

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**“GESTIÓN DE COMPROMISOS DE SUBCONTRATISTAS
PARA EL LEVANTAMIENTO DE RESTRICCIONES EN
PROCESOS INCIDENTES DE ACABADOS EN PROYECTOS
DE EDIFICACIONES CIVILES”**

PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

ELABORADO POR

GILBERTO GIANCARLO GAMARRA DÍAZ

ASESOR

PhD. Ing. JUAN G. RÍOS SEGURA

LIMA - PERÚ

2018

© 2018, Universidad Nacional de Ingeniería. Todos los derechos reservados.

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

Gilberto Giancarlo Gamarra Díaz

Email: gian2765@gmail.com

Celular: 961542619

A mi madre por su amor, comprensión y apoyo constante.

AGRADECIMIENTOS

- A mi madre, por ser la persona que siempre me impulsó a ser mejor, por su gran preocupación, amor y cariño para con la familia.
- A mi padre, por las enseñanzas y el aprender de los errores cometidos, primando siempre el amor a la familia y el bienestar en conjunto.
- A mi hermana y mis hermanos, por las risas y el gran cariño que nos tenemos.
- A Viri, por todo lo compartido, el apoyo incondicional y todos los momentos felices con la familia.
- A Karla, mi novia, por tu comprensión, paciencia, sonrisas y los hermosos momentos compartidos.
- A mis tíos, primos y amigos por la confianza, amistad y diversión.
- A la banda CAS por su primer disco, el cual me acompañó muchas veces en el desarrollo de mi tesis de pregrado.
- A la banda Unìsono, los ensayos, conciertos y el próximo demo.
- Al grupo estudiantil GIT (Gestión, Innovación y Tecnología en la Construcción) donde comenzó toda mi aventura y el querer conocer más sobre la rama de construcción.
- Al Ing. L. Gotelli por ser quien me dio el primer impulso a iniciar todo.
- Al Ing. W. Meléndez por su tiempo compartido, consejos y apoyo continuo.
- Una especial consideración y agradecimiento para el Ing. André Ramírez, un gran amigo y excelente persona con una enorme pasión por la investigación, por su confianza depositada en mi persona para iniciar, continuar y culminar mi tesis de pregrado en su proyecto. Valoro mucho su tiempo compartido, apoyo, y todas las conversaciones extensas y fructíferas de las cuales surgieron cosas muy interesantes que hoy se encuentran plasmadas en esta investigación y algunas otras.
- Finalmente, agradecer a mi asesor el PhD. Ing. Juan G. Ríos Segura por su experiencia, consejos y sugerencias compartidas durante todo el desarrollo de la presente investigación.

	Pág.
RESUMEN	6
ABSTRACT.....	8
PRÓLOGO	10
LISTA DE TABLAS.....	11
LISTA DE FIGURAS	13
LISTA DE SIGLAS	17
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....	18
1.1 GENERALIDADES	18
1.2 PROBLEMÁTICA.....	19
1.3 ANTECEDENTES.....	19
1.4 HIPÓTESIS	20
1.4.1 Hipótesis General	20
1.5 JUSTIFICACIÓN.....	20
1.6 OBJETIVOS.....	20
1.6.1 Objetivo General.....	20
1.6.2 Objetivos Específicos.....	20
CAPÍTULO II: FUNDAMENTO TEÓRICO	21
2.1 LA FILOSOFÍA LEAN	21
2.1.1 Producción Lean.....	21
2.1.1.1 Principios de la Producción Lean.....	22
2.1.2 Desperdicios para la Filosofía Lean	23
2.1.3 Construcción Lean.....	23
2.1.3.1 Principios de la Construcción Lean.....	25
2.2 COMPLEJIDAD	26
2.2.1 Características de los Sistemas Complejos	27
2.2.2 Complejidad en Construcción	27
2.2.3 Perspectivas de Complejidad en Construcción	28
2.3 SISTEMA DE CONSTRUCCIÓN	29
2.3.1 Modelos del Sistema de Producción en Construcción.....	31
2.3.1.1 Modelo Transformación-Flujo-Valor (TFV).....	31
2.3.1.2 Modelo de Flujos.....	32

a. Modelo de 3 Flujos	33
b. Modelo Valor-Flujo-Operación (VFO).....	34
c. Modelo de Kalsaas BT	37
d. Modelo de Ramírez A.	37
2.4 GESTIÓN DE PROYECTOS EN CONSTRUCCIÓN.....	39
2.4.1 Gestión de Proyectos en Construcción con un Enfoque Complejo.....	42
2.4.1.1 Gestión como Flujo y Generación de Valor	42
2.4.1.2 Gestión como Trabajo en Equipo.....	43
2.4.1.3 Gestión en una Perspectiva de Lenguaje/Acción	43
2.4.1.4 Gestión como Prestación de Servicios.....	44
2.4.1.5 Gestión como Organización.....	44
2.4.1.6 Gestión como Auto-organización	44
2.5 SISTEMA LAST PLANNER (LPS)	45
2.5.1 Planificación.....	45
2.5.2 Planificación Tradicional	48
2.5.3 Control de Producción Tradicional	50
2.5.3.1 Estructura de Desglose de Trabajo (WBS).....	50
2.5.4 Nuevo Sistema de Planificación y Control de Producción	51
2.5.4.1 Estructuración del Trabajo en el Sistema Last Planner (LPS)	53
2.5.5 Estructura del Sistema Last Planner (LPS)	55
2.5.5.1 Programación Maestra.....	56
2.5.5.2 Programación de Fases.....	57
2.5.5.3 Planificación Intermedia.....	59
a. Tarea Anticipada (TA) y Tarea Lista para ser Ejecutada (TMR)	60
2.5.5.4 Planificación Semanal.....	61
a. Porcentaje del Plan Cumplido (PPC)	61
b. Causas de No Cumplimiento (CNC)	62
2.5.6 El Compromiso con la Planificación	63
2.5.7 Nivel de Implementación del Sistema Last Planner (LPS).....	64
2.6 LA SUBCONTRATACIÓN.....	66
2.6.1 Subcontratistas	66
2.6.1.1 Clasificación de Subcontratistas	67
2.6.2 Necesidad de Subcontratar.....	67
2.6.1.3 Aspectos Principales.....	68
2.6.1.4 Tipos de Subcontratos	70
2.6.2 La Subcontratación en la Ley de Contrataciones del Estado	70

2.6.3 La Subcontratación en la Gestión de Proyectos de Construcción	71
CAPÍTULO III: GESTIÓN DE COMPROMISOS DE SUBCONTRATISTAS	73
3.1 CULTURA.....	74
3.1.1 Prácticas Clave de Coordinación	74
3.1.1.1 Realizar Evaluaciones Oportunas	74
3.1.1.2 Trabajar con Promesas Confiables	75
3.1.1.3 Hacer Siempre Declaraciones de Finalización	75
3.1.1.4 Revisar el Proyecto.....	75
3.1.1.5 Aprender sobre la Marcha.....	76
3.2 CONCEPTOS	76
3.2.1 Acción Lingüística	76
3.2.2 Flujo de Compromisos	78
3.2.3 Flujo de Producción en Construcción.....	79
3.2.4 Flujos Secundarios	80
3.3 PLANIFICACIÓN	80
3.3.1 Evaluación de la Planificación.....	80
3.3.2 Gestión de Compromisos de Subcontratistas	81
3.3.2.1 Preparación	83
3.3.2.2 Clarificación y Negociación	84
3.3.2.3 Desempeño	85
3.3.2.4 Garantía.....	92
3.3.3 Análisis de Confiabilidad.....	92
3.3.3.1 Tarea Anticipada (TA) y Tarea Lista para ser Ejecutada (TMR)	94
3.3.3.2 Porcentaje del Plan Cumplido (PPC)	95
3.3.3.3 Causas de No Cumplimiento (CNC).....	96
a. 5 Why's	98
3.3.3.4 Grado de No Cumplimiento (GNC).....	99
3.4 HERRAMIENTAS	101
3.4.1 Diagrama de Líneas de Flujo	101
3.4.2 Reuniones Colaborativas de Planificación	101
3.4.3 Whatsapp	102
3.4.4 5W+H	104
CAPÍTULO IV: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO DE EDIFICACIÓN.....	105
4.1 CARACTERÍSTICAS Y ALCANCE DEL PROYECTO.....	105
4.1.1 Cuadro de acabados.....	113

4.2 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL.....	122
4.2.1 Especialidades Subcontratadas	123
4.2.1.1 Incidencia en Tiempo y Costo	124
4.3 PROBLEMAS EXISTENTES	126
CAPÍTULO V: LEVANTAMIENTO DE RESTRICCIONES	129
5.1 IMPLEMENTACIÓN DE LA GESTIÓN DE COMPROMISOS	129
5.1.1 Planificación Estratégica.....	130
5.1.1.1 Programa Maestro	130
5.1.1.2 Programa de fases.....	132
a. Secuencia de Procesos	132
b. Logística de Procesos.....	132
c. Reconocimiento de Procesos y Operaciones por Ambiente.....	134
d. Identificación de Restricciones.....	138
e. Reuniones Colaborativas de Planificación	139
5.1.2 Planificación Táctica	140
5.1.2.1 Plan Intermedio.....	140
a. Validación del Diseño del Producto.....	140
b. Aseguramiento del Proceso	144
5.1.3 Planificación Operativa	146
5.1.3.1 Plan Semanal	146
a. Compromiso con la Ejecución.....	146
CAPÍTULO VI: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	147
6.1 ANÁLISIS DE CONFIABILIDAD.....	147
6.1.1 Porcentaje del Plan Cumplido (PPC)	149
6.1.2 Tarea Anticipada (TA) y Tarea Lista para ser Ejecutada (TMR)	150
6.1.3 Tarea Anticipada (TA), Tarea Lista para ser Ejecutada (TMR) y Porcentaje del Plan Cumplido (PPC)	153
6.1.3.1 Tareas	154
a. Tareas Listas y No Listas.....	154
b. Tareas Nuevas	156
c. Tareas Ejecutadas	158
6.1.4 Causas de No Cumplimiento (CNC).....	159
6.1.4.1 Seguimiento y Control.....	160
6.1.4.2 5 Why's	162

