los resultados	El aumento de la flexibilidad de las salidas, está relacionado con el proceso generador de valor. Se refiere a la posibilidad de alterar las características de los productos, sin aumentar sustancialmente el costo de los mismos.
7. Aumentar la transparencia de los procesos	El aumento de la transparencia de los procesos, tiende a tornar que los errores sean más fáciles de ser identificados en el sistema de producción, el mismo tiempo que aumenta la disponibilidad de información, necesario para ejecutar las tareas, facilitando el trabajo.
8. Focalizar el control en el proceso completo	Uno de los grandes riesgos de los esfuerzos de las mejoras, es el de sub optimizar una actividad específica dentro de un proceso, con un impacto reducido (o negativo) sobre el desempeño global del mismo.
9. Incorporar el mejoramiento continuo en el proceso	El esfuerzo de reducir las pérdidas e incrementar el valor, es una actividad interna, incremental e iterativa, que puede y deber ser desarrollada continuamente.
10. Balancear la mejora de flujos con la mejora de la conversión	Este principio esta dirigido a equilibrar ambos enfoques, pues ambos están interconectados, es decir la mejora del flujo conllevará a una mejora de la conversión y viceversa. Por ejemplo, si se invierte en conversión mediante tecnología, podremos reducir la variabilidad y por ende mejorará el flujo.
11.Usar Benchmarking	El Benchmarking consiste en el proceso de aprendizaje de prácticas adoptadas por otras empresas, típicamente consideradas líderes en un aspecto específico de la producción.

2.6.2.Nuevos Principios Lean

Debido a la constante adopción de BIM (Building Information Modeling), en el sector construcción, los principios descritos por Koskela (1992), se adaptan a esta

nueva realidad, es así que Sacks et al. (2009), investigan las interacciones de Lean Construction con BIM; generando de esta manera una lista de trece principios, estos principios utilizan múltiples criterios y se detallan a continuación (Tabla 5):

Tabla 5: Principios Lean asociados a BIM. Adaptado de Sacks et al. (2009).

ÁREA PRINCIPAL	PRINCIPIOS
Flujo de Proceso	<p>Reducir la variabilidad (Obtenga la calidad correcta la primera vez, reduzca la variabilidad del producto y Centrarse en mejorar la variabilidad del flujo aguas arriba, reducir la variabilidad de la producción)</p> <p>Reducir el tiempo de Ciclo (Reducir la duración del ciclo de producción y reducir el inventario)</p> <p>Reducir el tamaño de los lotes (esforzarse por lograr un flujo de una sola pieza)</p> <p>Aumentar la flexibilidad (Reducir los tiempos de cambio Utilice equipos polivalentes)</p> <p>Seleccione un enfoque de control de producción adecuado (Utilice sistemas pull y Nivelar la producción)</p> <p>Estandarizar</p> <p>Institucionalizar la mejora continua</p> <p>Usar la Gestión Visual (Visualizar métodos de producción y Visualizar el proceso de producción)</p> <p>Diseñar un sistema de producción para el flujo y el valor (Simplificar, usar procesamiento paralelo, utilice solo tecnología confiable y asegurar la capacidad del sistema de producción)</p>
Proceso de Generación de Valor	<p>Garantice una captura de requisitos completa</p> <p>Centrarse en la selección de conceptos</p> <p>Asegurar el flujo de requisitos</p> <p>Verificar y validar</p>
Resolución de Problemas	<p>Ve y mira por ti mismo</p> <p>Decidir mediante el consenso, considerando todas las opciones</p>
Desarrollo de los socios	<p>Cultivar una amplia red de socios</p>

2.7. PLANIFICACIÓN TRADICIONAL VS. PLANIFICACIÓN LEAN

El método CPM (Critical Pad Method), también conocido como método de la ruta crítica, ha sido considerado como la principal innovación en la gestión de la construcción en el Siglo XX, pese a haber sido ampliamente criticado en la forma inadecuada que controla el trabajo en los proyectos (Koskela et al. 2014).

Debido a los problemas mencionados anteriormente, Umstot y Fauchier (2017) identifican una serie de factores, que establecen qué está funcionando y qué no está funcionando en la planificación tradicional. De este análisis, obtienen la siguiente tabla (Tabla 6):

Tabla 6: ¿Qué está funcionando y qué no está funcionando de la planificación tradicional?
Adaptado de Umstot y Fauchier (2017).

¿QUÉ ESTÁ FUNCIONANDO?	¿QUÉ NO ESTÁ FUNCIONANDO?
<ul style="list-style-type: none"> • Nos da una visión general del plan del proyecto. <ul style="list-style-type: none"> • Nos dice cuando el proyecto debería terminar. • Nos dice cuando requeriremos los materiales. • Ayuda a saber quién está delante de mí y cuando debería se hacer las cosas. <ul style="list-style-type: none"> • Mejor que nada. 	<ul style="list-style-type: none"> • Duraciones no son realistas. • Muy poca información de las cuadrillas. • No está conectado con el look ahead del superintendente. <ul style="list-style-type: none"> • Terminamos abarrotados / apurados y acelerados al final del proyecto • Los trabajos no se completan como se ha planeado. • No se pueden iniciar actividades cuando se planifica debido a que la cuadrilla anterior no termina según lo planeado • Los gráficos de barras son difíciles de leer. • A menudo, los cronogramas son solo para el propietario <ul style="list-style-type: none"> • A menudo ni siquiera se siguen los cronogramas • A veces hay "dos" cronogramas.

De la tabla 6, Umstot y Fauchier (2017) mencionan que los tres ítems clave por los cuales la planificación tradicional no funciona son los siguientes:

- Poco aporte y aceptación de los jefes de cuadrillas (capataces).
- Falta de un plan colorido y visualmente comprensible, pues la información de la planificación está oculta en gráficos de barras y hojas de cálculo Excel, difíciles de leer, y
- La falta de un seguimiento claro del plan día a día y semana a semana, porque el trabajo está muy desconectado del cronograma CPM.

Frente a las deficiencias mostradas por el método CPM, Lean Construction propone el uso de la herramienta conocida como Last Planner® System (LPS) o Sistema del Último Planificador, desarrollada por Ballard (2000), LPS agrega un componente clave de control de la producción, que adolece el CPM. Además de

ello, LPS presenta diferencias importantes respecto a la planificación tradicional, las cuales se detallan en la Tabla 7:

Tabla 7: Comparación de los Principios de LPS y la Planificación tradicional. Adaptado de Kalsaas et al. (2014) y Nieta et al. (2009).

TRADICIONAL	LPS
Deductivo: El plan maestro está centralizado, sin un enfoque sistemático en la eliminación de restricciones. El control es después de los indicadores.	No deductivo: Decisiones descentralizadas, para remover las restricciones y realizar el plan. Control continuo.
Limitado involucramiento, solo el experto en planeamiento.	Involucramiento horizontal y vertical.
Informes mensuales, por ejemplo: el valor ganado. Lecciones aprendidas después de la finalización de proyectos	Mejora continua a través del aprendizaje continuo, midiendo el PPC (Porcentaje de Plan Completado), análisis casual e intercambio de experiencias
Método de ruta crítica centralizado en la planificación y el impulso del trabajo hacia las actividades posteriores	Control de proyectos basado en pull(jalar), a través de la programación inversa y la eliminación de restricciones hacia la construcción
Planificación de expertos, basado en la computadora	Simple y técnica de Planificación manual
Planificación en base a supuestos con alta incertidumbre.	Planificación en base a compromisos de corto plazo y confiables.
Planificación de actividades de transformación.	Planificación que considera el efecto de flujos.
Debe → Se hará → Puede.	Debe → Puede → Se hará.

2.8. LAST PLANNER® SYSTEM

Last Planner® System (LPS) o Sistema del Último Planificador, es un sistema de planificación y control de la producción, el cual fue desarrollado desde inicio de los años noventa por Glenn Ballard y Greg Howell, y fue culminado con la tesis de doctorado de Glenn Ballard en el año 2000 (Umstot y Fauchier, 2017). El propósito de LPS es producir flujo de trabajo predecible y un aprendizaje rápido, mediante interacciones sociales, comunicación clara, mejora de la coordinación y una planificación basada en el compromiso. LPS se aplica mayormente en la fase de construcción; sin embargo, también se puede aplicar en las fases de adquisiciones, diseño y puesta en marcha de distintos proyectos; y se puede usar en cualquier lugar donde se requiera coordinación entre humanos (Ebbs, 2017a). LPS protege a la producción de la incertidumbre y variabilidad a la que están

enfrentados los proyectos de construcción, proponiendo una manera diferente de la programación y control de obra (Rodríguez et al. 2011).

2.8.1. Se puede, Se debería, se hará

LPS propone una nueva manera de planificar y controlar la producción. En la gestión tradicional, la planificación se realiza considerando supuestos con mucha incertidumbre; es decir, no se toman en cuenta: disponibilidad de recursos (mano de obra, materiales, equipos), problemas administrativos, falta de información, permisos, etc. Esto genera interrupciones en el sitio de trabajo, generando pérdidas (Rodríguez et al, 2011). En este tipo de gestión, los encargados de la ejecución de las tareas (jefes de producción, capataces, entre otros), realizan la planificación de lo que se va a ejecutar en función de a lo que DEBE hacerse, considerando que todos los recursos, estarán disponibles al ejecutar la tarea, sin tomar en cuenta si PUEDE realizarse, lo que resulta, que lo que se HARÁ no coincida con él DEBE, debido a la falta de recursos, información y pre requisitos para ejecutar la actividad, esto conlleva a que se incumpla con el cronograma, pues no se cumplen las asignaciones programadas (Figura XX) y la gestión del proyecto termine siendo improvisada (Sanchis, 2013).

Contrariamente a la gestión tradicional, LPS realiza la tarea de planificar él DEBE hacerse, identificando lo que PUEDE hacerse, considerando los pre requisitos (recursos, información, etc.), de esta manera se logra que lo que se HARÁ sea ejecutado sin ningún problema (Figura 4) (Sanchis, 2013 y Rodríguez et al. 2011). En este nuevo enfoque, la programación se enfoca en él se PUEDE, mientras más grande sea él se PUEDE, podremos ejecutar más tareas y por consiguiente un mayor avance, esto se logrará con el levantamiento oportuno de restricciones (Rodríguez et al. 2011).

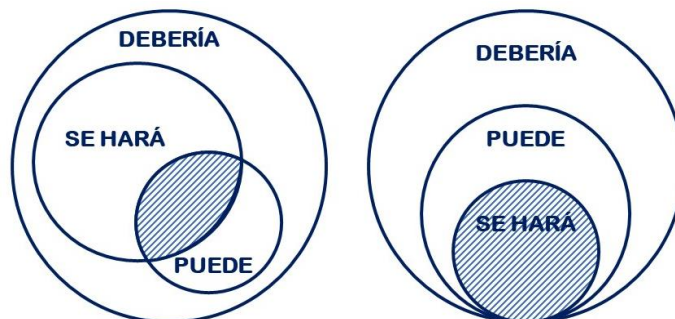


Figura 4: Filosofía de Planificación tradicional vs. LPS. Adaptado de: Rodríguez et al. 2011.

2.8.2. Niveles de Planificación en Last Planner® System

LPS promueve conversaciones entre los capataces y permite una gestión de obra con el nivel de detalle apropiado y antes de que los problemas se vuelvan críticos. Ballard y Tommelein (2016), en el último reporte de referencia de LPS, establecen que LPS tiene 05 elementos y son los siguientes (Figura 5):

- Planificación maestra (establecer hitos y duraciones y superposiciones de fases)
- Planificación Pull (especificar transferencias y condiciones de satisfacción entre procesos dentro de las fases)
- Planificación de Mediana Plazo (desglose de tareas, análisis de restricciones y eliminación, diseño colaborativo de operaciones)
- Planificación Semanal (hacer promesas confiables, asignar recursos, controles visuales, reuniones diarias), y
- Aprendizaje (Análisis de problemas, Indicadores de medición: Plan de porcentaje completado, Tareas preparadas para ejecutar y Tarea anticipada; el uso de 5 porqués para identificar contramedidas, actuar para prevenir que vuelvan a suceder los problemas, PDCA: Plan-Do-Check-Act).

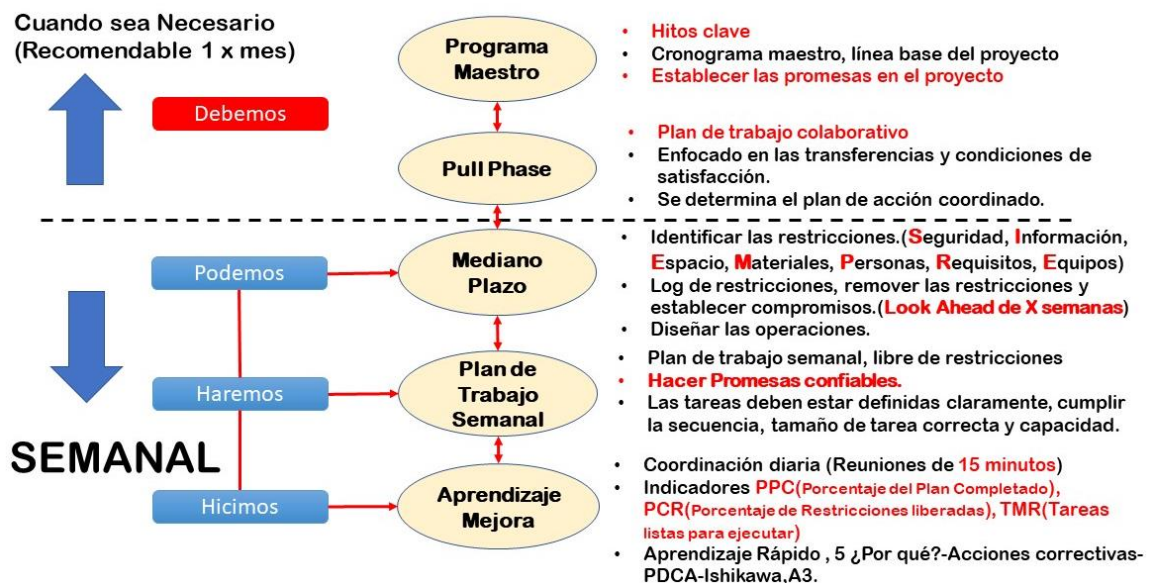


Figura 5: Niveles de Planificación LPS. Adaptado de Ballard y Tommelein (2016), Richert (2017) y Ebbs (2019)

2.8.3. Programación Maestra

Esta planificación, es el primer nivel dentro de LPS y se realiza al inicio del proyecto, en ella identificamos los hitos principales del proyecto (los cuales nos servirán como guía del avance del proyecto), y las actividades a un alto nivel (Richard, 2017). En este nivel se posee una vista global del proyecto y por ende

muy poco nivel de detalle, por lo cual es importante ser realistas con los recursos a emplear y los plazos establecidos en el proyecto (Sanchis, 2013).

Para una buena elaboración del plan maestro, Rodríguez et al. (2011), recomiendan lo siguiente:

- Identificar a los encargados del cumplimiento de las actividades y tareas del cronograma
- Sumar a los subcontratistas y proveedores que intervienen en las actividades programadas, considerando la fecha en la que deben participar y si dependen de otro subcontratista o proveedor.
- Tomar en cuenta a los interesados externos del proyecto y que puedan tener influencia en el cronograma (municipalidades, entidades del gobierno, empresas de luz, agua, etc.)

Finalmente, el cronograma maestro, se encontrará en constante actualización a partir de la información de la programación media y semanal.

2.8.4. Pull Planning o Plan de Fases

La planificación por fases o también conocida como Pull Planning, es el segundo nivel de planificación dentro de LPS y su importancia radica en que nos aseguramos que el trabajo esté listo y se puede ejecutar en el plazo adecuado y con esto lograr los objetivos del proyecto (Ballard y Hamzeh, 2008). Además, el plan de fases es una división más detallada del plan maestro y su desglose, dependerá del tamaño y complejidad del proyecto, este plan está elaborado por los últimos planificadores, los cuales establecen los hitos de inicio de cada fase del proyecto y con esto se puedan lograr compromisos confiables de planificación, que permitan completar el trabajo entre hitos (Rodríguez et al. 2011 y Richard, 2017).

Así también, la planificación Pull se utiliza para identificar la estrategia del proyecto, aclarar las transferencias y las condiciones de satisfacción (requisitos que se deben de cumplir para aceptar el trabajo); también comunica a los últimos planificadores como su trabajo impacta con el de otros, el objetivo es crear una comprensión compartida de cómo se DEBE entregar el proyecto y crear un entorno para planificar, coordinar y colaborar. Este tipo de planificación, nos ayuda a identificar las malas noticias de manera temprana (problemas de alcance, demora de las adquisiciones, entre otros), de este modo el equipo del proyecto presenta soluciones antes que los problemas lleguen a campo (Ebbs, 2017a). La planificación es creada usando la técnica Pull; es decir, empezando del hito de la

derecha y trabajando para empezar la fase a través de la izquierda. Nosotros hacemos Pull de derecha a izquierda (construyendo el proyecto hacia atrás), por dos razones principales (Umstot y Fauchier, 2017):

1. Hacer cualquier cosa al revés nos obliga a pensar de manera más creativa y fresca.
2. Esto nos permite eliminar todos los pequeños detalles y limitaciones que, en última instancia, podrían retrasar cualquier actividad si no se identifica a tiempo.

Después de terminar la planificación Pull, corresponderá acceder al tercer nivel de planificación, el cual corresponde al Look Ahead Planning o plan de mediano plazo.

2.8.5. Look ahead Planning

Este nivel de planificación, es también conocido como programa intermedio o de mediano plazo y en él nos centramos en garantizar que se puedan ejecutar las tareas y controlar el flujo de trabajo, en esta etapa los últimos planificadores miran hacia el futuro y se adelantan a la programación con el fin de evaluar si existen limitaciones (restricciones), para la ejecución de las tareas identificadas durante la planificación de fases. Esta mirada es en promedio 06 semanas adelante, aunque puede variar dependiendo de la complejidad del proyecto (Richard, 2017). Las restricciones se entienden como condiciones que impiden que se ejecute una tarea planificada e incluyen la preocupación por la disponibilidad de mano de obra y materiales, acceso a equipos, termino de actividades previas, conflictos en documentos de construcción, condiciones de seguridad y condiciones externas. Las restricciones identificadas, se encontrarán en un registro, donde se establece un responsable y se establece el último momento responsable, es decir cuándo se liberarán (Ebbs, 2017a y Richard, 2017). Luego de esto, establecemos lo que puede hacerse de lo programado y gestionar efectivamente las restricciones para evitar retrasos en la programación; además de ello, este proceso nos ayuda a identificar actividades no consideradas en el plan maestro (Rodríguez, 2011). Con el horizonte de planificación liberado, se dará paso a la planificación semanal, la cual se detalla en la sección siguiente.

2.8.6. Planificación Semanal

La cuarta parte del Sistema del Último Planificador es la programación semanal, en este nivel los Últimos Planificadores definen que es lo que se HARÁ para

cumplir las promesas realizadas en la planificación por fases. Para ello se prepara un plan semanal con las tareas que se ejecutarán en la semana entrante, estas tareas seleccionadas se encuentran libre de restricciones y se definen preferentemente en una reunión entre los últimos Planificadores, donde cada uno establece las tareas que cumplirá su equipo la semana siguiente (Richard, 2017). Así también, se establecen promesas confiables (este concepto se detallará en el capítulo III) para las siguientes dos semanas de trabajo, y no deben ser mayores a esto, pues están demasiado lejos para hacer predicciones confiables. Algunos ejemplos de promesas confiables son: "Haré x por y fecha / hora"; "Haré esto sí ..." o simplemente diciendo "No"(Ebbs,2017a).

2.8.7. Aprendizaje

El quinto y último nivel del sistema LPS, es el aprendizaje y como se menciona, el equipo se centra en aprender de los errores y establecen la mejora continua como parte del sistema de planificación. LPS establece 02 oportunidades de aprender, uno mediante reuniones diarias o también conocidas como reuniones de pie de obra, donde el equipo examina si se realizó el trabajo diario y si no se ha realizado, se centran en identificar las causas y realizar los ajustes para cumplir el plan (Richard, 2017).

La segunda oportunidad es a través de las métricas clave y el análisis semanal. LPS presenta indicadores que nos ayudan a medir cómo va el progreso semanal, uno de ellos es el PPC (Porcentaje de Plan Completado), el cual mide el porcentaje de tareas planificadas que se completaron; TMR (Task Make Ready o tareas listas para ejecutar), el cual es una medida del porcentaje de tareas identificadas durante la planificación de fases que estaban listas para comenzar según lo planeado. Un tercero son las Tareas anticipadas, una medida del número de tareas en un plan semanal que se identificaron en el plan de anticipación. Además, en esta etapa identificamos las actividades que no se cumplieron en la semana y mediante el análisis de las CNC (Causas de No Cumplimiento), las categorizamos en mala planificación, falta de equipos, condiciones de seguridad deficiente, falta de materiales, entre otros. Las CNC más incidentes, son analizadas usando la técnica de los 05 Porqué o el diagrama de Ishikawa, de manera que identificamos la causa raíz de los problemas y las acciones correctivas, generando de esta manera un aprendizaje dentro de la organización (Ebbs, 2017a y Richard, 2017).

2.9. BENEFICIOS DEL LAST PLANNER SYSTEM

LPS se ha venido implementando en diversos proyectos de construcción desde hace más de 20 años, es así que diversos autores mencionan beneficios que se obtienen durante su implementación, entre los principales beneficios que encontramos son los siguientes (Tabla 8):

Tabla 8: Principales Beneficios de la implementación de LPS. Adaptado de Fernandez-Solis et al. (2013), Mossman (2018) y Pons (2019).

AUTOR	BENEFICIOS MENCIONADOS
Fernandez-Solis et al. (2013)	<p>Analiza 26 trabajos de investigación, de los cuales encuentra las siguientes ventajas obtenidas luego de la implementación de LPS.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Incrementar flujo de trabajo confiable. - Mejora la integración de la cadena de suministro. - Reduce el tiempo de producción y tiempo de entrega de los proyectos. - Mejora la comunicación entre los participantes del proyecto. - Evitamos apagar incendios o resolver problemas en el día a día. - Mejora la calidad de los trabajos en los sitios de construcción. - Expansión del conocimiento y aprendizaje entre los participantes del proyecto. - Reduce los niveles de estrés en los sitios de trabajo.
Mossman (2018)	<ul style="list-style-type: none"> - Mejora la seguridad. - Realiza un control pro active, reduces las esperas y el plazo de los proyectos. - Ayuda a crear valor en los proyectos.
Pons (2019)	<ul style="list-style-type: none"> - Existe una reducción de costos, plazo de entrega y cumplimiento del presupuesto. - Existe una mejor integración de subcontratistas y entendimiento de las dependencias entre subcontratistas. - Mejora la comunicación, creatividad, mejora continua, compromisos e incrementa la colaboración. - Mejora la productividad, calidad, seguridad.

Además de los beneficios mostrados anteriormente, es importante conocer los factores que ayudan a una implementación de LPS exitosa, las cuales se detallan en la siguiente sección.

2.10. FACTORES CLAVE DE IMPLEMENTACIÓN DE LAST PLANNER SYSTEM

Para materializar los beneficios de LPS, es necesario conocer los factores clave en la implementación de LPS, Mossman (2018) establece que para una implementación de LPS, el equipo de proyecto requerirá habilidades

interpersonales y de grupo. Además, sugiere dos maneras de implementar LPS: La primera mediante un taller introductorio con una simulación de LPS dada por un experto en implementaciones de LPS, esto se debe seguir con un aprendizaje continuo mediante la implementación de LPS en un proyecto piloto; en esta implementación piloto nos brindará información del proyecto y mediante la mejora continua se irá mejorando la implementación.

Así también, Murguía (2019) identifica una serie de factores clave para la implementación de LPS (Tabla 9), podemos notar que muchos de estos factores están relacionados a las habilidades blandas y la gestión de las personas.

Tabla 9: Factores que influyen en la implementación de LPS. Adaptado de Murguía (2019).

FACTOR	VARIABLES
Liderazgo	<ul style="list-style-type: none"> Liderazgo del ingeniero de sitio, alta gerencia, subcontratista y capataces.
Compromiso	<ul style="list-style-type: none"> Compromiso de los ingenieros de sitio, alta gerencia, departamento de logística, oficina central, capataces y subcontratistas.
Integración y comunicación	<ul style="list-style-type: none"> Integración de los interesados en el sitio. Decisiones compatibles entre las partes interesadas en el sitio Comentarios permanentes entre los últimos planificadores e ingenieros del sitio.
Buena información y toma de decisiones	<ul style="list-style-type: none"> Identificación temprana de oportunidades de mejora. Información oportuna para la toma de decisiones. Un Big-room para facilitar la toma de decisiones.
Equipo entrenado	<ul style="list-style-type: none"> Entrenamiento a los ingenieros de sitio, capataces y subcontratistas.
Conocimiento de LPS	<ul style="list-style-type: none"> Hay suficiente conocimiento de LPS Ingenieros de sitio saben que LPS es más que la programación de trenes de trabajo.
Falta de tiempo	<ul style="list-style-type: none"> Nos centramos más en la finalización oportuna del proyecto en lugar de implementar completamente LPS Nos enfocamos más en logística y contratos en lugar de implementar completamente LPS Nos enfocamos más en problemas con el vecindario que en implementar completamente LPS
Cultura de LPS de la firma	<ul style="list-style-type: none"> LPS requiere un proyecto piloto para la implementación, un procedimiento estándar a lo largo de todos los proyectos y conocimiento de los gerentes a lo largo de todos los proyectos.
Resistencia al cambio	<ul style="list-style-type: none"> Resistencia al cambio de los ingenieros de sitio, capataces y subcontratistas

2.11.BARRERAS DE IMPLEMENTACIÓN DE LAST PLANNER SYSTEM

Pese a la existencia de casos de estudio e investigaciones, aún LPS presenta barreras al momento de su implementación. A continuación, se listarán barreras generales que surgen en la implementación de LPS, barreras recopiladas en Perú y los problemas comunes en la implementación.

2.11.1.Barreras Generales

Diversos autores han identificado barreras al momento de la implementación de LPS (Tabla 10), la cual se detalla a continuación:

Tabla 10: Barreras de Implementación de LPS. Adaptado de: Cano et al. (2015), Brady et al. (2011), Alarcón et al. (2002), Alarcón et al. (2005), Mossman (2018).

AUTOR	BARRERA IDENTIFICADA
Cano et al. (2015)	Desarrollo y selección de las personas correctas; problemas culturales.
Brady et al. (2011)	Débil comunicación y transparencia, mínimo involucramiento de los trabajadores de construcción y subcontratistas, inadecuado entrenamiento de participantes, falta de definición de roles, inadecuado uso de información, falta de tiempo para implementar mejores, y falta de integración en la cadena de suministro.
Alarcón et al. (2002)	Factores humanos son importantes barreras que obstruyen las implementaciones de LPS, resistencia al cambio, siguiendo por la falta de autocritica, visión de corto plazo y mala interpretación del indicador PAC (Porcentaje de Actividades Completadas)
Alarcón et al. (2005)	Falta de tiempo para implementar cambios, falta de entrenamiento, inadecuada estructura a nivel organizacional, bajo entendimiento de los conceptos de LPS, inadecuada administración, débil comunicación y falta de integración.
Mossman(2018)	Falta de liderazgo, inercia organizacional, resistencia al cambio, falta de entrenamiento en LPS, problemas contractuales, falta de experiencia y conocimiento de LPS, particularmente en el nivel de gestión senior.

Como podemos notar, muchas de las barreras mencionadas anteriormente, están relacionadas a la comunicación, colaboración y entendimiento del sistema.

2.11.2.Barreras en Perú

LPS se ha venido implementando en Perú desde el 2000, tras el trabajo de Ghio (2000). Sin embargo, aún no se ha logrado su implementación total en muchos proyectos de construcción, esto debido a una gran cantidad de factores internos y externos a las organizaciones. Es así que Murguía (2019), realiza un estudio donde busca identificar los factores que facilitan la implementación de LPS, donde

inicialmente entrevista a 03 expertos en Lean Construction, de los cuales identifica las siguientes barreras:

- Experto 01, menciona que la principal barrera es el factor humano, seguido por la falta de compromiso e insuficiente entrenamiento.
- Experto 02, menciona que una de las barreras es la falta de compromiso y el pensamiento de que LPS es una serie de herramientas y no un sistema de control de la producción.
- Experto 03, menciona que una barrera es la falta de lecciones aprendidas y la falta de adopción de LPS de parte de las gerencias.

Con esta información, desarrolla una encuesta con la participación de 97 ingenieros, donde mencionan las siguientes barreras de implementación de LPS: Falta de staff entrenado y conocimiento de LPS, compromiso, liderazgo, integración, comunicación, buena información y toma de decisiones y la resistencia al cambio. Como podemos observar, las barreras mencionadas anteriormente están relacionadas a una gestión adecuada de los participantes del proyecto durante la implementación.

2.11.3. Problemas en la implementación de LPS

Como se ha podido observar en las secciones anteriores, LPS presenta una cantidad de problemas de implementación; a continuación, detallamos algunos problemas que suceden en la implementación de LPS:

Murguía (2019), menciona que uno de los problemas es la omisión del análisis de restricciones, las actividades no son reveladas a los niveles operacionales y una falta de compromiso de subcontratistas e ingenieros de sitio. Como resultado, LPS es parcialmente implementado, se disminuye la planificación colaborativa, el deseo de un sistema “pull” se convierte en un sistema “push” y su uso disminuye en las etapas de acabados y equipamiento.

Dave et al. (2015) cataloga varios problemas recurrentes en la implementación de LPS:

- Falta de capacidad para despegar aspectos colaborativos.
- Limitado despliegue de LPS.
- Reducida importancia de planes de fase y planificación maestra.
- Falta de mejora continua.
- Falta de conexión entre planes detallados y planes de alto nivel.

Pérez y Gosh (2018) examinaron las típicas deficiencias en la implementación de LPS como un:

- Incompleto proceso del PAC (Porcentaje de Actividades Completadas).
- La subutilización de los planes look ahead.
- Falta de una guía práctica para la actualización del cronograma.
- Falta de un orden estructurado para la introducción de LPS en campo.

Como podemos notar, la gran mayoría de los problemas descritos anteriormente, están orientados a un poco conocimiento del sistema, lo que se puede resolver con un correcto entrenamiento; como se verá en el capítulo III.

2.12. INTEGRATED PROJECT DELIVERY (IPD)

El AIA (American Institute of Architects) actualizó la definición de IPD en 2014:

"Es un método para entregar un proyecto que integra personas, sistemas, estructuras comerciales y prácticas, en un proceso que pone en colaboración los talentos y visiones de todos los participantes para reducir las pérdidas y optimizar la eficiencia en todas las fases de diseño, fabricación, y construcción.

El método de entrega del proyecto integrado contiene al menos todo lo siguiente:

- 1.- Participación continua del propietario, así como de los principales diseñadores y constructores.
- 2.- Intereses comerciales alineados a través de un sistema de riesgo / beneficio compartido, incluyendo ganancias financieras de riesgo, que dependen de los resultados del proyecto.
- 3.- Control del proyecto conjunto del propietario, así como de los principales diseñadores y constructores.
- 4.- Contrato común entre todas las partes o con condiciones de participación obligatorias y específicas.
- 5.- Responsabilidad compartida por el propietario y los principales diseñadores y constructores".

Se genera durante las fases de diseño, planificación y ejecución de un proyecto como una colaboración formal. El equipo multidisciplinario comparte riesgos y recompensas, utilizando tecnologías y procesos apropiados. Todo lo anterior para optimizar las métricas de reducción de costos, tiempo y desperdicio (Ilozor y Kelly, 2012). Fischer et al. (2014) muestra un marco simple para IPD donde describe el mejor camino a seguir para la entrega de edificios de alto rendimiento. Este marco aborda la integración de sistemas, procesos, organización e información para la

creación del edificio de alto rendimiento definido como utilizable, edificable, operable y sostenible (Figura 6).

La colaboración y la integración son dos pilares en los proyectos de IPD. La primera es una actividad basada en datos, mientras que la integración es una actividad basada en el conocimiento. La integración se da mejor cuando la colaboración inicial se centra en explorar la definición del problema, en lugar de discutir la solución propuesta por otra persona. (Fakhimi, Majrouhi y Azhar, 2016)

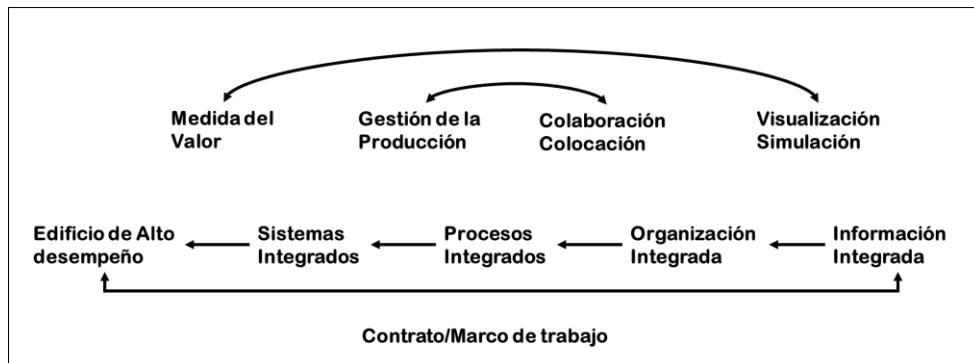


Figura 6: Marco de trabajo IPD. Adaptado de Fischer et al. (2014).

2.13. NEW ENGINEERING CONTRACT (NEC)

2.13.1. Conceptos Generales

Los contratos NEC (New Engineering Contract) son un tipo de contrato colaborativo que fue creado en Inglaterra en 1993 y fueron desarrollados por el Instituto de Ingenieros Civiles de Inglaterra como un intento de cambiar las formas tradicionales de contratación, a fin de promover la buena gestión de proyectos. Estos contratos no solo resultan aplicables para la construcción de una obra, sino que tienen diferentes modelos para diversos objetos contractuales relacionados con la industria de la construcción. Los contratos NEC han permitido la construcción de importantes obras en diferentes países como el Parque Olímpico de Londres, el Crossrail de Londres, entre otros importantes proyectos (Medina, 2020). En nuestro país se aplicó el Contrato NEC3, Opción F, que es un contrato de ingeniería y construcción bajo la modalidad de contratista administrador.

2.13.2. Características del Contrato

Medina (2020) destaca que las principales características de este contrato son las siguientes:

a) Simplicidad de Lenguaje

Los contratos NEC presentan una redacción breve, directa y de lenguaje sencillo, con el fin de agilizar su empleo y la toma de decisiones por las personas en obras

de construcción. En su redacción, los contratos NEC usan cláusulas que son específicas y no dejan lugar a confusiones entre las partes, a efectos de que su lectura sea fluida. Este tipo de contrato presenta simplicidad y flexibilidad en el texto del contrato, lo cual facilita la comunicación y relación entre las partes, así como estímulos e incentivos para fomentar buenas prácticas profesionales. (Medina,2020 y De la Piedra, 2019).

b) Enfoque colaborativo

Los contratos NEC contienen disposiciones que promueven el espíritu colaborativo entre las partes, de manera que se puedan lograr los objetivos del proyecto en beneficio mutuo. Además, se espera que, a lo largo de la ejecución del proyecto, se comparta la información referida al mismo de manera que se puedan prevenir o mitigar los riesgos asociados al proyecto de manera colaborativa, una de las herramientas que promueve el contrato es las alertas tempranas, las cuales permiten que una de las partes identifique riesgos que puedan afectar tanto el costo, el plazo o el desempeño del proyecto. De esta manera, se puede decir que los contratos NEC promueven una actuación bajo el principio de «libros abiertos».

c) Correcta gestión del proyecto

Los Contratos NEC son instrumentos de gestión y buscan promover la toma de decisiones en forma ágil y sencilla, sin que se afecte con ello la continuidad de la ejecución del proyecto. Alineando los intereses de todas las partes para buscar la disminución de costos y una mejor eficiencia. (Medina,2020 y De la Piedra, 2019). Por ello, el contrato establece roles diferenciados para los diferentes actores del contrato, asignando a cada uno funciones necesarias para impulsar la correcta ejecución del proyecto.

Otro ejemplo del estímulo para la gestión eficiente es que en estos contratos el calendario de ejecución no es rígido como ocurre en nuestra norma nacional, sino que se concibe como una herramienta de gestión viva que se debe ir actualizando constantemente conforme a las vicisitudes del proyecto para reflejar su realidad y alinear las obligaciones de las partes. En los contratos NEC se establece un mecanismo sencillo para la gestión de los cambios de precio y plazo por la ocurrencia de eventos que puedan afectarlo: los eventos compensables. No se acude a la regulación de diferentes figuras, formalismos y aprobaciones innecesarias.

2.13.3. Contrato de los Juegos Panamericanos

Medina (2020) menciona que el tipo de contrato usado en los Juegos Panamericanos fue el NEC Opción F, que corresponde a un contrato de ingeniería y construcción bajo la modalidad de contratista administrador.

En este tipo de contrato, el contratista no es un ejecutor de la obra, sino un administrador de la misma, encargado de gestionar distintos subcontratos. Lo que se espera es que el contratista tenga la experiencia suficiente para administrar el proyecto y se concentre en seleccionar, gestionar y supervisar a diferentes subcontratistas que se encargarán de ejecutar la obra. Sin embargo, el contratista administrador podría ejecutar determinados trabajos de la obra, siempre que demuestre que con ello obtiene un mayor valor por dinero, siendo más eficiente que subcontratar dichos trabajos.

Esta modalidad de Contratista Administrador es comúnmente empleada cuando:

- Es necesario coordinar con gran cantidad de subcontratistas por la complejidad del proyecto.
- El contratante no cuenta con el personal suficiente debidamente capacitado y experimentado para administrar el contrato.
- El calendario del proyecto es retador, contándose con poca holgura, por lo que se requiere agilidad en el inicio de las obras y la administración del contrato.