CONCLUSIONES.....	163
RECOMENDACIONES	165
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	167
ANEXOS	173
ANEXO N°1: BUENAS PRÁCTICAS DE PLANIFICACIÓN	174
ANEXO N°2: DESCRIPCIÓN DE LOS AMBIENTES SEGÚN CÓDIGO ASIGNADO.....	179
ANEXO N°3: PROGRAMA DE FASES INICIAL.....	180
ANEXO N°4: REGISTRO DE MANO DE OBRA	181
ANEXO N°5: PANEL DE CONTROL	182
ANEXO N°6: FORMATO DE VALIDACIÓN DISEÑO DEL PRODUCTO.....	183
ANEXO N°7: FORMATO “A” DE ASEGURAMIENTO DEL PROCESO	184
ANEXO N°8: FORMATO “B” DE ASEGURAMIENTO DEL PROCESO	185
ANEXO N°9: FORMATO DE COMPROMISO CON LA EJECUCIÓN	186
ANEXO N°10: DETALLE DE CÁLCULO DE LOS INDICADORES TA, TMR Y PPC.....	187
ANEXO N°11: SEGUIMIENTO Y CONTROL.....	190

RESUMEN

En nuestro país, se puede afirmar que la subcontratación es un componente importante en la gestión de construcción de proyectos de edificaciones civiles, siendo la etapa de acabados la que presenta mayor cantidad de trabajos subcontratados. La subcontratación y sus malas prácticas, en busca de la mejor rentabilidad, junto con la poca importancia del aspecto social, genera complejidad en los proyectos logrando que el modelo actual de gestión sea deficiente. Esto se refleja en la baja confiabilidad de la planificación y el poco compromiso existente por parte de los involucrados del proyecto, donde “El compromiso conlleva la obligación de realizar lo planificado, siempre que exista la certeza de que los recursos necesarios se encuentren disponibles en el lugar y con la debida antelación” (Campero M. & Alarcón L., 2014, p.435), es decir, cuando se tiene todo listo para poder realizar una tarea y/o no se tiene ninguna restricción.

Por ello, surge la necesidad de 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. La presente investigación tiene por objetivo demostrar los beneficios obtenidos al implementar una gestión de compromisos de subcontratistas para el levantamiento de restricciones haciendo uso del Sistema Last Planner (LPS) y de un modelo de ejecución de proyectos basado en el flujo de compromisos. La investigación se llevó a cabo en procesos incidentes de acabados de un proyecto de edificación multifamiliar, como caso de estudio.

El LPS, sistema de planificación y control de producción desarrollado por Ballard G. (1994) & Howell G. (1998), busca aumentar la confiabilidad de los planes, protegiendo el flujo de producción en base al cumplimiento de compromisos, al trabajar con cuatro niveles de procesos de planificación: Programación Maestra, Programación de Fases, Planificación Intermedia y Planificación Semanal. Mientras que el modelo de ejecución de proyectos basado en el flujo de compromisos planteado por Flores F. (1982), el cual surge de la Teoría de la Acción Lingüística donde los proyectos son concebidos como una red de compromisos, permite clarificar las condiciones de los acuerdos asumidos entre un cliente y un ejecutor siguiendo una estructura de cuatro escenarios: preparación, clarificación y negociación, desempeño y garantía.

En base a ello, el modelo de gestión desarrollado pretende relacionar los escenarios del flujo de compromisos con los niveles de procesos de planificación del LPS, con la finalidad de proteger la continuidad de los flujos necesarios para aumentar la confiabilidad de la planificación y así poder desarrollar de forma eficiente la producción mediante un flujo de trabajo continuo. Las relaciones se reflejan en una planificación a nivel estratégico, táctico y operativo.

La preparación, clarificación y negociación forman parte de la planificación estratégica, donde se definen las condiciones de satisfacción y se establece un primer compromiso entre las partes. El desempeño, como parte de la planificación táctica y operativa, donde se desarrollan tres etapas antes de la ejecución de cualquier tarea: la validación del diseño del producto, el aseguramiento del proceso y el compromiso con la ejecución. Y finalmente la garantía, como parte de la planificación operativa, donde las tareas ejecutadas, al haber pasado por los escenarios anteriores, poseen una mayor probabilidad de cumplimiento.

Posteriormente, el uso de indicadores relacionados al LPS permitió cuantificar la evolución y resultados de la gestión. El Porcentaje del Plan Cumplido (PPC), indicador de confiabilidad que muestra la relación de lo que se hizo sobre lo que se planificó hacer. La Tarea Anticipada (TA) y Tarea Lista para ser Ejecutada (TMR), indicadores propios del proceso de identificar y eliminar restricciones que muestran la relación de lo que se anticipó hacer sobre lo que se planificó hacer y, lo que se anticipó hacer e hizo sobre lo que se debió hacer, respectivamente.

Los resultados obtenidos demuestran que gestionar los compromisos de subcontratistas ayuda a tener una mayor cantidad de tareas listas para ser ejecutadas. Se concluye que valores bajos de TA y TMR generalmente reflejan problemas desde la planificación estratégica hasta llegar a la validación del diseño del producto, el aseguramiento del proceso y el compromiso con la ejecución, lo cual invita a enfocar esfuerzos a no solo eliminar restricciones, sino crear y gestionar flujos de manera anticipada y a lograr tener la mayor cantidad de tareas listas, a más tardar, durante la semana de ejecución. Esto permitirá aumentar la confiabilidad de la planificación y tener una mayor probabilidad de un flujo eficiente de trabajo, lo que se reflejará semanalmente en valores más altos de PPC acordes con los valores de TA y TMR.

ABSTRACT

In our country, it can be said that subcontracting is an important component in the construction management of civil buildings projects, where the finishing phase is the one with the most subcontracting jobs. The subcontracting and its bad practices – in search of a better profitability – along with the low importance of the social aspect, generates complexity in projects achieving that the current management model is deficient. This is reflected in the low reliability of the planning and the little commitment on the part of those involved in the project, where "The commitment entails the obligation to carry out the planned, provided that there is certainty that the necessary resources are available in the place and with due advance" (Campero M. & Alarcón L., 2014, p.435), i.e when you have everything ready to perform a task or do not have any constraint.

Consequently, the need arises for a management model of subcontractors - with a compliance culture - which improves the reliability of planning based on concurrent communication, collaboration and the commitment of all involved in the project. The objective of this research is to demonstrate the benefits obtained by implementing a commitment management of subcontractors - making use of the Last Planner System (LPS) and a project execution model based on the flow of commitments - for the elimination of constraints. The investigation was carried out in the most significant finishing processes of a multifamily building project as a case study.

The LPS, production planning and control system developed by Ballard G. (1994) & Howell G. (1998) that seeks to increase the reliability of the plans - protecting the production flow based on compliance with commitments - by working with four levels of planning processes: Master Scheduling, Phase Scheduling, Lookahead Planning and Weekly Work Planning. While the model of execution of projects based on the flow of commitments proposed by Flores F. (1982) - which arises from the Theory of Linguistic Action where the projects are conceived as a network of commitments - allows to clarify the conditions of the agreements assumed between a customer and a provider following a structure of four scenarios: preparation, clarification and negotiation, performance and assurance.

Based on this, the management model developed aims to relate the scenarios of the commitment flow with the levels of planning processes of the LPS, in order to protect the continuity of the necessary flows to increase the reliability of the planning and thus be able to efficiently develop production through a continuous workflow. The relationships are reflected in strategic, tactical and operational planning.

The preparation, clarification and negotiation are part of the strategic planning, where the conditions of satisfaction are defined and a first commitment between the customer and the provider is established. The performance - as part of the tactical and operative planning - where three vital stages are developed before the execution of any task: the validation of the design of the product, the assurance of the process and the commitment with the execution. And finally the assurance - as a part of the operational planning - where the tasks performed have a higher probability of compliance having gone through the previous scenarios.

Subsequently, the use of indicators related to the LPS allowed quantifying the evolution and results of commitment management. The Percent Plan Complete (PPC), an indicator of reliability that shows the relationship of what was done about what was planned to be done. The Task Anticipated (TA) and the Task Made Ready (TMR), own indicators of the process of identifying and eliminating restrictions that show the relationship of what was anticipated to be done on what was planned and what was anticipated and done about what should have been done, respectively.

The results obtained show that managing the commitments of subcontractors helps to have a greater number of tasks ready to be executed. It is concluded that low values of TA and TMR generally reflect problems from strategic planning to the validation of the product design, the assurance of the process and the commitment to execution, which invites efforts to not only eliminate restrictions, but create and manage flows in advance and achieve the most tasks ready - at the latest - during the week of execution. This will allow to increase the reliability of the planning and to have a greater probability of an efficient workflow, which will be reflected weekly in higher values of PPC according to the values of TA and TMR.

PRÓLOGO

El mundo de la construcción es tan amplio y complejo que aún no se ha logrado tener una comprensión completa de todo lo que implica gestionar este tipo de proyectos.

Hoy en día, la gestión de proyectos en construcción sigue presentando grandes deficiencias reflejadas en la baja confiabilidad de la planificación y el poco compromiso existente por parte de los involucrados, donde a raíz de los diversos problemas existentes no se logran obtener los resultados esperados.

Esto conlleva a cuestionar si realmente se posee una comprensión correcta de la naturaleza del sistema que se pretende gestionar, donde es muy usual no ver más allá del proyecto de construcción.

En base a ello, la presente investigación plantea un modelo de gestión que no solo se enfoca en el proyecto sino también en su industria, en Perú una pseudo industria fragmentada por prácticas deficientes y cada vez más comunes de subcontratación, y en el aspecto social, en búsqueda de un cambio cultural de las personas en base a la comunicación, colaboración y el compromiso.