El sistema de entrega (Delivery System) empleado en estos contratos fue el de «gerencia de construcción al riesgo». Este sistema establece que el gerente es un contratista independiente que asume responsabilidad frente al contratante por completar el proyecto dentro del plazo y presupuesto pactado. El gerente al riesgo es responsable por los trabajos ejecutados por los subcontratistas como si los hubiera ejecutado él mismo.

CAPÍTULO III PROPUESTA DE MODELO DE GESTIÓN DE PERSONAS

La mayoría de los enfoques de gestión en la construcción son metodologías orientadas a la parte técnica (temas técnicos, comerciales, organizativos, etc.), que se gestionan simultáneamente; sin embargo, descuidan en gran medida los aspectos sociales centrales relacionados con el comportamiento de las personas, tanto de manera individual y grupal. (Pávez y Alarcón, 2007). Es así que en la construcción son frecuentes las disputas y conflictos (Cheung y Yiu, 2006), la fragmentación de la industria, las organizaciones altamente jerárquicas (Emmitt y Gorse, 2009), y la falta de comunicación y confianza (Palacios, González y Alarcón, 2013), entre otros, estos son síntomas de que la construcción no aborda en gran medida sus problemas sociales, que a su vez afectan negativamente su desempeño productivo tanto a nivel de proyectos, como de industria. Frente a los problemas mencionados anteriormente, en el siguiente capítulo realizaremos la propuesta de un modelo de gestión de personas basado en investigaciones anteriores, la cual permitirá abordar la colaboración, comunicación y confianza en los proyectos de construcción.

3.1. MODELOS DE GESTIÓN DE PERSONAS

En la siguiente sección se detallan cuatro modelos de gestión de personas, los cuales servirán de guía para plantear un modelo de gestión de personas para la presente tesis. A continuación, detallamos cuatro modelos de gestión de personas: Modelo de gestión basado en personas para mitigar la complejidad, modelo de Dave, Gonzáles y modelo para una mejor construcción.

3.1.1. Modelo de gestión basado en personas para mitigar la complejidad en proyectos de construcción

Alvarado (2018) desarrolla una propuesta de gestión de personas en el que busca generar un entendimiento de los flujos que forman parte de los procesos de construcción como el flujo de sujetos, flujo de materiales, de información y el flujo de objetos. Con este entendimiento, propone desarrollar empoderamiento en las personas mediante herramientas, de manera que los flujos mencionados anteriormente sean continuos y no paren. Es así que plantea su propuesta basada en el diamante de Shingo (Figura 7).

Alvarado (2018) implementa la propuesta en un proyecto de viviendas multifamiliar en la etapa de acabados, logrando desarrollar un taller dinámico con legos para que los participantes interioricen el sistema de gestión de personas. Mejorando el rol de los participantes en el proyecto; incrementando el PPC (Porcentaje de Plan Completado), con porcentaje por arriba del 85%, mejora la comunicación y el trabajo de equipo en el proyecto.



Figura 7: Modelo de gestión basado en personas para mitigar la complejidad. Fuente: Alvarado (2018)

3.1.2. Modelo de Pensamiento Lean y Dinámica Social

Gonzáles et al. (2015) propone un modelo donde interactúa el pensamiento lean y la dinámica social de los proyectos de construcción, mediante el uso de variables de la dinámica social como la confianza, el establecimiento de metas y la distancia de poder en la construcción. Además, sostienen que las herramientas lean funcionan mejor cuando el entorno es menos autocrático, el equipo está más integrado y los niveles de confianza entre los miembros del equipo del proyecto son más altos. La dinámica social se refiere al comportamiento resultante en los grupos como parte de las interacciones individuales que se generan entre los miembros del equipo y como esto afecta a la organización.

En el presente modelo (Ver Figura 8), se desarrollan tres conceptos claves dentro del modelo de dinámica social: la confianza, la distancia de poder y el establecimiento de metas. La distancia de poder dentro del equipo del proyecto, se refiere a cómo se distribuye el poder en las organizaciones y cómo las personas pertenecientes a una cultura específica perciben las relaciones de poder (superior - subordinado). Las personas que pertenecen a culturas de alta distancia de poder aceptan fácilmente que el poder se distribuye de manera desigual y creen que la

relación entre superior y subordinado es de dependencia. En contraste, las personas en culturas de poca distancia de poder cuestionan la autoridad, esperan al menos algún nivel de participación en las decisiones y perciben la relación entre superior-subordinado como una de interdependencia (Hofstede et al., 1990). Otro elemento del modelo es el relacionado a la teoría del establecimiento de metas, en ella existe la suposición subyacente de que, dado que el comportamiento refleja metas e intenciones conscientes, los esfuerzos y el desempeño de los empleados en las organizaciones, las cuales se verán influenciados por las metas asignadas o seleccionadas por estos empleados. Por lo tanto, la teoría del establecimiento de metas, se establece que el rendimiento de un equipo será alto si los objetivos relacionados son difíciles, específicos y alcanzables (Steel y König, 2006).

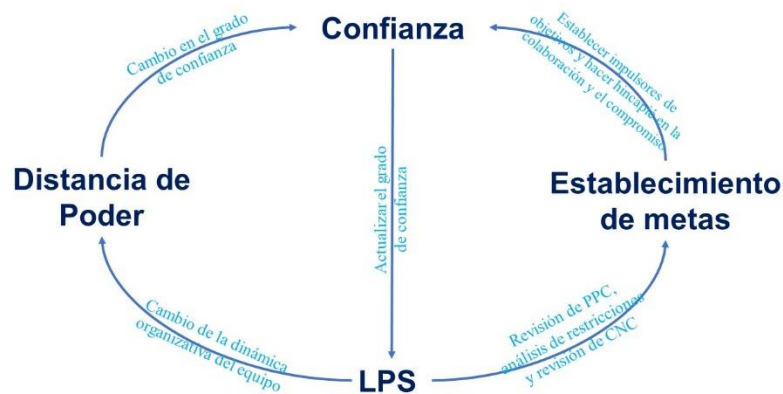


Figura 8: Modelo de pensamiento lean y dinámica social. Fuente: Gonzáles et al. (2015)

Además, en este modelo se ahonda en la confianza que debe de tener el equipo de proyecto para lograr los objetivos; ya que, en las organizaciones tradicionales, hay un bajo grado de confianza en los equipos, un alto grado de distancia de poder y un poco grado de establecimiento de metas en el proyecto. Mientras que en las organizaciones lean poseen un alto grado de confianza en los equipos, una baja distancia de grado de poder y un alto establecimiento de metas en el proyecto.

Para llevar a cabo este modelo, se propone la aplicación de LPS, pues ayuda a generar confianza dentro del proyecto; ya que la dinámica de las reuniones del plan de trabajo semanal disminuye la percepción de liderazgo autocrático y promueve intercambios positivos entre los miembros del equipo, en este proceso los encargados de guiar el proceso comienzan a escuchar más y por ende se establecen mejores relaciones. Este efecto se ha observado en ocho proyectos en los que se implementó el 'Subcontrato Social' junto con el LPS (Priven y Sacks, 2016). Cuando se integra LPS y la parte social, el PPC aumenta y el

comportamiento de los responsables durante la reunión pasa de la defensa a la indagación. Además de ello, Priven y Sacks (2016) mencionan que la aplicación del Subcontrato Social, mejora la coordinación y el flujo más que una aplicación solamente de LPS.

3.1.3. Modelo para una mejor construcción

Lemke (2018) desarrolla un modelo de gestión denominado: “Modelo para una mejor construcción” (Ver Figura 9). Este modelo fue desarrollado basado en la experiencia del autor en la entrega de distintos proyectos, el modelo propone la aplicación de 06 prácticas principales que se pueden aplicar específicamente a las organizaciones orientadas a proyectos y está basado en el modelo de las 4P’s (Philosophy o filosofía, Proceso, People y Partners o Personas y socios y Problem Solving o resolución de problemas), basado en la pirámide de Toyota desarrollado por Liker (2004). En este modelo la filosofía es la base de las otras prácticas, además se busca que los procesos sean eficientes y un aprendizaje basado en la experimentación. Las herramientas van al final de la pirámide pues las herramientas sirven a los creadores de valor; y solo serán efectivas después del desarrollo de las principales prácticas lean.

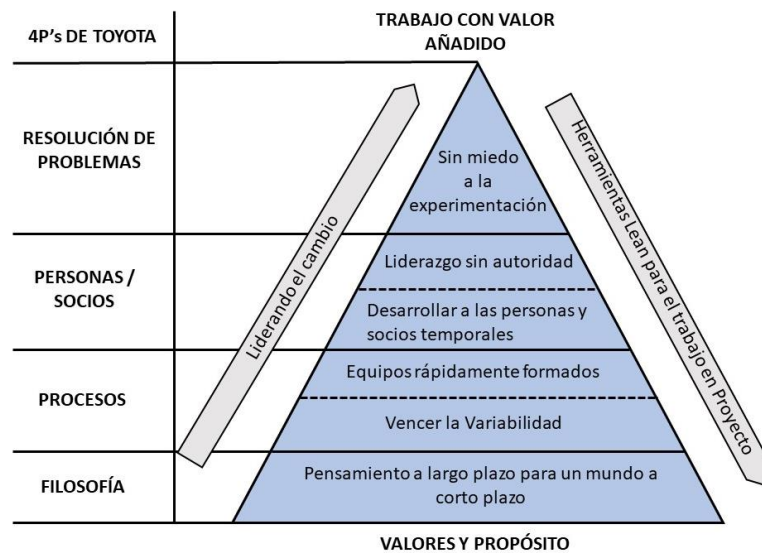


Figura 9: Modelo para una mejor construcción. Fuente: Lemke (2018)

3.1.4. Modelo de Personas, Proceso y Tecnología

Dave et al. (2008) propone un modelo basado en tres aspectos clave desde la perspectiva lean: las personas, los procesos y la tecnología. Y busca que se tenga una visión integrada, pues estos tres aspectos están relacionados entre sí y el no

abordarlos de manera conjunta no puede generar los beneficios deseados, dentro de las organizaciones.

Este modelo (Figura 10) enfoca a las personas como parte esencial de los procesos de construcción, pues la industria de la construcción se caracteriza por la falta de confianza entre las diversas partes interesadas que interactúan durante un proyecto de construcción, donde las disputas y los litigios son comunes. Un entorno tan hostil como este, no se presta a la innovación ni a formas eficientes de trabajo. Otro punto importante dentro del modelo planteado es el uso de los procesos ordenados y el uso de la tecnología, pues la implementación de tecnología en las organizaciones solo depende el 20% del tiempo en la implementación de la propia tecnología, el otro 80% depende de que las personas se sientan involucradas y entiendan como aplica la tecnología, mediante el uso de procesos ordenados.

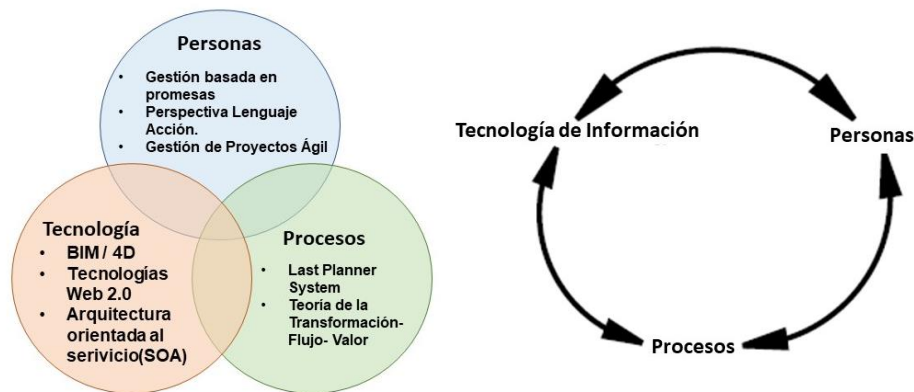


Figura 10: Modelo de gestión de personas basado en Personas, proceso y tecnología. Fuente: Dave et al. (2008).

A continuación, detallamos cada uno de los elementos planteados por Dave et al. (2008), estos se dividirán en el dominio de personas, donde se buscará obtener promesas confiables, mediante la aplicación de la teoría de la acción lingüística. Los procesos, estarán guiados por una correcta implementación del Sistema del último Planificador y la teoría del TFV (Transformación, flujo y valor). Estos dos dominios mostrados, irán de la mano con la aplicación de la tecnología mediante la aplicación de modelos BIM que nos brinden información y nos permitan realizar simulaciones 4D, también mediante el uso de tecnologías web 2.0 e infraestructura tecnológica para la implementación en obra. A continuación, se detalla cada uno de los puntos mencionados, así como las características de cada uno de ellos con su descripción (Ver Tabla 11)

Tabla 11: Características del Modelo de Gestión de Personas. Fuente: Dave et al. (2008)

DOMINIO	EJEMPLOS ILUSTRATIVOS DE TEMAS EMERGENTES.	CARACTERÍSTICAS DE LOS TEMAS EMERGENTES
Personas	Teoría de la acción del lenguaje / gestión basada en promesas	Tiene como objetivo resolver el problema de comunicación existente dentro de la construcción.
	Gestión de proyectos ágil	Transfiere el enfoque flexible e iterativo de la gestión de proyectos a la industria de la construcción.
Proceso	Sistema del Último Planificador	Aborda el proceso de construcción principal basado en L entrega de proyectos basado en Lean Construction
	Teoría TFV	Mejora la comprensión del proceso de construcción basado en una definición integrada de TFV
TIC	Modelado BIM / 4D	Mejora la generación de valor del proceso de construcción al mejorar la gestión de requisitos, la transparencia y la comunicación.
	Arquitectura orientada a servicios (SOA)	Proporciona una interfaz entre los procesos comerciales y la infraestructura de TI que permite flexibilidad y escalabilidad.
	Tecnologías web 2.0	Próximas aplicaciones de Internet que ofrecen una mejor gestión de la información y comunicación que tienen sinergia con SOA.

3.2. TEORÍA DE GESTIÓN DEL CAMBIO

Antes de establecer un modelo de gestión de personas, es necesario entender cómo se da el cambio en las organizaciones de manera tradicional y de manera lean. Shock (2010), menciona que, en el enfoque occidental, el cambio organizacional es comenzar tratando de que todos piensen de la manera correcta. Esto hace que sus valores y actitudes cambien, lo que, a su vez, los lleva naturalmente a comenzar a hacer las cosas correctas; sin embargo, este enfoque de cambio no ha funcionado, pues el cambio no se genera en otra la organización. Mientras tanto, en el enfoque lean; el cambio de cultura se entiende de otra manera. En el enfoque lean (Ver Figura 11), si deseamos cambiar la cultura de nuestras organizaciones, primero debemos definir las cosas que queremos hacer, las formas en que queremos comportarnos y queremos que nos comportemos unos a otros, para proporcionar formación y luego hacer lo que sea necesario para reforzar esos comportamientos. La cultura cambiará como resultado. Esto es lo

que significa: "Es más fácil actuar a su manera hacia una nueva forma de pensar que pensar a su manera hacia una nueva forma de actuar".



Figura 11: Modelo de gestión del cambio en las organizaciones. Fuente: Shock (2008)

Además, Pons (2017), menciona que para lograr la implementación de la filosofía lean: primero se debe llevar un cambio de comportamiento a través de nuevas rutinas (por ejemplo, Last Planner System, reuniones diarias y reuniones semanales), luego se produce un cambio de actitud debido a estos nuevos estándares, pues los participantes del proyecto adaptan las rutinas y finalmente, las personas comienzan a experimentar un cambio cultural dentro de la empresa. Es por ello que, en nuestro modelo propuesto, iniciaremos el cambio mediante la implementación de LPS, esto con el fin de generar comportamientos, que luego se convertirán en actitudes y una cultura de mejora continua que permitirá la implementación del modelo de gestión de personas.

3.3. MODELO PROPUESTO

Basados en los cuatro modelos propuestos anteriormente, propondremos un modelo basado en los dominios propuestos por Dave et al. (2008), es así el modelo se basará en Personas, procesos y tecnología (Ver Figura 12).

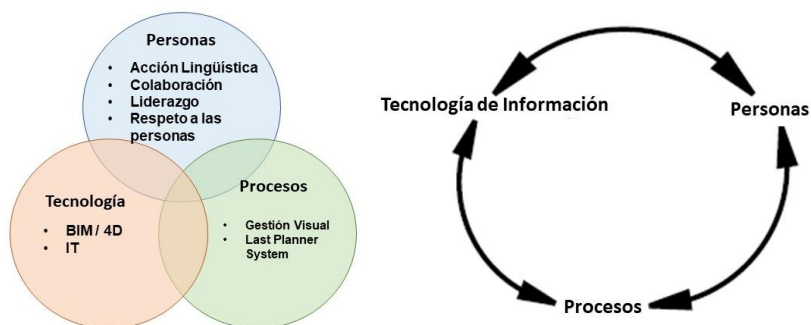


Figura 12: Modelo de gestión de personas propuesto. Fuente: Elaboración propia

Además, como podemos ver dentro de los modelos de Dhive et al. (2008) y Gonzáles et al. (2015) Last Planner® System, nos ayuda para mejorar la gestión de la construcción, además que promueve la dinámica social, concepto muy relacionado a la gestión de las personas. Así también, en el presente modelo consideraremos conceptos del dominio de gestión de personas como la teoría de la acción lingüística, colaboración, liderazgo y respeto a las personas; el dominio de los procesos mediante la implementación de LPS y la aplicación de la transparencia y la gestión visual para que la información llegue a todos los participantes del proyecto, de una manera rápida y entendible. Finalmente, nuestro modelo tendrá una base tecnológica, en la cual se considera el uso de BIM y el uso de tecnologías de la información para la mejora de la comunicación, estos puntos se detallan a continuación (Ver Tabla 12);

Tabla 12: Características del Modelo de Gestión de Personas Propuesto. Fuente: Elaboración propia.

DOMINIO	EJEMPLOS ILUSTRATIVOS DE TEMAS EMERGENTES.	CARACTERÍSTICAS DE LOS TEMAS EMERGENTES
Personas	Teoría de la acción del lenguaje / gestión basada en promesas	Tiene como objetivo resolver el problema de comunicación existente dentro de la construcción.
	Colaboración	Se buscará un espíritu de colaboración dentro del equipo de proyecto y con los subcontratistas.
	Liderazgo	Se debe buscar un liderazgo lean, que promueva la colaboración y el respeto por las personas en el proyecto de construcción.
	Respeto a las personas	Un ambiente de respeto a las personas, donde todas las ideas sean escuchadas.
Proceso	Sistema del Último Planificador	Utilizaremos LPS para promover la gestión de personas, mediante las conversaciones que se dan en las reuniones.
	Transparencia y gestión visual	Usaremos elementos de la gestión visual y transparencia con el fin
TIC	BIM	Mejora la generación de valor del proceso de construcción al mejorar la gestión de requisitos, la transparencia y la comunicación.
	Tecnología de la información (IT)	Usaremos las tecnologías de la información para la mejora de la gestión de la comunicación dentro del proyecto.

Lo planteado anteriormente, se detalla con el flujograma y pasos que seguirá la implementación del modelo de gestión de personas, propuesto. (Ver Figura 13). Nuestro modelo inicia con una alineación de las gerencias, para luego proceder con un diagnóstico del estado actual del proyecto, con la ayuda de la herramienta de Nivel de Madurez de LPS e indicadores del proyecto, con las brechas identificadas iniciamos la implementación del modelo, enfocándonos en primer lugar en acciones asociadas a las personas, luego los procesos y finalmente la tecnología e iremos comprobando si nuestras medidas funcionan, mediante la revisión de los indicadores semanales del proyecto.

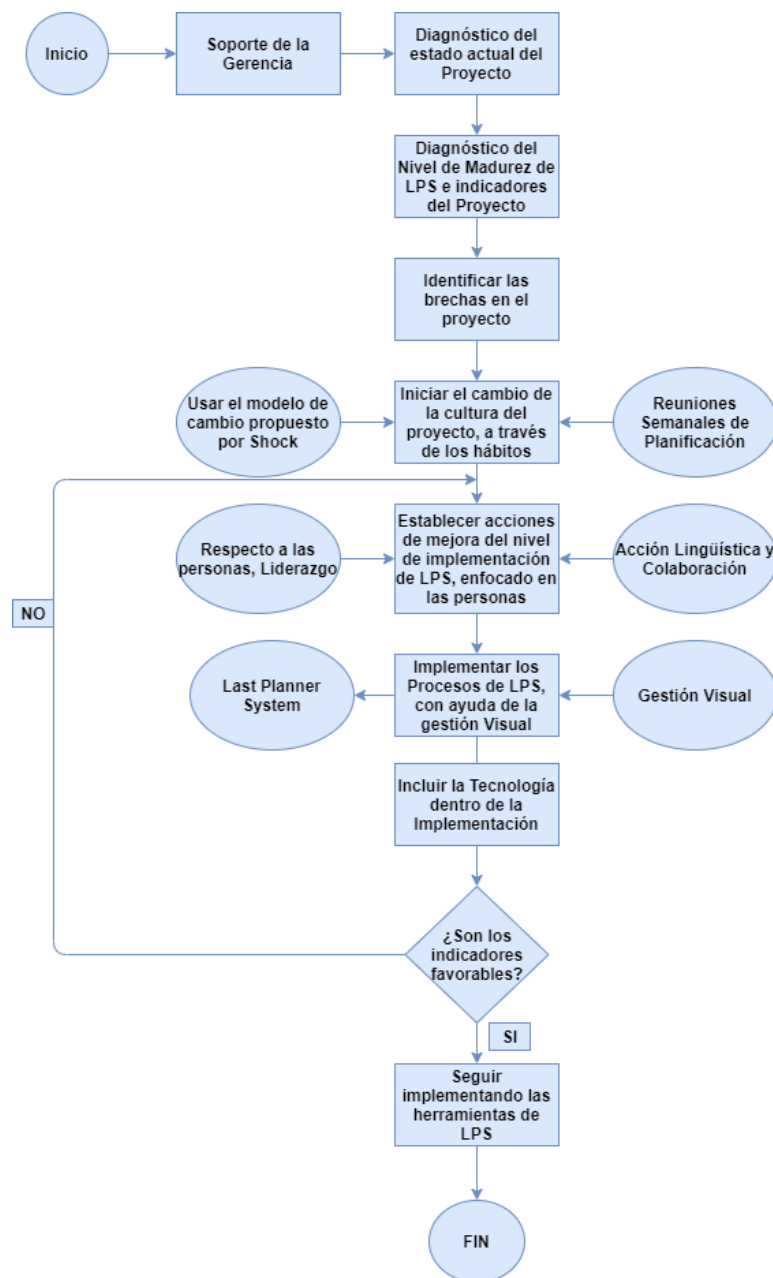


Figura 13: Flujograma del Modelo de Gestión de Personas. Fuente: Elaboración Propia.

3.4. PERSONAS

El dominio de personas, dentro de nuestro modelo propone un desarrollo de las personas dentro del proyecto, pues las personas son uno de los pilares de toda organización lean, para ello el modelo considerará la acción lingüística para asegurar que las promesas se cumplan dentro del proyecto, la colaboración como base del pensamiento lean, liderazgo lean y el respeto por las personas.

3.4.1. Acción Lingüística y Promesas Confiables

Los proyectos de construcción, implican esfuerzos humanos y este esfuerzo genera trabajo dentro de la organización, en el que los individuos trabajan juntos para cumplir objetivos comunes (Macomber y Howell, 2003). Sin embargo, Flores (1982), propone una definición diferente asociados al trabajo en los proyectos, la cual es la siguiente: "El trabajo de las empresas es hacer y cumplir compromisos", con este nuevo enfoque las personas son el centro de la organización, las cuales tienen como fin cumplir las promesas realizadas al cliente.

Es así que las ideas mostradas anteriormente, son desarrolladas a mayor profundidad por Flores (2015) en la teoría de la acción lingüística, en esta nueva teoría se aplica la teoría de los actos de habla de Austin (1971) y Searle (1969) a la gestión organizacional. Flores (2015) sostiene que ciertos "actos de habla" como las promesas son en sí mismas acciones en el mundo. Entendiendo las "conversaciones para la acción" como conversaciones cuyo propósito es la coordinación de diversas acciones (Salazar et al. 2018), Flores (2015) propone una estructura básica y universal basada en cuatro actos de habla. Los cuatro actos de habla que contienen todas las conversaciones para la acción son: 1) solicitud u oferta, 2) promesa o aceptación, 3) declaración de cumplimiento y 4) declaración de satisfacción. Así también, Flores (2015) define cuatro etapas de una conversación para la acción, que se denomina red o cadena de compromiso, la cual sigue cuatro etapas:

- 1) preparación de una solicitud, donde comienzan los compromisos, con una solicitud que se analiza
- 2) negociación y acuerdos;
- 3) ejecución y declaración de cumplimiento;
- 4) aceptación y declaración de satisfacción. El ciclo de la promesa confiable, se detalla en la figura 14.

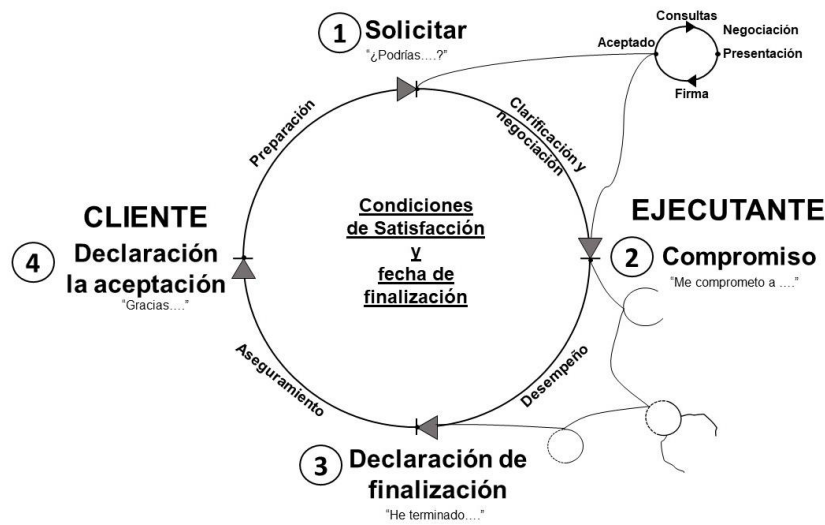


Figura 14: Flujo de Compromisos. Fuente: Macomber y Howell (2003).

Los cuadrantes mencionados anteriormente, son detallados por Davis (1998), como se describe a continuación (Ver Tabla 13):

Tabla 13. Estructura del flujo de compromisos. Fuente: Davis (1998)

CUADRANTE	DESCRIPCIÓN
Preparación	El ciclo de promesas, inicia con una etapa de preparación que está relacionada con las preocupaciones o actividades que ocurren antes del momento específico en que se hace una solicitud u oferta. Si este momento consiste en una solicitud, significa que el cliente potencial está pidiendo algo. Si se trata de una oferta, el aspirante a intérprete está ofreciendo algo al posible cliente. Tan pronto como ocurre el momento de la oferta o solicitud, comienza una nueva etapa: el período de negociación.
Clarificación y Negociación	De los muchos tipos de conversación que pueden ocurrir en el proceso de negociación, solo unos pocos mantienen un estado de compromiso entre las dos partes: aceptar la solicitud; declinarlo; contraoferta y llegar a una conclusión aceptable; o comprometerse a llegar a una resolución en una fecha futura. Cualquier otro tipo de respuesta rompe el compromiso sincero entre las partes. Las acciones pasan al cuadrante de desempeño si el cliente acepta la oferta del ejecutante y, a su vez, promete alguna forma de pago.
Desempeño	La actividad de desempeño busca generar lo que la teoría de la acción lingüística denomina las 'condiciones de satisfacción' para cumplir con lo acordado como resultado de las fases previas de preparación y negociación del ciclo. El desempeño efectivo implica comprender las condiciones de satisfacción y lo que se debe hacer para que el ejecutante llegue al momento en que declara su finalización y las acciones pasan a la siguiente fase final.
Aseguramiento	Esta fase es necesaria para mantener un estado de coherencia de coordinación e interpretación, donde el cliente evalúa lo que se ha entregado y dice lo que es bueno, lo que no es bueno y lo que falta. El ciclo de conversación por acción se cierra cuando el cliente declara estar satisfecho porque lo que se ha entregado es lo que se quería.

El conocimiento de la teoría de la acción lingüística, es de suma importancia para la implementación del modelo de gestión de personas, pues está relacionado con Last Planner® System, donde buscamos obtener promesas confiables y declaraciones de finalización a aquellas actividades que entregan trabajo a otros. La promesa confiable es la práctica utilizada para aumentar la confiabilidad de la finalización de las tareas del proyecto, creando así un flujo de trabajo confiable. Hamzeh y Ballard (2008) mencionan que los proyectos son promesas para el cliente y su finalización se realiza mediante acciones coordinadas a través de promesas en todos los niveles. De esta manera, Last Planner® System genera muchos niveles de conversación y coordinación entre los grupos de proyectos que culminan en un plan de compromiso mediante la articulación de actos lingüísticos de declaraciones, solicitudes, promesas, evaluaciones y afirmaciones. Estos compromisos se basan en actualizaciones y evaluaciones continuas del estado del proyecto y conectan el trabajo ya ejecutado con la intención de realizar el trabajo próximo y coordinar su finalización.

En el contexto de completar las actividades prometidas y entregar el trabajo a otros, las promesas confiables se logran cuando se satisfacen los siguientes elementos:

- 1- Las condiciones de satisfacción son claras entre la parte que hace la promesa y el cliente (siguiente actividad).
- 2- La parte que hace la promesa es competente para cumplir o tengo acceso a la competencia (materiales, herramientas, instrucciones, etc.).
- 3- La parte que hace la promesa ha estimado la cantidad de tiempo para realizar la actividad cumpliendo la promesa y ha reservado y asignado la capacidad requerida.
- 4- La parte que hace la promesa es sincera y no mantiene una conversación privada y tácita que contradice el cumplimiento.
- 5- La parte que hace la promesa hará todo lo posible para cumplir y asumirá la responsabilidad de las consecuencias que puedan derivarse del incumplimiento de la promesa.

3.4.2. Colaboración

Dentro del modelo propuesto, la colaboración será uno de los pilares importantes, pues permitirá al equipo del proyecto, lograr los objetivos del mismo. Pero antes de entender el concepto de colaboración, es necesario diferenciarlo de otro concepto relacionado y bastante confundido, el cual es la cooperación. Es por ello

que Schöttle et al. (2015) define dichos conceptos dentro del marco de Lean Construction. Schöttle et al. (2015) menciona que es común malinterpretar el concepto de “trabajar juntos” dentro de los proyectos de construcción, estos conceptos se usan cuando una de las partes, no puede lograr un objetivo por sí misma y, en consecuencia, necesita del conocimiento y experiencia de una o más partes. Según Schöttle et al. (2015), los términos se pueden definir de la siguiente manera:

- “La cooperación es una relación inter organizacional entre los participantes de un proyecto, que comúnmente no están relacionados por visión o misión, lo que resulta en una organización del proyecto separada con estructuras independientes, donde la cultura del proyecto se basa en el control y la coordinación para resolver problemas de forma independiente con el fin de maximizar el valor de la propia organización ”.
- “La colaboración es una relación inter organizacional con una visión común para crear una organización de proyecto común con una estructura definida en común y una cultura de proyecto nueva y desarrollada conjuntamente, basada en la confianza y la transparencia; con el objetivo de maximizar conjuntamente el valor para el cliente resolviendo problemas mutuamente a través de procesos interactivos, que se planifican en conjunto, y compartiendo responsabilidades, riesgos y recompensas entre los participantes clave ”.

En el modelo de gestión de personas, lograremos la colaboración mediante la implementación de Last Planner® System, esto nos permitirá que el equipo de proyecto tenga objetivos comunes, mediante los hitos propuestos en el cronograma, desarrollaremos confianza y transparencia mediante la gestión visual, logrando además incluir a los subcontratistas e interesados clave en las reuniones clave, mediante la implementación de la planificación colaborativa.

3.4.3.Liderazgo

El liderazgo, será otro elemento clave del modelo de gestión de personas. De manera tradicional, el liderazgo se entiende como un modelo de dirección y control; es decir, el liderazgo se centra en motivar a los trabajadores a realizar tareas requeridas dentro de los límites establecidos y para superar los problemas que surgen a medida que se desarrollan las actividades. Esto implica que los

trabajadores sean dirigidos y se controle que estén realizando las tareas encomendadas. Este enfoque, motiva a los trabajadores a realizar una tarea por incentivos o por castigos, y por ende el trabajador se encuentra subordinado a las decisiones del líder. En este modelo, las personas no pueden decir no ante una orden; cuando las personas no pueden decir que no, son despojadas de su dignidad, no pueden hacer promesas y no se puede confiar en ellas. Eso puede suceder en un modelo basado en la dirección y el control, donde los subordinados pueden encontrar que sus intereses están mejor atendidos de otras maneras, los individuos son reacios a revelar problemas que pueden conducir a una compensación reducida o perder la confianza en la dedicación del líder a la equidad y comenzar a cumplir maliciosamente las órdenes. (Howell et al. 2004).

En el caso del pensamiento lean, el liderazgo es más participativo y no es un modelo basado en la dirección y el control (donde los líderes dan órdenes a los trabajadores). En este nuevo modelo, la motivación ya no es externa, más bien, se entiende que la voluntad de realizar un trabajo, surge de la promesa del individuo a realizarlo. Los participantes, son responsables de velar por sus propios intereses y por ende decir "no". El cambio esencial en el liderazgo surge entonces de esta nueva comprensión de la gestión. Cuando la gestión se entiende en términos de compromiso, la naturaleza y el empuje del liderazgo cambia desde el enfoque en la meta impuesta y la motivación para lograrla, a generar la confianza necesaria para que las personas conecten sus intereses, coordinen acciones, aprendan e innoven juntas (Howell et al. 2004). La confianza, es un elemento clave dentro de este nuevo modelo de gestión y caracteriza a los equipos exitosos, Los equipos exitosos se basan en una base de confianza. Las personas llegan a confiar en los demás cuando muestran un patrón de confiabilidad al hacer y cumplir promesas, comparten preocupaciones comunes y son sinceras. Esto sucede en el lenguaje cuando las personas hacen solicitudes, negocian, establecen condiciones de satisfacción, realizan, declaran completo y aceptan el trabajo (Macomber & Howell 2003).

Howell et al. (2004), menciona que escuchar es la habilidad principal de los líderes en este nuevo modelo. Incluye escuchar y aclarar solicitudes y promesas, y escuchar más profundamente para comprender cómo se pueden atender los intereses de los demás. Cuando los líderes escuchan y están dispuestos a dejarse influir por preocupaciones o intereses subyacentes, pueden "articular y activar la red de compromisos" que pueden tener éxito para esa organización de proyecto

única. "Trabajar" en esta red genera la confianza necesaria para que las personas se arriesguen a aprender e innovar juntos y finalmente completar el trabajo físico. Generar confianza convierte a los extraños en amigos y luego en socios. La confianza se establece cuando los extraños llegan a verse unos a otros como personas confiables entre sí. Si bien eso puede suceder, generalmente no sucede simplemente. Y con demasiada frecuencia los extraños que reunimos para un proyecto, cada uno con marcas de experiencias negativas, comienzan con sospecha y luego aprenden a desconfiar.

El nuevo rol de cada líder de proyecto (arquitecto de proyecto, ingeniero consultor o gerente de proyecto) es dar forma a las circunstancias para que los miembros del equipo profundicen su relación desarrollando un entendimiento compartido, cultivando compromisos y produciendo coherencia de intenciones. Esto sucede cuando las personas trabajan juntas y exploran activamente la forma en que otros interpretan el mundo. La mayoría de las veces, esta exploración comienza con la pregunta: "¿Por qué dices eso?" pregunta realizada en un estado de ánimo de curiosidad. El liderazgo inicia, facilita y participa en estas conversaciones. Sin estas conversaciones, no podemos esperar que un grupo de personas funcionará como un equipo. Los clientes esperan que los encargados de nuestros proyectos creen un equipo coherente y sean responsables de cultivarlo y darle forma a lo largo de la vida del proyecto. Lo mencionado anteriormente será clave en el modelo de gestión de personas propuesto, para implementarlo en el proyecto nos guiaremos del uso del ciclo de la promesa confiable, mencionado por Flores (2015).

3.4.4. Respeto a las Personas

Otro punto clave dentro del modelo de gestión de personas, es el respeto a las personas. El cuál es el corazón de la filosofía lean y marca la diferencia entre una falsa implementación de lean y una verdadera implementación lean. Seed (2010), menciona que el respeto a las personas implica:

- Reconocer y mostrar aprecio por el valor de cada individuo y lo que aportan al equipo;
- Crear y mantener un entorno en el que sea seguro hablar sobre preocupaciones y problemas, con la expectativa de que otros escuchen;
- Adoptar una actitud de "problema primero"; y,

- Estar abiertos a las ideas de los demás y desafiarse unos a otros para mejorar.

Además, Korb (2016) menciona que el respeto a las personas, implica:

- Respetar la capacidad innata de cada ser humano para identificar el desperdicio y desarrollar formas creativas de mejora.
- Significa respetar sus contribuciones y, al mismo tiempo, desafiarlos a que siempre mejoren sus habilidades para resolver problemas.
- Significa pedirle a la gente que no solo apague los incendios, sino también que evite que se enciendan futuros brotes. Dándoles el tiempo y los recursos para experimentar con contramedidas, incluso si eso significa permitir que el experimento falle (aunque de manera controlada).
- Y significa proporcionar la capacitación y el liderazgo necesarios para proporcionar las habilidades para reconocer el desperdicio y desarrollar contramedidas que estén en línea con los objetivos generales de la empresa.

El respeto a las personas, no es lo mismo que la cortesía o la evitación de conflictos. Por el contrario, el respeto a las personas requiere que adoptemos el conflicto constructivo y discutamos abiertamente temas que normalmente podrían tratarse como "indiscutibles". El respeto a las personas, involucrará un nuevo liderazgo que se detalla en la sección anterior. Este nuevo liderazgo, implica una mejor escucha activa y empática a los participantes del proyecto, desarrollo de habilidades de inteligencia emocional, aplicar estrategias para un ambiente seguro. Dentro de la filosofía lean, se considera que las personas se encuentren siempre motivadas y es importante desarrollar sus capacidades por el bien del proyecto y de proyectos futuros. El objetivo no es simplemente producir mejoras, sino desarrollar la capacidad de mejora de cada persona. El respeto ayuda a generar confianza, lo que a su vez permite la innovación y la toma de riesgos para mejorar el proyecto (Seed, 2010). Cuando entendemos el respeto a las personas de esta manera, queda claro por qué el respeto a las personas, es crucial para el éxito de Lean a largo plazo: la mejora continua que es verdaderamente continua y continua solo puede sobrevivir en una atmósfera donde se practica el respeto a las personas (Korb, 2016). Es por ello que, en nuestro modelo de gestión de personas propuesto, desarrollaremos la mejora continua, la participación continua en las reuniones de planificación de cada uno de los subcontratistas y los entrenaremos en las herramientas lean y a la vez generaremos hábitos para que

ellos se sientan motivados en su participación dentro del proyecto, esto se logrará con los principios mencionados anteriormente, la implementación de mejora de procesos con la gestión visual y Last Planner System, y con la ayuda de la tecnología.

3.5. PROCESOS

3.5.1. Transparencia y Gestión Visual

Rajkumar (2010) afirma que nada es más importante para el éxito de un proyecto que la comunicación eficaz. Aproximadamente el 90% del tiempo de un proyecto se dedica a la comunicación por parte del director del proyecto. Es más, solo el 7% de la comunicación en un proyecto es verbal, el 38% se transmite a través de la calidad de la voz (oído) y el 55% a través de la postura, movimientos, gestos, expresiones faciales, colores, etc. (Visual) (Rajkumar, 2010). Los elementos visuales son un componente común de todo proyecto de construcción y tienen su raíz en el Sistema de producción de Toyota (TPS). Los ejemplos incluyen: señales de seguridad, vallas de colores, paneles con información relevante, cascos codificados por colores, señales de luz, etc.

La gestión visual, se basa en la transparencia, el cual es un principio dentro de lean construcción y se puede definir como la capacidad de un proceso de producción para ser comunicado con las personas (Formoso et al. 2002). La aplicación de principios de transparencia a los procesos durante la construcción, representa un cambio sustancial en la gestión de la producción; ya que apunta a transformar los procesos tradicionales "silenciosos" en procesos que se comunican de manera activa (Oliveira et al. 2012). En la comunicación convencional, la información se "transmite". Sin embargo, al utilizar la teoría de la transparencia no se transmite nada: la red de información (campo de información) y su respectivo acceso se crea de tal forma que la información se obtiene rápidamente sin necesidad de preguntar (Formoso et al. 2002). El uso de prácticas que aumenten la transparencia de los procesos en las obras también puede verse como una forma de mejorar tres aspectos considerados como "indispensables" para el avance eficiente de un proceso constructivo, estos son: organización de la obra, productividad y PCP (Planificación y Control de la Producción). (Oliveira et al. 2012).

Los impactos prácticos resultantes de la transparencia en un ambiente de trabajo se pueden resumir de la siguiente manera: simplificación y mayor coherencia en

la toma de decisiones, estimulación del contacto informal entre las diferentes posiciones jerárquicas, contribuciones para la introducción de políticas de descentralización, asistencia para extender la participación y la gestión de los trabajadores autonomía, mayor eficiencia en la programación de la producción, simplificación de los sistemas de control de producción, mayor comprensión y respuesta a los problemas y, finalmente, mayor motivación de los trabajadores para mejorar la capacidad de visualizar errores (Moser y Santos 2003). Así también, Koskela (2000) define la teoría de la transparencia en la construcción como la creación y el mantenimiento de un flujo de información ininterrumpido. Según el autor, la transparencia puede producir los siguientes beneficios dentro de un proceso de producción:

- Reducción de la interdependencia entre unidades de producción;
- El uso de dispositivos permite el reconocimiento visual inmediato del estado de un proceso de producción;
- El proceso se vuelve directamente observable a través de un diseño y señalización apropiados;
- La información del proceso se puede incorporar en áreas de trabajo, herramientas, contenedores, materiales y sistemas de información;
- Los entornos de trabajo se mantienen limpios y organizados;
- Hace visibles los atributos invisibles del proceso a través de la medición.

Ahora, que ya desarrollamos el concepto de transparencia en proyectos de construcción. Abordaremos la Gestión Visual, la cual se puede definir como un sistema de gestión que intenta mejorar el desempeño organizacional conectando la organización visual, los principios, los objetivos y la cultura con otros sistemas de gestión, procesos de trabajo, elementos de trabajo y partes interesadas mediante la estimulación directa de uno o más de los cinco sentidos humanos (visión, oído, tacto, gusto y olfato) (Liff y Posey, 2004). Según Tezel et al. (2010), la gestión visual se basa en el principio de que las personas generalmente se sienten atraídas por las cosas que pueden ver. La gestión visual está bien aceptada en las empresas japonesas y se presenta mediante letreros de advertencia, lemas, indicadores luminosos, tarjetas (kanban) y unidades de visualización visual, etc. El objetivo es utilizar los recursos visuales como una forma de hacer que la comunicación sea sencilla y atractiva. La gestión del color es una extensión de la gestión visual que produce una contribución visual a bajo costo y tiene un efecto psicológico útil. (Tezel et al.2010).

Hay algunas características específicas de la Gestión Visual (Greif 1991); (a) la información en la Gestión Visual se presenta para crear campos de información, de los cuales las personas pueden extraer información libremente de manera de autoservicio, (b) la necesidad de información se determina con anticipación para evitar deficiencias de información (enfoque preventivo) , (c) la visualización de la información está integrada en los elementos del proceso (espacio, maquinaria, equipo, componentes, materiales, herramientas, dispositivos, etc.) y (d) la comunicación es simple y se basa poco o nada en información verbal o textual. Así también, Galsworth (1997) establece cuatro categorías para herramientas visuales:

- Indicadores visuales: la información se muestra simplemente y el cumplimiento o adherencia a su contenido es voluntario (p. Ej., Consejos de asesoramiento de seguridad).
- Señales visuales: este tipo de dispositivo visual primero llama la atención y luego transmite su mensaje (p. Ej., Sirenas de camiones en movimiento en el sitio)
- Controles visuales: intenta impactar el comportamiento estructurando o construyendo un mensaje directamente en el entorno físico mientras se establecen límites físicos (por ejemplo, reductores de velocidad)
- Garantías visuales: diseñadas para asegurar que solo suceda lo correcto, también conocidos como dispositivos a prueba de errores o poka-yoke (por ejemplo, circuitos electrónicos que impiden el movimiento de los ascensores cuando la puerta está abierta).

Sin embargo, su enfoque se centra principalmente en la manufactura en lugar de la construcción, donde existen desafíos adicionales: los sitios de construcción son entornos cambiantes, el diseño del sitio sufre varias modificaciones a lo largo del proyecto y los sitios de construcción son lugares relativamente grandes donde se dispersan diferentes equipos (Formoso et al. 2002).

En la presente investigación se propone el uso de algunas herramientas visuales, las cuales son desarrolladas por Vila (2017) y las cuales forman parte de un estudio exploratorio de la gestión visual que realizó el autor en el 2017. Las herramientas mostradas, se enfocan en la gestión de la producción y nos ayudarán a mejorar la planificación en el proyecto de construcción. A continuación, se detallan las herramientas (Ver Figura 15,16,17 y 18):

- Gestión Visual para comunicar información relevante



Figura 15: Pizarra con información relevante del proyecto. Fuente: Vila (2017)

- Gestión Visual para asignar y entender el proceso



Figura 16: Procedimiento Visual de control de la torre grúa y distribución de las áreas de trabajo. Fuente: Vila (2017).

- Gestión Visual para la nivelación y control de la Producción.



Figura 17: Planificación colaborativa en un proyecto de autopistas. Fuente: Vila (2017)



Figura 18: Distribución de cuadrillas y control en un proyecto de edificación y plan semanal visual. Fuente: Vila (2017).

3.5.2.LAST PLANNER SYSTEM

En la presente Sección, detallaremos como se implementa cada una de los niveles de Last Planner® System, de manera que podamos obtener los mejores resultados, al implementar nuestro modelo de Gestión de Personas. La implementación de LPS, requerirá que se implementen todos los niveles (debería, puede, será, hice y aprender) y que se mantenga una fuerte disciplina en su implementación (Ebbs, 2017a y Richert,2017). Esto generará hábitos de colaboración que se convertirán en factores de éxito durante la implementación, pues LPS es un sistema socio técnico que utiliza una metodología de trabajo colaborativa articulada con compromiso, disciplina e inteligencia colectiva (Bertelsen, 2017).

A continuación, mostraremos la relación que existe entre los niveles de LPS (Ver Figura 19).

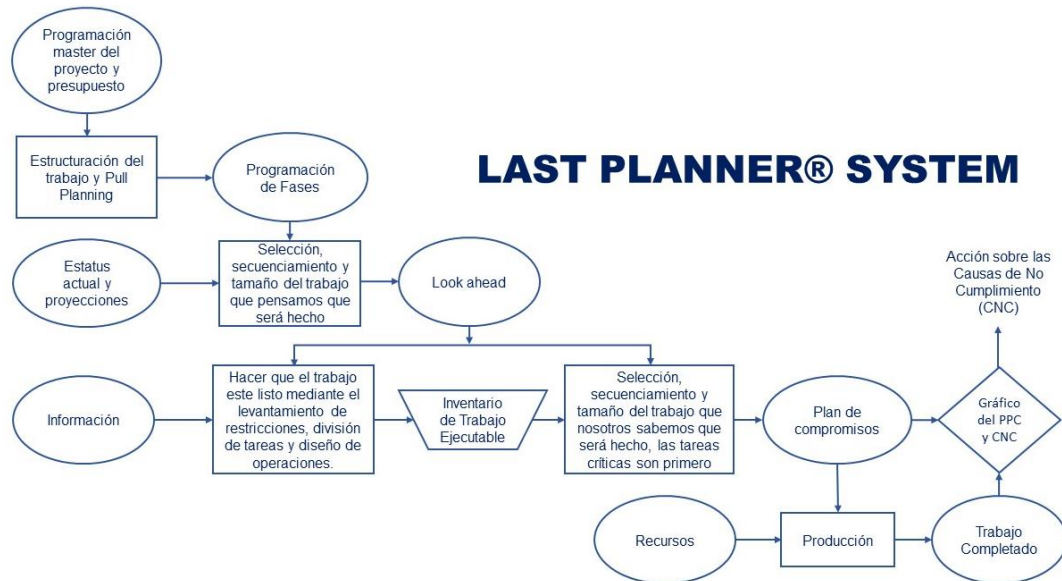


Figura 19: Relaciones entre los niveles de planificación de Last Planner® System. Fuente: Ballard y Tommelein (2016)

La figura 19, muestra como un nivel de planificación alimenta al siguiente. La función 1 ocurre en estos niveles de desglose de tareas: proyecto, fase, proceso y operación. El programa maestro se expresa en fases. El plan de fases se expresa en procesos. El look ahead planning se expresa inicialmente en procesos, pero el desglose de tareas posteriores consta de operaciones. Los diseños de operaciones (especificación de cómo se debe realizar el trabajo para cumplir con las expectativas establecidas) se expresan en pasos que deben llevar a cabo personas o equipos. Es importante tener en cuenta que el plan de trabajo que impulsa inmediatamente la producción es el producto de la selección de tareas elegibles en el inventario de trabajo ejecutable. Las tareas de los planes de compromiso están vinculadas a las operaciones. La ejecución de las operaciones de acuerdo con su diseño es controlada por el supervisor de primera línea (Last Planner) y los que ejecutan la obra (Ballard y Tommelein, 2016).

Lo mencionado en el flujo de LPS, no será posible; sino se siguen los siguientes principios clave, desarrollar por Emmanuel et al. (2015), los cuales se detallan a continuación:

- Asegúrese de que las tareas se planifiquen con mayor detalle cuanto más se acerque la ejecución de la tarea.
- Garantizar que las tareas se planifiquen con quienes deben ejecutarlas.
- Identifique de antemano las restricciones que se eliminarán en la tarea planificada.
- Asegurar que las promesas hechas sean seguras y confiables.
- Aprender continuamente de las fallas que se producen al ejecutar tareas para evitar que se repitan en el futuro.

Estos principios serán claves para la implementación de nuestro modelo de gestión de personas.

3.5.2.1. Pull Planning

Como se detalló en la sección 2.8.4, el Pull Planning o Planificación por fases, es el segundo nivel dentro de LPS y nos permite establecer la estrategia para desarrollar el cronograma del proyecto y también las condiciones de satisfacción del mismo, las condiciones de satisfacción son los requerimientos que se necesitan para que se cumpla una tarea y se transfiera a la siguiente estación de trabajo. Esta técnica es conocida, pues se trabaja de adelante hacia atrás, esto permite que se identifiquen mejor las actividades.

A continuación, detallaremos como Pull Planning se implementa en un proyecto de construcción y lo necesario para realizar una sesión Pull (materiales, participantes, pasos para la sesión y las características del facilitador):

a. *Materiales*

Los materiales para las sesiones Pull son de rápido acceso. Fauchier y Fulton (2018) recomiendan, los siguientes materiales para la sesión: post-its, plumones, papel de plotter o papelotes, cinta, planos de planta, registros de RFI, modelo BIM, etc. (Ver Figura 20, los materiales se indican con las flechas rojas).



Figura 20: Materiales para la sesión Pull. Fuente: Fauchier y Fulton (2018).

b. *Participantes*

Ballard y Tommelein (2016), mencionan que los participantes deben ser todos aquellos responsables de realizar el trabajo y con autoridad para tomar decisiones (Subcontratistas de cada una de las especialidades, ingenieros encargados, capataces). Además de otros que puedan proporcionar la información necesaria del proyecto; por ejemplo, especialistas de seguridad, calidad, procura, etc. Una de las claves para la sesión de planificación Pull, es que los expertos trabajen en colaboración para desarrollar la secuencia de actividades que produzca un flujo de trabajo aceptable.

c. *Antes de la Reunión*

Antes de la reunión es importante que todos los participantes de la sesión entiendan los hitos que se tienen en el proyecto y como estos hitos se relacionan con el trabajo que ejecutarán. Además, se deben de revisar los documentos del diseño, los planos del proyecto; es importante que se cada participante analicé el alcance de sus actividades y como planea ejecutarlas.

d. Durante la reunión

Durante la reunión es importante establecer una agenda que nos permita guiar la reunión de una manera efectiva, a continuación, se detalla los puntos de una agenda de reunión pull:

- Una breve introducción de cada uno de los participantes, donde indiquen su nombre, compañía, su rol y el alcance en el proyecto.
- Explicación de los hitos que se desarrollarán en la sesión.
- Resumen a nivel general del Jefe de construcción y también una explicación de cada frente y cuadrilla que se abarcará en la sesión.
- Rellenar los Post-it's con la información de cada participante y colocarlos colaborativamente, usando la técnica del Pull Planning.
- Revise la duración del plan entre todos los participantes de la sesión y ajústelo si se considera necesario.
- Compartir los aprendizajes de la sesión con el Plus/ Delta.

e. Pasos para la sesión de Planificación

Antes de detallar los pasos para ejecutar una sesión de planificación pull, es importante conocer los tipos de tarjeta que se usarán en la sesión. En las sesiones se utilizarán, unas tarjetas en forma de rombo que significarán los hitos y las tarjetas normales, divididas en tres secciones las cuales son: la tarea, el número de días y la actividad que se necesita completar para ejecutar la tarea. (Ver Figura 21).



Figura 21: Tarjetas usadas en la planificación Pull. Fuente: Elaboración Propia.

Ballard y Hamzeh (2008), detallan los pasos necesarios para ejecutar una sesión de planificación pull, estos pasos son los siguientes:

- Paso 01 y 02: Definir las fases de trabajo y las fechas de entrega de cada fase. (Ver Figura 22)

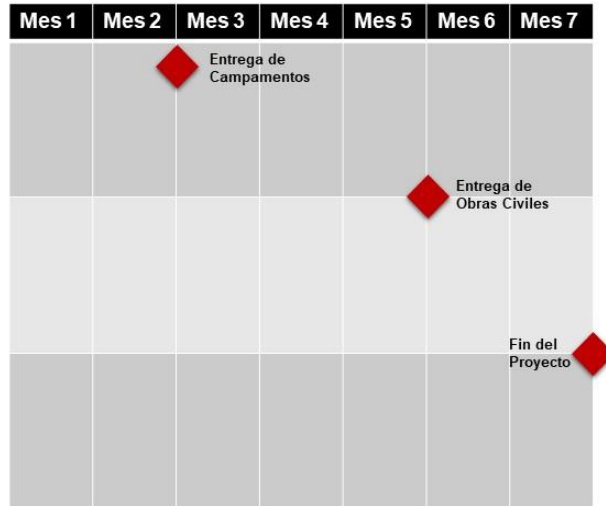


Figura 22: Paso 01 y 02 de la Planificación Pull. Fuente: Elaboración Propia.

- Paso 03: Utilizando la planificación colaborativa, planifique las actividades necesarias para completar la fase, trabajando en reversa, desde la fecha de finalización e incorporando los hitos intermedios. (Ver Figura 23).

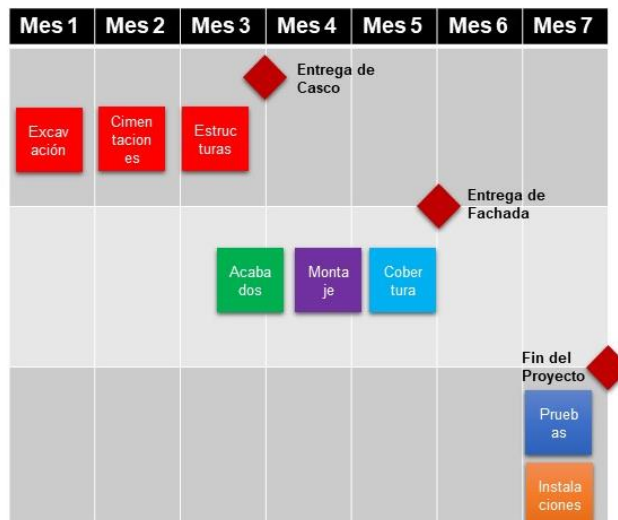


Figura 23: Paso 03 de la Planificación Pull. Fuente: Elaboración Propia.

- Paso 04: Agregue duraciones a cada actividad, sin considerar ninguna contingencia o buffer en la estimación. (Ver Figura 24).

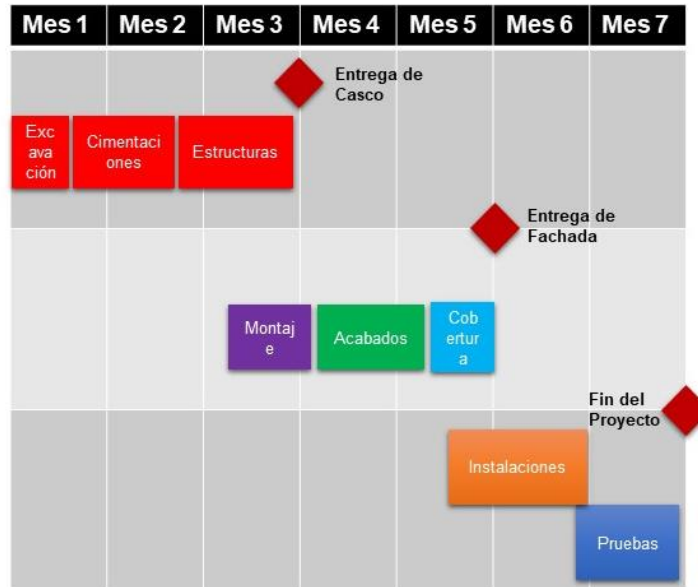


Figura 24: Paso 04 de la Planificación Pull. Fuente: Elaboración Propia.

- Paso 05: Revise la lógica del plan, para intentar acortar la duración. (Ver Figura 25).

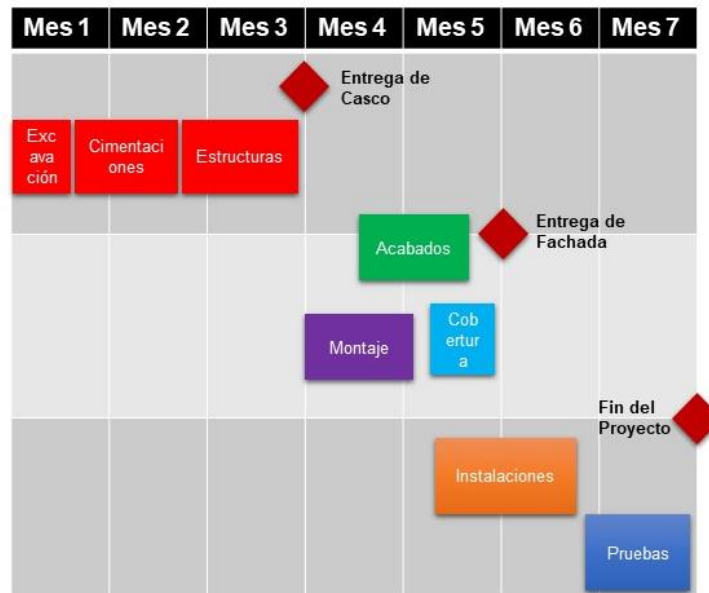


Figura 25: Paso 05 de la Planificación Pull. Fuente: Elaboración Propia.

- Paso 06: Determine la mejor y más práctica fecha de inicio.

- Paso 07: En esta etapa identificamos, que actividades son más propensas a ser afectadas por la variabilidad, en base a ello ordenamos las actividades críticas según la variabilidad y decidimos cuales de ellas necesitan buffers o contingencias. (Ver Figura 26)

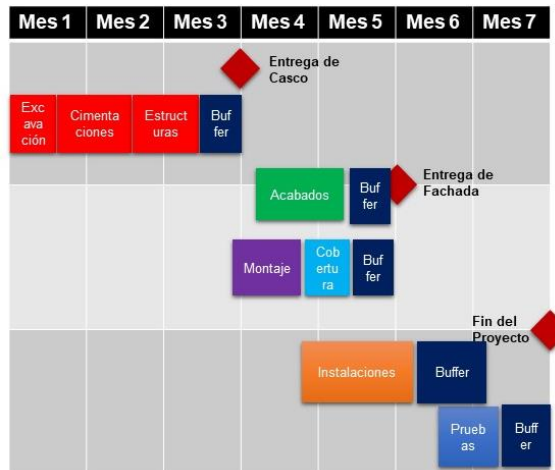


Figura 26: Paso 07 de la Planificación Pull. Fuente: Elaboración Propia.

- Paso 08: Tomamos nota si tenemos la intención de gastar las contingencias estimadas en el paso anterior, a diferencia de la contingencia del costo, esta contingencia del tiempo nos ayudará a reducir la variabilidad.
- Paso 09: ¿Se siente el equipo seguro de que los buffers son suficientes para asegurar la finalización dentro de los hitos? Si no es así, explique o cambie los hitos según sea necesario y posible. (Ver Figura 27)

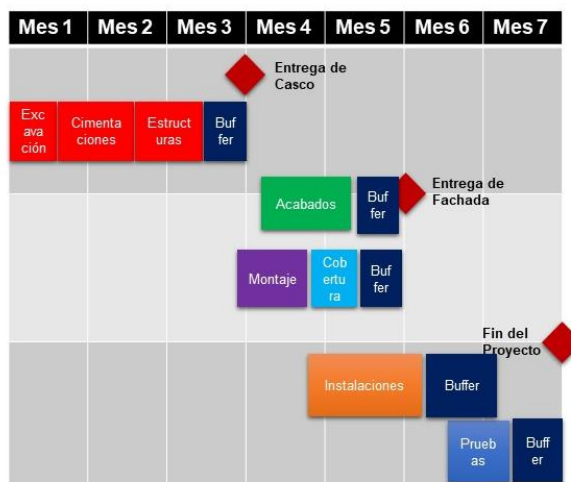


Figura 27: Paso 05 de la Planificación Pull. Fuente: Elaboración Propia.

- Paso 10: Si hay un exceso de tiempo disponible más allá del necesario para el buffer, decida si es necesario acelerar el cronograma o utilizar el exceso de tiempo para aumentar la probabilidad de que el proyecto se complete a tiempo.
- Paso 11: Use el tiempo no asignado a un buffer de contingencia general para la fase.

En resumen, la programación Pull se propone como una técnica para desarrollar un plan para completar el trabajo dentro de una fase de un programa maestro. Se puede utilizar como un medio para desarrollar los propios programas maestros. Los planes se producen utilizando un enfoque de equipo, planificando hacia atrás y asignando públicamente las contingencias de programación para absorber o amortiguar la variabilidad restante (Ballard y Hamzeh, 2008). Además, los efectos en el equipo son importantes, Park (2017), realizó un estudio relacionado a la planificación en reversa y noto, que a diferencia de la planificación tradicional. El realizar una planificación hacia atrás, logramos que las personas tengan más claros los objetivos que desean lograr y generen una mayor motivación.

f. Recomendaciones para la sesión

Coln (2016) establece algunos criterios para la mejora de las sesiones pull, las cuales detallamos a continuación:

- Enviar una invitación y agenda de la sesión pull: Es importante que los participantes sepan por qué, qué y cómo se estructurará la sesión. Además, se debe detallar los hitos que se desarrollarán durante la sesión de planificación, así también la descripción de los nombres o fases del área donde se llevará a cabo el trabajo.
- Es importante contar con un facilitador y no un dictador: Las sesiones de planificación pull, requieren una participación activa de los participantes de la misma. Es por ello que el rol del facilitador es sumamente importante. Si el facilitador trata de dictar actividades, puede hacer que los participantes siempre estén de acuerdo y esto lleve a tener un plan poco confiable. Debemos asegurarnos de reconocer y abordar sus expectativas para las promesas o entregas. Las personas tienen diferentes percepciones y

suposiciones. Un buen facilitador se asegurará de que todas las partes tengan entendimiento común.

- Se debe dejar de lado las fechas establecidas en el cronograma: Al facilitar la sesión, solo debemos pedir las duraciones de las actividades y se debe dejar ahí. Esto permite al equipo enfocarse en el trabajo de secuenciación de las actividades de mejor manera, tanto para participantes y también para el proyecto. Es importante explicar a los participantes de la sesión, que durante el proceso de preparación de LPS, las actividades del pull plan se evaluarán para determinar qué se puede hacer, lo que conducirá a una fecha de inicio más predecible.
- Dejar al equipo con ganas de más: Luego de realizar la sesión de planificación Pull. Los expertos que se juntaron y generaron el plan, se encontrarán ansiosos y entusiasmados de ejecutar el plan que se ha creado. No se debe permitir que el plan Pull desaparezca, debemos de mostrarlo en el Big Room, en las áreas de reunión diaria y en cualquier lugar donde las cuadrillas realicen la planificación. Es importante empoderar a los últimos planificadores, para que tomen posesión del plan que han realizado, se debe ser transparente sobre las métricas que utiliza el proyecto e informan a las cuadrillas que el cumplimiento de las metas del proyecto, serán celebrados por el equipo del proyecto.

g. Características del Facilitador

Como se mencionó anteriormente, la labor del facilitador en una sesión Pull es de suma importancia. Es por ello, que antes de realizar una sesión de Planificación Pull, es importante contar con un facilitador que nos ayude a completar los objetivos de la sesión. Faucher y Fulton (2018), mencionan que para liderar una sesión de Planificación Pull, se requiere PEN (Preparación, Entusiasmo y Neutralidad), a continuación, se detalla cada una de estas características:

- Preparación: Antes de iniciar la sesión, debemos preparar al equipo mediante simulaciones que logren generar en los participantes el entendimiento de la importancia de la sesión Pull. Faucher y Fulton, recomiendan que el equipo pase alrededor de 03 a 04 horas en simulaciones con ayuda de Villego. Esta etapa también implicará que el líder de la sesión, prepare los materiales correctos, reunir al equipo que

formará parte de la sesión y seleccionar los hitos clave para desarrollar la planificación.

- Entusiasmo: El facilitador, debe mantener un ritmo constante y algo acelerado o urgente para lograr mantener la atención y el enfoque de todos los participantes de las sesiones de planificación. El líder debe ser entusiasta, tanto sobre el proceso y también con la capacidad de los participantes del proyecto de contribuir con su habilidad, experiencia y conocimiento únicos a la planificación pull. También el facilitador, debe establecer horizontes de tiempo para cada una de las actividades, a continuación, mostramos algunos ejemplos de esto:

-“OK, levantemos nuestras etiquetas en 30 minutos, si necesitan ayuda, tengo dos manos”.

-“¡Buen trabajo Frank! Vamos, Greg, consigue esas 3 etiquetas allí antes de escribir más, el equipo necesita tu opinión en la pared”.

-“OK, tenemos que pasar al siguiente paso, tiene 5 minutos más”-

Esto genera, que en la sesión se generen zumbidos, es decir conversaciones entre los participantes sobre el plan que se está construyendo entre todos los miembros del equipo. El facilitador, también debe de moverse a lo largo de la sala, haciendo las siguientes preguntas:

-“¿Qué más tiene que estar en su lugar para liberar este trabajo?”

Además, se debe de asegurar que los *poss-its* se encuentren moviéndose en la pared- Y luego asegúrese que las etiquetas sigan moviéndose a la pared. No todas las personas son entusiastas; sin embargo, una sesión de planeamiento pull es una “etapa” y el líder tiene que desempeñar el papel, por lo que si normalmente es más reservado no sé logrará la participación de todos los interesados. Es importante que se piense este rol, como una tarea de actuación y se tiene que desempeñar un papel de la mejor manera, esto implicará usar nuestra voz, el cuerpo y movimientos, de manera que se mantenga la planificación enfocada y nos permita movernos rápidamente. (Ver Figura 28)



Figura 28: Planificación desarrollada por el equipo de proyecto. Fuente: Faucher y Fulton (2018).

- **Neutralidad:** La neutralidad, es otro punto clave dentro de las sesiones de planificación Pull. De manera tradicional, la gestión es vista desde el enfoque de comando y control, es decir que las ordenes son de arriba hacia abajo, en este modelo no permite a los subcontratistas tener voz, de esta manera no pueden decir “no” ante una orden que se les ordena. Esto genera que no haya promesas confiables en el proyecto y se incumplan los compromisos con facilidad. La Planificación Pull, necesita un equipo que trabaje en base a la colaboración y que cada una de las personas confíe el uno en el otro y pueda dar duraciones reales para la ejecución de las tareas (sin colchones ocultos) (Ver Figura 29). Para lograr esto, el facilitador de la reunión, debe iniciar la sesión con la siguiente frase: “Queremos su aporte sincero hoy. Seguro que hemos pensado en esto y tenemos un plan de cómo podría funcionar, no habríamos logrado este proyecto sin él. Pero ese plan siempre puede mejorar con su experiencia y aporte. Así que vamos a resolver esto juntos. Y me mantendré neutral, en cuanto a cuál es la mejor manera de construir hasta que hayamos jugado con nuestros poss-its y hayamos decidido como grupo qué forma funcionará para la ventaja de todos”. Y como líder, sino puede resistirse y necesita salir de su rol neutral y abogar por una posición, entonces entregue el PEN (Preparación, Entusiasmo y Neutralidad) a otra persona para que sirva como líder neutral por unos minutos. Cuando haya definido su posición, anuncie que está retirando el PEN y ahora volverá a ser neutral.



Figura 29: Equipo trabajando de manera colaborativa en la planificación. Fuente: Faucher y Fulton (2018).

3.5.2.2. Look ahead Planning

Esta etapa también es conocida como el Make Ready, es decir la programación que prepara al equipo del proyecto, para ejecutar una tarea. Como se detalla en la sección 2.8.5, lo que se busca con este nivel de LPS es garantizar que se puedan ejecutar las tareas programadas, mediante la identificación de restricciones y su liberación oportuna, de manera que generemos un escudo que protege la programación. Para lograr la implementación efectiva, es importante tomar en cuenta los siguientes procesos:

a. Definición de la ventana de Planificación

El número de semanas de planificación es propio de cada proyecto. Sanchis (2013), menciona que además de las propias características del proyecto, es importante considerar la confiabilidad de la planificación, los tiempos de respuesta de la información, de llegada de materiales, mano de obra y equipos. Puesto que algunas actividades tienen tiempos de respuesta largo, esto quiere decir que existe una gran cantidad de tiempo entre que se hace el pedido y llega el requerimiento. Estos periodos de respuesta, deben de ser identificados inicialmente para cada una de las actividades consideradas en nuestro programa maestro.

b. Definición de las actividades del Look ahead Planning

Las actividades que se consideran en el look ahead, son parte del cronograma maestro y forman parte del intervalo definido en la etapa anterior. Sanchis (2013) menciona que lo que se obtiene del Look ahead, es el conjunto de tareas que se ejecutarán en la ventana de tiempo establecida. Además, las actividades seleccionadas, están relacionadas a diferentes tipos de restricciones, que determinan si la tarea se podrá ejecutar o no dentro del intervalo de tiempo

seleccionado. Ballard et al. (2007), mencionan que adicionalmente el look ahead es gobernado por tres actividades clave: la explosión, la revisión y el Make Ready.

c. Explosión

Ballard et al. (2007), refieren que la explosión de las tareas, implica detallar las actividades que se encuentran en el Plan Maestro del proyecto. Es necesaria, una gran cantidad de detalles, durante la elaboración de la planificación look ahead; pues debemos tener en cuenta las entradas y salidas que se necesitan para ejecutar esta actividad. Esta etapa nos permitirá poder realizar una revisión de las restricciones asociadas a cada actividad detallada anteriormente. Una vez identificadas las tareas y las restricciones, el siguiente paso será realizar un análisis de las mismas.

d. Revisión

Sanchis (2013), menciona que en esta etapa se busca conocer el estado de las tareas consideradas en el look ahead en relación a las restricciones y la posibilidad de levantarlas antes que inicien las actividades, a partir de esto, podemos considerar el adelantar o retrasarlas, en relación al plan maestro. La labor de la revisión es conocer la información que va a ser consideradas en el look ahead, pues conocer las actividades que presentan restricciones y ver si será posible ejecutarlas en la ventana de planificación. La figura 30, muestra el proceso de revisión.

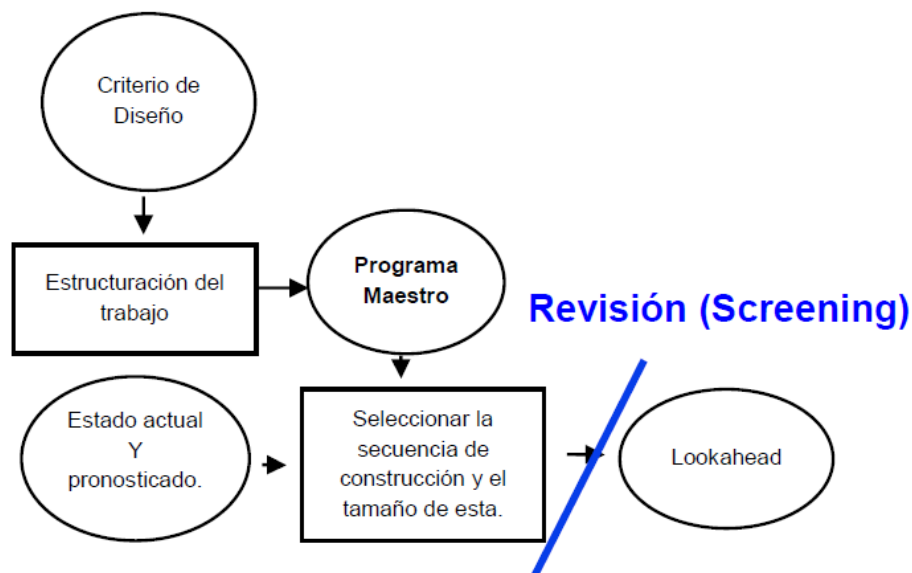


Figura 30: Proceso de Revisión. Fuente: Sanchis (2013)

e. Análisis de Restricciones

Ahora que las tareas han sido identificadas, es necesario que se evalúen las restricciones de cada una de ellas. Koskela (2000), establece que para la ejecución de una tarea existen siete pre condiciones o flujos que se deben de cumplir para que una tarea no tenga problemas en su ejecución (Actividades previas, materiales, personas, equipo o herramientas, información, espacio seguro y condiciones externas), más adelante Pasquire (2012) menciona un octavo flujo o precondición para ejecutar una tarea, el cual llama el entendimiento común. Este nuevo flujo se trata de que entendamos cuáles serán los pasos necesarios para ejecutar una tarea y asegurar que los trabajadores entiendan la secuencia de construcción y realicen las cosas de manera correcta.

Ebbs y Pasquire (2019), condensan toda la información mostrada anteriormente en el siguiente gráfico que describe la interacción de cada uno de los flujos. (Ver Figura 31)

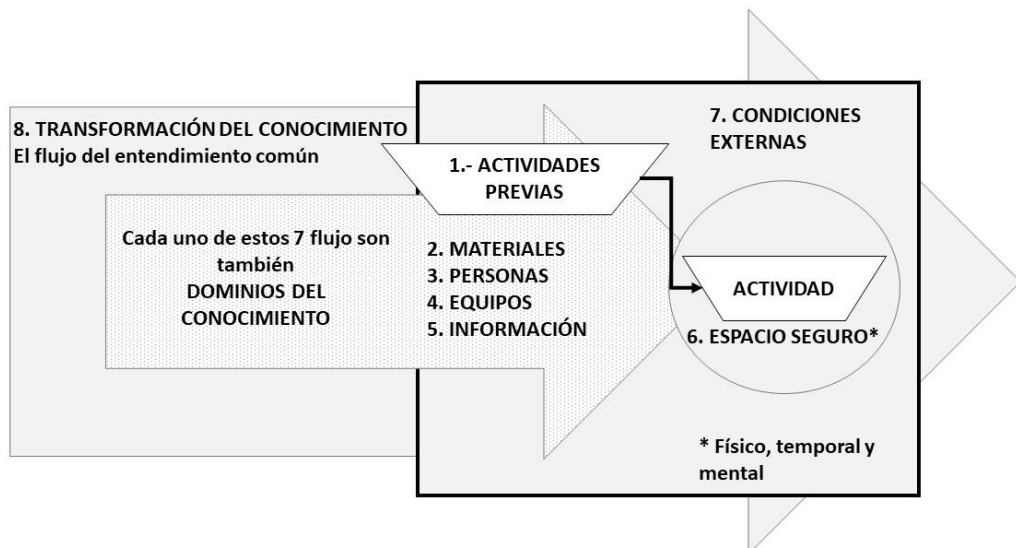


Figura 31: Precondiciones para ejecutar una tarea. Fuente: Pasquire y Ebbs (2019).