Una gestión de compromisos, que hace uso del Sistema Last Planner (LPS) y de un modelo de ejecución de proyectos basado en el flujo de compromisos, implementada en la etapa de acabados de un proyecto de edificación multifamiliar, etapa compleja y variable, que generalmente presenta una gran cantidad de trabajos subcontratados y donde el establecer una cultura de cumplimiento es vital para el logro de los objetivos previamente establecidos.

Los resultados obtenidos son alentadores, al conseguir aumentar la confiabilidad de la planificación teniendo como base el compromiso de las personas, e invitan a utilizar este modelo de gestión en todo tipo de proyectos, como un gran inicio en la búsqueda de cambiar el paradigma existente en la gestión actual e incentivar el cumplimiento basado en la confianza como un cambio cultural en las nuevas y antiguas generaciones, una labor aún pendiente en el sector de la construcción.

Dr. Juan G. Ríos Segura.

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla N°2.1 Desperdicios para la filosofía lean.....	23
Tabla N°2.2 Principios de la construcción lean	25
Tabla N°2.3 Características de los sistemas complejos	27
Tabla N°2.4 Características de los sistemas complejos presentes en la construcción	28
Tabla N°2.5 Perspectivas de complejidad en construcción	29
Tabla N°2.6 Perspectiva integrada del TFV en la producción	32
Tabla N°2.7 Teorías, conceptos y supuestos de la gestión tradicional de proyectos en construcción	39
Tabla N°2.8 Enfoques de gestión de proyectos de construcción.....	41
Tabla N°2.9 Jerarquía o niveles de la estructura de trabajo recomendada	54
Tabla N°2.10 Proceso a seguir para realizar la programación de fases	58
Tabla N°2.11 Funciones del proceso de la planificación intermedia.....	59
Tabla N°2.12 Nivel de implementación del Sistema Last Planner (LPS) en ocho proyectos.....	65
Tabla N°2.13 Clasificación de subcontratistas en la construcción de edificios ...	67
Tabla N°2.14 Aspectos de la subcontratación en la construcción de edificios....	69
Tabla N°2.15 Tipos de subcontratos	70
Tabla N°3.1 Enfoque tradicional y nuevo de la administración de proyectos	77
Tabla N°3.2 Estructura del flujo de compromisos	79
Tabla N°3.3 Ejemplo de cálculo del indicador Porcentaje del Plan Cumplido (PPC).....	96
Tabla N°3.4 Códigos de las Causas de No Cumplimiento (CNC)	97
Tabla N°3.5 Identificación de la causa principal utilizando la técnica de los 5 Why's	98
Tabla N°3.6 Herramienta 5W+H para la ejecución de tareas	104
Tabla N°4.1 Cuadro comparativo de parámetros del proyecto “Edificio Piacenza”	106
Tabla N°4.2 Iniciales a utilizar en los ambientes de los departamentos	108
Tabla N°4.3 Áreas de sótanos y departamentos del proyecto “Edificio Piacenza”	112
Tabla N°4.4 Cuadro de acabados.....	113
Tabla N°4.5 Especialidades subcontratadas.....	123

Tabla N°4.6 Incidencia en tiempo y costo de los trabajos subcontratados	124
Tabla N°4.7 Orden decreciente de la incidencia en tiempo de las especialidades subcontratadas	125
Tabla N°4.8 Orden decreciente de la incidencia en costo de las especialidades subcontratadas	125
Tabla N°4.9 Problemas existentes en el proyecto "Edificio Piacenza"	126
Tabla N°4.10 Panel fotográfico de los problemas existentes en el proyecto "Edificio Piacenza"	127
Tabla N°5.1 Nombres de los jefes de subcontratas por especialidad.....	139
Tabla N°6.1 Interpretación de las líneas de flujo en baños secundarios	161
Tabla N°6.2 Uso de la técnica 5 Why's a los problemas encontrados en baños secundarios	162

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura N°2.1 Proceso de producción como un proceso de conversión	24
Figura N°2.2 Proceso de producción como un proceso de flujo	25
Figura N°2.3 Sistema de producción en construcción	30
Figura N°2.4 Modelo de tres flujos	34
Figura N°2.5 Producción como una red de flujos (proceso y operación)	35
Figura N°2.6 Visión del flujo de producción en el modelo VFO	36
Figura N°2.7 Modelo de flujos propuesto por Kalsaas BT.	37
Figura N°2.8 Modelo conceptual propuesto del sistema de producción en construcción	38
Figura N°2.9 La productividad laboral en los EEUU entre 1964 y 2009	40
Figura N°2.10 La productividad de la construcción es más baja en comparación a otras industrias	40
Figura N°2.11 Proceso de planificación	46
Figura N°2.12 Fases de planeamiento	47
Figura N°2.13 Sistema de planificación tradicional	49
Figura N°2.14 Sistema de planificación lean	52
Figura N°2.15 Niveles de procesos de planificación del Sistema Last Planner (LPS)	55
Figura N°2.16 Causas de No Cumplimiento (CNC) de procesos de producción de 51 proyectos de construcción medidos en el año 2001	62
Figura N°2.17 Porcentaje de incidencia respecto al costo directo	71
Figura N°2.18 Cantidad de procesos principales a ejecutar por especialidad	71
Figura N°2.19 Metodología propuesta de integración de subcontratos	72
Figura N°3.1 Cuatro componentes para la implementación lean	73
Figura N°3.2 Flujo de compromisos	78
Figura N°3.3 Flujos secundarios	80
Figura N°3.4 Flujo de compromisos en la gestión de subcontratistas	82
Figura N°3.5 Flujo de compromisos en la planificación	82
Figura N°3.6 Proceso de la programación maestra	83
Figura N°3.7 Proceso de la programación de fases	85
Figura N°3.8 Proceso de la planificación intermedia	86
Figura N°3.9 Tres puntos vitales antes de la ejecución de cualquier tarea.	87
Figura N°3.10 Plan intermedio de tres semanas	87

Figura N°3.11 Explicación del LAP 3W con dos semanas antes de la ejecución	88
Figura N°3.12 Proceso combinado	88
Figura N°3.13 Flujo de compromisos para la validación del diseño del producto	89
Figura N°3.14 Estructura del flujo de compromisos para la validación del diseño del producto.....	90
Figura N°3.15 Estructura del flujo de compromisos para el aseguramiento del proceso.....	91
Figura N°3.16 Estructura del flujo de compromisos para el compromiso con la ejecución	92
Figura N°3.17 Análisis de confiabilidad de un LAP 3W con dos semanas antes de la ejecución.....	93
Figura N°3.18 Cálculo de los indicadores Tarea Anticipada (TA), Tarea Lista para ser Ejecutada (TMR) y Porcentaje de Plan Cumplido (PPC).....	94
Figura N°3.19 Gráfica del Porcentaje de Plan Cumplido (PPC) simple y acumulado	96
Figura N°3.20 Ejemplo de distintos valores de PPC en 13 semanas	99
Figura N°3.21 Ejemplo de cálculo del Grado de No Cumplimiento (GNC)	100
Figura N°3.22 Etiquetas de los mensajes	103
Figura N°3.23 Estructura de mensaje tipo	103
Figura N°3.24 Estructura de respuesta a mensaje tipo	104
Figura N°4.1 Entorno macro del proyecto Edificio Piacenza	105
Figura N°4.2 Departamento 201 del Edificio Piacenza.....	107
Figura N°4.3 Departamento 202 del Edificio Piacenza.....	107
Figura N°4.4 Estructura de la codificación a utilizar	108
Figura N°4.5 Sótano N°2, Sótano N°1 y Semisótano	109
Figura N°4.6 Primer, segundo y tercer nivel.....	110
Figura N°4.7 Cuarto nivel y azotea	111
Figura N°4.8 Fachada del proyecto "Edificio Piacenza"	112
Figura N°4.9 Organigrama funcional del proyecto "Edificio Piacenza" para la etapa de acabados, instalaciones y equipamiento	122
Figura N°4.10 Organigrama funcional requerido de cada subcontratista	123
Figura N°5.1 Programa maestro inicial del Proyecto "Edificio Piacenza"	130
Figura N°5.2 Reconocimiento de fases y procesos en el proyecto "Edificio Piacenza"	131
Figura N°5.3 Programa maestro del Proyecto "Edificio Piacenza"	131

Figura N°5.4 Leyenda del panel de control	133
Figura N°5.5 Primer ejemplo de cómo se utiliza el panel de control.....	133
Figura N°5.6 Segundo ejemplo de cómo se utiliza el panel de control.....	134
Figura N°5.7 Secuencia de procesos a llevarse a cabo en la fase de departamentos del proyecto "Edificio Piacenza"	134
Figura N°5.8 Procesos y operaciones de las cocinas	135
Figura N°5.9 Procesos y operaciones de los baños.....	135
Figura N°5.10 Procesos y operaciones del patio-lavandería.....	136
Figura N°5.11 Procesos y operaciones de los dormitorios.....	136
Figura N°5.12 Procesos y operaciones de la sala-comedor.....	136
Figura N°5.13 Procesos y operaciones del estudio.....	137
Figura N°5.14 Secuencia de ambientes para el enchape de servicios	137
Figura N°5.15 Secuencia de ambientes para el enchape de baños	137
Figura N°5.16 Secuencia de ambientes para la instalación de muebles	138
Figura N°5.17 Plan intermedio a partir de la Sem N°17 en el Proyecto "Edificio Piacenza"	140
Figura N°5.18 Ancho y profundidad de picado excesivo para conexión de gas	141
Figura N°5.19 Validación del diseño de conexiones de gas en cocinas	142
Figura N°5.20 Correcciones de puntos eléctricos acorde a la ubicación de aparatos eléctricos.....	142
Figura N°5.21 Diversos cambios y/o correcciones sanitarias por cambio de diseño en baños	143
Figura N°5.22 Correcciones sanitarias teniendo en cuenta el espesor de enchape.....	143
Figura N°5.23 Cambio de posición de la grifería de ducha	143
Figura N°5.24 Validación en campo del diseño de mamparas.	144
Figura N°5.25 Validación de la modulación del enchape tomando en cuenta el sumidero de ducha y marco de puerta.....	144
Figura N°5.26 Clarificación del trabajo a ejecutar utilizando 5W+H.....	145
Figura N°5.27 Clarificación y reconocimiento de los flujos secundarios	146
Figura N°6.1 Cálculo de los indicadores a utilizar semana a semana	147
Figura N°6.2 Buena práctica recomendada a seguir semanalmente.....	148
Figura N°6.3 Evolución semanal del indicador Porcentaje del Plan Cumplido (PPC).....	149
Figura N°6.4 Evolución semanal del indicador Tarea Anticipada (TA)	150