Luego de realizar el análisis de las restricciones, tendremos una lista de las potenciales restricciones del proyecto, además cada categoría debe de involucrar quien es el responsable de la restricción. El formato de análisis de restricciones como el que se muestra en la Figura 32, ayuda a identificar y rastrear el estado de las limitaciones en las asignaciones.

LOG DE RESTRICCIONES				Fecha de Actualización :		
Id	Descripción de Restricción	Responsable	Fecha Identificada	Fecha Requerida de Liberación	Fecha Comprometida de Liberación	Fecha Liberada

Figura 32: Log de Restricciones. Fuente: Elaboración propia.

f. *Make Ready*

Este proceso implica dejar las tareas listas y preparadas para ser asignadas en el plan semanal (Ballard et al. 2007). Para ello se toman acciones que ayuden a remover las restricciones de las actividades y que éstas puedan iniciar en el momento indicado (Sanchis, 2013). Ballard et al. (2007) y Sanchis (2013), mencionan que este proceso implicará tres pasos:

- **Confirmar el tiempo de respuesta:** Levantar una restricción inicia con la identificación de quién es la persona encargada de liberar la restricción y cuanto es el tiempo que demorará el levantar la restricción. Este tiempo de espera a la respuesta, debe ser menor a la ventana de planificación que se estimó en el look ahead o la tarea no debería ser considerada en esta planificación. Es posible que se presenten imprevistos al intentar liberal la restricción, por ello es importante mantener comunicación con los encargados de la restricción. La confirmación del tiempo de respuesta, es parte del proceso de revisión, detallado en la sección anterior y se debe repetir semanalmente durante la actualización de la planificación look ahead.
- **Arrastrar:** El segundo paso es solicitar al proveedor, que posea todo lo necesario para realizar el proceso al que ingresará; además en este proceso le pedimos al proveedor que nos confirme cuáles son sus necesidades, de manera que podamos completar la actividad que comienza. Este arrastre puede hacer que el proveedor vuelva a secuenciar su trabajo, lo que resultará en un costo adicional o no. Un ejemplo del arrastre es solicitar los materiales para un área de trabajo, se entreguen

antes que los de otra área, pues el trabajo previo para la primera área debe completarse antes.

Apresurar: Si el tiempo de respuesta esperado es demasiado grande, entonces puede ser necesario asignar recursos adicionales para acortarlos. Ejemplos de apresuramiento son el envío de materiales por aire en lugar de la vía terrestre, trabajar horas extras, obtener un permiso de construcción para una parte del edificio cuando se va a completar el diseño restante o subcontratar a una empresa con equipo más sofisticado que puede reducir el tiempo de ejecución.

Lo importante de esta etapa, es liberar las restricciones de las actividades; de manera que puedan ser ejecutadas sin ningún problema. Luego de tener las tareas liberadas, éstas formaran parte del Inventario de Trabajo Ejecutable (ITE) el cual almacena una lista de las tareas que tienen una alta probabilidad de ser cumplidas.

g. Inventario de Trabajo Ejecutable (ITE)

El inventario de trabajo ejecutable, contiene las actividades que han sido liberadas de restricciones y posee una alta probabilidad de ejecutarse, esto genera que se tenga una lista de actividades que se tiene la certeza que pueden ser ejecutadas (Sanchis, 2013).

Además, el ITE considera el siguiente tipo de actividades:

- Actividades con restricciones liberadas que pertenecen al ITE de la semana en curso que no pudieron ser ejecutadas.
- Actividades con restricciones liberadas que pertenecen a la primera semana futura que se desea planificar.
- Actividades con restricciones liberadas con dos o más semanas futuras (situación ideal de todo planificador).

Si una actividad del plan de trabajo semanal, no puede ser ejecutada. El ITE actúa como un Plan B de actividades que no afectan el trabajo priorizado durante la semana y se pueden completar de forma aislada. Estas actividades se pueden incluir en el plan de trabajo diario o semanal en caso de que el trabajo no pueda iniciar debido a una restricción no liberada. Esto asegura que si (y cuando) el trabajo se detiene; ya existe un Plan B para que las personas trabajen mientras se elimina la restricción del Plan A (Ebbs y Pasquire, 2019).

Con las actividades liberadas en el ITE, podemos realizar la planificación semanal.

3.5.2.3. Plan Semanal

Como vimos en la sección 2.8.6, el plan semanal involucra el conjunto de acciones que ejecutaremos durante la semana de planificación y son el conjunto de actividades que se encuentran libre de restricciones. Está programación debe ser realizada por los últimos planificadores, pues son ellos los que conocen la realidad del proyecto y que tareas pueden ejecutarse y cuáles no, durante la semana. Un ejemplo de plan semana se puede observar en la figura 33, desarrollada por Pons (2019):

PLAN SEMANAL																				
ID.	ACTIVIDAD	FECHAS		UD.	RESPONSABLE	META		COMPLETADA	SEMANA	Junio										
		INICIO	TERMINO			Comprometida	Alcanzada			1	4	5	6	7						
															V	L	M	M	J	
										1-jun	4-jun	5-jun	6-jun	7-jun						
EDIFICIO																				
Ciclo 1 Muros																				
	Enfierradura	31/05	02/06		JP	100%	100%	1												
	Encofrado	04/06	05/06	m2	IR	100%	95%	0												
	Hormigón	05/06	05/06	m3	MA	100%	0%	0												
	Descimbre y Limpieza	06/06	06/06		IR	100%	0%	0												
Ciclo 2 Muros																				
	Enfierradura	31/05	04/06		JP	100%	100%	1												
	Moldaje	05/06	06/06	m2	IR	100%	100%	1												
	Hormigón	06/06	06/06	m3	MA	100%	100%	1												
	Descimbre y Limpieza	07/06	07/06		IR	100%	0%	0												
Ciclo 3 Muros																				
	Enfierradura	31/05	05/06		JP	50%	30%	0												
RESUMEN: Total Cumplidas (4) / Total Actividades (8) = 50%																				

Figura 33: Modelo de Plan Semanal. Fuente: Pons y Rubio (2019).

a. Criterio de Calidad para Programación de Tareas Semanales

Para tener una buena calidad de actividades semanales, Ballard et al. (2007) y Sanchis (2013) mencionan que los planes de trabajo semanales son efectivos si cumplen los siguientes cinco criterios:

- **Definición:** Para tener una correcta definición de las actividades seleccionadas, se deben tener en cuenta los siguientes criterios, ¿Las actividades consideradas en el plan semana están suficientemente detalladas para que puedan recopilarse el tipo y cantidad adecuada de información y materiales, el trabajo a ejecutar se puede coordinar con otras disciplinas o especialidades y sea posible saber al fin de semana si las actividades planificadas han sido completadas?
- **Consistencia:** El segundo criterio, busca que las actividades a planificar sean coherentes de ejecutar en la semana. Por lo cual, es importante que las tareas planificadas respondan a las siguientes preguntas: ¿Es viable ejecutar todas las tareas planificadas? ¿Se entiende que es lo que se requiere para ejecutar la actividad? ¿Se tiene lo que se necesita de los

demás? ¿Todos los materiales están disponibles? ¿Está completo el diseño?; ¿Se completaron los pre requisitos para ejecutar las tareas? Es importante tener en cuenta que quedarán algunos trabajos que debieron ejecutarse la semana anterior, se completarán en la presente semana. No obstante, la intención es hacer todo lo posible para completar el trabajo en la semana que se planificó.

- **Secuencia:** El tercer criterio es el relacionado al secuenciamiento de actividades en el plan semanal. Es por ello que el plan debe de responder las siguientes preguntas: ¿Se seleccionan las tareas en orden de prioridad y en orden de viabilidad, siguiendo el cronograma maestro? ¿La realización de las actividades del plan semanal, liberará el trabajo que necesita otra persona? ¿Existen tareas adicionales y que son consideradas de baja prioridad que se puedan realizar, en caso de que las actividades planificadas no se cumplan?
- **Tamaño:** El cuarto criterio va relacionado a la capacidad que tenemos para ejecutar las tareas planificadas. Es por ello, que se responde la siguiente pregunta: ¿Las tareas se planifican considerando la capacidad individual o grupal de las unidades de producción?
- **Aprendizaje:** El último criterio, busca que se realiza un análisis del porque no se cumplieron las actividades planificadas la semana. Es por ello, que se busca responder la siguiente pregunta: ¿Se hace un seguimiento de las tareas que no se completan dentro de la semana, se identifican las causas de no cumplimiento (CNC) y se toman medidas correctivas?

Tener un plan que cumpla con estos criterios de calidad no garantiza el éxito. Un plan siempre puede fallar en la ejecución. Sin embargo, el propósito de Last Planner es ayudar a minimizar las fallas en la calidad del plan para evitar fallas innecesarias durante la ejecución del plan. Solo las asignaciones que cumplan con estos criterios de calidad pueden incluirse en un plan de trabajo semanal. La razón para hacer solo asignaciones de calidad es proteger al equipo de producción de las incertidumbres en el flujo de trabajo.

A continuación, se muestra un ejemplo de un plan semanal, en donde se consideran actividades que cumplen los criterios de calidad (Ver Figura 34):

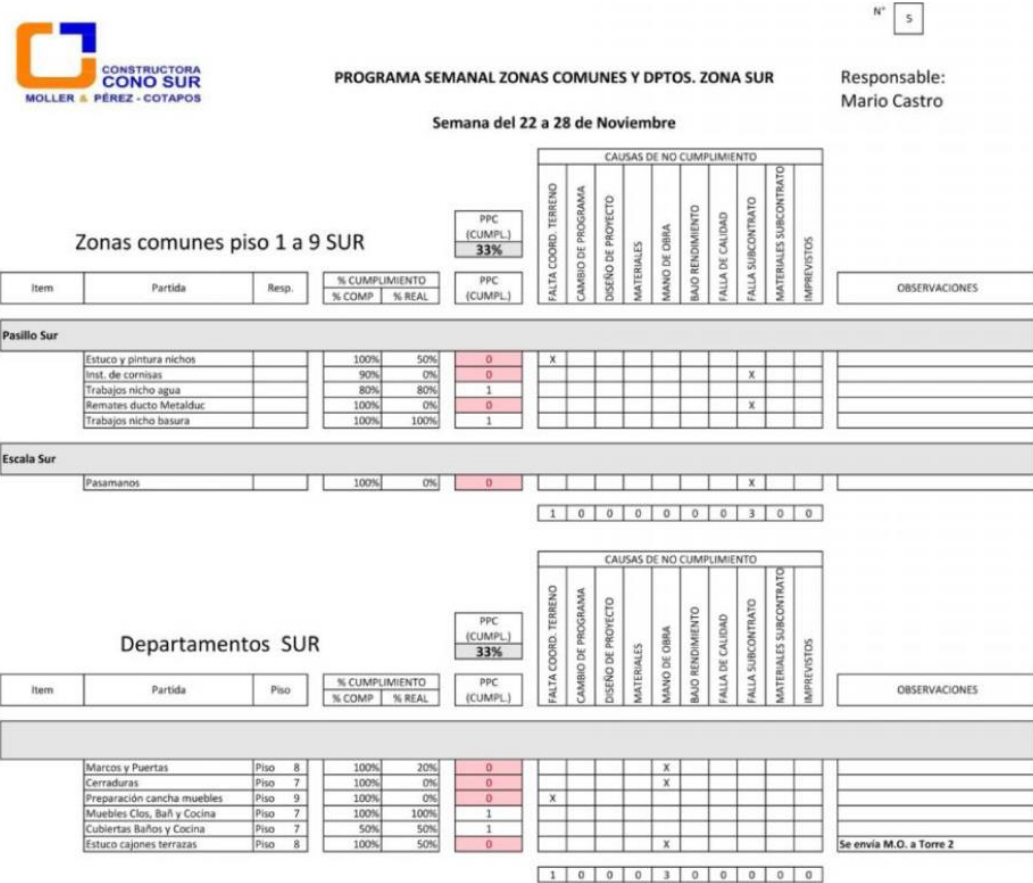


Figura 34: Ejemplo de Plan semana. Fuente: Sanchis (2013)

b. Medición del desempeño del sistema de planificación con el PPC

LPS necesita medir la calidad del plan de trabajo semanal. Medir la calidad de la planificación es el primer paso para el aprendizaje acerca de los errores que se presentaron en la planificación y luego de ello implementar mejoras, esta medición se realiza a través del PPC (Porcentaje de Plan Cumplido). El PPC, evalúa hasta qué punto LPS fue capaz de anticipar las actividades que se ejecutarían la semana siguiente. Esto quiere decir, que compara el plan semanal, con lo que fue hecho, reflejando que tan confiable es la planificación (Ver Figura 35)

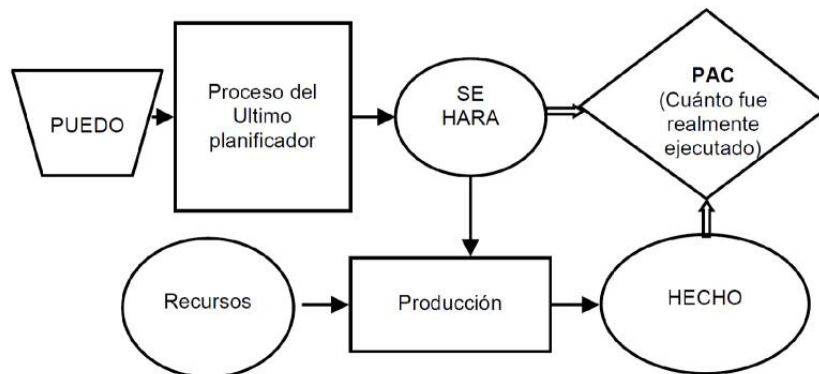


Figura 35: Proceso de evaluación del PPC. Fuente: Sanchis (2013)

El PPC, se expresa en porcentaje y se calcula dividiendo el número de tareas cumplidas en la semana, entre el número de tareas planificadas. (Ver Figura 36)

$$\text{PPC (\%)} = \frac{\text{N.º DE TAREAS COMPROMETIDAS COMPLETADAS}}{\text{N.º TOTAL DE TAREAS COMPROMETIDAS PLANIFICADAS}} \times 100$$

Figura 36: Fórmula del PPC. Fuente: Pons y Rubio (2019).

Para contar como tareas completadas, la tarea debe de cumplirse al 100% y se le asigna un SI, sino se ha cumplido según lo planificado se debe considerar un NO. Por ejemplo, si una semana planificamos 10 actividades y cumplimos 8, esto quiere decir que nuestro PPC será 80%.

Es importante notar, que el PPC no es un indicador de avance; sino un indicador de que tan confiables son nuestros planes y nos permitirán comprender si nuestra planificación semanal es de calidad y tiene alta certeza de cumplirse.

Durante la ejecución del proyecto de construcción, debemos identificar el PPC de todas las actividades planificadas, tanto de nuestras propias actividades y de los subcontratistas. Además, debemos de registrarlas en un gráfico donde podamos identificar como este varía en el tiempo, su tendencia en el tiempo y si nuestra planificación posee mucha variabilidad. A continuación, se muestra un cuadro de registro del PPC semanal (Ver Figura 37)

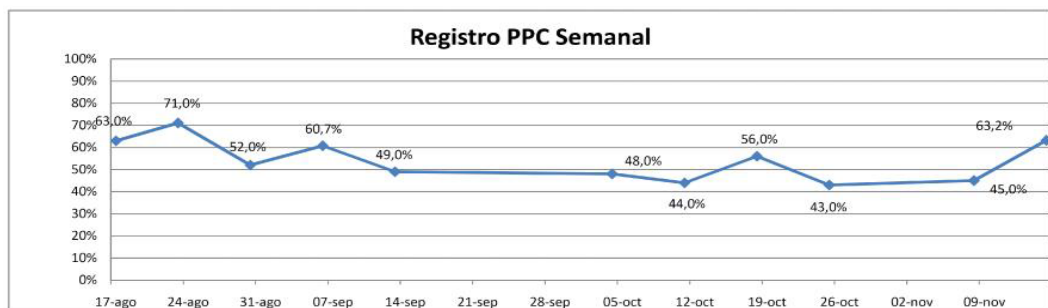


Figura 37. Registro del PPC Semanal. Fuente: Sanchis (2013).

c. Promesa Confiable

Para garantizar que las actividades planificadas, se cumplan, Estas deben de seguir el ciclo de la promesa confiable detallado en la sección 3.4.1. Es decir, antes que se planifiquen las actividades estas se deben de negociar y aceptar por El plan de trabajo semanal consiste en compromisos para realizar operaciones (Ballard y Tommelein, 2021).

d. Reunión de Planificación Semanal

Las reuniones de Planificación Semanal, deben de estructurarse antes, durante y después de las mismas. Con ello lograremos repasar adecuadamente el PPC del Proyecto, las causas de no cumplimiento y las acciones correctivas. A continuación, se detallan cada uno de estos puntos (Ver Figura 39):

Reunión de Planificación Semanal				
Detalle	Responsable	Acción	Objetivo	
Last Planner System®	Antes de reunión	Equipo de Dirección del Proyecto	Liberar restricciones y comprobar cumplimiento	Liberación sistemática de restricciones que protejan el flujo de la construcción
		Producción/Planamiento	Levantar avance en obra - Curvas de avance	Conocer el estado real de obra para realizar planificación semanal
		Planeamiento	Actualizar log de restricciones	Debe ser una gestión periódica para realizar planificación sin detenciones.
		Producción	Identificar CNC	Realizar levantamiento previo de CNC para ser presentadas y analizadas en reunión.
		Productividad y Planeamiento	Generar información de rendimiento semanales	Analizar en base a resultados para toma de acción
		Producción/Planamiento	Realizar planificación semanal	Proponer tareas semanales a realizar, definiendo meta de avance, sector y responsables
		Producción, últimos Planificadores	Revisar el plan intermedio e Identificar restricciones de las próximas 3 semanas	Asegurar la continuidad de las actividades del plan evitando que alguna se paralice por causas previsibles
		Planeamiento	Validar planificación semanal en base a programa	Una vez realizado el programa, validar tareas semanales propuestas con programa maestro para revertir atrasos
		Producción, últimos Planificadores	Análisis previo de plan intermedio	Identificar restricciones del plan, en base a programa de compra de materiales, seguimiento a OC, subcontratos, etc.
	Durante reunión	Jefe de Producción, Residente de Obra	Dirigir reunión	Validar planificación semanal y revisar indicadores, debe tener la siguiente estructura: PASADO: Revisar rendimiento, curvas, validar CNC, tomar acciones FUTURO: Presentar plan intermedio, partidas relevantes que parten, partidas relevantes que terminan, restricciones PRESENTE: Validación del plan semanal previamente entregado, identificación de restricciones de la semana.
		Planeamiento	Registrar restricciones en acta	Dejar constancia de restricciones para su posterior gestión.
		Equipo de Dirección del Proyecto	Acordar acciones correctivas	En base al análisis previo de CNC, acordar acciones correctivas para las más incidentes
Después reunión	Planeamiento	Actualización de panel LPS	Actualizar panel con curvas, rendimientos, autoevaluación de reuniones.	
	Planeamiento	Enviar actualización de restricciones	Mantener información disponible y actualizada para todo el equipo operativo de obra, debe ser enviado vía correo una vez terminada la reunión.	
	Planeamiento/ Producción	Revisión diaria de plan semanal	Diariamente revisar tareas ejecutadas y tareas atrasadas, de manera de contener los problemas y asegurar el avance y cumplimiento del plan. Duración máxima 10 minutos.	

Figura 38: Etapas de la reunión de Planificación LPS. Fuente: Elaboración Propia.

e. Ciclo de Planificación Semanal

Otro de los puntos más importantes de las reuniones semanales, es tener una frecuencia y secuencia definidas. Es por ello que Ballard y Tommelein (2021), proponen el siguiente ciclo de planificación semanal (Ver Figura 39):

CICLO DE PLANIFICACIÓN SEMANAL



Figura 39: Ciclo de Planificación Semanal.

f. Recomendaciones para la Planificación Semanal

Ebbs(2017b), propone una serie de recomendaciones que nos ayuden a tener reuniones de LPS efectivas:

- Enviar invitaciones con objetivos claros al menos cinco días antes de cada sesión: Los últimos planificadores están mejor preparados cuando el equipo comprende las metas y objetivos claros (propósito) para la sesión. También los mantiene enfocados cuando hay una agenda preestablecida a seguir.
- Comenzar y terminar a tiempo.
- Evitar el uso de celulares o cualquier otro dispositivo que distraiga a los participantes de las reuniones. Es necesario enfocarse en la reunión y eliminar cualquier restricción que se presente, para eso debemos evitar contestar llamadas y responder correos durante las reuniones.
- Utilizar las ocho pre condiciones, para determinar las restricciones para ejecutar una tarea.
- Autorizar a los últimos planificadores a decir “No” o “Si, Si...”: Los últimos planificadores, deben estar facultados para decir que no, si sienten que no pueden comprometerse a comenzar y terminar una actividad dentro del

plazo requerido. Cualquier duda debe plantearse de inmediato. Decir no es normalmente percibido como una mala noticia. Sin embargo, las malas noticias tempranas siempre son buenas y son mucho mejores que las malas noticias posteriores. El último planificador puede decir "sí, puedo si ..." en lugar de simplemente "no". Esto permite al equipo volver a planificar según sea necesario y trabajar juntos para encontrar una solución alternativa antes de que la actividad pueda afectar el cronograma.

- Enfatizar el pensamiento sistémico, es decir que se desarrollen los cinco niveles de planificación de LPS.
- Registrar continuamente los indicadores de LPS como el PPC y analizar la tendencia que este sigue.
- Rotar el rol de facilitador una vez que el equipo sea competente en LPS.

3.5.2.4. Plan Diario

Uno de los puntos importantes del sistema, es la reunión diaria o Stand up meeting, el cual es una reunión que dura entre 5 a 15 minutos y se da típicamente de pie, y tiene el propósito de ser un espacio donde los últimos planificadores se reúnen para discutir el progreso diario de las actividades y corregir desviaciones. Además, es dirigida por el jefe de producción o residente y sigue la siguiente estructura: revisamos los compromisos que se han cumplido, que compromisos necesitan ayuda o no pueden cumplir y los compromisos que se ejecutarán el día de hoy (Pons y Rubio, 2019; Ballard et al. 2016).

3.5.2.5. Aprendizaje

Como se vio en la sección 2.8.7, el aprendizaje es uno de los puntos clave dentro de LPS. Por lo cual, el equipo del proyecto buscará identificar las distintas causas de no cumplimiento semanales y evaluar acciones correctivas, de esta manera generar un círculo de mejora continua. Es por ello que se presentan las siguientes herramientas:

a. Análisis de Causas de No Cumplimiento

Cuando las tareas planificadas no son completadas al final de la semana de planificación, el último planificador debe recopilar las causas de no cumplimiento (Ballard et al. 2007). A continuación, se muestra un ejemplo de causas de no cumplimiento (Ver Figura 40):

128-5	Cimientos y solado en Estructura de Cuelgue 2 (Hierro Dúctil) 2da Etapa	Prog.	glb				X	X		1	NO	Paralización por vencimiento de permisos	Problemas Administrativos
		Real								0			
63-4	Relleno de zanja en tubería de HD 1200mm-Cruce Av. Oscar R. Benavides	Prog.	ml							12	NO	No se permiten trabajos de noche	Problemas Administrativos
		Real								0			
62A-3	Dado de anclaje-concreto	Prog.	glb.							X	NO	Se realizo la reposicion de pavimento	Faltan Cond. De Seg. y Medio Ambiente
		Real								0			
62A-4	Dado de anclaje-desencofrado	Prog.	glb.							X	NO	Se realizo la reposicion de pavimento	Faltan Cond. De Seg. y Medio Ambiente
		Real								0			
37-1	Suministro para ducto Cámara Scada	Prog.	glb.							X	NO	Falta de definición del número de ductos	Faltan Materiales
		Real								0			
135-1	Corte de pavimento en cruzada 1 -HD 1400mm	Prog.	m							6	NO	Paralización por vencimiento de permisos	Problemas Administrativos
		Real								0			
135-2	Excavación de zanja en cruzada 1 tub. HD 1400mm	Prog.	m							6	NO	Paralización por vencimiento de permisos	Problemas Administrativos
		Real								0			
135-3	Cama de arena en cruzada 1 para tub. HD 1400mm	Prog.	m							6	NO	Paralización por vencimiento de permisos	Problemas Administrativos
		Real								0			
135-4	Instalación de tub. HD 1400mm-en cruzada 1	Prog.	m							6	NO	Paralización por vencimiento de permisos	Problemas Administrativos
		Real								0			
135-5	Relleno de zanja tub. HD 1400mm-en cruzada 1	Prog.	m							6	NO	Paralización por vencimiento de permisos	Problemas Administrativos
		Real								0			
231-2	Relleno con concreto en tubería de 27" C.R.	Prog.	m							10	NO	Falla de union en la entrega del mixer	Incumplimiento del proveedor
		Real								0			
231-3	Relleno de ventana en abandono tubería de 27" C.R.	Prog.	Und.							2	NO	Falla de union en la entrega del mixer	Incumplimiento del proveedor
		Real								0			

Figura 40: Ejemplo de Causas de No Cumplimiento semanales. Fuente: Elaboración Propia.

Estás Causas de No Cumplimiento (CNC), se deben de agrupar en diferentes secciones, en nuestro caso, proponemos agruparlos de la siguiente manera (Ver Tabla XX):

Tabla 14: Tipo de CNC. Fuente: COSAPI.

CAUSAS NC	
Equipo averiado	Cambio de Proyecto
Demora en respuesta a RFI	Interferencia de Subcontratista
Demora de actividad previa	Falta Equipos y Herramientas
Falta Mano de Obra	Incumplimiento de Proveedor
Faltan Materiales	Problemas Administrativos o Demoras de Ingreso por temas de Calidad
Deficiencia de Expediente Técnico	Faltan Cond. De Seguridad y Medio Ambiente

La razón de no cumplimiento, se deben de agrupar basados en su frecuencia de ocurrencia, basados en el diagrama de Pareto. Esto ayuda que se resalten las CNC más frecuentes y enfocarse sobre las más recurrentes, con ello lograremos un mejor proceso de mejora de continua y se obtendrán más beneficios (Ballard et al. 2007), un ejemplo de un diagrama de Pareto es el siguiente (Ver Figura 41):

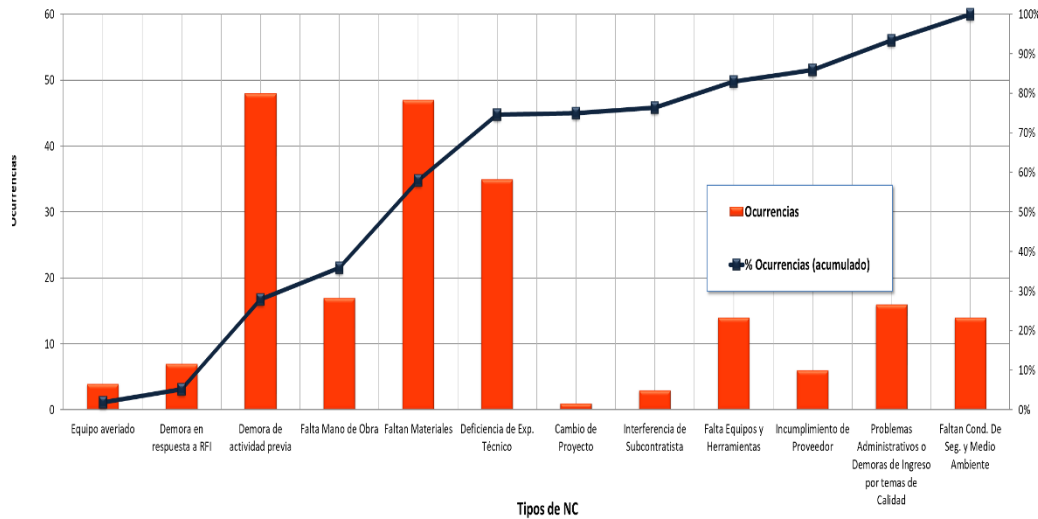


Figura 41: Ejemplo de Diagrama de Pareto. Fuente: Elaboración Propia.

b. ¿5 Por qué?

Después de registrar las CNC, los últimos planificadores deben realizar un análisis de causa raíz. La razón que aparece en primer lugar puede de hecho ser una consecuencia de otras acciones y eventos que tuvieron lugar en el proyecto. El último planificador debe llegar al origen de la acción o la cadena de eventos para aprender cómo se pueden prevenir las fallas repetidas. El propósito no es culpar a ningún individuo, sino ayudar a las personas a comprender cómo un cambio en su acción podría ayudar a prevenir fallas en los planes futuros (Ballard et al. 2007). Los cinco porqués es una técnica de gestión de la calidad para la resolución de problemas que intenta encontrar la causa raíz de un problema. Una vez que ocurre un problema, los trabajadores deben preguntar y responder por qué ocurrió al menos cinco veces seguidas hasta que identifiquen una causa raíz procesable. La estrategia para arreglar el sistema es eliminar la causa raíz para evitar que se repita (Ballard et al. 2007). Luego de realizar el análisis de los 5 Por qué, el equipo de proyecto, debe de plantear acciones correctivas que eviten que los problemas se vuelvan a repetir y afectar la planificación del proyecto.

A continuación, se presenta un ejemplo de análisis de los 5 Por qué, para descubrir la causa raíz del porque se cortó una pared de drywall, para instalar los cables de teléfono (Ver Figura 42):

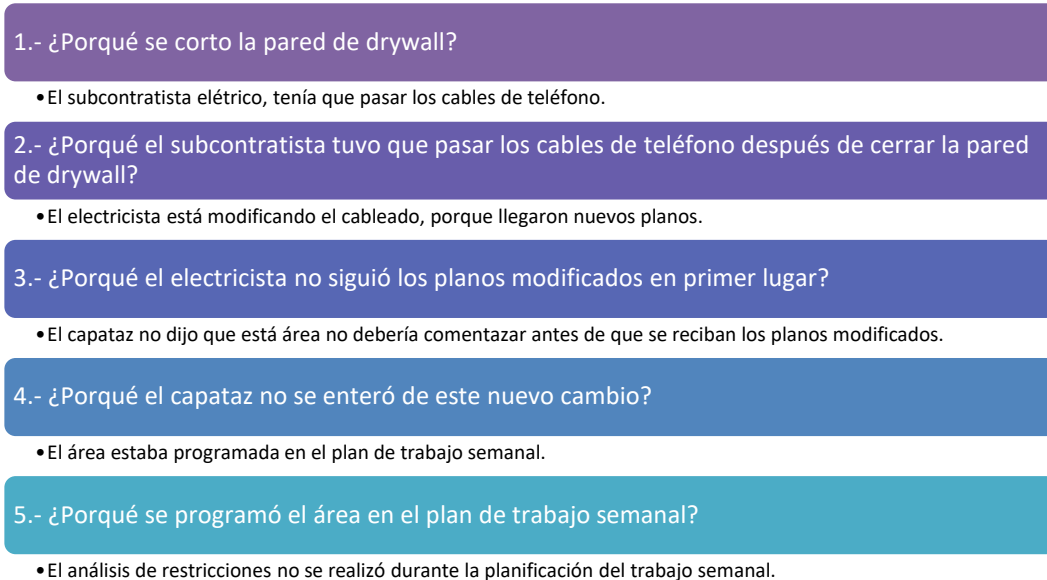


Figura 42: Análisis de 5 Porqué. Fuente: Ballard et al. (2007).

3.5.3. Big Room

El concepto de “Big Room” es también conocido por la palabra japonesa “Obeya” y está relacionado al concepto de ubicación conjunta, que en Toyota se refiere a la práctica de ubicar equipos multidisciplinarios en el mismo lugar para mejorar la comunicación y la creatividad en el proceso de diseño automotriz. En la industria de la construcción es llamado Big Room y facilita la implementación de Last Planner System. Dentro de LPS, el Big Room puede ser definido como el lugar donde suceden las reuniones de planificación colaborativa: Plan de hitos, sesiones pull, reuniones semanales y reuniones diarias de pie (Pons, 2019).

a. Beneficios del Big Room

La implementación del Big Room, trae una serie de beneficios en los proyectos de construcción. Pons (2019), menciona los siguientes beneficios:

- **Colaboración:** La implementación de un Big Room en el proyecto, genera una mayor colaboración entre los participantes del proyecto de construcción. Pues el Big Room nos ayuda a desarrollar reuniones colaborativas que nos ayudan a comprender las limitaciones y a reducir el

desperdicio y el re trabajo. Como resultado, permite un flujo continuo y mejora la productividad en el Proyecto.

- **Comunicación:** El Big Room mejora el flujo de comunicación en el proyecto, pues dentro de él se mantiene información actualizada del proyecto y se promueve la transparencia entre los distintos sub contratistas del proyecto, con la ayuda de los paneles visuales. En los paneles visuales, se muestran la planificación y otros indicadores clave de rendimiento del proyecto, con esto se fomenta la mejora continua, curvas de aprendizaje más cortas y un mayor entendimiento de los problemas del proyecto.
- **Interacciones de alta calidad:** El Big Room, genera que los participantes de distintas especialidades interactúen en las reuniones y como resultado se genera un gran intercambio de información entre las personas adecuadas.

Además, Salvatierra y Fuentes (2020), mencionan otros beneficios que se obtienen de la implementación del Big Room, como los siguientes:

- **Gestión Visual:** El uso de dispositivos visuales, permite que se identifiquen y detecten patrones que son complicados de observar a través de métodos estadístico.
- **Resolución de Problemas:** El uso de la gestión visual por medio del Big Room, promueve la identificación de problemas o desviaciones del proyecto, pues en las reuniones, los participantes interactúan y se genera colaboración. Además, una buena colaboración y tener reunidos a todos los tomadores de decisiones in un lugar, ayuda a que los ciclos de mejora continua sean más cortos y eficientes.

b. Consideraciones físicas para un Big Room

Para tener un Big Room, que nos permita tener reuniones efectivas, es importante tomar en cuenta algunas consideraciones respecto al espacio. Cruikshank (2019) y Pons y Rubio (2019), sugieren que el espacio físico debe considerar lo siguiente:

- Espacio abierto lo suficientemente grande como para albergar cómodamente al equipo del proyecto.
- Grandes espacios en las paredes que se pueden usar para mostrar visualmente la información actual del proyecto, como elementos de diseño, planes Pull, registros de restricciones, métricas de rendimiento, etc.

- Tecnología, como Internet / wifi, videoconferencia y software de proyectos que mejorará la colaboración y la toma de decisiones.
- Baños cerca y zona de cocina para reposar.
- Divida la (s) habitación (es) para permitir conversaciones privadas, en caso sea necesario.
- Mantener la zona siempre limpia y no descuidar el Big Room.
- Es recomendable considerar una mesa larga al centro de la sala y que los participantes se sientan cómodos con el espacio.
- Las paredes deben de estar libres para colocar los Paneles del LookAhead, la Planificación Pull y los indicadores.

Considerando, estos requerimientos respecto al espacio físico, se plantean dos modelos de Big Room. El primero es el propuesto por Pons y Rubio (2019) y se detalla en la figura 43:

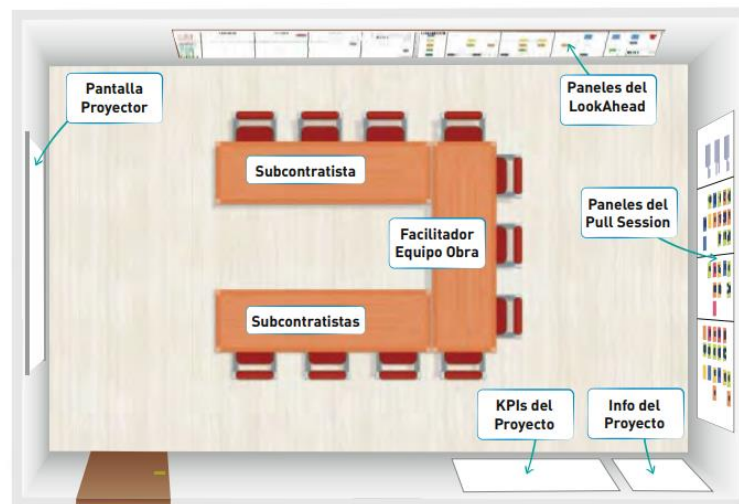


Figura 43: Esquema de Big Room. Fuente: Pons y Rubio (2019).

El segundo, es el considerado por Koskelo (2017) y se detalla en la figura 44:

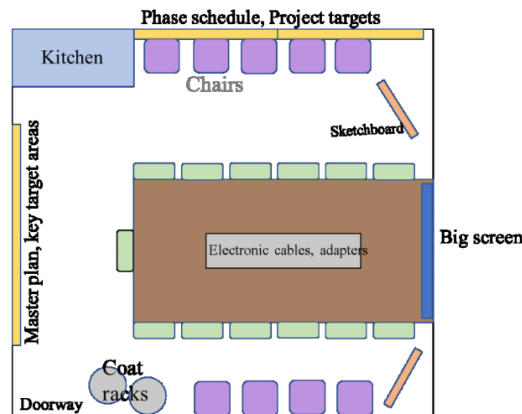


Figura 44: Modelo de un pequeño Big Room. Fuente: Koskelo (2017).

Ambos modelos serán considerados como base para el Big Room, propuesto en nuestro modelo de gestión de personas.

c. Elementos claves para un buen Big Room

Cruikshank (2019) y Pons y Rubio (2019), sugieren los siguientes elementos que debemos de tener en cuenta, para tener un Big Room efectivo:

- Asegurarse de que los comportamientos y roles esperados estén claramente definidos.
- Definir en equipo, las “Condiciones de Satisfacción”, es decir. Los criterios que definen la aceptación de entregables. Estas condiciones, definirán el éxito del proyecto y guiarán la toma de decisiones,
- Crear un entorno donde el 'Respeto por las personas' sea la mentalidad primordial,
- El trabajo ocurre en una atmósfera de discusión abierta y transparente, no en silos, evitar las conversaciones entre dos personas, promover la discusión abierta.
- Los compromisos se establecen y mantienen, en base a lo que es mejor para el proyecto y no a personas o empresas.
- Los problemas se abordan de manera proactiva, de manera colaborativa, con el objetivo de comprender por qué (causa raíz) e implementar medidas correctivas para minimizar la recurrencia de estas causas en el proyecto.
- Los problemas se declaran, sin culpas ni acusaciones, cuando surgen cuestiones que atentan contra los principios del proyecto.
- Tratar de usar modelos BIM, para facilitar el entendimiento del alcance del proyecto.
- Ser práctico y táctico. Se recomienda preparar el contenido de las reuniones y compartirlo con tiempo a los participantes de la reunión.
- Usar el Plus y Delta, para recopilar las oportunidades de mejora dentro de la reunión.
- Tener un papelote, donde consideremos puntos a tomar en cuenta, cuando estos puntos se salgan de la reunión.

Basados, en los tres puntos mencionados anteriormente, en la etapa de implementación del modelo de gestión de personas. Se implementará un Big Room, para mejorar la comunicación y planificación en el proyecto.

3.5.4. Relación PPC vs SPI

En el modelo de gestión de personas propuesto, para reducir la variabilidad de la planificación y ejecución; se propone el uso del SPI o Índice de Desempeño del cronograma, indicador del Valor Ganado y el PPC (Porcentaje del Plan Completado), indicador de Last Planner System. Los indicadores anteriormente mostrados, nos ayudan a alertar cualquier desviación que se pueda presentar en el proyecto y tomar acciones correctivas. Algunos autores, han realizado correlaciones entre estos indicadores, obteniendo interesantes resultados; Alarcón et al. (2014) analiza 36 proyectos de construcción, los cuales están clasificados entre proyectos exitosos si han cumplido con el plazo establecido y el costo, y proyectos no exitosos si no ha cumplido con los indicadores mencionados anteriormente. Luego del análisis notan una cercana correlación entre el PPC y el SPI. Es así que Alarcón et al. (2014), menciona que, si el proyecto alcanza el 25% de avance y el PPC promedia el 60%, es muy probable que el proyecto no tenga éxito. Por lo tanto, se requieren acciones correctivas adecuadas para cambiar esto y acercar la curva del proyecto a la curva "Exitoso". Es por ello que, en nuestro modelo de gestión de personas, usaremos ambos indicadores para la reducción de la variabilidad del plazo.

3.5.5. Nivel de Implementación de LPS

Como se detalló en la sección 2.11.3 (Problemas en la Implementación de LPS), la implementación de LPS presenta una gran cantidad de problemas como reducida importancia a la planificación pull y planificación maestra, falta de mejora continua (Dave et al. 2015), falta de un orden de introducción de LPS a las cuadrillas, un uso inadecuado del look ahead Planning, falta de medición del PAC (Pérez y Gosh, 2018).

Es por ello que se han desarrollado dos modelos que nos ayuden a medir si la implementación de LPS es la adecuada, a continuación, se detallan cada uno de estos modelos:

a. Modelo de Buenos Prácticas de planificación

El modelo de buenas prácticas de implementación fue desarrollado por Soares et al. (2002) y en él se consideran quince buenas prácticas para la correcta implementación de LPS (Ver Tabla 15). Este modelo, además ha sido aplicado por diversos autores como se detalla a continuación: Priven y Sacks (2015), Viana et al. (2010), Gamarra (2018), Campiña (2015) y Sterzi et al. (2007), logrando

ayudar a identificar las buenas prácticas en la implementación de LPS. En la aplicación de este modelo, se evalúan cada una de las prácticas con el uso de 03 puntajes: se asigna 0 cuando la práctica no está implementada, 0.5 cuando la práctica está parcialmente implementada y 01 cuando está totalmente implementada (Sacks y Priven, 2015).

Tabla 15: Criterios del modelo de buenas prácticas. Fuente: Sacks y Priven (2015).

PRÁCTICA	
1. Formalización del proceso de planificación y el control.	2. Estandarización de las reuniones de planificación de corto plazo.
3. Uso de herramientas visuales para difundir información en la obra.	4. Acciones correctivas sobre las causas de NO cumplimiento de la planificación.
5. Análisis crítico de datos.	6. Definición correcta de paquetes de trabajo.
7. Actualización sistemática del plan maestro cuando es necesario	8. Estandarización de la planificación de mediano plazo.
9. Planificación de actividades sin restricciones a corto plazo.	10. Participación de los representantes de las cuadrillas in la toma de decisiones en las reuniones de planificación de corto plazo.
11. Planificación y control de los flujos físicos.(Enfocado en las 08 precondiciones para ejecutar una tarea).	12. Uso de indicadores para evaluar el cumplimiento de la programación.
13. Levantamiento sistemático de restricciones.	14. Uso de un plan maestro transparente, que sea fácil de entender.
15. Uso del ITE(Inventario de Trabajo Ejecutable)	

b. Modelo de Nivel de Implementación desarrollado por GEPUC

Otro modelo que nos ayuda a medir el nivel de implementación de LPS, es el desarrollado por el GEPUC (Centro de Gestión de la Producción de la Pontificia Universidad Católica de Chile) e implementado por Balandrón (2017). Este modelo, propone una serie de ítems que se deben de evaluar para determinar el nivel de implementación de LPS y con ello establecer una serie de mejoras que nos ayuden con la implementación de LPS en el proyecto de construcción. Así también se ha implementado en proyectos mineros (Balandrón, 2017) y en un proyecto de Infraestructura deportiva (Erazo-Rondinel et al. 2020).

El modelo descrito anteriormente, está compuesto por doce ítems y sesenta y tres sub prácticas. Y se evalúa si la práctica está implementada y si la implementación

es mala, buena o regular. Finalmente relleno el modelo, podremos notar si el ítem a evaluar es inexistente (0 a 10%), básico de (11% a 50%), intermedio (51% a 80%) y maduro (81% a 100%). A continuación, se detalla cada uno de los componentes del modelo (Ver Figura 45).

Planificación inicial		Se tiene	Calidad de aplicac
75%	Cuentan con un plan maestro	si	Bien
	Lo controlan periódicamente	si	Bien
	Lo mantienen actualizado	si	Bien
	Es visible el plan maestro	no	Bien
	Se cuenta con un plan de hitos visible para todos los participantes	no	Bien
	Se complementa con layout (planos, esquemas explicativos de lo que representan las partidas del plan)	si	Bien
	Se complementa con programa de compras	si	Bien
	Es sustentable, se cumplen los estándares de la empresa	si	Bien
Planificación intermedia o Lookahead			
100%	Se tiene un programa intermedio - Look Ahead (entre 4 a 6 semanas)	si	Bien
	Se revisa semanalmente	si	Bien
	Se hace el link con hitos y metas de programación	si	Bien
Gestión de restricciones			
50%	Existe un registro de restricciones	si	Bien
	Se levantan	si	Regular
	Se realiza seguimiento y gestión	no	Bien
	Existen indicador para la gestión de las restricciones para los no cumplimientos	si	Regular
Planificación Corto Plazo			
80%	Esta preparado antes de la reunión	si	Bien
	Se sigue la estructura de la reunion la cual es publicada en la sala	si	Regular
	Existe participacion activa de los ultimos planificadores	si	Regular
	Se realiza semanalmente	si	Bien
	La meta es clara	si	Bien
Análisis de causa de no cumplimiento			
26%	Existe levantamiento de CNC	si	Mal
	Existe registro de CNC acumulado	si	Regular
	Existe registro de CNC semanal	no	Regular
	El análisis es semanal	si	Regular
	Se publican	no	Regular
Acciones correctivas			
10%	Existe levantamiento de acciones correctivas	si	Mal
	Se registran acciones correctivas	no	Regular
	Se monitorea su impacto o se gestionan	no	Regular
Compromisos confiables			
33%	Existe una toma de compromisos por parte de los UP	si	Regular
	Hay análisis de cantidades y recursos necesarios para conseguir la meta propuesta	si	Regular
	Responsable llega con propuesta propia de plan	no	Bien
Gestión visual			
100%	Existe gestión visual	si	Bien
	La información se actualiza semanalmente	si	Bien
Plan de fases			
90%	Se realiza	si	Bien
	Se actualiza	Si	Bien
	Se registran los compromisos	Si	Bien
	Se monitorea y gestionan periodicamente	Si	Regular
	Está visible (Panel)	Si	Bien
Medición y control de indicadores			
69%	Se registra el Control de Asistencia	si	Bien
	Se gráfica la Curva Avance de hormigón (Si aplica)	si	Bien
	Se gráficas las Curvas de Rendimientos de Partidas Claves	si	Bien
	Se gráficas las Curvas de Rendimientos de Partidas Claves por subcontrato	si	Bien
	Se gráfica el Cumplimiento de Compromisos de Avance (PPC)	no	Mal
	Se gráficas las Causas de No cumplimiento	si	Mal
	Existen Indicadores actualizados	si	Bien
	Se publican	si	Regular
Reunión de planificación Last Planner			
50%	Existe una reunión semanal	si	Bien
	Puntualidad	si	Regular
	Se realiza de manera constante (día, hora)	no	Bien
	Espacio adecuado	si	Bien
	Se limita el uso de radios, celulares y computadores dentro de la reunion	si	Regular
	Se tiene algo para amerizar la reunión (bebida / Café o galletas) para mayor comodidad de los participar	no	Bien
Participantes			
55%	Visitador de Obra	no	Bien
	Administrador de Obra (Director de reunión)	si	Bien
	Jefe de terreno	si	Bien
	Jefe de obra	si	Bien
	Supervisión, capataces, jefe trazados	si	Bien
	Adquisiciones (Bodega)	no	Regular
	Subcontratistas	si	Regular
	Encargado de Calidad-PAC	si	Bien
	Previsionista de Riesgo	si	Regular
	Llegan preparados	no	Regular
	Existe apoyo en caso de rotación de personal para retomar el tema (inducciones, procedimientos, format	no	Bien

Figura 45: Componentes del Modelo de Nivel de Implementación. Fuente: Elaboración propia.

3.6. ICT (Information Construction Technology o Tecnologías de Información de la Construcción)

3.6.1. BIM

Si bien LEAN CONSTRUCTION es una filosofía de gestión en la construcción enfocada en crear valor para el cliente (y eliminando todo lo que no agrega valor) utilizando los menores recursos, BIM se centra más en la aplicación de la tecnología de la información para aumentar la colaboración entre los participantes del proyecto a lo largo del ciclo de vida del proyecto (Battha y Leite, 2011).

BIM (Building Information Modeling), mejor conocido como BIM ha sido definido de diferentes maneras por diferentes autores. De acuerdo con Sacks et al. (2010) BIM es una frase verbal a adjetiva para describir herramientas, procesos y tecnologías que son facilitados por la documentación digital legible por máquina sobre un edificio, su rendimiento, su planificación, su construcción y posteriormente su operación. Sacks et al. (2010) plantea que existen interacciones positivas entre muchos principios lean y funcionalidades BIM. Una de ellas, es la visualización 4D de los cronogramas de construcción.

En nuestro modelo de gestión de Personas, utilizaremos este uso BIM, para llevar el avance de algunas tareas en el proceso de construcción, de manera que podamos obtener metrados del avance de partidas. Es así que seguiremos el trabajo desarrollado por Vicencio (2015) para la cuantificación de cantidades a partir del modelo BIM (Ver Figura 46):



Figura 46: Modelo de cuantificaciones de cantidad de obra. Fuente: Vicencio (2015).

3.6.2.IT

Otro punto importante dentro de nuestro modelo de gestión de personas, es la parte tecnológica. Para ello, usaremos el WhatsApp como herramienta para mejorar la comunicación dentro del modelo de gestión de personas, la presente herramienta fue propuesta por Cruz (2017) y ayuda a tener una mejora coordinación, confianza y desarrollar un mayor compromiso entre todos los que forman parte del proyecto. Puesto que está herramienta ayuda a tener una comunicación más ágil y por ende se pueden resolver los problemas de los proyectos con mayor facilidad.

Cruz (2017) desarrolla un lenguaje estándar para facilitar las comunicaciones en obra, los cuales divide en restricción, consulta, queja e informes (Figura 47), de manera que se tenga una trazabilidad de los mensajes dentro del proyecto y se mantenga un orden en la comunicación del proyecto.

#RESTRICCIÓN	#CONSULTA
<ul style="list-style-type: none"> Falta de herramientas Falta de materiales No se encuentren Equipos Trabajo no realizados Trabajo de otra especialidad en el mismo área 	<ul style="list-style-type: none"> Trabajos específicos Trabajos de detalle Trabajo si incluye dentro del contrato
#QUEJA	#INFORMES
<ul style="list-style-type: none"> Seguridad Trabajo inconcluso Trabajo mal realizado 	<ul style="list-style-type: none"> Asignación de tareas Sobre requerimientos de materiales Cambios en la administración Eventos importantes

Figura 47: Tipos de mensajes para la comunicación.

Además, para la mejora de la comunicación establece dos tipos de estructura de mensaje: La primera para realizar la consulta (Ver Figura 48) y para responder a la consulta (Ver Figura 49).



Figura 48: Estructura de mensaje de consulta. Fuente: Cruz (2017).



Figura 49: Estructura del mensaje de respuesta. Fuente: Cruz (2017).

Debido a su facilidad de uso, el Whats App será usado en nuestro modelo de gestión de personas, para mantener una comunicación constante con los subcontratistas del proyecto.

CAPÍTULO IV IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO DE GESTIÓN DE PERSONAS

4.1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO EN ESTUDIO

Con el fin de implementar y evaluar la implementación del modelo de gestión de personas, se realiza la implementación en el Proyecto de Remodelación y Ampliación de la Villa Deportiva Nacional (VIDENA) en el recinto denominado Polideportivo 03, el alcance de los trabajos consiste en la demolición, construcción y mobiliario. En la Tabla 16, detallamos las características del proyecto.

Tabla 16: Características del Proyecto en estudio. Fuente: COSAPI.

CLIENTE	LIMA 2019
Proyecto	Remodelación y Ampliación de la Villa Deportiva Nacional (VIDENA)
Ubicación	Cruce de Av. Canadá con Av. Aviación – San Luis
Uso	Complejo Deportivo
Plazo de Ejecución	Ingeniería: 04 meses + Construcción: 14 meses
Sistema de Contratación	NEC 3 (New Engineering Contract) Gerencia de Proyectos con Costos Reembolsables
Moneda de la Oferta	Soles
PRESUPUESTO ESTIMADO EN PyL	430,703,262 S/IGV
Área Construida	78,600 m ² (Concreto) + 13,030 (Cobertura) m ²

A continuación, se muestra la distribución de los frentes del proyecto, el proyecto cuenta con 06 frentes: Estadio Atlético, Pista de Calentamiento y estacionamientos, Bowling, Velódromo, Polideportivo y edificio administrativo y centro acuático. Estos se detallan en la siguiente imagen (Ver Figura 50):

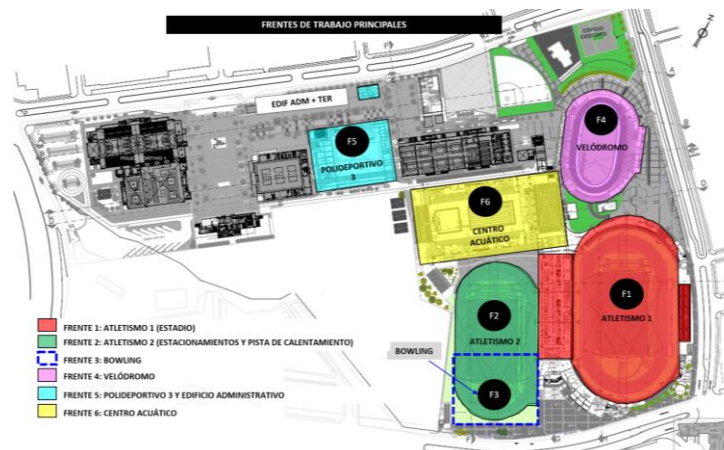


Figura 50: Frente de Trabajo Principales. Fuente: COSAPI.

4.1.1. Características del Polideportivo 03

El frente en estudio del proyecto es el Polideportivo 03 y se integra a las edificaciones existentes en la Videna como el Polideportivo 2 y el CAR Vóley (Edificaciones del 2014). Las plantas libres permiten la implementación de espacios requeridos para deportistas, jueces, entrenadores, operadores (Seguridad, Broadcasting, Prensa, Servicios generales y otros), y servicios médicos (Menzala, 2019). A continuación, se muestran algunas fotos del recinto (Ver Figura 51 y 52).



Figura 51: Vista de la Fachada del Polideportivo 03. Fuente: Lima 2019.

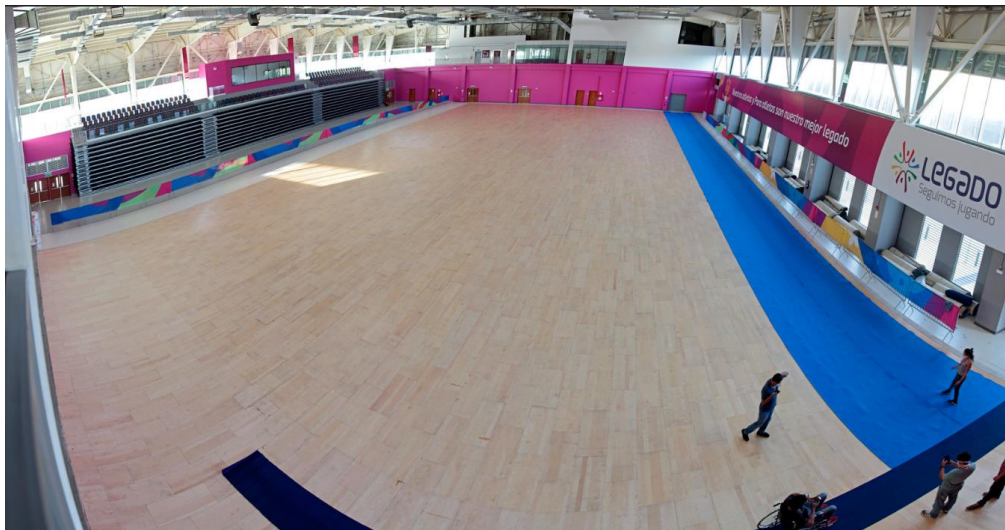


Figura 52: Vista de la pista de competencia del Polideportivo 03. Fuente: Lima 2019.

4.1.2. Principales Metrados

El Polideportivo 03, presenta los siguientes metrados principales de concreto, acabados e instalaciones (Ver Tabla 17):

Tabla 17: Principales metrados del Polideportivo 03. Fuente: COSAPI.

PARTIDAS	METRADOS
Concreto	2500 m3
Encofrado	11 210 m2
Estructura Metálica	465 toneladas
Bloquetas	2900 m2
Tuberías ACI	1750 ml
Muro Cortina	770 m2
Muro Liso en fachada	1772 m2
Enchape	1290 m2
Falso Cielo Raso	2606 m2
Pintura	5520 m2

4.1.3. Disciplinas de competencia

El recinto en construcción, albergará las siguientes disciplinas de competencia: Bádminton, Tenis de mesa, patinaje artístico. Por lo cual, la construcción, debe de guardar los máximos estándares de calidad, para ser aprobado por las asociaciones internacionales. En el caso del proyecto, la pista de patinaje artístico debió de pasar una validación por la World Skate (WS), asociación mundial de patinaje. A continuación, se muestran algunas fotografías del uso que se le dio al recinto en construcción (Ver Figura 53):



Figura 53: Uso del recinto deportivo. Fuente: Lima 2019.

4.1.4. Sectorización del proyecto

Debido a la distribución del proyecto y para una mejor planificación de las actividades en el proyecto, se procedió a realizar la división en ocho sectores, en

el primer nivel se consideraron tres sectores (Sector 01 que implica áreas de almacén y tópicos, el Sector 02 con áreas de Servicios Higiénicos en su mayoría y el Sector 03 que involucra área de jueces y vestidores para los deportistas). La sectorización del piso 01, se muestra en la Figura 54:

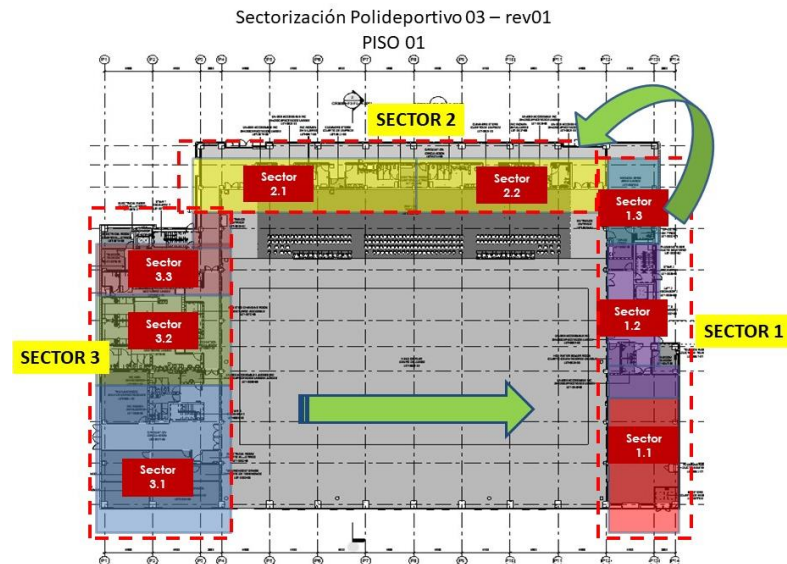


Figura 54: Sectorización del Piso 01. Fuente: Elaboración propia.

El segundo nivel del proyecto está dividido en tres sectores, los cuales son: Sector 04, en el cual están áreas de vestidores, duchas y cuartos técnicos. El Sector 05 que involucra las tribunas y las graderías del proyecto y el Sector 06 que contiene los servicios higiénicos, cuartos técnicos y oficinas de las disciplinas que se practican en el polideportivo 03. A continuación, se muestra la sectorización (Figura 55).

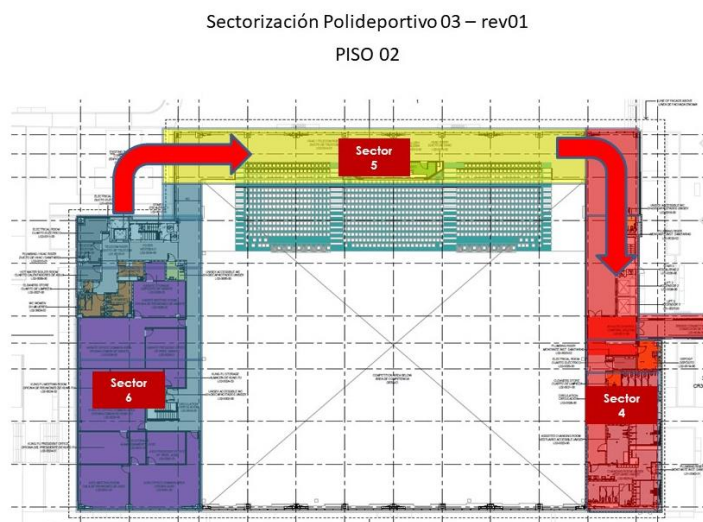


Figura 55: Sectorización del Piso 02. Fuente: Elaboración propia.

El tercer nivel del proyecto, consta de 02 sectores: El Sector 07 y Sector 08, ambos sectores involucran equipos de extracción e inyección y son parte de los cuartos técnicos.

Sectorización Polideportivo 03 – rev01
PISO 03

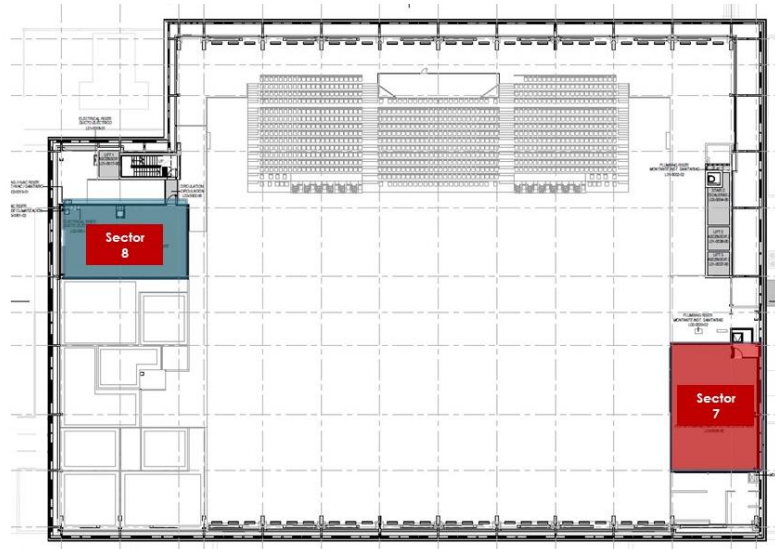


Figura 56: Sectorización del Piso 03. Fuente: Elaboración Propia.

4.2. IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO DE GESTIÓN DE PERSONAS

Pavez y González (2012) mencionan que LPS cambia la dinámica de equipo en el campo de la construcción, transformando el ambiente de trabajo al cambiar el nivel percibido de confianza y confiabilidad, el proceso de atribución del equipo y la calidad de la fijación de objetivos. Es por ello que, para iniciar nuestra implementación del modelo de gestión de personas, procederemos a realizar un diagnóstico del nivel de implementación de Last Planner® System.

4.3. DIAGNÓSTICO DEL ESTADO ACTUAL DEL PROYECTO

4.3.1. Indicadores del Proyecto

Esta etapa está enfocada en la implementación de LPS durante 10 semanas del Proyecto y el objetivo fue capacitar a los subcontratistas de instalaciones en el uso de LPS correctamente, se les enseñó a identificar las restricciones y en la elaboración del look ahead y planes semanales. Además, el equipo identificó indicadores clave en el Proyecto: PPC (Plan porcentual completado) y SPI, puesto que la aplicación conjunta del método del valor ganado y LPS podría conducir a una medición holística del progreso de un proyecto teniendo en cuenta tanto métricas cuantificables como la programación y los costos, pero también factores como la calidad del flujo de trabajo y la colaboración. (Novinsky et al., 2018). Luego de las 10 semanas de implementación de LPS, el equipo del proyecto se enfrentó

a lo siguiente: Bajo nivel de compromisos, el PPC (Porcentaje del Plan Completado) fue de alrededor del 50% y SPI descendió (Figura 57); falta de conocimiento en las herramientas de última planificación. (Déficit en la identificación de restricciones) y baja colaboración.

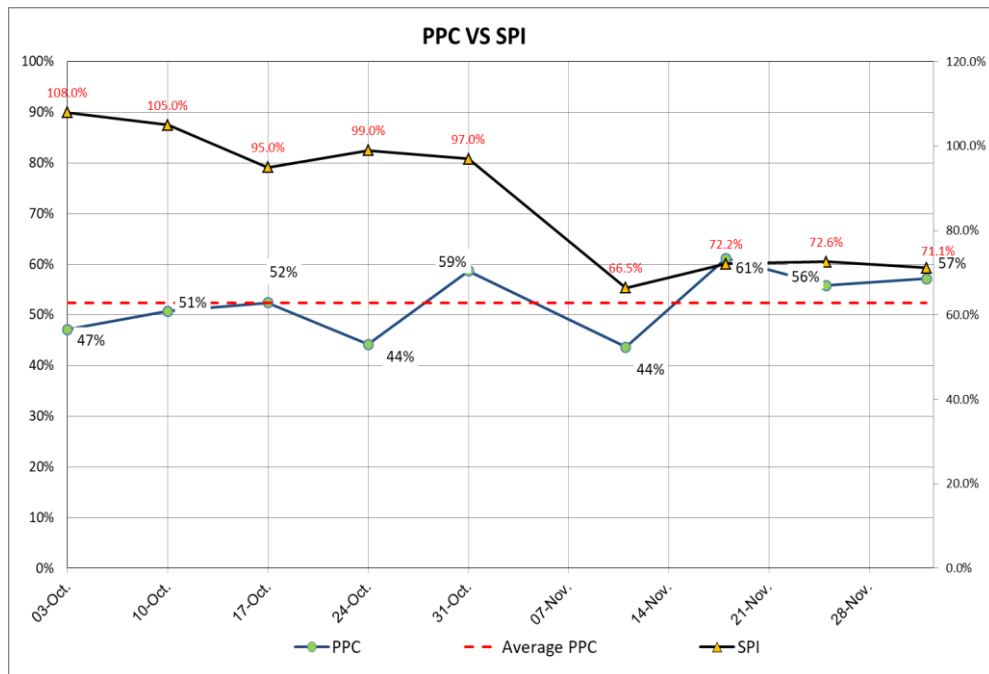


Figura 57: PPC vs SPI después de 10 semanas de implementación

Ante esta realidad, Alarcón et al. (2014) indica que existe una estrecha relación entre la variabilidad de PPC, SPI y el éxito de los proyectos, por lo cual el proyecto en esta etapa se encuentra en una situación crítica y es necesario diagnosticar el nivel de implementación de LPS.

4.3.2. Nivel de Implementación de LPS

Balandrón (2017) utiliza una herramienta desarrollada por el Centro de Excelencia en Gestión de Producción de la Pontificia Universidad Católica, (GEPUC) que permite evaluar el nivel de implementación de LPS en proyectos. Sobre la base de esta herramienta, el equipo identificó doce buenas prácticas en la implementación de LPS y oportunidades de mejora, las cuales se detallan a continuación:

- **Planificación inicial:** En el caso de la planificación inicial, el plan maestro no era visible, por lo que es necesario mostrarlo visiblemente a todos los participantes que forman parte de las reuniones; y el plan de hitos no se publicó ante todos los participantes en las sesiones de planificación.

- **Gestión de Restricciones:** No se estaba llevando a cabo una gestión adecuada de las restricciones en el proyecto, lo que dio lugar a compromisos retrasados que afectaron a la planificación de tareas, esto se puede ver en el PAC y SPI del proyecto.
- **Planificación a corto plazo:** La agenda de la reunión fue publicada por correo electrónico; sin embargo, es necesario establecer la secuencia de las reuniones. Algunos subcontratistas están en un período de aprendizaje y todavía están aprendiendo a identificar las restricciones y rellenar adecuadamente el look ahead. Además de ello, las reuniones no integran a los subcontratistas y las reuniones se hacen largas (Ver Figura 58):



Figura 58: Reuniones entre subcontratistas.

- **Análisis de la causa del incumplimiento:** No se estaba llevando a cabo un análisis correcto de la CNC. Hubo un registro de CNC, pero no se actualizó.
- **Acciones correctivas:** No se ha realizado ningún trabajo en un análisis de las acciones correctivas por tipo de subcontratista y no se registraron las medidas correctivas que se están tomando en el proyecto.
- **Compromisos confiables:** Los subcontratistas estaban trabajando en sus planes y entendiendo la metodología, ya que no han trabajado en proyectos anteriores con el uso de LPS.
- **Gestión visual:** El contratista general y subcontratistas presentaban planes diarios, sin embargo, no existían paneles que promovieran la transparencia en el sitio de trabajo o en la sala de reuniones.

- **Plan de fase:** En cuanto al plan de fase, no se llevó a cabo, no se actualizó y no se registraron compromisos asociados con la reunión de planificación de fases. No había cultura en el proyecto que permita desarrollar la planificación colaborativa.
- **Medición y control de indicadores:** Se registró el Control de Asistencia de subcontratistas y las causas del incumplimiento. Sin embargo, los indicadores no se publicaron ni actualizaron.
- **Reunión de planificación de LPS:** La reunión semanal se dio el día viernes y el equipo estableció un espacio adecuado para las reuniones. Sin embargo, no todos los subcontratistas se integraron. Algunos de ellos llegaron temprano y otros llegan tarde.
- **Participantes:** El jefe de producción, el director del proyecto solía participar. En algunas reuniones, se invitó al cliente a promover la transparencia del proyecto. Los subcontratistas estaban involucrados, pero no todos llegaban preparados.

El detalle de cada uno de los puntos se puede encontrar en el siguiente gráfico (Ver Figura 59)

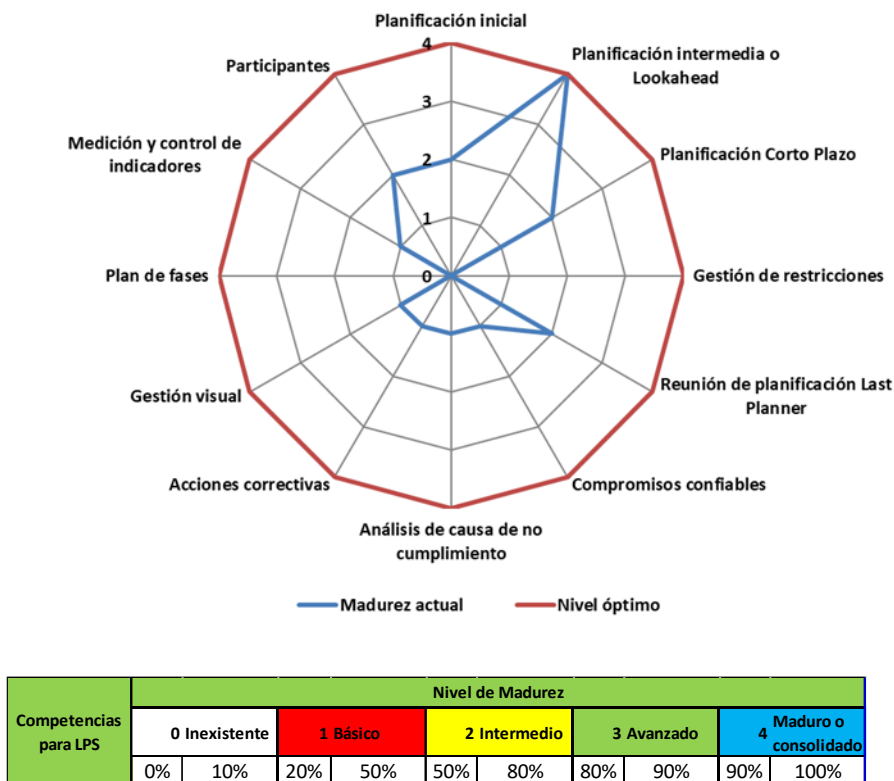


Figura 59: Diagnóstico de implementación de LPS

4.4. IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA

Para la implementación de nuestra propuesta, nos enfocaremos en crear una organización de aprendizaje donde la cultura fomenta la experimentación continua, reconociendo fallas y aprendiendo de ellas, colaboración y transparencia entre equipos de proyecto, compartiendo información, premiando la innovación y asumiendo responsabilidades, contratando empleados que siempre pueden aprender, líderes en crecimiento que se están regenerando y dispuestos a enfrentar nuevos desafíos (Hamzeh, 2011).

4.4.1. Implementación Mes 01

4.4.1.1. Personas

Luego del diagnóstico de nivel de implementación, el siguiente paso es desarrollar hábitos en el equipo de trabajo, es por ello que programaremos reuniones de planificación semanales con todo el equipo del proyecto y subcontratistas. El cronograma de reuniones serán los días viernes, de manera que los últimos planificadores puedan preparar sus planes semanales y los entreguen el día sábado. La secuencia de las reuniones, es el siguiente:

Tabla 18: Orden de las reuniones en el Proyecto.

HORARIO	Especialidades
09 am a 11 am	Estructura metálica, Instalaciones Sanitarias, Instalaciones eléctricas, HVAC, Agua contra incendio, comunicaciones
1:30 pm a 02:30pm	Subcontratistas de la fachada: Muro Huaca, muro cortina, cobertura, panel perforado

Además, se asignó un facilitador LPS; el cual tuvo la responsabilidad de recoger el Look Ahead de los subcontratistas, recoger causas de no cumplimiento y sugerir contramedidas, y apoyar la facilitación de las reuniones de Last Planner.

En esta etapa, aún recién se está buscando integrar a los subcontratistas y promoviendo su participación en las reuniones.

4.4.1.2. Procesos

En esta etapa, implementamos la gestión visual y buscamos que todos los subcontratistas se integren a la planificación. Es por ello que se traza el perímetro del recinto en estudio y se procede a asignar un color a cada subcontratista, de

manera que puedan plasmar su programación. A continuación, se presentan imágenes del proceso de planificación (Ver Figura 60):



Figura 60: Subcontratista de Instalaciones Eléctricas, explicando su plan semanal. Fuente: Elaboración Propia.

Como resultado de este proceso, cada subcontratista grafica las tareas que ejecutará en la semana siguiente y se añoran las restricciones para realizarle el seguimiento respectivo. Esta técnica, además nos ayuda a prevenir las interferencias o que se programen dos actividades en el mismo sitio de trabajo (Ver Figura 61 y 62):

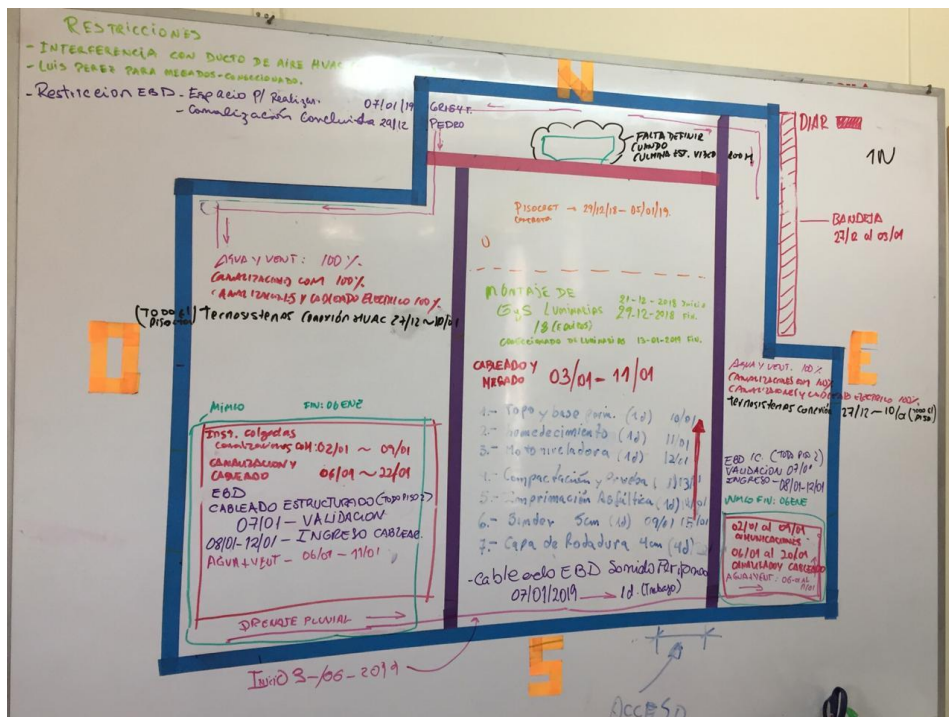


Figura 61: Plan semanal realizado con los subcontratistas. Fuente: Elaboración Propia.