Figura N°6.5 Evolución semanal del indicador Tarea Lista para ser Ejecutada (TMR)	152
Figura N°6.6 Evolución semanal de los indicadores TA, TMR y PPC	153
Figura N°6.7 Total de tareas en la semana N°17	154
Figura N°6.8 Total de tareas en la semana N°18.....	155
Figura N°6.9 Total de tareas en la semana N°19.....	155
Figura N°6.10 Total de tareas en la semana N°20.....	155
Figura N°6.11 Total de tareas en la semana N°21	156
Figura N°6.12 Tareas nuevas en la semana N°17	156
Figura N°6.13 Tareas nuevas en la semana N°18	157
Figura N°6.14 Tareas nuevas en la semana N°19	157
Figura N°6.15 Tareas nuevas en la semana N°20	157
Figura N°6.16 Tareas nuevas en la semana N°21	158
Figura N°6.17 Evolución porcentual semanal de las tareas ejecutadas	158
Figura N°6.18 Evaluación porcentual de las CNC de tareas listas no ejecutadas	159
Figura N°6.19 Evaluación porcentual de las CNC de tareas no listas no ejecutadas	160
Figura N°6.20 Ejemplo de seguimiento y control mediante el uso de líneas de flujo en baños secundarios	161

LISTA DE SIGLAS

- AMA : American Management Association (Asociación Americana de Gestión).
- AMP : América Móvil Perú.
- CNC : Causes of Non-Compliance (Causas de No Cumplimiento).
- CPM : Critical Path Method (Método de la Ruta Crítica).
- GLP : Gas Licuado de Petróleo.
- GNC : Grado de No Cumplimiento.
- IGLC : International Group for Lean Construction
(Grupo Internacional de la Construcción Lean).
- JIT : Just In Time (Justo a Tiempo).
- LAP : Lookahead Plan (Plan Intermedio).
- LAP 3W: Lookahead Plan Three Weeks (Plan Intermedio de Tres Semanas)
- LCI : Lean Construction Institute (Instituto de la Construcción Lean).
- LPS : Last Planner System (Sistema Last Planner).
- MRP : Material Requirements Planning
(Planificación de Requerimiento de Materiales).
- ORC : Organizational Responsibility Chart
(Tabla de Responsabilidad Organizacional).
- PBP : Planning Best Practice (Planificación de Mejores Prácticas).
- PERT : Program Evaluation and Review Technique
(Técnica de Programación, Evaluación y Revisión).
- PPC : Percent Plan Complete (Porcentaje del Plan Cumplido).
- PMI : Project Management Institute (Instituto de Gestión de Proyectos).
- PU : Production Unit (Unidad de Producción).
- RNE : Reglamento Nacional de Edificaciones.
- SC : Subcontratistas.
- TA : Task Anticipated (Tarea Anticipada).
- TFV : Transformation – Flow – Value (Transformación – Flujo – Valor).
- TQC : Total Quality Control (Control de Calidad Total).
- TMR : Task Made Ready (Tarea Lista para ser Ejecutada).
- TPS : Toyota Production System (Sistema de Producción Toyota).
- VFO : Value – Flow – Operation (Valor – Flujo – Operación).
- WBS : Work Breakdown Structure (Estructura de Desglose de Trabajo).
- WL : Westin Libertador.
- WWP : Weekly Work Plan (Plan Semanal).

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1 GENERALIDADES

“Para poder gestionar adecuadamente un proyecto, uno tiene que entender la naturaleza del sistema que se gestionará. Y parece que aún no tenemos una comprensión adecuada de la naturaleza de los proyectos que tratamos de gestionar” (Bertelsen S., 2003a, p.2).

El sistema de construcción no solo abarca el proyecto de construcción, sino también su industria y el aspecto social, las personas y su interrelación, establecido en su organización (Bertelsen S., 2003b).

En relación a nuestro país, se puede afirmar que existe una pseudo industria de la construcción, fragmentada por prácticas deficientes y cada vez más comunes de subcontratación, donde muchas veces prima el obtener una mejor rentabilidad y se contrata al precio más bajo sin tomar en cuenta diversos factores que son claves en los resultados finales a obtener.

Por otro lado y con respecto al aspecto social, aún se poseen diversos problemas que demuestran que todavía hay mucho por mejorar. Pero cada vez se tiene una mejor comprensión que el éxito de un proyecto dependerá de la comunicación, colaboración y el compromiso que se logre desarrollar en la organización.

Un escenario interesante a analizar, en el caso de proyectos de edificaciones civiles, es la etapa de acabados. Etapa que presenta una gran cantidad de trabajos subcontratados y donde el aspecto social cobra gran importancia.

En esta etapa compleja y variable, al existir una gran dependencia en la ejecución de trabajos, la comunicación, colaboración y el compromiso son de vital importancia. Son prácticas que repercuten en los resultados finales del proyecto.

Entonces, al ya tener una mejor comprensión del sistema de construcción y el conocimiento de que las personas, los involucrados, son los que al final pueden asegurar o no el éxito del proyecto, ¿Por qué no darle la importancia debida al aspecto social para mejorar el compromiso de las personas en los proyectos?

1.2 PROBLEMÁTICA

Las malas prácticas de subcontratación y la poca importancia del aspecto social, genera complejidad en los proyectos logrando que el modelo actual de gestión de construcción sea deficiente.

Esto se refleja en la baja confiabilidad de la planificación y el poco compromiso existente por parte los involucrados del proyecto, donde “El compromiso conlleva la obligación de realizar lo planificado siempre que exista la certeza de que los recursos necesarios se encuentren disponibles en el lugar y con la debida antelación” (Campero M. & Alarcón L., 2014, p.435), es decir, cuando se tiene todo listo para poder realizar una tarea y/o no se tiene ninguna restricción.

Pero, el compromiso se ve afectado por aceptar cumplir lo planificado, sin tener claro todo lo que involucra su ejecución, siendo esto muy común en la etapa de acabados. Lo que conlleva a encontrar y/o descubrir en el camino restricciones que impiden que una tarea inicie, avance o termine.

1.3 ANTECEDENTES

Caña C. (2011) plantea una metodología de integración de subcontratos a un sistema de gestión mediante la aplicación del Sistema Last Planner (LPS) en busca de una gestión proactiva y anticipada de los subcontratos con el fin de asegurar el plazo y mejorar la producción. Toma en cuenta el aspecto social, pero hace necesaria una investigación más profunda, centrada en el compromiso de las personas, tal como menciona y recomienda Macomber H. & Howell G. (2001):

“La práctica de hacer promesas confiables junto con el LPS proporciona un nuevo enfoque para coordinar la acción en el entorno del proyecto” (p.2), siempre y cuando las personas aprendan a hacer promesas confiables.

Por otro lado, Hamzeh F., Zankoul E. & El Sakka F. (2016) demuestran, por estudios de simulación y mediante un indicador denominado Tarea Lista para ser Ejecutada (TMR), la importancia del proceso de eliminar restricciones, ya que el tener una mayor cantidad de tareas listas para su ejecución o tareas sin restricciones lograr aumenta la probabilidad de cumplimiento de lo planificado.

1.4 HIPÓTESIS

1.4.1 Hipótesis General

La gestión de compromisos de subcontratistas para el levantamiento de restricciones en procesos incidentes de acabados de edificaciones civiles ayuda a tener una mayor cantidad de tareas listas para ser ejecutadas, lo cual permitirá aumentar la confiabilidad de la planificación y tener una mayor probabilidad de un flujo eficiente de trabajo.

1.5 JUSTIFICACIÓN

Un modelo de gestión de subcontratistas con una cultura de cumplimiento, una gestión de compromisos, que mejore la confiabilidad de la planificación en base a una comunicación concurrente, colaboración y el compromiso de todos los involucrados del proyecto ayudará a tener una mayor cantidad de tareas listas para ser ejecutadas.

1.6 OBJETIVOS

1.6.1 Objetivo General

Demostrar que gestionar los compromisos de subcontratistas para el levantamiento de restricciones en procesos incidentes de acabados en proyectos de edificaciones civiles permite aumentar la confiabilidad de la planificación y tener una mayor probabilidad de un flujo eficiente de trabajo.

1.6.2 Objetivos Específicos

- Explicar cómo el identificar de manera previa las restricciones existentes permite gestionar de mejor manera los compromisos de subcontratistas para el levantamiento de restricciones.
- Explicar cómo el realizar reuniones semanales de subcontratistas facilita la gestión de compromisos para el levantamiento de restricciones.
- Explicar que al realizar un seguimiento continuo y asegurar que se cumpla con el levantamiento de restricciones identificadas permite tener una mayor cantidad de actividades listas para ser ejecutadas.

CAPÍTULO II: FUNDAMENTO TEÓRICO

2.1 LA FILOSOFÍA LEAN

2.1.1 Producción Lean

Lean Production o Producción Lean es el término utilizado para referirse a una nueva filosofía de producción, denominada Filosofía Lean (Filosofía “Sin Pérdidas”), que abarca un conjunto de metodologías, técnicas y herramientas que tienen como punto de partida los esfuerzos del JIT¹ y TQC² japoneses en la fabricación de automóviles (Koskela L, 1992).

La filosofía nace a mediados de la década de 1950 en la industria automovilística japonesa destacando en el Sistema de Producción Toyota (TPS), sistema que busca minimizar y/o eliminar desperdicios de todas sus operaciones para hacer más eficiente su producción (Womack J., Jones D. & Roos D., 1990).

El objetivo principal de este sistema fue producir valor sin producir desperdicios bajo dos pilares: la automatización, cierre de la producción frente a un defecto, y la entrega justo a tiempo, producir lo que el cliente necesite y cuando lo necesite, con la finalidad de evitar inventarios y trabajo en proceso (William A., 2006).

Bajo esta forma de trabajo, se consiguió eliminar y minimizar desperdicios al producir artículos sin defectos, optimizar tiempos de fabricación, reducir la variabilidad³ de los procesos y operaciones, mantener un flujo de trabajo continuo en la línea de producción, etc. Se logró obtener una producción más eficiente y satisfacer los requerimientos del cliente (Womack J., Jones D. & Roos D., 1990).

“La esencia (principios, valores, conceptos, sistemas, técnicas y herramientas) de esta forma de producir es denominada Filosofía Lean, la cual es aplicable a otros sectores (hospitales, construcción, oficinas, etc.), e incluso es considerada una filosofía de vida” (Ramírez A., 2014, p.16).

¹ Justo a Tiempo (JIT): Técnica desarrollada e implementada por Shigeo Shingo y Taiichi Ohno basada en la eliminación de tiempos de espera para reducir o eliminar inventarios (Koskela L., 1992).

² Control de Calidad Total (JIT): Técnica que busca una producción con un enfoque de calidad total donde prima la eliminación de errores y trabajos rehechos y la mejora continua (Koskela L., 1992).

³ Eventos distintos a los previstos (Hopp W. & Spearman M., 1996).

2.1.1.1 Principios de la Producción Lean

La Filosofía Lean trabaja bajo cinco principios⁴, definidos por Womack J. & Jones D. (1996), como base para crear su cultura y poder lograr el objetivo de maximizar el valor y eliminar y/o minimizar desperdicios: 1. Identificar/definir el valor, 2. Identificar la cadena de valor, 3. Crear un flujo continuo, 4. Trabajar pull y 5. Alcanzar la excelencia y perfección.

Según dichos autores el punto de partida es definir el valor, lo que se desea, bajo los requerimientos del cliente en términos de características, precio y plazo del producto final. Buscar que el cliente defina el producto final (bien o servicio deseado) y el productor logre comprender su necesidad para poder tener una mayor probabilidad de satisfacer las necesidades del mismo.

Una vez definido el valor, el segundo paso es identificar la cadena de valor de un producto(s) para poder analizar las acciones que se están llevando a cabo a lo largo de ella, ya que solo algunas son generadoras de valor. La finalidad es secuenciar las actividades creadoras de valor de manera óptima y eliminar y/o minimizar las que no agregan valor.

A continuación, se debe lograr ejecutar actividades mediante un flujo de trabajo continuo, lograr que las actividades a realizarse puedan llevarse a cabo de manera fluida y sin ninguna interrupción. Para luego proceder con el siguiente paso, el trabajar pull o trabajar jalando la producción, es decir, producir solo lo necesario, sin generar inventarios y entregar lo que el cliente realmente necesite. Se debe tener en cuenta que cada actividad continuará solo cuando la anterior haya culminado.

Finalmente, el objetivo principal, alcanzar la excelencia y perfección realizando cada vez mejor los cuatros primeros pasos. Donde la organización debe comprender que siempre existirá algo que se puede mejorar y que la mejora continua es el camino a seguir para lograr satisfacer las necesidades del cliente buscando reducir esfuerzos, tiempos, costos, etc. y el ser cada vez más eficiente.

⁴ “Una cultura en la que cada persona comprenda y esté comprometida con el comportamiento basado en principios será una cultura con una alta probabilidad de lograr grandes resultados” (Jon M. Huntsman School of Business, 2012, p.9).

2.1.2 Desperdicios para la Filosofía Lean

Se define desperdicio⁵ como toda actividad que debe ser eliminada, al no hacer óptimo el flujo de trabajo, ya que utiliza tiempo, recursos y espacio pero no agrega valor al producto (Koskela L., 1992; Womack J. & Jones D., 1996). Según Liker J. (2004) existen tres tipos de desperdicios para la filosofía lean, los cuales forman un sistema denominado 3M, ver Tabla N°2.1.

Tabla N°2.1 Desperdicios para la filosofía lean
 Fuente: Adaptado de Liker J. (2004)

DESPERDICIOS	DESCRIPCIÓN
1. Muda (Sin valor agregado)	Es la "M" más conocida, incluye ocho desperdicios: sobreproducción, esperas, transporte innecesario, sobreprocesamiento, inventario excesivo, movimiento innecesario, productos defectuosos y creatividad desaprovechada de empleados.
2. Muri (Sobrecarga de personas o equipos)	Demanda excesiva en un sistema que hace que las personas o equipos produzcan más allá de su capacidad razonable. La sobrecarga de personas causa problemas de seguridad y calidad. La sobrecarga de equipos causa averías y defectos.
3. Mura (Desigualdad)	Causado por una producción irregular de trabajo, debido a problemas de planificación, personal y/o equipos sin trabajo que realizar, falta de insumos, etc. El muda será el resultado de un mura.

Aunque la filosofía lean asocia el desperdicio y su eliminación solo a la primera "M", muda. El muri y el mura son igual de importantes para hacer un buen trabajo lean. Enfocarse solo en los ochos desperdicios del muda puede dañar la productividad de las personas y el sistema de producción (Liker J., 2004).

2.1.3 Construcción Lean

La Construcción Lean "Construcción Sin Pérdidas" surge en base a la filosofía lean en búsqueda de querer adaptar esta filosofía propia de la industria automotriz a la industria de la construcción.

Fue el Dr. Lauri Koskela quien logró adaptar dicha filosofía esta última industria, publicando su investigación en un reporte técnico titulado "Aplicación de una Nueva Filosofía de Producción a la Construcción" en 1992.

⁵ Taiichi Ohno, en su libro El Sistema de Producción Toyota: Más Allá de la Producción a Gran Escala (1978) define siete tipos de desperdicios, los cuales son los mencionados por Liker J. (2004) a excepción del octavo, creatividad desaprovechada de empleados.

Koskela L. (1992) afirma que el pensamiento tradicional entendía a la producción en la construcción como un proceso de conversión de entradas en salidas, donde este proceso es a su vez un conjunto de subprocesos que también son procesos de conversión, ver Figura N°2.1.

Esto se refleja en el modelo de conversión⁶ donde los esfuerzos eran orientados solo a mejorar la eficiencia de los procesos de transformación en búsqueda de lograr una mayor competitividad (Koskela L., 1992).

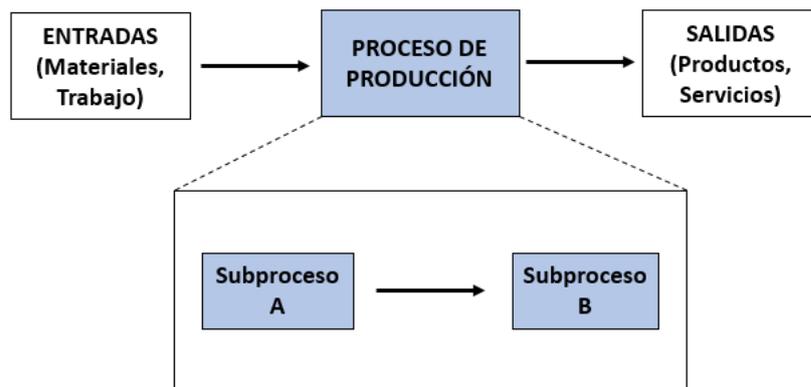


Figura N°2.1 Proceso de producción como un proceso de conversión
Fuente: Adaptado de Koskela L. (1992)

Teniendo conocimiento de lo anterior, Koskela L. (1992) adapta la filosofía lean y presenta un nuevo enfoque en la industria de la construcción. Explica la producción, antes vista solo como un proceso de transformación, como un proceso de conversiones y flujos reflejado en un modelo dual, ver Figura N°2.2, donde un buen sistema de producción debe mejorar las actividades de conversión y reducir o eliminar las actividades de no conversión o actividades de flujos.

Es decir, bajo este nuevo enfoque, la producción es vista como procesos de flujos, flujos de materiales y/o información desde la materia prima hasta el producto final, existiendo actividades que agregan valor al producto (conversiones) y actividades de flujo tales como transportes, inspecciones y esperas, las cuales son necesarias pero no agregan valor (Koskela L., 1992).

⁶ El modelo de conversión entiende que todas las actividades son actividades de transformación y generan valor agregado. No diferencia ni toma en cuenta las actividades de flujo, por ello las mejoras generalmente no tienen mucho impacto en el resultado final (Koskela L., 1992).