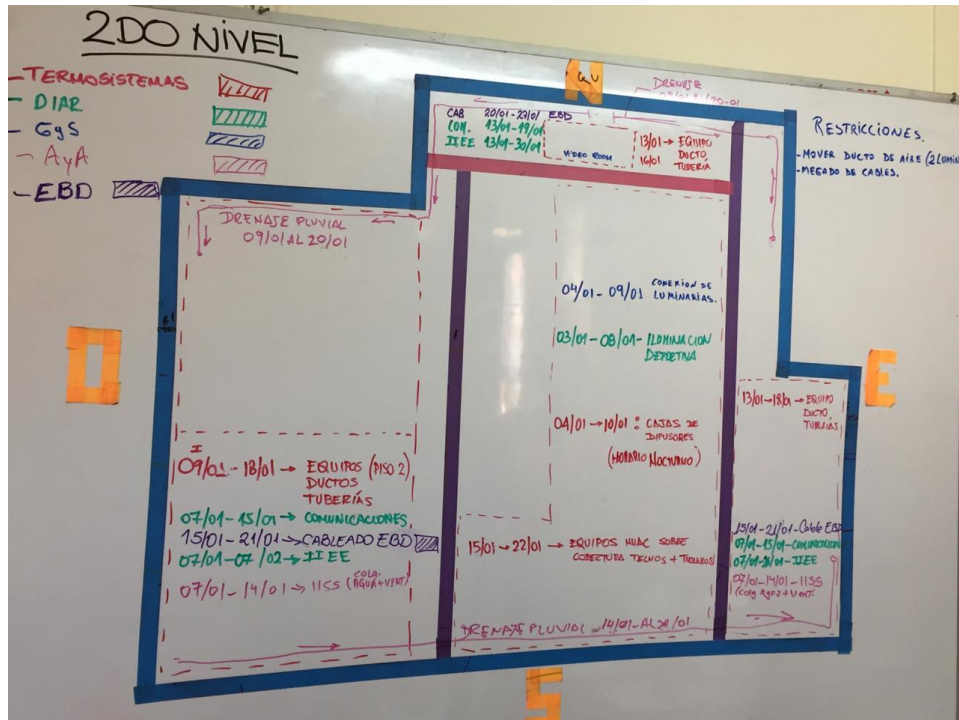


Figura 62: Plan semanal realizado con los subcontratistas de instalaciones. Fuente: Elaboración Propia.

Las reuniones mostradas anteriormente, se convocan con el envío de un correo electrónico y la agenda de la reunión dos días antes de la reunión. En el caso de los subcontratistas de la fachada, utilizamos un papel y asignamos un color para los subcontratistas, cada subcontratista pintará las áreas de trabajo que ejecutará (Ver Figura 63 y 64).



Figura 63: Plan semanal con los subcontratistas de fachada. Fuente: Elaboración Propia.



Figura 64: Planes semanales de fachada elaborado por los subcontratistas. Fuente: Elaboración Propia.

Otra herramienta asociada a la gestión visual que se utilizó en el mes 01 de la implementación, fue el uso de paneles para la planificación diaria. Para ello usamos una hoja forrada que permita coordinar las actividades diarias, esta hoja se usó en la coordinación de los trabajos de fachada, pues teníamos alrededor de 6 subcontratistas que debían trabajar en paralelo, con eso se logra mejorar la comunicación con las operaciones de trabajo. (Ver Figura 65)

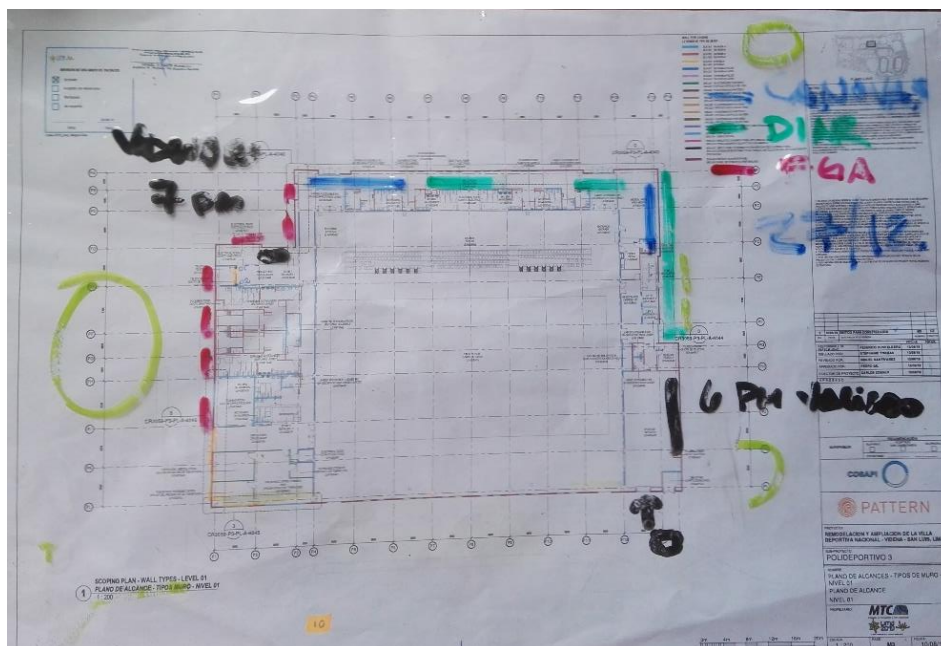


Figura 65: Plan diario de los trabajos de fachada. Fuente: Elaboración propia.

4.4.1.3. Tecnología

Respecto a la tecnología, el presente mes se utilizó What's App como herramienta de comunicación, con el cliente. En el caso del proyecto, el Cliente creó un grupo para aumentar la transparencia en el campo. Como equipo del proyecto se debía compartir la programación diaria con el cliente, para que este tenga conocimiento de las actividades planificadas. (Figura 66).

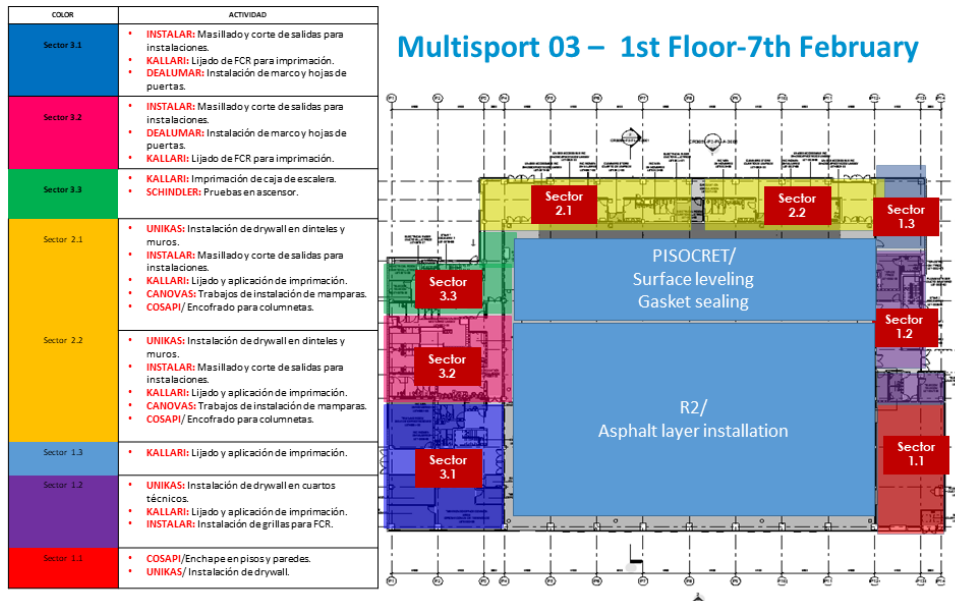


Figura 66: Plan diario que se envió al cliente. Fuente: Elaboración Propia.

4.4.2. Implementación Mes 02

4.4.2.1. Personas

El presente mes, se busca que los compromisos sean confiables y se registre una mejora de la planificación. Es por ello que se promoverá el liderazgo y colaboración en las reuniones. Esto por medio de la gestión visual y la integración de los distintos subcontratistas en las reuniones, de manera que nuestros planes sean más confiables y podamos tener una mejora de la planificación en el proyecto (Ver Figura 67 y 68). En esta etapa buscamos que hayan una participación de los últimos planificadores en la reunión.



Figura 67. Reunión semanal. Fuente: Elaboración propia.

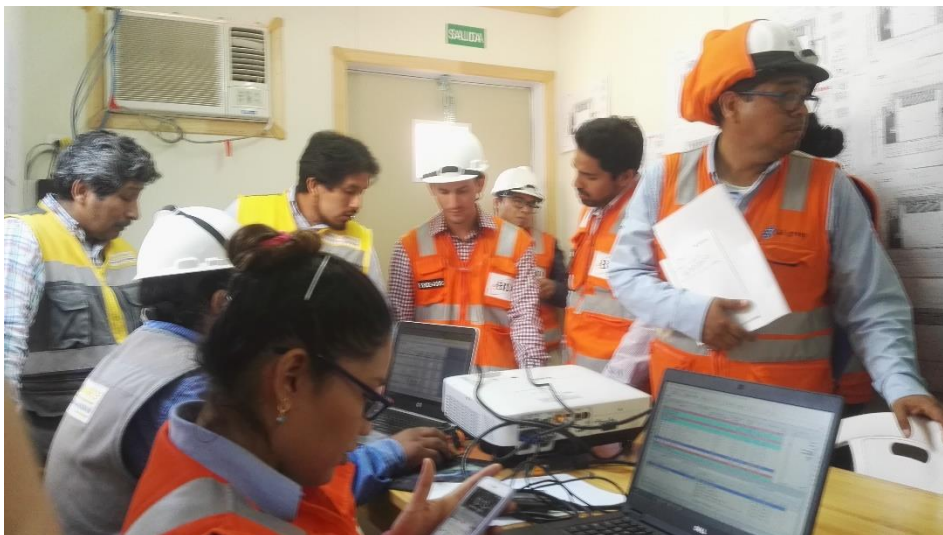


Figura 68: Participación de los últimos planificadores en las reuniones. Fuente: Elaboración Propia.

4.4.2.2. Procesos

En este segundo mes, con una mayor participación de los últimos planificadores de los subcontratistas y un mejor entendimiento de la planificación, se establecen los roles para la reunión de planificación (Ver Figura 69). Con esta información, aseguraremos que los participantes lleguen preparados a la reunión, de identifiquen mejor las restricciones y se puedan hacer planes más confiables. Las responsabilidades son definidas para el jefe de frente (Abel Alva), gerente de recinto (Julio Guinand) y el facilitador LPS (Andrews Erazo).

Reunión de Planificación Semanal				
Detalle	Responsable	Acción	Objetivo	
Last Planner System®	Antes de reunión	Equipo de Dirección del Proyecto	Liberar restricciones y comprobar cumplimiento	Liberación sistemática de restricciones que protejan el flujo de la construcción
		Abel Alva/Andrews Erazo	Levantar avance en obra - Curvas de avance	Conocer el estado real de obra para realizar planificación semanal
		Andrews Erazo	Actualizar log de restricciones	Debe ser una gestión periódica para realizar planificación sin detenciones.
		Abel Alva/Andrews Erazo	Identificar CNC	Realizar levantamiento previo de CNC para ser presentadas y analizadas en reunión.
		Andrews Erazo	Generar información de rendimiento semanales	Analizar en base a resultados para toma de acción
		Abel Alva/ Últimos Planificadores	Realizar planificación semanal	Proponer tareas semanales a realizar, definiendo meta de avance, sector y responsables
		Abel Alva/ Últimos Planificadores	Revisar el plan intermedio e Identificar restricciones de las próximas 3 semanas	Asegurar la continuidad de las actividades del plan evitando que alguna se paralice por causas previsibles
		Andrews Erazo	Validar planificación semanal en base a programa	Una vez realizado el programa, validar tareas semanales propuestas con programa maestro para revertir atrasos
		Abel Alva/ Últimos Planificadores	Análisis previo de plan intermedio	Identificar restricciones del plan, en base a programa de compra de materiales, seguimiento a OC, subcontratos, etc.
	Durante reunión	Abel Alva/Julio Guinand	Dirigir reunión	Validar planificación semanal y revisar indicadores, debe tener la siguiente estructura: PASADO: Revisar rendimiento, curvas, validar CNC, tomar acciones FUTURO: Presentar plan intermedio, partidas relevantes que parten, partidas relevantes que terminan, restricciones PRESENTE: Validación del plan semanal previamente entregado, identificación de restricciones de la semana.
		Andrews Erazo	Registrar restricciones en acta	Dejar constancia de restricciones para su posterior gestión.
		Equipo de Dirección del Proyecto	Acordar acciones correctivas	En base al análisis previo de CNC, acordar acciones correctivas para las más incidentes
	Después reunión	Andrews Erazo	Actualización de panel LPS	Actualizar panel con curvas, rendimientos, autoevaluación de reuniones.
		Andrews Erazo	Enviar actualización de restricciones	Mantener información disponible y actualizada para todo el equipo operativo de obra, debe ser enviado vía correo una vez terminada la reunión.
		Abel Alva/Andrews Erazo	Revisión diaria de plan semanal	Diariamente revisar tareas ejecutadas y tareas atrasadas, de manera de contener los problemas y asegurar el avance y cumplimiento del plan. Duración máxima 10 minutos.

Figura 69. Roles y responsabilidades para las reuniones semanales. Fuente: COSAPI.

En esta etapa se sigue implementando las reuniones con ayuda de plumones y el perímetro del recinto (Ver Figura 60).

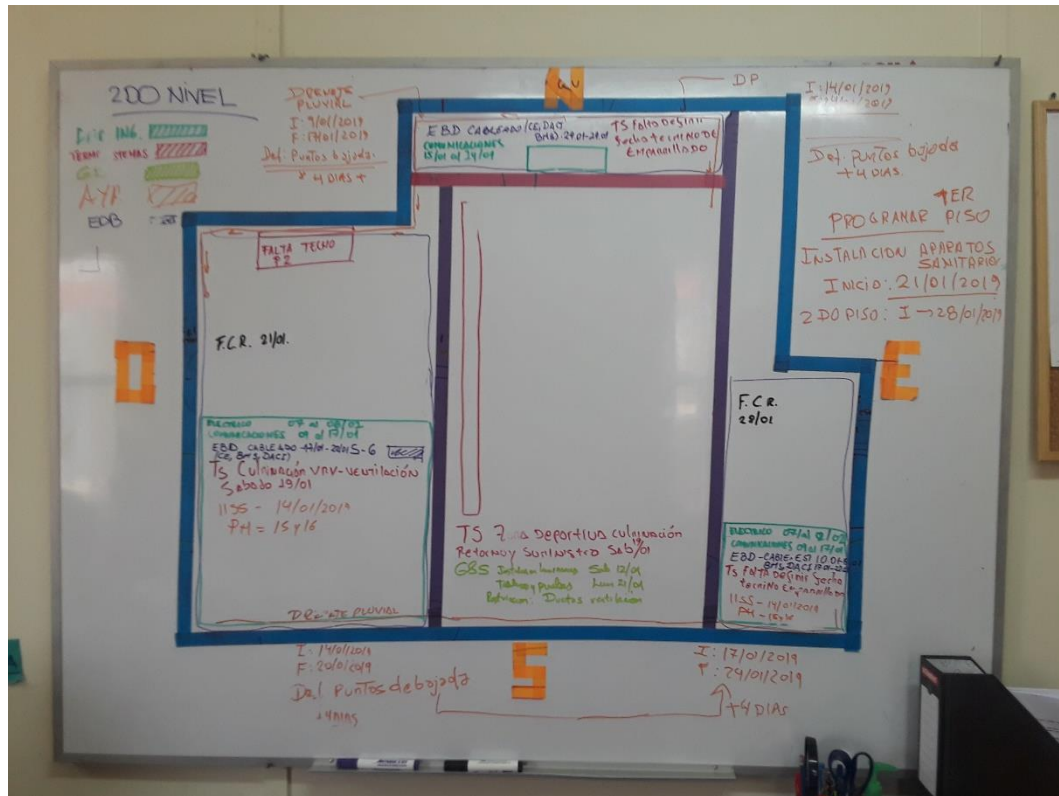


Figura 70. Plan semanal durante el Mes 02. Fuente: Elaboración Propia.

Si bien, los paneles de planificación nos ayudan a mejorar la gestión de los compromisos dentro del proyecto. La última semana del presente mes, procedemos a implementar la sesión Pull Planning y con ello mejorar la coordinación. Esta sesión se dividió en 03 etapas:

- Etapa 01: En esta etapa, los participantes eran subcontratistas instalaciones sanitarias, eléctricas, mecánicas, agua contra incendio y subcontratistas de comunicación. Duración: 02 horas.
- Etapa 02: En estas etapas los participantes fueron subcontratistas de fachada (muro cortina, muro De Huaca, tuberías, subcontratista de estructura eléctrica y metálica). Esta reunión tomó 01:30 horas.
- Etapa 03: Los subcontratistas de acabados, esta reunión tomó 01:00 horas.

En su mayoría, los subcontratistas no estaban familiarizados con esta metodología. Es por ello, que se les explica la metodología y se logra tener un cronograma con un buffer de 02 semanas, que nos asegurará que cumplamos el plazo del proyecto. Antes de la sesión de planificación, con un cronograma elaborado sin la interacción de los subcontratistas, el plan maestro se excedía una semana de la fecha contractual. Es por ello que se realizará la sesión Pull.

Para realizar la planificación pull en el proyecto se seguirán los siguientes pasos:

- Paso 01: Tener el listado de hitos. En nuestro caso el contrato contaba con los siguientes hitos del 11 de febrero de fin del cerramiento del proyecto y el 31 de marzo de fecha fin del proyecto.
- Paso 02: Definición de actividades clave o principales, en nuestro caso le asignamos un color a cada subcontratista para establecer los trabajos.
- Paso 03: Programación fin a inicio. Al tener los hitos, se procederá a la activación de la producción mediante el requerimiento de cada uno de los hitos mediante la programación fin a inicio, nos dimos cuenta que las fechas propuestas no eran las adecuadas y se debieron gestionar algunas tareas con anterioridad.
- Paso 04: ¿Qué necesito para empezar la siguiente actividad? Mediante este paso, podemos identificar las restricciones y dependencias a las cuales están sometidas las restricciones de manera que las áreas involucradas estén alertas y levanten sus restricciones en el proyecto.
- Revisión de fechas de compromiso
- Identificación de restricciones: Esta etapa es esencial pues al tener restricciones con un elevado tiempo de anticipación, nuestra gestión será mucho más eficiente, además de ello procedemos a identificar consideraciones para la ejecución del proyecto en el plazo requerido. Este proceso se realizará a lo largo de las sesiones.

A continuación, se muestran fotografías de la sesión de planificación (Ver Figura 71, 72 y 73)



Figura 71. Jefe de Planeamiento explicando los alcances de la sesión Pull. Fuente: Propia.



Figura 72: Subcontratista de comunicaciones participando en la sesión Pull. Fuente: Propia.



Figura 73: Conversaciones durante la planificación Pull. Fuente: Propia.

Como resultado de esta etapa, se logra tener una programación colaborativa. La programación obtenida se muestra en la Figura 74, se puede observar que con este proceso se tienen 02 semanas de buffer para terminar el proyecto, esto es uno de los puntos importantes de la sesión Pull, ya que permite sincerar los cronogramas preparados tradicionalmente.

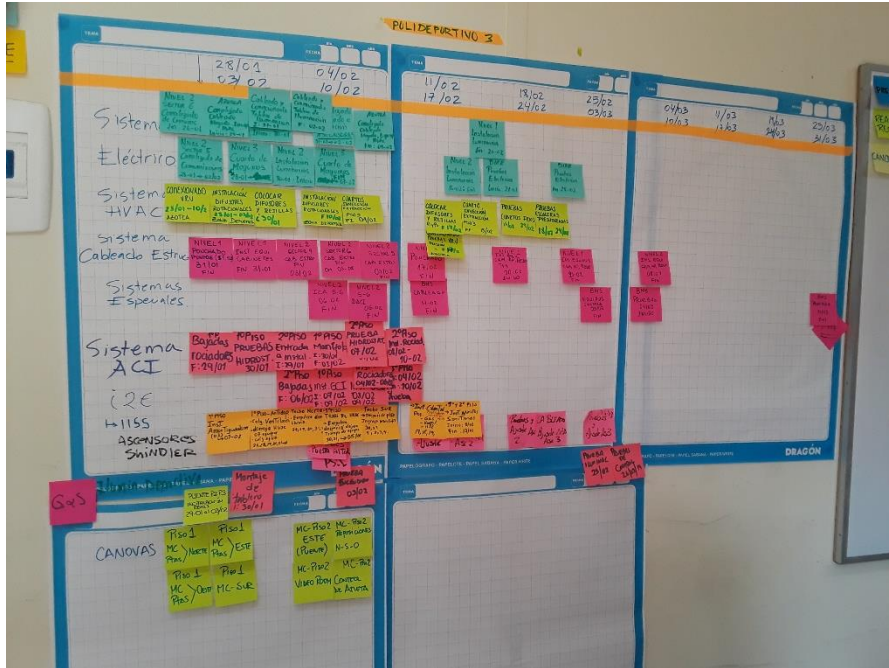


Figura 74: Plan generado luego de la Planificación Pull. Fuente: Propia.

Además de ello, se programa una reunión de colaboración con los subcontratistas de la fachada, con el fin de establecer un plan colaborativo, puesto que eran frecuentes los problemas de coordinación.

Es por ello que se hizo uso de la pizarra de planificación con el contorno del recinto y se colocan pos-its de colores con la participación de los subcontratistas de muro huaca, panel sándwich, muro cortina, accesorios de soporte.

A continuación, se muestran las fotografías de la reunión (Ver Figura 75 y 76).



Figura 75: Subcontratista de Muro Huaca colocando su pos-its en la pizarra. Fuente: Archivos del autor.



Figura 76: Subcontratista de Muro Cortina colocando su poss-its en la pizarra. Fuente: Archivos del autor.

Como resultado de la reunión obtenemos el plan colaborativo de la fachada (Ver Figura 77).

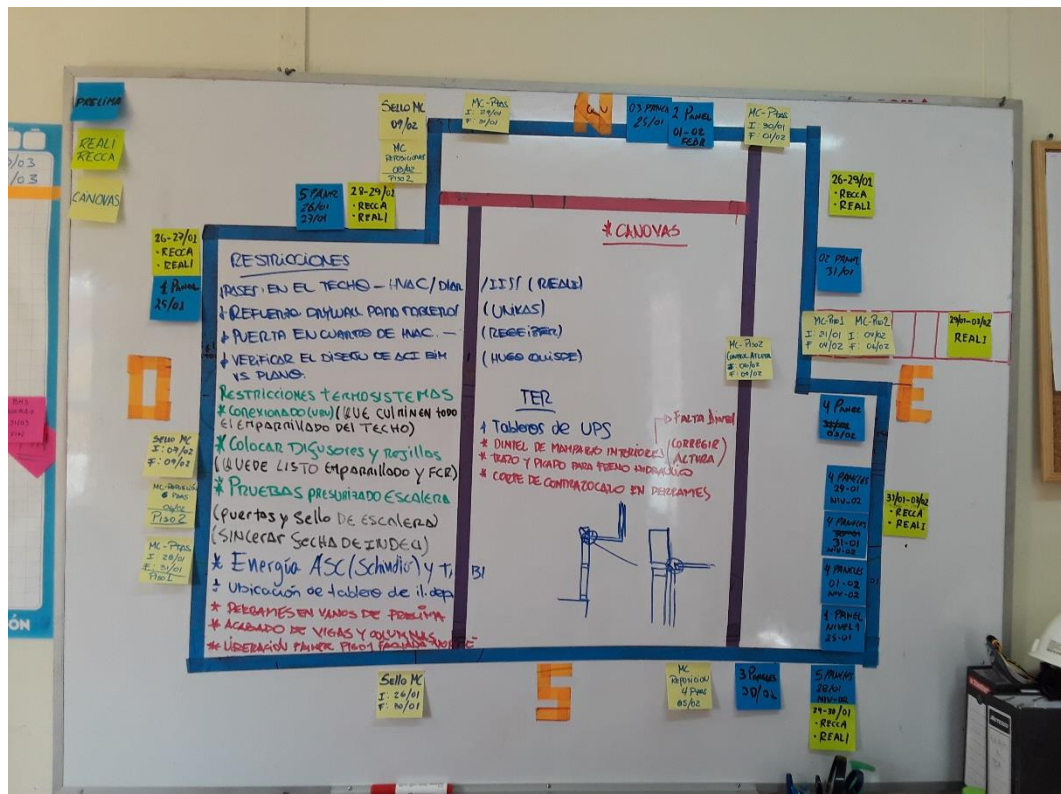


Figura 77: Planificación colaborativa de las actividades en fachada. Fuente: Archivos del autor.

Además de ello, con la ayuda de los paneles de planificación hemos generado nuestro Big Room del proyecto (Ver Figura 78), el cual nos servirá para implementar el modelo de gestión de personas en el mes 03 y 04 respectivamente.

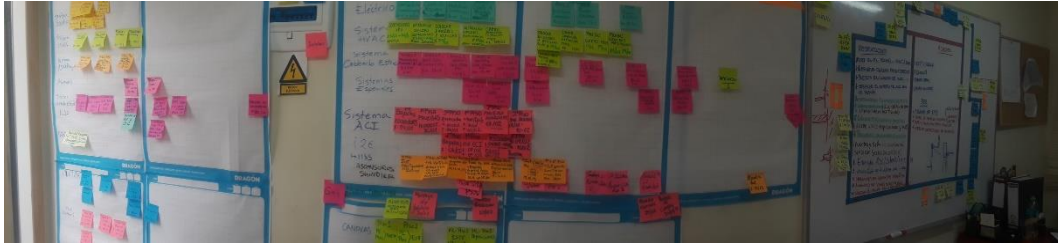


Figura 78. Big Room del proyecto al terminar el mes 02. Fuente: Archivos del autor.

Además, para las reuniones diarias de coordinación y a pie de obra. Se usan hojas forradas con cinta de embalaje y plumones de colores para la coordinación de tareas (Ver Figura 79).

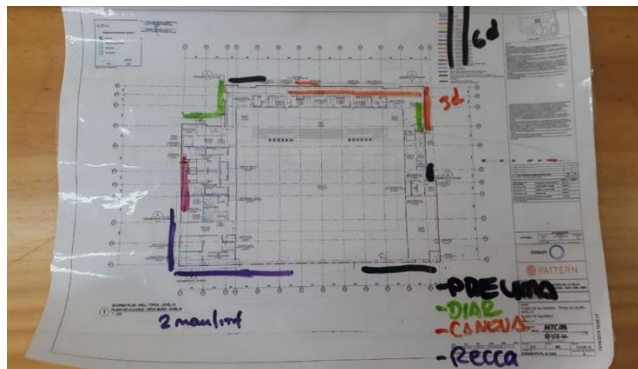


Figura 79: Planificación diaria para la fachada. Fuente: Archivos del autor.

4.4.2.3. Tecnología

En esta etapa, seguimos usando los grupos de Whats app, para una mejor coordinación y se creó un grupo de Whats App, para la mejora de la coordinación de estos trabajos (Ver Figura 80).

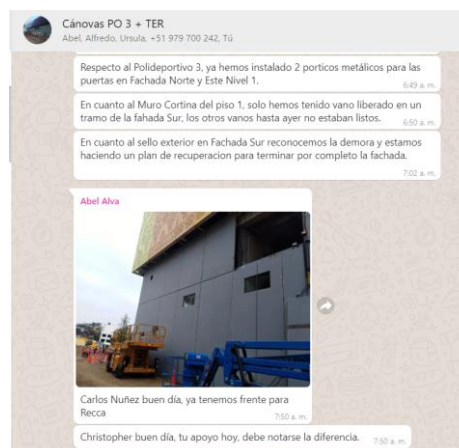


Figura 80. Coordinaciones del grupo de WhatsApp de subcontratistas de Fachada. Fuente: Archivos del autor.

Además de ello, los subcontratistas siguen realizando su participación mediante el grupo de Whats app (Ver Figura 81).

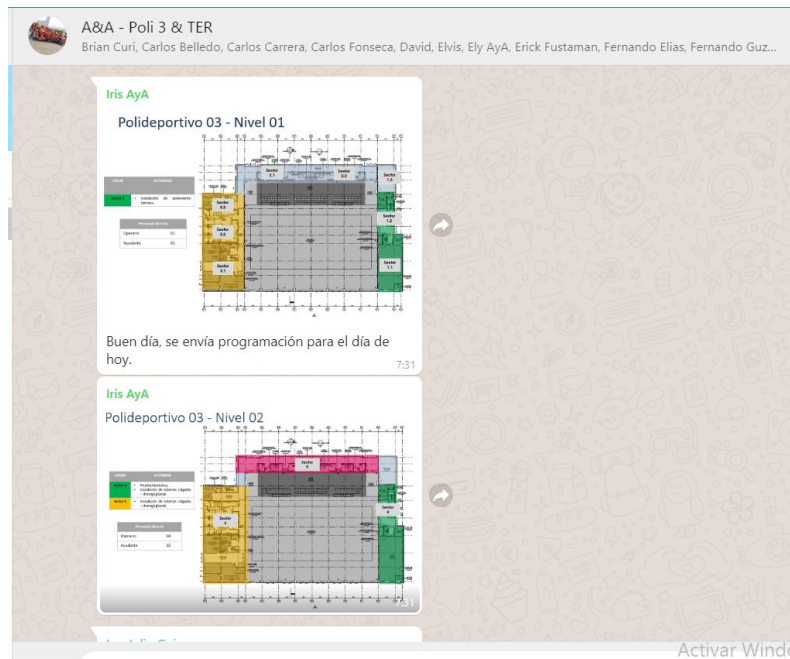


Figura 81: Ejemplo de la interacción en el grupo de Whats App del subcontratista. Fuente: Archivos del autor.

Además, en esta etapa se incorpora el uso del modelo BIM para el seguimiento de las actividades semanales y ver el avance de los subcontratistas, con ayuda de esta herramienta identificamos fácilmente los trabajos pendientes de ejecutar (Ver Figura 82).

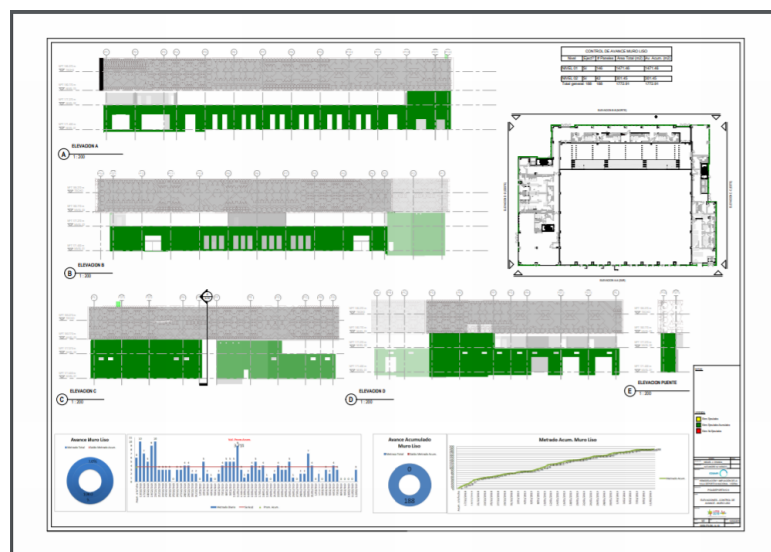


Figura 82: Seguimiento de las actividades de fachada usando el modelo BIM. Fuente: COSAPI.

4.4.3. Implementación Mes 03

4.4.3.1. Personas

A raíz de la implementación de las sesiones de planificación Pull, se notó una mayor colaboración entre los distintos subcontratistas, además de una mejora liderazgo y promesas confiables en los compromisos. Es por ello que promoveremos las reuniones con el fin de seguir generando conductas en la implementación.



Figura 83. Subcontratista de aire acondicionado explicando su programación. Fuente: Archivos del autor.

En este mes, hemos notado que los subcontratistas llegan más preparados a la reunión y ya hemos generado conductas de revisión su programación e identificación de restricciones (Ver Figura 84):

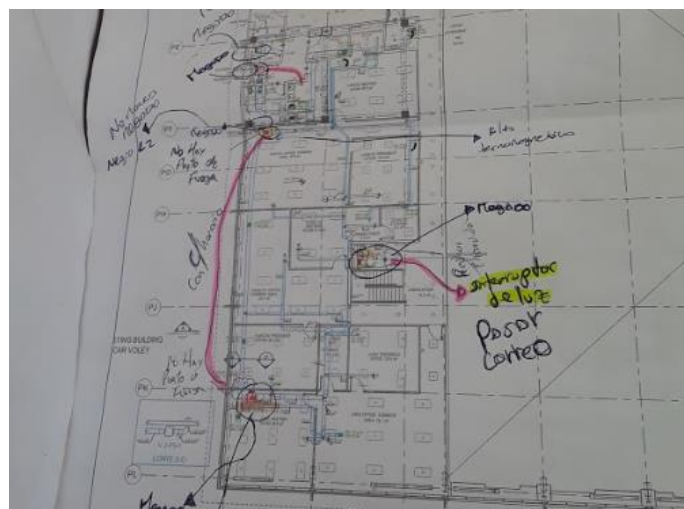


Figura 84. Identificación de restricciones de parte de un subcontratista. Fuente: Archivos del autor.

4.4.3.2. Procesos

Para el control del cronograma maestro y los hitos principales del proyecto, se hace uso del Completion Milestone. Este documento es un resumen de las actividades principales del proyecto y sirve de guía para el cliente.

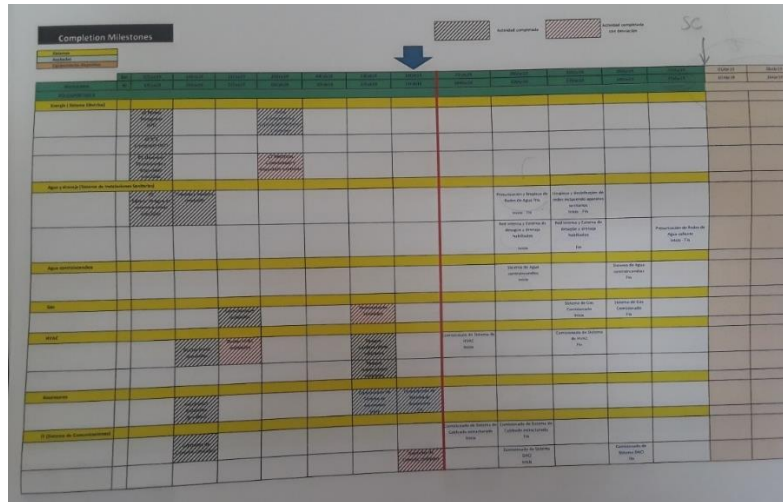


Figura 85. Completion Milestone con actividades críticas del proyecto. Fuente: COSAPI.

Durante este mes, seguimos adelante con las reuniones de planificación pull (Ver Figura 86 y 87) y el uso de los paneles visuales para las actividades que están involucradas en la fachada (Figura 88).

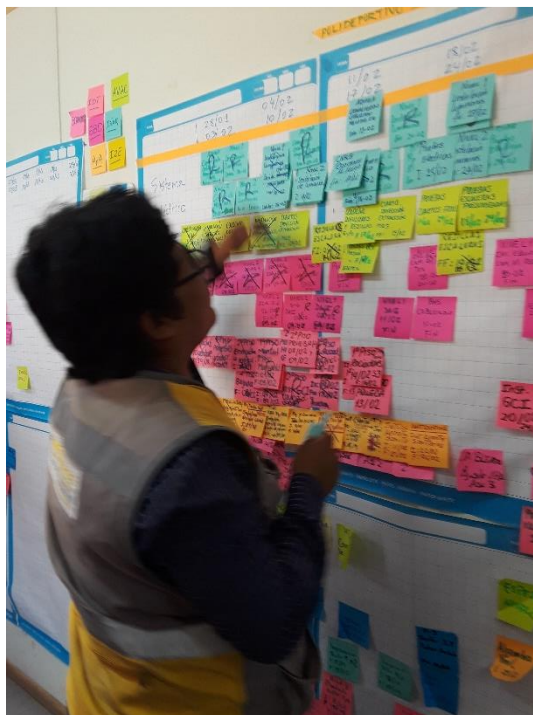


Figura 86: Subcontratista de Instalaciones Eléctricas, participando en la reunión. Fuente: Archivos del autor.