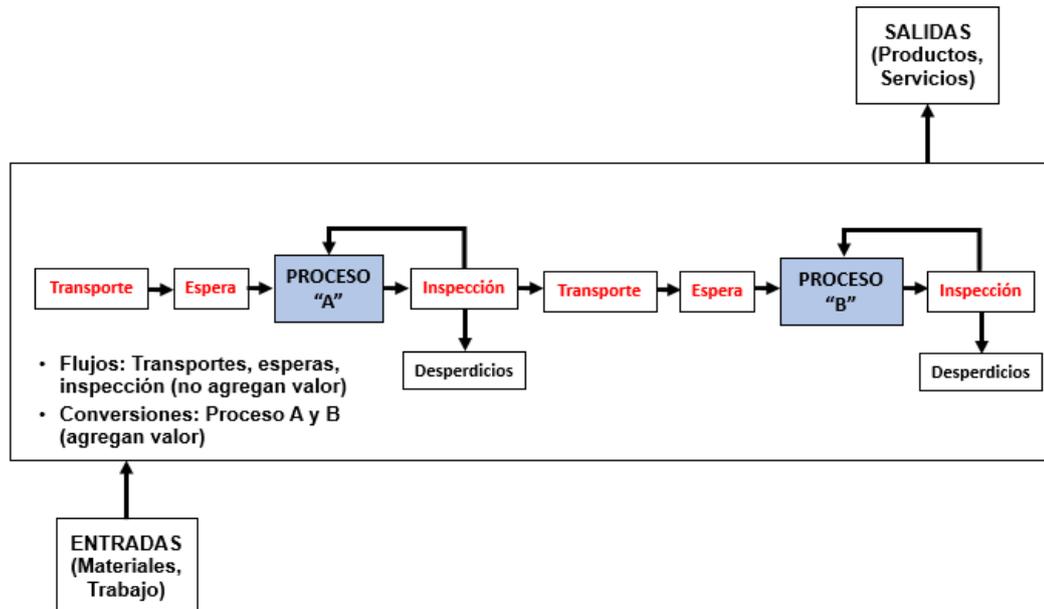


Figura N°2.2 Proceso de producción como un proceso de flujo
Fuente: Adaptado de Koskela L. (1992)

2.1.3.1 Principios de la Construcción Lean

Con la finalidad de poder implementar los principios de la Filosofía Lean a la construcción, Koskela L. (1992) basado en su modelo dual y luego en su modelo de Transformación-Flujo-Valor (Ver 2.3.1.1 Modelo Transformación-Flujo-Valor (TFV)), definió once principios para la gestión de procesos de producción en construcción, ver Tabla N°2.2.

Tabla N°2.2 Principios de la construcción lean
Fuente: Adaptado de Koskela L. (1992)

PRINCIPIOS DE LA CONSTRUCCIÓN LEAN
1. Reducir la participación de las actividades que no agregan valor.
2. Incrementar el valor del producto a través de la consideración sistemática de las necesidades del cliente.
3. Reducir la variabilidad.
4. Reducir los tiempos de ciclo.
5. Simplificar a través de la reducción del número de etapas, partes y relaciones.
6. Incrementar la flexibilidad de los resultados.
7. Incrementar la transparencia de los procesos.
8. Enfocar el control en el proceso global.
9. Introducir mejoras continuas en el proceso.
10. Mantener un equilibrio entre el mejoramiento de los flujos y el mejoramiento de la conversión.
11. Usar benchmarking.

Actualmente, se necesitan nuevos enfoques orientados a la gestión en construcción (Ver 2.4 Gestión de Proyectos en Construcción) que reflejen, como primer paso, la esencia de los principios definidos por Koskela L. (1992) a partir de un claro entendimiento de la producción en construcción. La construcción lean enfatiza el concepto de flujo⁷ como una forma de entender la producción en la construcción (Ver 3.2.3 Flujo de Producción en Construcción), sin embargo, este concepto es interpretado de diversas maneras y aun no se aborda por completo la construcción desde su propia naturaleza, la complejidad.

2.2 COMPLEJIDAD

El término complejidad, según el glosario del Instituto de Santa Fe en México, significa: “Diferentes cosas en diferentes disciplinas, y no está rigurosamente definido fuera de un contexto específico.”

Para Bertelsen S. (2003a) la complejidad no es una ciencia nueva, sino más bien una nueva forma de ver y entender los sistemas. La definición más utilizada implica “el borde del caos”, donde el caos se refiere a un conjunto restringido de fenómenos que evolucionan de maneras predeciblemente impredecibles.

En relación a los sistemas, Lucas C. (2007) los define como: “Un conjunto de partes interactivas que forman y funcionan como un todo integrado y consistente, que se distinguen de su entorno por límites reconocibles”.

A partir de ello, un sistema se puede considerar como un proceso dinámico que responde ante unas entradas, y que interactúa en mayor o menor medida con el medio que lo rodea, para producir unas salidas. Donde para su estudio se debe conocer los elementos que lo conforman y sus relaciones existentes (Ramírez A., 2014).

Hoy se reconoce cada vez más que la mayoría de los sistemas en nuestro entorno son no lineales, complejos y dinámicos. La ciencia de la complejidad analiza estos sistemas y lo hace de forma orgánica y holística (Bertelsen S., 2003a).

⁷ Para un mejor entendimiento de las diversas interpretaciones del concepto de flujo, se recomienda leer el artículo desarrollado por Kraemer K., Henrich G., Koskela L. & Kagioglou M. (2007).

2.2.1 Características de los Sistemas Complejos

La siguiente tabla muestra las 18 características de los sistemas complejos definidas por Lucas C. (2005):

Tabla N°2.3 Características de los sistemas complejos
Fuente: Lucas C. (2005)

CARACTERÍSTICAS DE LOS SISTEMAS COMPLEJOS	
1. Agentes autónomos (independientes).	10. No uniformidad (agentes y sus relaciones no son iguales en todo el sistema).
2. No linealidad (resultados no proporcionales a las entradas).	11. Cambios de fase (cambios repentinos en las propiedades del sistema).
3. Emergencia (propiedades del sistema no son evidentes a partir de las partes).	12. Impredecibilidad (comportamiento impredecible del sistema).
4. Causalidad descendente (propiedades del sistema afectan a las propiedades de las partes)	13. Inestabilidad (cambios bruscos y/o repentinos).
5. Atractores (diferentes comportamientos del sistema).	14. Mutabilidad (cambios internos aleatorios).
6. Acondicionamiento (modelado de condiciones óptimas).	15. Auto-reproducción (creación de copias idénticas o editadas).
7. Co-evolución (evolución adaptativa del sistema como un todo).	16. Auto-modificación (sistema se rediseña en el tiempo).
8. Sin equilibrio (sistema opera lejos del equilibrio).	17. Valores indefinidos (resultados del sistema se crean por la interacción con el entorno).
9. No estándar (cambios en el tiempo).	18. Funciones borrosas (función general del sistema no se conoce al inicio, va evolucionando).

2.2.2 Complejidad en Construcción

En la construcción, el sistema de construcción no solo abarca el proyecto de construcción, sino también su industria y el aspecto social establecido en su organización (Bertelsen S., 2003b).

El considerar al sistema como un todo, abre las posibilidades de nuevas características y comportamientos que no se encontraron con el enfoque tradicional, donde se creía que todo era predecible, y esta visión contribuye en gran medida a la comprensión del sistema en cuestión (Bertelsen S., 2003b, p.3).

La construcción es un fenómeno complejo y dinámico (Bertelsen S., 2003b), no lineal con alta variabilidad, que a menudo se encuentra al borde del caos (Bertelsen S., 2003a).

La complejidad se puede comprobar desde la naturaleza del proceso del diseño, el cual genera problemas, al no llegar a tener soluciones consensuadas. Donde incluso no se tiene claro que se desea hasta el final, lo que conlleva a ir definiendo el diseño en paralelo con las soluciones (Bertelsen S., 2003a; Bertelsen S. & Emmit S., 2005).

Mientras que la naturaleza dinámica se hace evidente en los involucrados del proyecto, los cuales presentan un carácter temporal y continuamente están aprendiendo unos de otros (Bertelsen S., 2003a). Este dinamismo también proviene de la incertidumbre generada por la variabilidad y presente en los flujos a todo nivel, que al considerarla solo a nivel operativo causa diversos problemas en el flujo de trabajo como se verá más adelante.

La no linealidad es más evidente aun, pues nada se puede predecir con total seguridad. Pero a pesar de ello, por ejemplo, los planes representan una imagen lineal muy idealizada de lo que se debe ejecutar, no tomando en cuenta la interdependencia de las operaciones a ejecutarse (Bertelsen S., 2003a).

2.2.3 Perspectivas de Complejidad en Construcción

Bertelsen S. (2003b) encuentra que la construcción presenta la mayoría de características de los sistemas complejos definidas por Lucas C. (2005), y con el objetivo de comprender la construcción desde una perspectiva de complejidad, divide 14 de estas características, propias de la construcción, en tres grupos, ver Tabla N°2.4.

Tabla N°2.4 Características de los sistemas complejos presentes en la construcción
Fuente: Bertelsen S. (2003b)

CARACTERÍSTICAS DE LA CONSTRUCCIÓN	
1. Agentes autónomos.	Agentes autónomos, no estándar, co-evolución, auto-modificación, causalidad descendente y auto-reproducción.
2. Valores indefinidos.	Valores indefinidos, acondicionamiento y no uniformidad.
3. No linealidad.	No linealidad, emergencia, atractores, cambios de fase e impredecibilidad.

A partir de ello sugiere analizar la complejidad, en la construcción, desde tres perspectivas:

Tabla N°2.5 Perspectivas de complejidad en construcción
Fuente: Adaptado de Bertelsen S. (2003a) & Bertelsen S. (2003b)

PERSPECTIVAS DE COMPLEJIDAD EN CONSTRUCCIÓN
1. El <i>proyecto de construcción</i> , complejo y dinámico. Donde se le debe dar primordial importancia a la gestión de flujos ⁸ para poder asegurar que las tareas tengan todo lo necesario para ser ejecutadas.
2. La <i>industria de construcción</i> , fragmentada por prácticas cada vez más comunes de subcontratación, donde prima muchas veces el tema económico, no tomando en cuenta la complejidad que genera, reflejando muchas veces problemas de planificación y control en los proyectos.
3. El <i>aspecto social</i> , donde se debe dar mayor importancia a las personas. Los involucrados en todo el ciclo de vida del proyecto, especialmente la mano de obra, presentan un carácter temporal y el éxito del proyecto dependerá de la cooperación, comunicación y el compromiso que se logre desarrollar en el mismo.

2.3 SISTEMA DE CONSTRUCCIÓN

“En la construcción se utilizan mayormente dos términos refiriéndose a sistemas, el sistema constructivo (acorde al tipo de construcción de una edificación, por ejemplo: sistema aperticado) y el sistema de producción” (Ramírez A., 2014, p.45).

El relación al segundo término, Hamzeh F. (2009) afirma: “Un sistema de producción se puede definir como un conjunto de personas y recursos (por ejemplo: maquinarias, equipos, información) organizados para diseñar y fabricar un bien o servicio de valor para los clientes” (p.38).

Mientras que para Ramírez A. (2014), el mismo término hace referencia a la manera en que se lleva a cabo la entrada de materias primas (materiales, información, etc.), así como el proceso dentro de la empresa para transformar materiales y obtener un producto terminado para su entrega a los clientes o consumidores, teniendo en cuenta un control adecuado del mismo (p.28-29).

Aunque esta última definición es más completa, por las características que presenta la construcción, ambas parecen ser muy generales para poder definir adecuadamente qué es un sistema de producción en construcción.

⁸ Nuevo y profundo entendimiento de la naturaleza del proceso de construcción como un número de flujos que conjuntamente generan valor para el cliente (Bertelsen S., Henrich G., Koskela L. & Rooke J., 2007).

Por ello, Ramírez A. (2014) concluye que en construcción, “el sistema de producción, es un conjunto de partes operativamente interrelacionadas, dinámico, del que interesa considerar fundamentalmente su comportamiento global, holístico” (p.102). Donde para su estudio se necesita tomar en cuenta los elementos, interiores y exteriores, que afectan su comportamiento.

La siguiente figura muestra el sistema de producción en construcción:

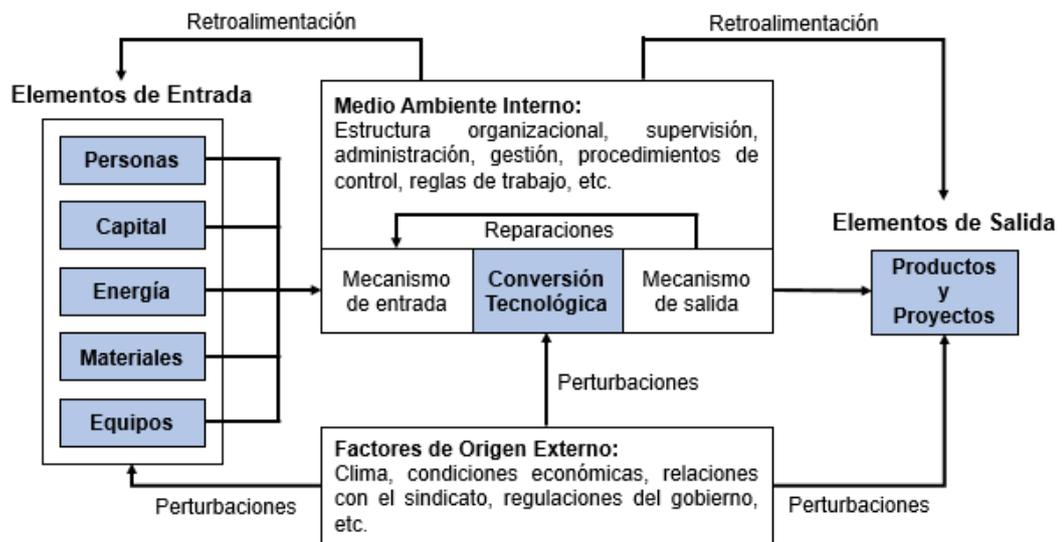


Figura N°2.3 Sistema de producción en construcción
 Fuente: Ramírez A. (2014), adaptado de Thomas R. & Raynar K. (1997)

De la figura anterior se puede observar que la finalidad del sistema de producción en construcción, es la obtención de un producto (edificación, obra civil, entre otros). Lo cual se logra a través de la conversión tecnológica, comportamiento del sistema, y bajo una buena administración y gestión de recursos o elementos de entrada (Ramírez A., 2014).

“En base a ello se puede decir que la conversión tecnológica es el objetivo principal a seguir, pero se debe tener en cuenta que dentro del sistema existen otros comportamientos que ayudan a este fin y generalmente no son tomados en cuenta, son tácitos, los cuales son denominados flujos” (Ramírez A., 2014, p.103).

En la actualidad, ya se le da una importancia mayor a los flujos. Tal vez, a partir del modelo dual de Koskela L. (1992) fue donde se comenzó a entender que los flujos se generan en la propia interacción de los componentes del sistema.

A partir de lo anterior, el siguiente gran paso es lograr tener un modelo adecuado del sistema de producción en construcción para poder realizar un estudio y análisis adecuado del mismo. A continuación se presenta la evolución de los diversos modelos propuestos:

2.3.1 Modelos del Sistema de Producción en Construcción

Existen varios modelos que buscan explicar la naturaleza del sistema de producción en construcción. Entre ellos tenemos: el modelo de conversión; el modelo dual (Ver 2.1.3 Construcción Lean); el modelo Transformación-Flujo-Valor (TFV) y los modelos de flujos.

2.3.1.1 Modelo Transformación-Flujo-Valor (TFV)

Modelo de la teoría general del proceso de producción propuesto por Koskela L. (2000) que agrupa tres subteorías o conceptualizaciones diferentes de la producción: transformación, flujo y valor, usadas de forma independiente en la gestión de producción en proyectos de construcción, ver Tabla N°2.6.

La primera conceptualización, ve a la producción como una transformación de entradas a salidas. La segunda, considera la producción como procesos de flujo compuesto por actividades de transformación (generan valor) y actividades de flujo (no generan valor). Y por último, la tercera, considera la producción como un medio para el cumplimiento de las necesidades del cliente (Koskela L., 2000, p.3).

Pero, tal como menciona Koskela L. (2000): “En la gestión de la producción, las necesidades de gestión que surgen de los tres conceptos deben integrarse y equilibrarse” (p.87).

Los tres conceptos de producción (transformación, flujo y valor) no son, pues, teorías alternativas de producción, sino más bien parciales y complementarias. Cada uno de ellos se centra en ciertos aspectos del fenómeno de producción: el concepto de transformación en la transformación de valor agregado; el concepto de flujo en las actividades que no agregan valor; y el concepto de generación de valor en el control de la producción desde el punto de vista del cliente (Koskela L., 2000, p.88-89).

Tabla N°2.6 Perspectiva integrada del TFV en la producción
Fuente: Adaptado de Koskela L. (2000)

	PERSPECTIVA DE TRANSFORMACIÓN (T)	PERSPECTIVA DE FLUJO (F)	PERSPECTIVA DE GENERACIÓN DE VALOR (V)
CONCEPTO DE LA PRODUCCIÓN	Como transformación de inputs en outputs (entradas a salidas).	Como flujo de materiales, compuesto de transformaciones, transporte, inspecciones y esperas.	Como un proceso donde el valor para el cliente es generado a partir de la plena satisfacción de sus necesidades.
PRINCIPIOS PRINCIPALES	Hacer la producción en forma eficiente.	Eliminar o minimizar desperdicios (actividades que no agregan valor).	Eliminación de la pérdida de valor (valor alcanzado en relación con el mejor valor posible).
MÉTODOS Y PRÁCTICAS (EJEMPLOS)	WBS, MRP, OBS.	Flujo continuo, control de producción pull, mejoramiento continuo.	Métodos de captura de requerimientos, despliegue de función de calidad.
CONTRIBUCIÓN PRÁCTICA	Cuidar lo que hay que hacer.	Cuidar que lo innecesario sea realizado lo menos posible.	Cuidar que los requisitos del cliente se cumplan de la mejor manera posible.
NOMBRE SUGERIDO PARA LA APLICACIÓN PRÁCTICA DE LA PERSPECTIVA	Task management	Flow management	Value management

2.3.1.2 Modelo de Flujos

El modelo de flujos es una propuesta que se basa en una corriente denominada Física de la Construcción⁹ como “Una forma más completa de entender el proceso de construcción desde una perspectiva de flujo” (Bertelsen S., Koskela L., Henrich G. & Rooke J., 2006, p.1).

“Es una propuesta de investigadores Lean Construction de una nueva perspectiva para gestionar los proyectos de construcción basándose en la gestión de flujos, por ser este un principio lean” (Ramírez A., 2014, p.98).

⁹ La Física de la Construcción se basa en el trabajo de Hopp W. & Spearman M. (1996) sobre la Física de las Fábricas, donde se desarrolló un conjunto de leyes que rigen el comportamiento de los sistemas de flujo mediante la teoría de colas y hacen posible analizar el efecto de la variabilidad en el rendimiento de los procesos (Bertelsen S., Henrich G., Koskela L. & Rooke J., 2007).

Bertelsen S., Koskela L., Henrich G. & Rooke J. (2006) buscan crear un modelo de flujo general del proceso de construcción, a partir de la Física de la Construcción, para poder lograr una comprensión más profunda de su naturaleza.

Esto se debe a que la mayor parte de estudios se han centrado en el proceso de construcción como flujo de trabajo, la parte operativa, sin ver al proceso de manera holística, siendo necesario “Establecer un modelo de flujo más general que tome en consideración la naturaleza de todos los flujos en el proceso de construcción, los flujos que alimentan el proceso, y sus respectivas interacciones” (Bertelsen S., Koskela L., Henrich G. & Rooke J., 2006, p.2).

La mayoría de modelos de flujos toman en cuenta las siete precondiciones¹⁰, que un inicio fueron utilizadas por Koskela L. (2000) para poder explicar el impacto de una incertidumbre relativamente pequeña en cada uno de los flujos sobre el proceso mismo pero sin basarse en un análisis estructurado de la naturaleza del proceso y sus flujos (Bertelsen S., Koskela L., Henrich G. & Rooke J., 2006), como sí lo hacen los siguientes modelos.

a. Modelo de 3 Flujos

Modelo propuesto por Ballard G., Tommelein I., Koskela L. & Howell G. (2002) al observar la naturaleza de los requisitos previos para el proceso, encontrando tres tipos: directivas, trabajo previo y recursos.