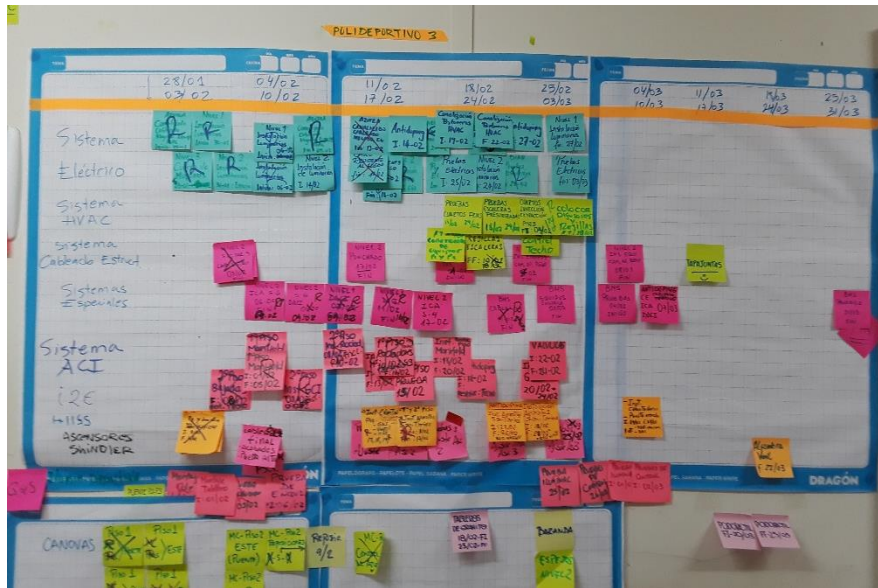


Figura 87: Panel Pull, luego de la sesión de Planificación. Fuente: Archivos del autor.



Figura 88: Planificación de la fachada en el mes 03. Fuente: Archivos del autor.

4.4.3.3. Tecnología

En esta etapa, seguimos usando los grupos de Whats App, para la mejora de la coordinación en campo y hacemos el control de más actividades con ayuda del modelo BIM. Se controlarán las partidas de muro cortina (Figura 89), agua contra incendio, falso cielo raso (Figura 90) y enchape (Figura 91).

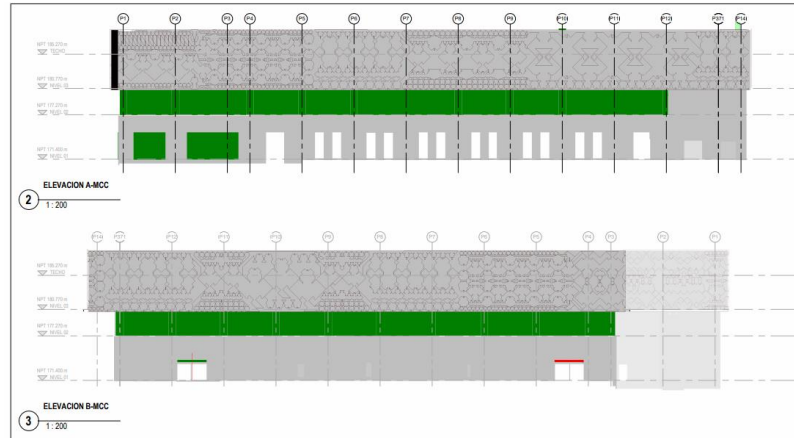


Figura 89: Avance del muro cortina con ayuda del modelo BIM. Fuente: Área BIM COSAPI.

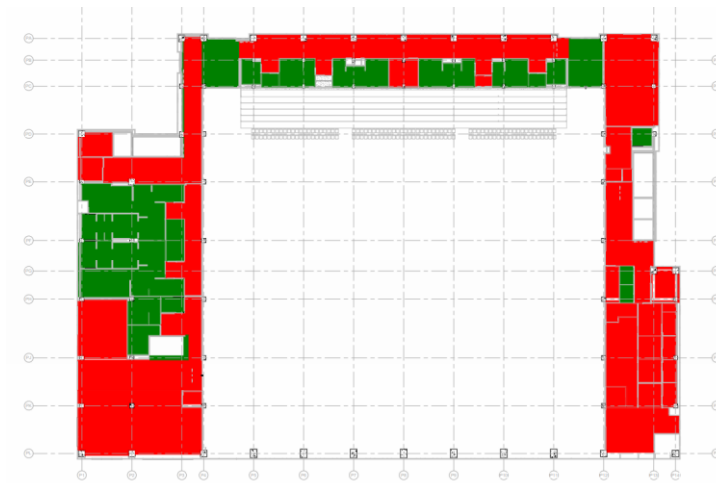


Figura 90: Avance del cielo raso con ayuda del modelo BIM. Fuente: Área BIM COSAPI.

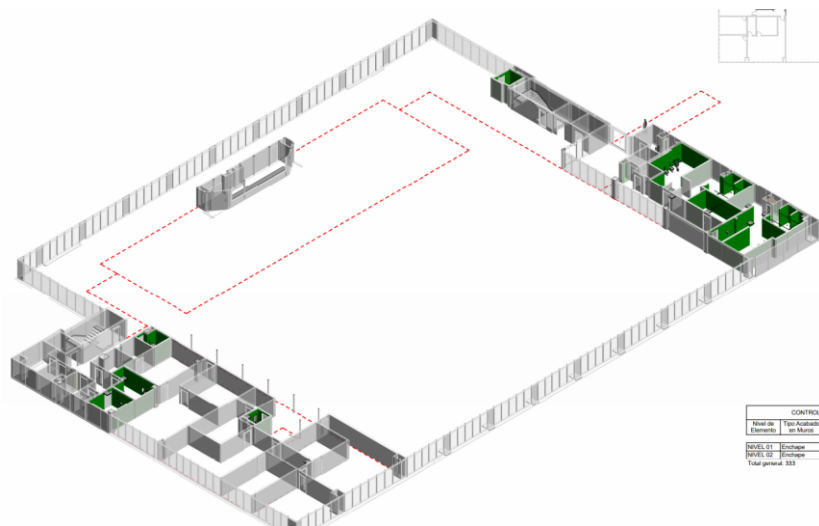


Figura 91: Avance del enchape con ayuda del modelo BIM. Fuente: Área BIM COSAPI.

4.4.4. Implementación Mes 04

4.4.4.1. Personas

Este mes, es parte de la entrega del proyecto. Es por ello que, debido a la característica del contrato, se promueve una amplia colaboración con el cliente para la entrega del proyecto. Los lunes y jueves a primera hora se realiza la caminata de obra, en la cual el objetivo es ver las tareas que se completaron en la semana y así también identificar temas de calidad en obra y seguridad. (Ver Figura 92)



Figura 92. Caminata de obra con el cliente. Fuente: Archivos del autor.

Además, este mes los subcontratistas ya registran una madurez en la implementación de LPS y llegan más preparados a las reuniones, esto se demuestra pues llegan con sus restricciones para resolverlas en la reunión (Ver Figura 93).



Figura 93. Registro de restricciones del subcontratista antes de la reunión. Fuente: Archivos del autor.

4.4.4.2. Procesos

Debido que tenemos pocas actividades y nos encontramos en la etapa de entrega del proyecto, el cliente pidió un cronograma detallado de las actividades de cierre de ambientes. Basados en la gestión visual, realizamos el cronograma con indicadores de semáforo de color verde para actividades completadas, color amarillo para actividades en proceso y color rojo para actividades pendientes. (Ver Figura 94).

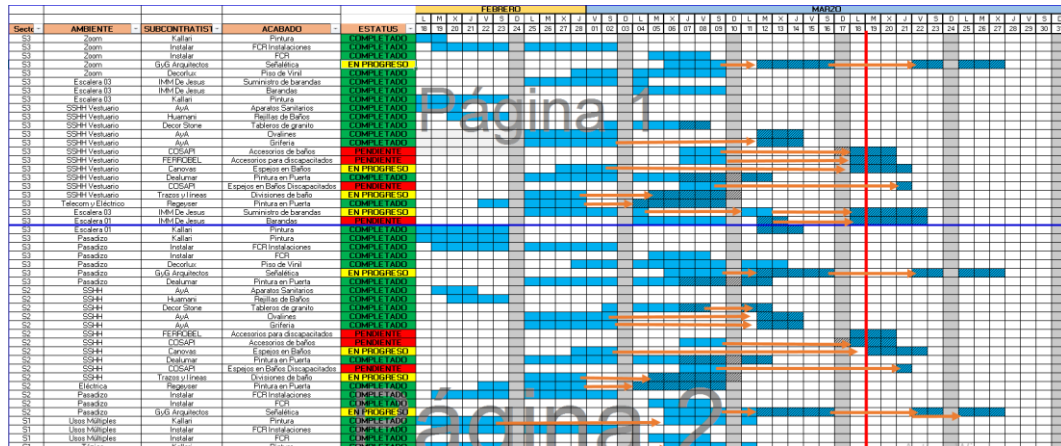


Figura 94: Cronograma de saldo por ambientes. Fuente: Elaboración propia.

En este mes, seguimos con las reuniones de planificación con ayuda de nuestros paneles visuales y se suman a la reunión de las instalaciones al subcontratista de cielo raso, pues se necesitan cerrar el cielo raso de los ambientes (Ver Figura 95).



Figura 95: Sesión de planificación en el mes 04 de la implementación. Fuente: Archivos del autor.

Además, durante este mes seguimos registrando nuestras restricciones (Ver Figura 96) y también se hace uso del Big Room del proyecto (Ver Figura 97).

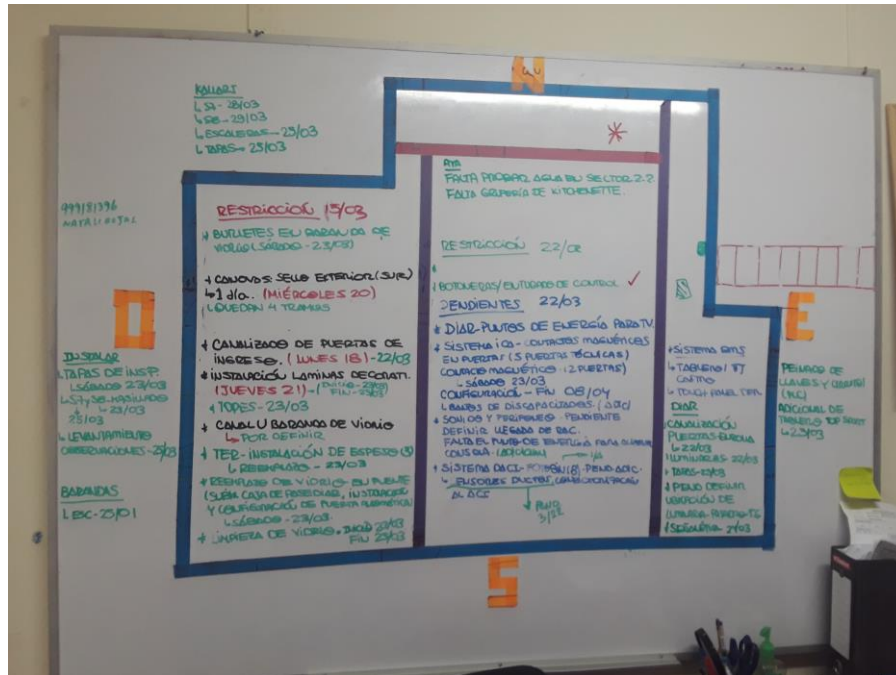


Figura 96: Identificación de restricciones en el mes 04 de implementación. Fuente: Archivos del autor.



Figura 97. Big Room del proyecto durante el mes 04. Fuente: Archivos del autor.

4.4.4.3. Tecnología

En la fase de instalación del falso cielo raso de baldosa y drywall, se presentaban problemas para la culminación y prueba de instalaciones. Se convocaron reuniones en campo e invitar al subcontratista encargado de falso cielo raso a la reunión de instalaciones, además de la creación de un grupo de Whatsapp que permitía la comunicación rápida frente a problemas en campo que facilitaron que se puedan cumplir los plazos.

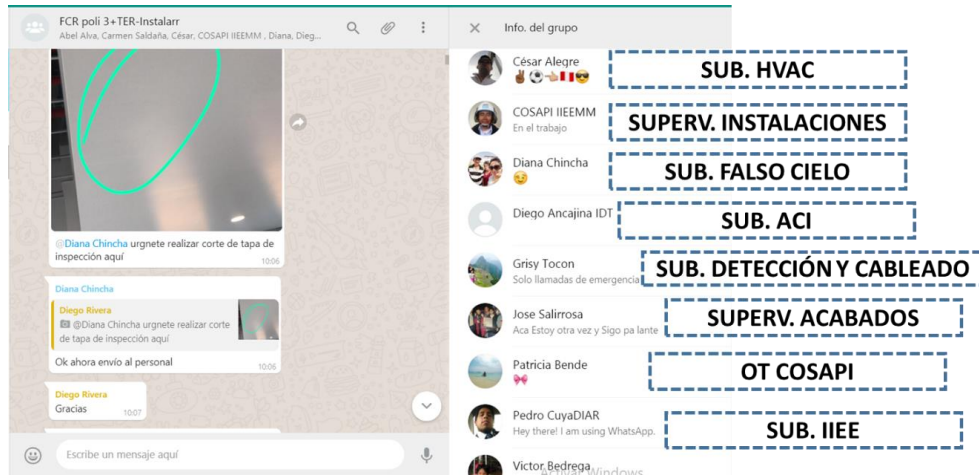


Figura 98: Grupo de WhatsApp para el cerramiento del cielo raso de ambientes. Fuente: Archivos del autor.

De igual manera, se sigue haciendo el control del avance del proyecto con ayuda del modelo, se controló el avance de la pintura y cielo raso en el proyecto.

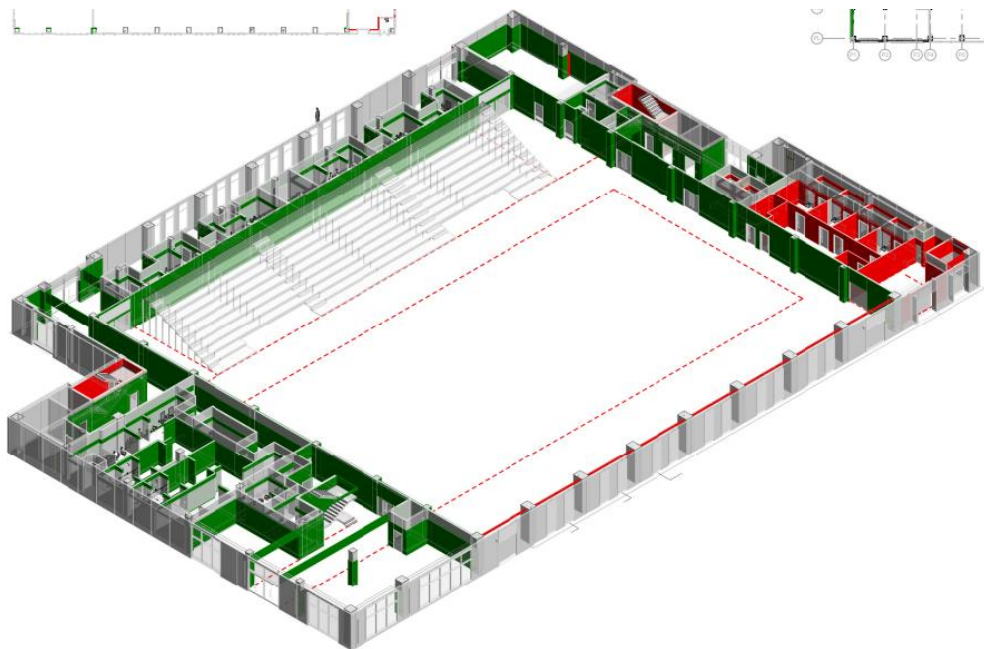


Figura 99: Avance de la partida de pintura en el mes 04, con ayuda del modelo BIM. Fuente: Área BIM COSAPI.

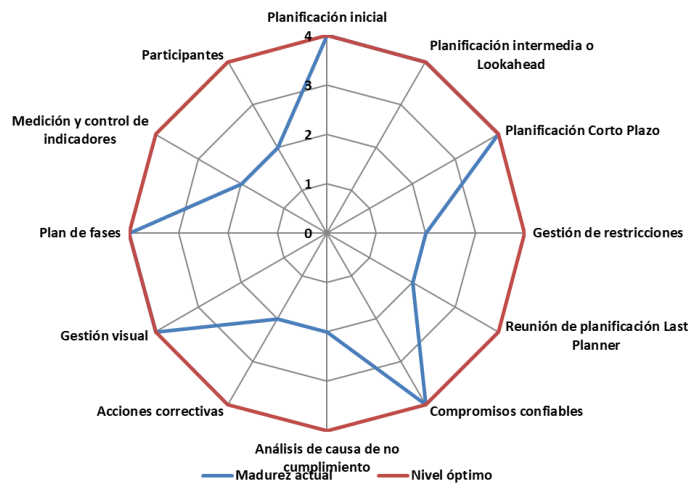
CAPÍTULO V: ANÁLISIS DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. NIVEL DE IMPLEMENTACIÓN FINAL

Otro punto importante a considerar, luego de la implementación de la planificación colaborativa, es el nivel de implementación del LPS (Figura 100); pues aumentó significativamente; sin embargo, aún se tienen algunas oportunidades de mejora como se detalla a continuación:

- **Gestión de Restricciones:** El equipo de proyecto, identificó las restricciones en las reuniones y se utilizó una matriz de riesgos para evaluar el impacto de las restricciones en el cronograma.
- **Análisis de la causa del incumplimiento:** No se llevó a cabo un análisis correcto de la CNC. Algunos subcontratistas solo enviaron su look ahead y completaron las causas de no cumplimiento; sin embargo, estas causas no se analizaron.
- **Acciones correctivas:** Se registraron algunas acciones correctivas, pero no del todo. El cliente generalmente indicaba al Contratista General que enviara acciones correctivas de actividades críticas que pudieran afectar el hito final del proyecto.
- **Medición y control de indicadores:** Durante el proyecto, el contratista general registró SPI y PPC. Sin embargo, en un proyecto futuro, puede utilizar algunos indicadores adicionales, Samad et al. (2017) propone el TMR (Task Make Ready) y el PCR (Percentage Constraints Remove).
- **Reunión de planificación de LPS:** La reunión semanal ocurrió los viernes. Para mejorar la reunión, se podría preparar una pausa para tomar un café y reducir el uso de teléfonos celulares durante la reunión.

El detalle de cada uno de los puntos mencionados en el siguiente capítulo, se encuentra en el Anexo 02: Diagnóstico del Nivel Final de la Implementación de LPS.



Competencias para LPS	Nivel de Madurez									
	0 Inexistente		1 Básico		2 Intermedio		3 Avanzado		4 Maduro o consolidado	
	0%	10%	20%	50%	50%	80%	80%	90%	90%	100%

Figura 100: Radar, luego de la implementación del Modelo de Gestión de Personas. Fuente: Elaboración propia.

5.2. EVOLUCIÓN DE INDICADORES DEL PROYECTO

Luego de la implementación, observamos que el PPC se incrementó durante el tiempo, también el SPI se incrementó. Otra observación importante es que el PPC promedio está cerca del 70% y la variabilidad se reduce (Ver Figura 101):

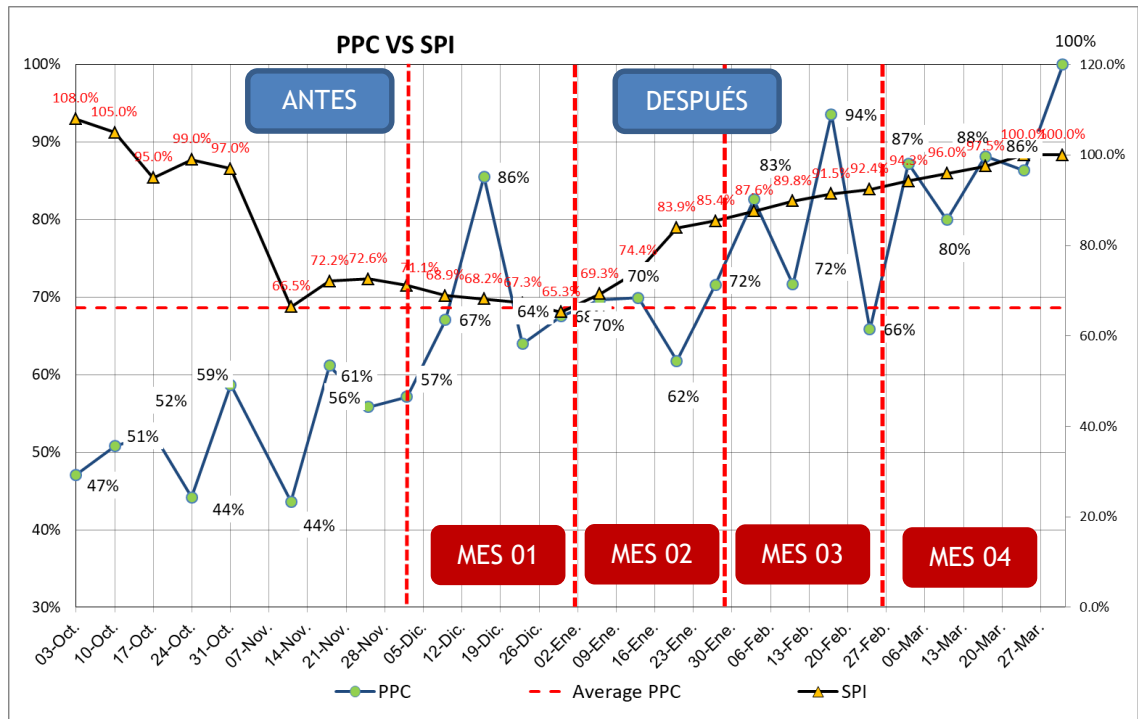


Figura 101: PPC VS SPI durante 27 semanas de implementación. Fuente: Elaboración Propia.

5.2.1. Indicadores Mes 01

Durante el mes 01, el SPI del proyecto se ha reducido hasta el valor de 0.65, esto principalmente porque el equipo del proyecto recién adoptó el modelo de gestión de personas y se están generando las conductas como la asistencia a reuniones y envío de las programaciones semanales. Además, en este mes, hemos obtenido un PPC de 57%, 67%, 86%, 64% y 68%, en promedio un PPC de 68%. Lo que demuestra que hay bastante variabilidad en el proyecto. Además, en este mes se planificaron 620 actividades y se cumplieron 417, a continuación, se muestra el ranking por semana (Ver Tabla 19):

Tabla 19: Cantidad de Tareas Planificadas y Cumplidas por semana. Mes 01 Fuente: Elaboración Propia.

SEMANA	Planificadas	Cumplidas	PPC
Semana 45	126	72	57%
Semana 46	85	57	67%
Semana 47	97	83	86%
Semana 48	161	103	64%
Semana 49	151	102	68%
TOTALES	620	417	67%

De la Tabla 19, podemos notar que 203 actividades no se cumplieron en la semana y se clasificaron de la siguiente manera:

Tabla 20: Tipos de CNC durante el mes 01. Fuente: Elaboración Propia.

Tipo de CNC	Cantidad	% Total
Cambio de Proyecto/planes	4	2%
Deficiencia del exp. Técnico	16	8%
Demora en actividad previa	49	24%
Falta de equipos y herramientas	6	3%
Falta de Mano de obra	33	16%
Falta de Materiales	1	0.5%
Incumplimiento del proveedor	33	16%
Interferencia de subcontratistas	60	30%
Problemas administrativos	1	0.5%
TOTALES	203	

De la Tabla 20, notamos que las principales CNC están asociadas a interferencias de los subcontratistas (30%), por lo cual en el mes 02 se busca integrarlos mediante reuniones colaborativas y el uso de paneles visuales. Además de crear un grupo de Whats App que ayude a mejorar la comunicación.

5.2.2. Indicadores Mes 02

Durante el mes 02, notamos que el SPI ha mejorado de 0.69 a 0.85, esto se debe a que el equipo del proyecto ha logrado una mejor coordinación entre los distintos subcontratistas. Además, en este mes, hemos obtenido PPCs de 69%, 70%, 62%, y 72%, en promedio un PPC de 68%, similar al mes 01 de la implementación. Y se observa que en el PPC no hay tantos picos y estos valores rondan entre 60% a 70%. Al final de este mes, se implementó la reunión de planificación Pull. En este mes, se planificaron 629 actividades y se cumplieron 417 (Ver Tabla 21)

Tabla 21: Cantidad de Tareas Planificadas y Cumplidas por semana en el Mes 02. Fuente: Elaboración Propia.

SEMANA	Planificadas	Cumplidas	PPC
Semana 50	168	117	70%
Semana 51	173	121	70%
Semana 52	191	118	62%
Semana 53	155	111	72%
TOTALES	687	467	68%

De la Tabla 21, podemos notar que 220 actividades no se cumplieron en la semana y se clasificaron de la siguiente manera:

Tabla 22: Tipos de CNC durante el mes 02. Fuente: Elaboración Propia.

Tipo de CNC	Cantidad	% Total
Cambio de proyecto/planes	10	5%
Demora en actividad previa	44	20%
Demora en Respuesta de RFI	2	1%
Equipo Averiado	1	0%
Falta de equipos y herramientas	3	1%
Falta de Mano de obra	33	15%
Falta de Materiales	1	0%
Incumplimiento del proveedor	44	20%
Interferencia de subconstratistas	83	38%
TOTALES	220	

De la Tabla 22, podemos notar que el 38% de las CNC del segundo mes de implementación están relacionadas a la interferencia de subcontratistas, lo que se puede resolver con una mejor planificación, además de ello la demora de las actividades planificadas está generando que las actividades sucesoras se vean impactadas. Es por ello que el Mes 03 de busca implementar el Big Room y la planificación colaborativa en el proyecto.

5.2.3. Indicadores Mes 03

Durante el mes 03, notamos que el SPI ha mejorado de 0.85 a 0.92, esto se debe a que el equipo del proyecto ha logrado implementar las reuniones Pull y realizar un Big Room en el proyecto y se han ido generando conductas de revisión de la programación con tiempo e identificación de las restricciones. Además, en este mes, hemos obtenido PPCs de 83%, 72%, 94%, y 66%, en promedio un PPC de 77%. Este mes, existe una mejora del PPC, puesto que los subcontratistas han aprendido de mejora manera los conceptos de LPS y llegan con las restricciones a obra. Además de ello, la planificación Pull y el Big Room, ayudó a una mejor visualización de la programación, pues todos tienen acceso a ella y se pueden programar las actividades teniendo en cuenta a los demás subcontratistas.

Tabla 23: Cantidad de Tareas Planificadas y Cumplidas por semana en el Mes 03. Fuente: Elaboración Propia.

SEMANA	Planificadas	Cumplidas	PPC
Semana 54	155	128	83%
Semana 55	1134	96	72%
Semana 56	78	72	94%
Semana 57	123	81	66%
TOTALES	490	378	77%

De la Tabla 23 notamos que la cantidad de actividades desciende en la semana 56 debido a que los trabajos de fachada terminaron y se da inicio a los trabajos de acabados secos como cielo raso dentro del proyecto. Además, podemos notar que 112 actividades no se cumplieron en la semana y se clasificaron de la siguiente manera:

Tabla 24: Tipos de CNC durante el mes 03. Fuente: Elaboración Propia.

Tipo de CNC	Cantidad	% Total
Demora en actividad previa	31	28%
Demora en Respuesta de RFI	1	1%
Falta de Mano de obra	34	30%
Falta de Materiales	1	1%
Incumplimiento del proveedor	14	13%
Interferencia de subcontratistas	31	28%
TOTALES	112	

De las causas de No Cumplimiento observadas, notamos que tenemos tres tipos de ellas que juntas hacen el 76% (Demora en actividad previa 28%, Falta de mano de obra 30% e interferencia de subcontratistas, 28%). En el caso de la falta de mano de obra, esto se debe a que las actividades de acabados secos estaban iniciando y hubieron demora en el ingreso, además de ello los subcontratistas se encontraban en distintos frentes a la vez, lo que generaba que no puedan abastecerse. El otro 46% está asociado a los subcontratos, debido a que nos encontramos cerrando los ambientes con el cielo raso y es necesario que las actividades previas de aire acondicionado, instalaciones sanitarias, agua contra incendio, comunicaciones e instalaciones eléctricas se hayan terminado. En este mes, también se creó un grupo de Whats app para el cerramiento de ambientes, para una mejor comunicación.

5.2.4. Indicadores Mes 04

Durante el mes 04, notamos que el SPI ha mejorado de 0.92 a 1.00, esto se debe a que el equipo del proyecto, ya logró un entendimiento de la planificación y llegan preparados a las reuniones de planificación. Además, en este mes, hemos obtenido PPCs de 87%, 80%, 88%, 86% y 100%, en promedio un PPC de 88%. En este mes, se logra una mejora total del sistema de planificación, pues los distintos participantes logran identificar sus restricciones con tiempo y hay una mejor coordinación al momento de realizar las actividades.

Al final de este mes, se programaron 349 actividades y se cumplieron 300 actividades, en este mes existe una menor cantidad de actividades, pues ya nos encontramos cerca a la entrega del proyecto. A continuación, se muestra el desglose de actividades planificadas en el mes 04 (Ver Tabla 25):

Tabla 25: Cantidad de Tareas Planificadas y Cumplidas por semana. Mes 04. Fuente: Elaboración Propia.

SEMANA	Planificadas	Cumplidas	PPC
Semana 88	86	75	87%
Semana 59	110	88	80%
Semana 60	75	66	88%
Semana 61	50	43	86%
Semana 62	28	28	100%
TOTALES	349	300	88%

De la Tabla 25, podemos notar que 49 actividades no se cumplieron en la semana y se clasificaron de la siguiente manera:

Tabla 26: Tipos de CNC durante el mes 04. Fuente: Elaboración Propia.

Tipo de CNC	Cantidad	% Total
Cambio de proyecto/planes	1	2%
Demora en actividad previa	8	16%
Falta de Mano de obra	12	24%
Falta de Materiales	2	4%
Incumplimiento del proveedor	11	22%
Interferencia de subcontratistas	15	31%
Total general	49	

De la tabla 26, notamos que similar al mes anterior, las causas más preponderantes son la interferencia de subcontratistas y demora en actividad previa, pues nos encontramos cerrando los trabajos de cielo raso y es importante que los demás subcontratistas terminen sus trabajos. Además, se tienen CNC de incumplimiento del proveedor, pues nos encontrábamos instalando aparatos sanitarios y hubieron demoras en la entrega.

5.3. CONDUCTAS OBSERVADAS LUEGO DE LA IMPLEMENTACIÓN.

Fauchier y Alves (2013) observaron comportamientos durante la implementación del último sistema de planificador, en la implementación de la planificación colaborativa, notamos que los subcontratistas, el cliente y el contratista general experimentan estos comportamientos:

- Aprendizaje, mejora continua y comportamientos orientados a objetivos: Los subcontratistas se alinearon con los hitos del proyecto y también

aprendieron sobre el uso del último sistema de planificador y la elaboración correcta del look ahead.

- Participación/comunicación abierta, transparencia: Los subcontratistas son libres de participar en la reunión y se sienten más empoderados. En la mitad de la implementación de la planificación colaborativa, los subcontratistas llegan con las restricciones que dependen de otros subcontratistas y en la reunión, el equipo de proyecto trabaja en resolverlas.
- Promesas confiables: El PPC en el proyecto aumentó con la implementación colaborativa y el uso de paneles visuales, que incrementan la visualización del trabajo y el entendimiento de la planificación. La Figura 102, muestra un ejemplo de una reunión semanal en el proyecto, donde se observa la participación de los subcontratistas y atención a las indicaciones del jefe de frente.



Figura 102: Reunión de coordinación en el frente de trabajo. Fuente: Elaboración Propia.

5.4. ENCUESTAS A SUBCONTRATISTAS

Para evaluar el impacto de la planificación colaborativa y uso de dispositivos visuales en los subcontratistas, realizamos una encuesta (Figura 103), de donde notamos que los subcontratistas se encuentran bastante contentos con la implementación de la planificación colaborativa y paneles visuales, además de ello

han mejorado su entendimiento en el uso del look ahead. Estas respuestas corroboran con los estudios de Kalssas et al, (2009) y Ribeiro (2017), donde postulan que la planificación colaborativa incrementa el entendimiento de las tareas a ejecutar entre los participantes y mejora la transparencia de la información en el sitio de trabajo. En el Anexo 03, se encuentran el detalle de respuesta de los subcontratistas.

Preguntas	COMUNICA.		IISS		ACI		PINTURA		MURO CORT.	
	Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después
¿Cómo calificarías tu conocimiento de elaboración de look ahead?	1	8	3	10	5	9	7	8	6	10
¿Cómo calificarías la duración de las reuniones?	1	9	4	10	4	10	5	5	8	9
¿Cómo calificarías la utilidad de las reuniones?	2	9	2	10	8	10	8	8	8	8
¿Cómo calificarías la liberación de restricciones en la obra?	2	10	4	10	7	10	7	7	7	7
¿Cómo calificarías el contenido de las reuniones de obra?	4	10	3	10	8	10	7	9	6	8
¿Cómo calificarías el uso de paneles visuales en las reuniones?	3	9	5	10	6	9	7	9	5	8
¿Cómo calificarías el uso de pull planing en las reuniones de obra?	1	9	2	10	6	10	8	8	7	9
¿Cómo calificarías la comunicación en obra?	3	7	2	10	7	10	8	8	4	7

Figura 103: Apreciaciones del nuevo modelo de planificación. Fuente: Elaboración Propia.

CONCLUSIONES

1. Al implementar el modelo de gestión de personas propuesto, pudimos reducir la variabilidad del proyecto, mejorar el PPC y SPI, con lo que pudimos entregar el proyecto de construcción en la fecha planificada y lograr revertir el atraso presentado al inicio de la planificación.
2. La implementación de la teoría de la acción lingüística en el proyecto, mediante el uso de las promesas confiables. Genera que los subcontratistas realicen promesas más reales y se sientan en la capacidad de decir no, ante una actividad que no podrán ejecutar. Con ello se logra que los planes semanales se cumplan y se incremente la cantidad de actividades completadas semanalmente.
3. La colaboración en el sitio de trabajo y las reuniones, se pudo generar con la ayuda de la gestión visual, el Big room y los paneles de planificación. Estas herramientas, nos ayudan a tener a los distintos subcontratistas en el sitio de trabajo y podamos coordinar las actividades de una mejor manera, lo que se ve reflejado en el plan semanal y el PPC.
4. Para la implementación exitosa del modelo propuesto, es importante tener el liderazgo del encargado del proyecto que podría ser el gerente de proyecto, residente de obra o jefe de producción, pues el tendrá el poder de llamar a los distintos subcontratistas y generar un mayor involucramiento de los mismos.
5. Es importante contar con un facilitador de LPS durante el proceso de implementación, pues el podrá registrar las CNC, hacer seguimiento a las restricciones y garantizar la correcta implementación de LPS en el proyecto. Dependiendo el tamaño del proyecto, el rol puede recaer en el asistente del residente, asistente de campo o un ingeniero de control de proyectos.
6. Para que el modelo tenga éxito, es importante considerar el respeto a las personas como punto clave de las interacciones. Respetar la opinión de los distintos subcontratistas en las reuniones y tomarla en cuenta en las reuniones, generará una mayor confianza para sugerir mejoras y por ende mejorar la planificación del proyecto.
7. La herramienta de nivel de implementación de LPS, nos ayudó a identificar las distintas brechas. Semanalmente, por un periodo de 04 meses se despliegan

-
- acciones de mejora que ayudan a incrementar la implementación de LPS y con ello los indicadores del proyecto.
8. Luego de la encuesta de satisfacción con los subcontratistas, se muestra un alto grado de aceptación a las herramientas de planificación colaborativa, las sesiones de planificación y una mejora de la comunicación de obra.
 9. La implementación de principios Lean como la transparencia en el sitio de trabajo, mediante la gestión visual. Logro que los distintos subcontratistas tengan acceso a la información del proyecto con mayor facilidad y se involucren fácilmente. Además de ello, permite al equipo del proyecto, tomar mejores decisiones.
 10. Durante la implementación del modelo de gestión de personas, notamos las siguientes conductas, entre los subcontratistas: Mejora continua, semana a semana los subcontratistas mejoran sus planes y mejoran sus indicadores de proyecto. Se tiene una mejor participación de ellos en las reuniones. Así también, ellos presentan una mayor colaboración, en la medida que se los involucra en la colaboración mediante los paneles visuales.
 11. Antes de iniciar la implementación de un modelo como el propuesto, primero se trabaje en desarrollar comportamientos, pues esto generará que los participantes del proyecto sostengan la implementación propuesta.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda en futuros estudios, desarrollar a mayor profundidad más indicadores de LPS, como el Task Make Ready, Task Anticipated, Porcentaje de Restricciones Levantadas, de manera que podamos correlacionarlos con el PPC y SPI del proyecto.
2. Siguiendo el modelo propuesto de gestión de personas, se recomiendan hacer estudios detallados de cada uno de los elementos del modelo y su impacto en los proyectos de construcción, es así que se proponen los siguientes estudios:
 - Realizar mayores estudios acerca de la perspectiva de la acción lingüística y sus indicadores durante las reuniones de planificación. Se recomienda medir indicadores de la acción lingüística como el porcentaje de compromisos realizados en una reunión, el porcentaje de compromisos rechazados, el porcentaje de compromisos renegociados, entre otros indicadores más propuestos por Salazar et al. (2018).
 - Se recomienda medir el nivel de madurez de gestión visual en el proyecto, de manera que podamos saber el grado de madurez inicial y con ello implementar mejores herramientas de la gestión visual como el uso de paneles con los indicadores claves.
 - Se recomienda el uso de pizarras adicionales, para un mejor registro de la información del proyecto como los planes semanales y las restricciones de las actividades. De manera que se pueda tener una mejor trazabilidad de la planificación.
3. En base a los mensajes registrados en las conversaciones de Whats App para coordinación de actividades, se sugiere realizar unos análisis de redes sociales y determinar cuál es el flujo de comunicación en el proyecto y quienes son las personas que centran la comunicación en el proyecto. Ver Figura XX.

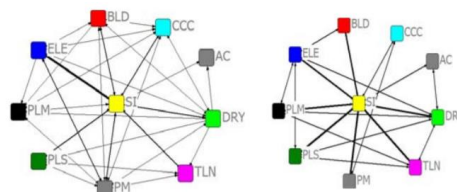


Figura 104: Ejemplo de las redes sociales. Fuente: Priven y Sacks(2013).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Alarcón, L. F. , Salvatierra, J. L. & Letelier, J. A. (2014)'Using Last Planner Indicators to Identify Early Signs of Project Performance' In:, Kalsaas, B. T., Koskela, L. & Saurin, T. A., *22nd Annual Conference of the International Group for Lean Construction*. Oslo, Norway, 25-27 Jun 2014. pp 547-558
2. Alarcón, L. F. , Salvatierra, J. L. & Letelier, J. A. (2014) 'Using Last Planner Indicators to Identify Early Signs of Project Performance' In:, Kalsaas, B. T., Koskela, L. & Saurin, T. A., *22nd Annual Conference of the International Group for Lean Construction*. Oslo, Norway, 25-27 Jun 2014. pp 547-558
3. Alarcon, L. F., & Ashley, D. B. (1999). Playing games: Evaluating the impact of lean production strategies on project cost and schedule. In *Proceedings of the 7th Annual Conference of the International Group for Lean Construction* (pp. 263-274). Group for Lean Construction Berkeley CA.
4. Alarcón, L.F. and Ashley, D. B. (1999). Playing Games: Evaluating the Impact of Lean Production Strategies on Project Cost and Schedule. Paper presented to seventh Annual Conference of International Group on Lean Construction, University of Berkeley, California, U.S.A., 26-28 July
5. Alvarado Carazas, Danilo Andrés (2018)“Propuesta de sistemas de gestión basado en personas para mitigar la complejidad en construcción de acabados en edificaciones”,Tesis de grado FIC-UNI, Lima.
6. American Advanced Cost Engineering (AACE), (2020). Glosario de términos. Recuperado de <http://library.aacei.org/terminology/>
7. Aslesen, S. and Tommelein, I.D (2016). “What “makes” the Last Planner? A Typology of Behavioral Patterns of Last Planners.” In: Proc. 24th Ann. Conf. of the Int’l. Group for Lean Construction, Boston, MA, USA.
8. Badano, B. (2016, 30 de Noviembre). *The Human Factor in the Implementation of the Last Planner® System*. Lean Construction Blog. Recuperado de <https://leanconstructionblog.com/The-human-factor-in-the-implementation-of-the-LPS.html>
9. Balandrón, C. (2017). *Evaluación de impactos de la implementación de metodologías lean en proyectos de desarrollo minero en construcción*. (tesis de maestría) Recuperado de <https://repositorio.uc.cl/handle/11534/21415>

10. Ballard, G. and Howell G. (1998). Shielding Production: Essential Step in Production. Control. J. Const. Engr. Mgmt., ASCE, Vol. 124, N° 1, pp.11-17.
11. Ballard, G., & Tommelein, I. (2016). Current process benchmark for the last planner system. *Lean Construction Journal*, 89, 57-89.
12. Ballard, G., & TOMMELEIN, I. (2021). 2020 Current Process Benchmark for the Last Planner® System of Project Planning and Control.
13. Ballard, G., Hamzeh, F. R., & Tommelein, I. D. (2007). The Last Planner Production Workbook-Improving Reliability in Planning and Workflow. *Lean Construction Institute, San Francisco, California, USA*, 81.
14. Ballard, Glenn and Gregory A. Howell (2003). "Lean Project Management." *Journal of Building Research & Information*, Abingdon, Inglaterra.
15. Bertelsen, S. (2018). Entendiendo el Proyecto: Siete Ensayos sobre una Nueva Gestión de Proyectos.
16. Bhatla, A. & Leite, F. (2012)'Integration Framework of BIM with the Last Planner System' In.: Tommelein, I. D. & Pasquire, C. L., *20th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*. San Diego, California, USA, 18-20.
17. Campiña V. (2015), *Propuesta Metodológica para evaluar el Sistema del Último Planificador y su Impacto en la Red Social: Aplicación a un estudio de caso en Chile* (tesis de maestría). <https://riunet.upv.es/handle/10251/57352>
18. Chávez Cortegana, W. T. (2016) "Importancia del Clima Laboral en la Productividad de los Trabajadores de Construcción", Tesis de grado UTELESUP, Lima.
19. Coln, F. (2016, 14 de septiembre). *4 Tips to Improve Your Next Pull Planning Session*. Lean Construction Blog. Recuperado de <https://leanconstructionblog.com/4-Tips-To-Improve-Your-Next-Pull-Planning-Session.html>
20. Construction Industry Institute (2020). Definición de control de proyecto. Recuperado de <https://www.construction-institute.org/resources/knowledgebase/knowledge-areas/project-controls#:~:text=Knowledge%20Area%20Definition,of%20the%20capital%20project%20lifecycle>.
21. Cruikshank, R.(2019, 05 de Noviembre). *So... What is a Big Room?*. Lean Construction Blog. Recuperado de <https://leanconstructionblog.com/So-What-is-a-Big-Room%3F.html>

22. Cruz, J. (2017). *Optimización de flujo de información usando herramienta TIC en la etapa de acabados de un proyecto inmobiliario en Lima*. (tesis de pregrado). Recuperado de <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/9430>
23. Daniel, E. I., Pasquire, C. & Dickens, G. (2015). 'Exploring the Implementation of the Last Planner® System Through IGLC Community: Twenty One Years of Experience' In: Seppänen, O., González, V. A. & Arroyo, P., *23rd Annual Conference of the International Group for Lean Construction*. Perth, Australia, 29-31 Jul 2015. pp 153-162
24. Dave, B., Koskela, L., Kagioglou, M. & Bertelsen, S. (2008). 'A Critical Look at Integrating People, Process and Information Systems Within the Construction Sector' In: Tzortzopoulos, P. & Kagioglou, M., *16th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*. Manchester, UK, 16-18 Jul 2008. pp 795-808
25. Dave, B., Hämmäläinen, J-P., and Koskela, L. (2015) Exploring the Recurrent Problems in the Last Planner Implementation on Construction Projects. In: *Proc. Indian Lean Const. Conference*, Mumbai, India, February 6-7.
26. Davis, C. (1998, November). Listening, Language and Action. In *London School of Economics Strategy and Complexity Seminar* (Vol. 11).
27. Ebbs, P. & Pasquire, C., (2019). *A Facilitators ' Guide to the Last Planner ® System : A Repository of Facilitation Tips for Practitioners*, Nottingham Trent University.
28. Ebbs, P. (2017a, 30 de Agosto). *5 Levels of the Last Planner® System "Should, Can, Will, Did and Learn"*. Lean Construction Blog. Recuperado de <https://leanconstructionblog.com/5-Levels-of-the-Last-Planner-System-Should-Can-Will-Did-and-Learn.html>
29. Ebbs, P. (2017b, 11 de Octubre). *10 Tips for Efficient and Effective Last Planner® System Sessions*. Lean Construction Blog. Recuperado de <https://leanconstructionblog.com/10-Tips-for-Efficient-and-Effective-Last-Planner-System-Sessions.html>
30. Erazo-Rondinel, A. A. , Vila-Comun, A. & Alva, A. (2020) 'Application of the Last Planner® System in a Sports Infrastructure Project in Peru' In: *Proc. 28th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC)*. Berkeley, California, USA, 6-10 Jul 2020. pp 529-540.
31. Eyzaguirre Vela, R. (2015) "Potenciando la capacidad de análisis y comunicación de los proyectos de construcción, mediante herramientas virtuales BIM 4D durante la etapa de planificación", Tesis de grado PUCP, Lima.

32. Fauchier, D y Fulton A. (2018, 16 de mayo). *How to Lead a Pull Plan Session?* Lean Construction Blog. Recuperado de <https://leanconstructionblog.com/How-to-Lead-a-Pull-Plan-Session.html>
33. Fauchier, D. & Alves, T. C. L. (2013). 'Last Planner® System Is the Gateway to Lean Behaviors' In: Formoso, C. T. & Tzortzopoulos, P., *21th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*. Fortaleza, Brazil, 31-2 Aug 2013. pp 559-568
34. Fischer, M., Ashcraft, H., Reed, D. y Khanzode, A. (2017). "Integrating Project Delivery", John Wiley & Sons, Inc., Nueva Jersey, USA.
35. Formoso, C.T., Santos, A. D., & Powell, J. A. (2002). An exploratory study on the applicability of process transparency in construction sites. *Journal of construction Research*, 3(01), 35-54.
36. Galsworth, G.D. (1997). *Visual Systems: Harnessing the Power of Visual Workplace*. AMACOM. New York, NY.
37. Gamarra G. (2018). *Gestión de compromisos de subcontratistas para el levantamiento de restricciones en procesos incidentes de acabados en proyectos de edificaciones civiles*. (tesis de pregrado). Recuperado de <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/15744>
38. Gonzalez, P., González, V., Molenaar, K., & Orozco, F. (2014). Analysis of causes of delay and time performance in construction projects. *Journal of construction engineering and management*, 140(1), 04013027.
39. González, V., & Alarcón, L. F. (2003). Buffers de Programación: una estrategia complementaria para reducir la variabilidad en los procesos de construcción. *Revista ingeniería de construcción*, 18(2), 109-119.
40. González, V.A., Sacks, R., Pavez, I., Poshdar, M., Ben Alon, L. and Priven, V., 2015. "Interplay of Lean Thinking and Social Dynamics in Construction". In: Proc. 23rd Ann. Conf. of the Int'l. Group for Lean Construction. Perth, Australia, 2015.
41. Grief, M. (1991). *The Visual Factory: Building Participation through Shared Information*. Portland, USA, Productivity Press.
42. Guio, V., (2001). *Productividad en Obras de Construcción*, Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.
43. Guzmán Tejada, A. (2014). *Aplicación de la filosofía Lean Construction en la planificación, programación, ejecución y control de proyectos*.

44. Hamzeh, F. R. 2011, 'The Lean Journey: Implementing the Last Planner ® System in Construction' In:., Rooke, J. & Dave, B., *19th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*. Lima, Peru, 13-15 Jul 2011.
45. HOPP, W. J. and SPEARMAN, M. L. (1996). *Factory Physics: Foundations of Manufacturing Management*. Irwin/McGraw-Hill, Boston, 668 pgs
46. Hopp, W. J., & Spearman, M. L. (2011). *Factory physics*. Waveland Press.
47. HORMAN, M. J. (2000). *Process Dynamics: Buffer Management in Building Project Operations*. Ph D Dissertation, Faculty of Architecture, Building and Planning, The University of Melbourne, Melbourne, Australia.
48. Howell, G. A. , Macomber, H. , Koskela, L. & Draper, J. (2004). 'Leadership and Project Management: Time for a Shift from Fayol to Flores' In: Bertelsen, S. & Formoso, C. T., *12th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*. Helsingør, Denmark, 3-5 Aug 2004.
49. INEI (2018). "Peru: Línea de Base de los principales indicadores disponibles de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)", Lima.
50. Instituto Peruano del Deporte (IPD), (2017). "Política Nacional del Deporte", Lima.
51. Isatto, E. L., FORMOSO, C. T., DE CESARE, C. M., HIROTA, E. H., & ALVES, T. C. (2000). *Lean construction: diretrizes e ferramentas para o controle de perdas na construção civil*. Porto Alegre: SEBRAE-RS.
52. Kalsaas, B. T. , Skaar, J. & Thorstensen, R. T. (2009). 'Implementation of Last Planner in a Medium-Sized Construction Site' In:., Cuperus, Y. & Hirota, E. H., *17th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*. Taipei, Taiwan, 15-17 Jul 2009. pp 15-30.
53. Korb, S. (2016), "'Respect for People" and Lean Construction: Has the Boat Been Missed?' In:., *24th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*. Boston, Massachusetts, USA, 20-22 Jul 2016.
54. Koskela, L. (1992). *Application of the new production philosophy to construction* (Vol. 72). Stanford: Stanford university.
55. Koskela, L. (2000). *An Exploration towards a Production Theory and its Application to Construction*. PhD Dissertation, Helsinki University of Technology, Helsinki.
56. Koskelo, S. (2017). *Factors influencing the design and implementation of big room in project alliances* (Disertación de Maestría, MSc Thesis, University of Oulu). Recuperado de <http://jultika.oulu.fi/files/nbnfioulu-201706282700.pdf>

57. Liff, S. and Posey, P.A. (2004). *Seeing Is Believing: How the New Art of Visual Mgmt Can Boost Performance Throughout Your Org.* NY, USA, McGraw-Hill.
58. Ministerio de Economía y Finanzas (MEF). (2015). Metas del Instituto peruano del deporte. Recuperado de https://www.mef.gob.pe/contenidos/presu_public/migl/metas/IPD_meta_29_1.pdf
59. Moser, L. & Santos, A. D. (2003), 'Applying Visual Management on Mobile Cell Manufacturing: A Case Study on Drywall Technology' In: *11th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*. Virginia, USA.
60. Mulcahy, R. (2018). Preparación para el examen PMP®: el curso de Rita en un Libro® para aprobar el examen PMP. RMC Publications, Incorporated.
61. Murguía, D. (2019) 'Factors Influencing the Use of Last Planner System Methods: An Empirical Study in Peru' In: *Proc. 27th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC)*. Dublin, Ireland, 3-5 Jul 2019. pp 1457-1468
62. Murguía, D., Brioso, X. & Pimentel, A. (2016). 'Applying Lean Techniques to Improve Performance in the Finishing Phase of a Residential Building' In: *24th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*. Boston, Massachusetts, USA, 20-22 Jul 2016.
63. Novinsky, M. , Nesensohn, C. , Ihwas, N. & Haghsheno, S. (2018), 'Combined Application of Earned Value Management and Last Planner System in Construction Projects' In: *26th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*. Chennai, India, 18-20 Jul 2018. pp 775-785.
64. Oliveira, T. R. , Costa, D. B. & Thomas, N. I. R. (2012), 'Transparency in Construction Sites' In: Tommelein, I. D. & Pasquire, C. L., *20th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*. San Diego, California, USA, 18-20 Jul 2012.
65. Paolillo William, Olson Branka V., y Straub Edward, (2016) "People Centered Innovation: Enabling Lean Integrated Project Delivery and Disrupting the Construction Industry for a More Sustainable Future," *Journal of Construction Engineering*, USA, 2016.
66. Park, J., Lu, F.-C., & Hedgcock, W. M. (2017). Relative Effects of Forward and Backward Planning on Goal Pursuit. *Psychological Science*, 28(11), 1620–1630. <https://doi.org/10.1177/0956797617715510>

-
67. Pasquire, C. (2012) 'The 8th Flow – Common Understanding ' In:, Tommelein, I. D. & Pasquire, C. L., *20th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*. San Diego, California, USA, 18-20 Jul 2012.
68. Perez, A.M. y Ghosh, S. (2018), "Barriers faced by new-adopter of Last Planner System®: a case study", *Engineering, Construction and Architectural Management*, Vol. 25 No. 9, pp. 1110-1126. <https://doi.org/10.1108/ECAM-08-2017-0162>
69. Pons Achell, J. F., & Rubio Pérez, I. (2019). Lean Construction y la planificación colaborativa. Metodología del Last Planner® System.
70. Pons, J.F. (2019, 10 de abril). *The 5 Benefits of the Big Room with the Last Planner® System*. Lean Construction Blog. Recuperado de <https://leanconstructionblog.com/THE-5-BENEFITS-OF-THE-BIG-ROOM-IN-LAST-PLANNER-SYSTEM.html>
71. Priven, V. & Sacks, R. (2013). 'Social Network Development in Last Planner System Implementations' In:, Formoso, C. T. & Tzortzopoulos, P., *21th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*. Fortaleza, Brazil, 31-2 Aug 2013. pp 537-548
72. Project Management Institute, Inc. (2017). Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos. Pennsylvania.EE. UU.
73. Project Management Institute. (2020). *PMI's Pulse of the Profession*. Project Management Institute. Recuperado de <https://www.pmi.org/learning/thought-leadership/pulse/pulse-of-the-profession-2020>
74. Rajkumar, S. (2010). Art of communication in project management. Paper presented at PMI® Research Conference: Defining the Future of Project Management, Washington, DC. Newtown Square, PA: Project Management Institute.
75. Ribeiro, F. S. , Costa, D. B. & Magalhães, P. A. (2017). 'Phase Schedule Implementation and the Impact for Subcontractors' In:, *25th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*. Heraklion, Greece, 9-12 Jul 2017. pp 687-694
76. Richert, T. (2017, 24 de Mayo). *What is the Last Planner System?* Lean Construction Blog. Recuperado de <https://leanconstructionblog.com/What-is-the-Last-Planner-System.html>

77. Rodríguez Fernández, A. D., Alarcón Cárdenas, L. F., & Pellicer Armiñana, E. (2011). La gestión de la obra desde la perspectiva del último planificador. *Revista de Obras Públicas*, 158(4408), 35-44.
78. Sacks, R., Koskela, L., Dave, B.A. and Owen, R. (2010), "Interaction of Lean and Building Information Modeling in Construction." *Journal of Construction Engineering and Management*, ASCE, 136(9), p. 968-980.
79. Salazar, L. A. , Ballard, G. , Arroyo, P. & Alarcón, L. F. (2018), 'Indicators for Observing Elements of Linguistic Action Perspective in Last Planner® System' In:., *26th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*. Chennai, India, 18-20 Jul 2018. pp 402-411.
80. Salvatierra, J. L. & Fuentes, L. (2020), 'Identifying Management Practices for Implementation of Obeya Rooms in Investment Projects in a Construction Stage' In: *Proc. 28th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC)*. Berkeley, California, USA, 6-10 Jul 2020. pp 265-276.
81. Samad, G. E., Hamzeh, F. R. & Emdanat, S. (2017). 'Last Planner System – the Need for New Metrics' in: *25th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*. Heraklion, Greece, 9-12 Jul 2017. pp 637-644.
82. Sanchis Mestre, I. (2013). *Last Planner System: un caso de estudio* (Doctoral dissertation, Universitat Politècnica de Valencia).
83. Schöttle, A. , Haghsheno, S. & Gehbauer, F. (2014). 'Defining Cooperation and Collaboration in the Context of Lean Construction' In:., Kalsaas, B. T., Koskela, L. & Saurin, T. A., *22nd Annual Conference of the International Group for Lean Construction*. Oslo, Norway, 25-27 Jun 2014. pp 1269-1280
84. Seed, Bill (ed) (2010) *Transforming Design & Construction: a framework for change*. Lean Construction Institute, Arlington VA,
85. Serpell, A., Venturi, A., & Contreras, J. (1995). Characterization of waste in building construction projects. *Lean construction*, 67-77.
86. Soares, A. C., M. M. S. Bernardes and C. T. Formoso (2002). Improving the Production Planning and Control System in a Building Company: Contributions after Stabilization. *Proceedings of the 10th Annual Conference of the IGLC*. Gramado.
87. Sterzi, M. P., E. L. Isatto and C. T. Formoso (2007). Integrating Strategic Project Supply Chain Members in Production Planning and Control. *Proceedings of the 15th Annual Conference of the IGLC*. Michigan.

88. Tezel, A., Koskela, L. J. & Tzortzopoulos, P. (2013) 'Visual Management in Industrial Construction a Case Study' In: Formoso, C. T. & Tzortzopoulos, P., *21th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*. Fortaleza, Brazil, 31-2 Aug 2013. pp 471-480
89. Tezel, A., Koskela, L., and Tzortzopoulos, P. (2010). "Visual Management in Const.: Study Report on Brazilian Cases". *Research Report N 3*, Salford, England, SCRI.
90. Thomas, H. R., Horman, M. J., De Souza, U. E. L., & Zavřski, I. (2002). Reducing variability to improve performance as a lean construction principle. *Journal of Construction Engineering and management*, 128(2), 144-154.
91. THOMAS, H. R., HORMAN, M. J., LEMES DE SOUZA, U. E., and ZAVRSKI, I. (2002). Reducing Variability to Improve Performance as a Lean Construction Principle. *J. Const. Engr. Mgmt., ASCE*, Vol 128, N° 2, pp. 144-154
92. Tommelein, I. D. (1997). Discrete-event simulation of lean construction processes. In *Proceedings of the Fifth Conference of the International Group for Lean Construction*.
93. Tsao, C. C. , Draper, J. & Howell, G. A. (2014), 'An Overview, Analysis, and Facilitation Tips for Simulations That Support and Simulate Pull Planning' In: Kalsaas, B. T., Koskela, L. & Saurin, T. A., *22nd Annual Conference of the International Group for Lean Construction*. Oslo, Norway, 25-27 Jun 2014. pp 1483-1494
94. Umstot, D., & Fauchier, D. (2017). *Lean project delivery: building championship project teams*. CreateSpace.
95. Viana, D., B. Mota, C. Formoso, M. Echeveste, M. Peixoto and C. Rodrigues (2010). A survey on the Last Planner System: Impacts and Difficulties for Implementation in Brazilian Companies. *Proceedings of the 18th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*. K. Walsh and T. Alves. Haifa, Israel, Technion – Israel Institute of Technology.
96. Vicencio, G. (2015) "Desarrollo Del Sistema último Planificador Usando Tecnología BIM-4D En Proyectos De Construcción", Tesis de grado FIC-UNI, Lima. Recuperado de: http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/4058/1/vicencio_sg.pdf
97. Vila Comun, A. (2017). *Exploratory study of visual management application in Peruvian construction projects*. Master Degree dissertation. The University of Texas at Austin, Texas.

98. Villavicencio W. (2019). Definiciones generales de infraestructura deportiva. Recuperado de <https://waltervillavicencio.com/infraestructura-deportiva-definiciones-generales/>

ANEXOS

- ANEXO 01: DIAGNÓSTICO DE LA IMPLEMENTACIÓN INICIAL DE LPS
- ANEXO 02: DIAGNÓSTICO DE LA IMPLEMENTACIÓN FINAL DE LPS
- ANEXO 03: ENCUESTAS A LOS SUBCONTRATISTAS DEL PROYECTO
- ANEXO 04: FOTOGRAFÍAS DE AVANCE DEL PROYECTO

ANEXO 01: DIAGNÓSTICO DE LA IMPLEMENTACIÓN INICIAL DE LPS

Competencias para LPS			
Obra	PROYECTO POLI 03 & TER		
Fecha	03/12/2018		
Planificación inicial			
63%	Cuentan con un plan maestro	si	Bien
	Lo controlan periódicamente	si	Bien
	Lo mantienen actualizado	si	Bien
	Es visible el plan maestro	no	Bien
	Se cuenta con un plan de hitos visible para todos los participantes	no	Bien
	Se complementa con layout (planos, esquemas explicativos de lo que representan las partidas del plan)	no	Bien
	Se complementa con programa de compras	si	Bien
Es sustentable, se cumplen los estándares de la empresa	si	Bien	
Planificación intermedia o Lookahead			
100%	Se tiene un programa intermedio - Look Ahead (entre 4 a 6 semanas)	si	Bien
	Se revisa semanalmente	si	Bien
	Se hace el link con hitos y metas de programación	si	Bien
Gestión de restricciones			
0%	Existe un registro de restricciones	no	Regular
	Se levantan	no	Regular
	Se realiza seguimiento y gestión	no	Regular
	Existen indicador para la gestión de las restricciones para los no cumplimientos	no	Regular
Planificación Corto Plazo			
70%	Esta preparado antes de la reunión	si	Bien
	Se sigue la estructura de la reunión la cual es publicada en la sala	no	Regular
	Existe participación activa de los últimos planificadores	si	Regular
	Se realiza semanalmente	si	Bien
	La meta es clara	si	Bien
Análisis de causa de no cumplimiento			
26%	Existe levantamiento de CNC	si	Mal
	Existe registro de CNC acumulado	si	Regular
	Existe registro de CNC semanal	si	Regular
	El análisis es semanal	no	Regular
	Se publican	no	Mal
Acciones correctivas			
10%	Existe levantamiento de acciones correctivas	si	Mal
	Se registran acciones correctivas	no	Regular
	Se monitorea su impacto o se gestionan	no	Regular
Compromisos confiables			
33%	Existe una toma de compromisos por parte de los UP	si	Regular
	Hay análisis de cantidades y recursos necesarios para conseguir la meta propuesta	si	Regular
	Responsable llega con propuesta propia de plan	no	Bien
Gestión visual			
25%	Existe gestión visual	si	Regular
	La información se actualiza semanalmente	no	Regular
Plan de fases			
0%	Se realiza	no	Bien
	Se actualiza	no	Bien
	Se registran los compromisos	no	Bien
	Se monitorea y gestionan periódicamente	no	Regular
	Está visible (Panel)	no	Bien
Medición y control de indicadores			
43%	Se registra el Control de Asistencia	si	Bien
	Se gráfica la Curva Avance de hormigón (Si aplica)	si	Bien
	Se gráficas las Curvas de Rendimientos de Partidas Claves	si	Bien
	Se gráficas las Curvas de Rendimientos de Partidas Claves por subcontrato	si	Bien
	Se gráfica el Cumplimiento de Compromisos de Avance (PPC)	no	Mal
	Se gráficas las Causas de No cumplimiento	no	Mal
	Existen Indicadores actualizados	no	Bien
	Se publican	no	Regular
Reunión de planificación Last Planner			
58%	Existe una reunión semanal	si	Bien
	Puntualidad	si	Regular
	Se realiza de manera constante (día, hora)	si	Bien
	Espacio adecuado	si	Regular
	Se limita el uso de radios, celulares y computadores dentro de la reunión	si	Regular
	Se tiene algo para amenizar la reunión (bebida / Café o galletas) para mayor comodidad de los participantes	no	Bien
Participantes			
64%	Visitador de Obra	si	Bien
	Administrador de Obra (Director de reunión)	si	Bien
	Jefe de terreno	si	Bien
	Jefe de obra	si	Bien
	Supervisión, capataces, jefe trazados	si	Bien
	Adquisiciones (Bodega)	no	Regular
	Subcontratistas	si	Regular
	Encargado de Calidad-PAC	si	Bien
	Previsionista de Riesgo	si	Regular
	Llegan preparados	no	Regular
	Existe apoyo en caso de rotación de personal para retomar el tema (inducciones, procedimientos, formatos)	no	Bien

Figura 105: Diagnóstico del Nivel de Implementación Inicial de LPS. Fuente: Elaboración Propia.

ANEXO 02: DIAGNÓSTICO DE LA IMPLEMENTACIÓN FINAL DE LPS

Competencias para LPS			
Obra	PROYECTO POLI 03 & TER		
Fecha	15/03/2019		
Planificación inicial			
100%	Cuentan con un plan maestro	si	Bien
	Lo controlan periódicamente	si	Bien
	Lo mantienen actualizado	si	Bien
	Es visible el plan maestro	si	Bien
	Se cuenta con un plan de hitos visible para todos los participantes	si	Bien
	Se complementa con layout (planos, esquemas explicativos de lo que representan las partidas del plan)	si	Bien
	Se complementa con programa de compras	si	Bien
	Es sustentable, se cumplen los estándares de la empresa	si	Bien
Planificación intermedia o Lookahead			
100%	Se tiene un programa intermedio - Look Ahead (entre 4 a 6 semanas)	si	Bien
	Se revisa semanalmente	si	Bien
	Se hace el link con hitos y metas de programación	si	Bien
Gestión de restricciones			
63%	Existe un registro de restricciones	si	Regular
	Se levantan	si	Bien
	Se realiza seguimiento y gestión	si	Bien
	Existen indicador para la gestión de las restricciones para los no cumplimientos	no	Regular
Planificación Corto Plazo			
100%	Esta preparado antes de la reunión	si	Bien
	Se sigue la estructura de la reunion la cual es publicada en la sala	si	Bien
	Existe participacion activa de los ultimos planificadores	si	Bien
	Se realiza semanalmente	si	Bien
	La meta es clara	si	Bien
Análisis de causa de no cumplimiento			
60%	Existe levantamiento de CNC	si	Regular
	Existe registro de CNC acumulado	si	Bien
	Existe registro de CNC semanal	si	Bien
	El análisis es semanal	si	Regular
	Se publican	no	Mal
Acciones correctivas			
50%	Existe levantamiento de acciones correctivas	si	Regular
	Se registran acciones correctivas	si	Regular
	Se monitorea su impacto o se gestionan	si	Regular
Compromisos confiables			
100%	Existe una toma de compromisos por parte de los UP	si	Bien
	Hay análisis de cantidades y recursos necesarios para conseguir la meta propuesta	si	Bien
	Responsable llega con propuesta propia de plan	si	Bien
Gestión visual			
100%	Existe gestión visual	si	Bien
	La información se actualiza semanalmente	si	Bien
Plan de fases			
100%	Se realiza	si	Bien
	Se actualiza	si	Bien
	Se registran los compromisos	si	Bien
	Se monitorea y gestionan periodicamente	si	Bien
	Está visible (Panel)	si	Bien
Medición y control de indicadores			
64%	Se registra el Control de Asistencia	si	Bien
	Se gráfica la Curva Avance de hormigón (Si aplica)	si	Bien
	Se gráficas las Curvas de Rendimientos de Partidas Claves	si	Bien
	Se gráficas las Curvas de Rendimientos de Partidas Claves por subcontrato	si	Bien
	Se gráfica el Cumplimiento de Compromisos de Avance (PPC)	si	Regular
	Se gráficas las Causas de No cumplimiento	si	Regular
	Existen Indicadores actualizados	si	Regular
	Se publican	no	Regular
Reunión de planificación Last Planner			
75%	Existe una reunión semanal	si	Bien
	Puntualidad	si	Bien
	Se realiza de manera constante (día, hora)	si	Bien
	Espacio adecuado	si	Bien
	Se limita el uso de radios, celulares y computadores dentro de la reunion	si	Regular
	Se tiene algo para amenizar la reunión (bebida / Café o galletas) para mayor comodidad de los participar	no	Bien
Participantes			
73%	Visitador de Obra	si	Bien
	Administrador de Obra (Director de reunión)	si	Bien
	Jefe de terreno	si	Bien
	Jefe de obra	si	Bien
	Supervisión, capataces, jefe trazados	si	Bien
	Adquisiciones (Bodega)	no	Regular
	Subcontratistas	si	Regular
	Encargado de Calidad-PAC	si	Bien
	Previsionista de Riesgo	si	Regular
	Llegan preparados	si	Bien
	Existe apoyo en caso de rotación de personal para retomar el tema (inducciones, procedimientos, format	no	Bien

Figura 106: Diagnóstico del Nivel de Implementación Final de LPS. Fuente: Elaboración Propia.

ANEXO 03: ENCUESTAS A LOS SUBCONTRATISTAS DEL PROYECTO

ENCUESTA DE SATISFACCIÓN

SUBCONTRATISTA: MOULACI SAC FECHA: 09/04/18

Colocar el puntaje del 0 al 10

Preguntas	Antes	Después
¿Cómo calificarías tu conocimiento de elaboración de look ahead?	7	8
¿Cómo calificarías la duración de las reuniones?	5	5
¿Cómo calificarías la utilidad de las reuniones?	6	6
¿Cómo calificarías la liberación de restricciones en la obra?	7	7
¿Cómo calificarías el contenido de las reuniones de obra?	7	9
¿Cómo calificarías el uso de paneles visuales en las reuniones?	3	9
¿Cómo calificarías el uso de pull planning en las reuniones de obra?	8	8
¿Cómo calificarías la comunicación en obra?	8	8

De las reuniones semanales de planificación, ¿Qué es lo que más te ha gustado?

La interacción con los otros subcontratistas a fin de poder llegar a un mismo fin en coordinación sin dejar de lado el cronograma.

De las reuniones semanales de planificación, ¿Qué es lo que se podría mejorar?

- Tal vez que el moderador ya tenga fechas de término de actividades, para que los involucrados solo deban cumplir para cumplir con esas fechas.

Observaciones y/o comentarios

Figura 107: Encuesta a subcontratista de Pintura. Fuente: Elaboración Propia.

ENCUESTA DE SATISFACCIÓN

SUBCONTRATISTA: Aya Edificaciones SAC FECHA: 06/04/2019

Colocar el puntaje del 0 al 10

Preguntas	Antes	Después
¿Cómo calificarías tu conocimiento de elaboración de look ahead?	13	10
¿Cómo calificarías la duración de las reuniones?	4	10
¿Cómo calificarías la utilidad de las reuniones?	2	10
¿Cómo calificarías la liberación de restricciones en la obra?	4	10
¿Cómo calificarías el contenido de las reuniones de obra?	3	10
¿Cómo calificarías el uso de paneles visuales en las reuniones?	5	10
¿Cómo calificarías el uso de pull planning en las reuniones de obra?	2	10
¿Cómo calificarías la comunicación en obra?	2	10

De las reuniones semanales de planificación, ¿Qué es lo que más te ha gustado?

- Poder coordinar con todos los encargados, atacar los problemas en conjunto y dando soluciones con fecha y encargado.

De las reuniones semanales de planificación, ¿Qué es lo que se podría mejorar?

- Los conflictos institucionales como todo lo justo debe verse internamente y no a la reunión.

Observaciones y/o comentarios

- Más recursos deben priorizarse para la planificación como el uso de más computadoras y pluma digitales en pantalla grande.

Figura 108: Encuesta a subcontratista de Instalaciones sanitarias. Fuente: Elaboración Propia.

ENCUESTA DE SATISFACCIÓN

SUBCONTRATISTA: TBT FECHA: 2/10/2019

Colocar el puntaje del 0 al 10

Preguntas	Antes	Después
¿Cómo calificarías tu conocimiento de elaboración de look ahead?	5	9
¿Cómo calificarías la duración de las reuniones?	4	10
¿Cómo calificarías la utilidad de las reuniones?	8	10
¿Cómo calificarías la liberación de restricciones en la obra?	7	10
¿Cómo calificarías el contenido de las reuniones de obra?	8	10
¿Cómo calificarías el uso de paneles visuales en las reuniones?	6	9
¿Cómo calificarías el uso de pull planning en las reuniones de obra?	6	10
¿Cómo calificarías la comunicación en obra?	7	10

De las reuniones semanales de planificación, ¿Qué es lo que más te ha gustado?

- LAS REUNIONES HAN SIDO DE CORTA DURACIÓN

De las reuniones semanales de planificación, ¿Qué es lo que se podría mejorar?

- LA PUNTUALIDAD EN LAS REUNIONES

Observaciones y/o comentarios

PRIMERA VEZ QUE ENCONTRA HE ASISTIDO A ESTE TIPO DE REUNIONES Y NO HA PERDIDO UNA ÚNICA REUNIÓN

C. Fernández

Figura 109: Encuesta a subcontratista Agua Contra Incendio. Fuente: Elaboración Propia.

ENCUESTA DE SATISFACCIÓN

SUBCONTRATISTA: CANVAS FECHA: 24/9/19

Colocar el puntaje del 0 al 10

Preguntas	Antes	Después
¿Cómo calificarías tu conocimiento de elaboración de look ahead?	6	10
¿Cómo calificarías la duración de las reuniones?	8	9
¿Cómo calificarías la utilidad de las reuniones?	8	8
¿Cómo calificarías la liberación de restricciones en la obra?	7	7
¿Cómo calificarías el contenido de las reuniones de obra?	6	8
¿Cómo calificarías el uso de paneles visuales en las reuniones?	5	8
¿Cómo calificarías el uso de pull planning en las reuniones de obra?	7	9
¿Cómo calificarías la comunicación en obra?	4	7

De las reuniones semanales de planificación, ¿Qué es lo que más te ha gustado?

LOS TIEMPOS QUE SE PROGRAMAN EN PARALELO CON OTRAS SUBCONTRATISTAS, QUE NO SE PUEDE ATENDER UNA PERDIDA PERJUDICAR A OTRAS. @ LAS REUNIONES SE HAN HECHO POR ESPECIALIDADES DE ACUERDO A SUS RECTORES

De las reuniones semanales de planificación, ¿Qué es lo que se podría mejorar?

MANEJAR UNA SOLA INFORMACIÓN (COMPETITIVIDAD DE PLANES)

Observaciones y/o comentarios

MUY BUENA EXPERIENCIA Y COMPROMISO DE TODOS POR PERMITIR SE CUMPLERAN LOS OBJETIVOS

Figura 110: Encuesta a subcontratista Muro Cortina. Fuente: Elaboración Propia.

ANEXO 04: FOTOGRAFÍAS DE LA CONSTRUCCIÓN DEL RECINTO

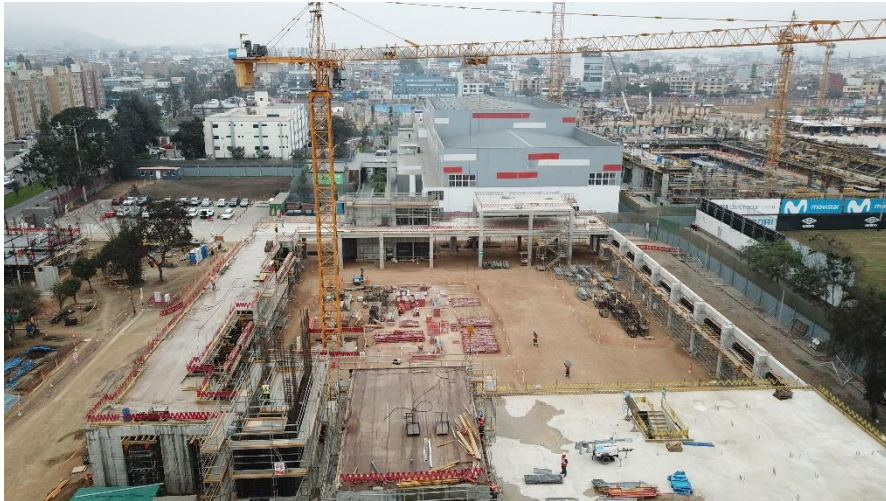


Figura 111: Fotografía del recinto en el mes de agosto. Fuente: COSAPI.



Figura 112: Fotografía del recinto en el mes de septiembre. Fuente: COSAPI.



Figura 113: Fotografía del recinto en el mes de octubre. Fuente: COSAPI.



Figura 114: Fotografía del recinto en el mes de noviembre. Fuente: COSAPI.



Figura 115: Fotografía del recinto en el mes de diciembre. Fuente: COSAPI.



Figura 116: Fotografía del recinto en el mes de enero. Fuente: COSAPI.



Figura 117: Fotografía del recinto en el mes de febrero. Fuente: COSAPI.



Figura 118: Fotografía del recinto en el mes de marzo. Fuente: COSAPI.