Según estos investigadores: Las directivas brindan orientación según las cuales el output del sistema debe ser producida o evaluada (asignaciones, criterios de diseño y especificaciones). El trabajo previo es el soporte sobre el cual el trabajo se realiza o al que se agrega el trabajo, es lo que tenemos a la mano para trabajar en ese momento, si las directivas y los recursos necesarios están disponibles (materiales, materia prima o trabajo en proceso, información que se introduce en un cálculo o decisión, etc.).

¹⁰ Número de requisitos previos, definidos por Koskela L. (2000), para iniciar cualquier actividad en la construcción y ejecutarla de manera exitosa: diseño de construcción (información), componentes y materiales, trabajadores, equipos, espacio, trabajos previos y condiciones externas (clima, reglas gubernamentales, licencias).

Y los recursos son mano de obra, instrumentos de trabajo o condiciones en las que se ejerce el trabajo, pueden soportar la carga y tienen una capacidad finita (mano de obra, herramientas, equipos y espacio).

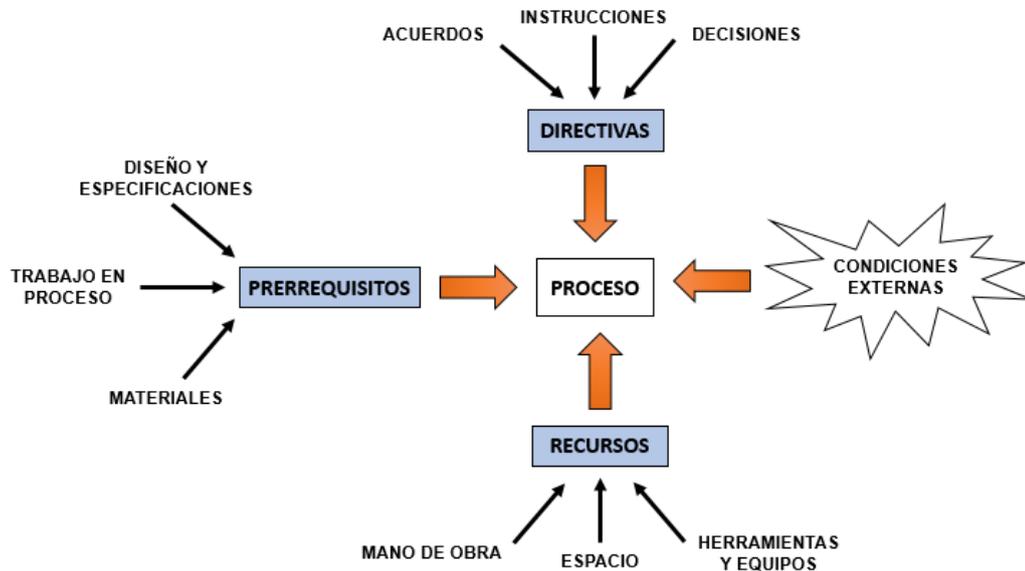


Figura N°2.4 Modelo de tres flujos

Fuente: Bertelsen S., Henrich G., Koskela L. & Rooke J. (2007), adaptado de Ballard G., Tommelein I., Koskela L. & Howell G. (2002).

b. Modelo Valor-Flujo-Operación (VFO)

Como se mencionó anteriormente, la naturaleza de la producción en la construcción ha sido vista de tres perspectivas diferentes: transformación, flujo y valor. Sin embargo, para entender dicha naturaleza y gestionar de forma correcta la construcción, estas deben ser integradas, siendo un primer intento el desarrollado en el modelo TFV propuesto por Koskela L. (2000).

Más adelante, Koskela L., Rooke J., Bertelsen S. & Henrich G. (2007) agrupan estas perspectivas en la red de flujos de Shingo (Ver Figura N°2.5), describiéndolas como flujos integrados: (T) Transformación, orientada al trabajo (flujo de sujetos u operaciones), observa la interacción de los recursos de mano de obra y maquinarias con los materiales; (F) Flujo, orientado a los movimientos espaciales y temporales de los materiales (desde el proveedor), e intercambio de información (planos, programación, entre otros), que tradicionalmente es la logística; y (V) Generación de Valor, orientado a mirar el proceso de diseño y fabricación de productos para satisfacer las necesidades del cliente interno y externo (flujo de objetos o procesos) (Ramírez A., 2014).

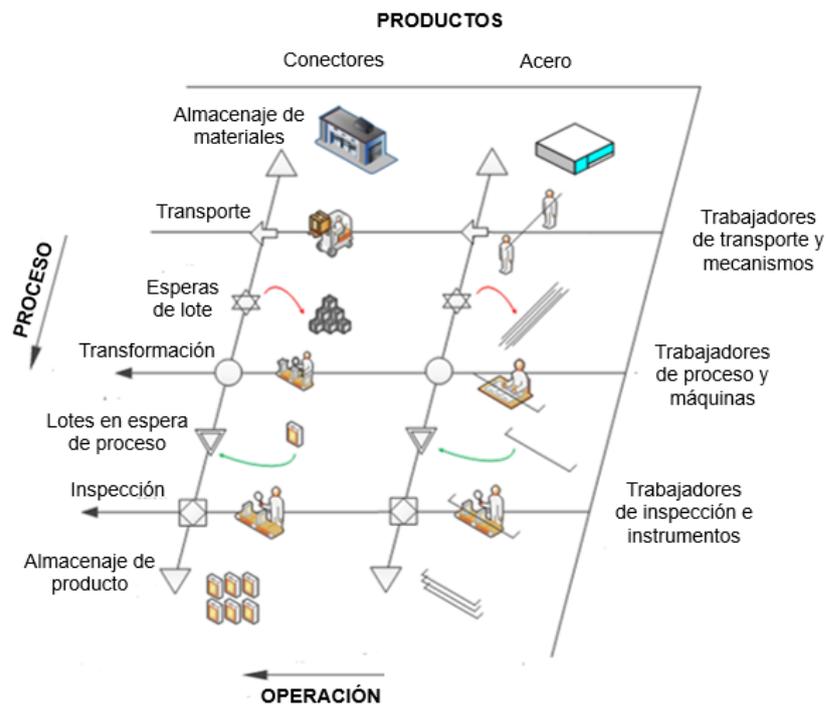


Figura N°2.5 Producción como una red de flujos (proceso y operación)
Fuente: Ramírez A. (2014), adaptado de Shingo S. (1988)

Los procesos son flujos de objetos, que representan el progreso de un producto a lo largo de una línea de producción (etapas por las que pasa la materia prima y productos semi-elaborados hasta transformarse en el producto que cumpla los requerimientos del cliente), los cuales sufren fenómenos como son procesamiento, transporte, espera e inspección. Las operaciones son cadenas de eventos durante las cuales los trabajadores (mano de obra) y las máquinas trabajan en los bienes, un flujo humano temporal y espacial que se centra en el trabajador, flujos de sujetos o personas, quienes también sufren los mismos fenómenos que los objetos (Shingo S., 1988).

La visión¹¹ de Shingo permite tener una comprensión más holística en torno a la transformación, flujo y valor. Tres subteorías diferentes que a menudo se han interpretado en la práctica de acuerdo con la teoría de producción TFV, propuesta por Koskela L. (2000), pero solo como transformación, a nivel operativo, es decir a nivel del flujo de trabajo (Koskela L., Rooke J., Bertelsen S., Henrich G., 2007).

¹¹ “Al aplicar los términos de Shingo a la construcción, el proceso puede concebirse como el progreso del proyecto y las operaciones como el trabajo realizado por los diferentes oficios” (Kalsaas BT & Bølviken T., 2010, p.58).

En cambio, el modelo de flujos planteado por Koskela L., Rooke J., Bertelsen S. & Henrich G. (2007), ver Figura N°2.6, busca una conceptualización completa de la producción, al reconocer que hay tres elementos esenciales en la producción: trabajadores y maquinarias (sujetos), materiales (objetos) y clientes internos y externos, así como los flujos que se relacionan con cada uno de ellos y que deben ser gestionados integralmente (Ramírez A., 2014).

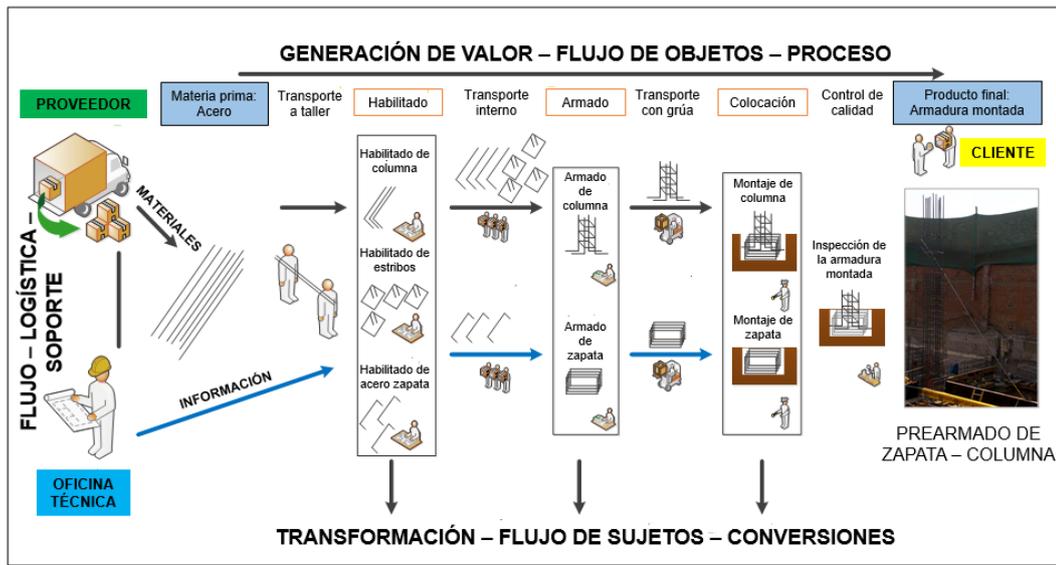


Figura N°2.6 Visión del flujo de producción en el modelo VFO
Caso: Pre-armado de Acero (Zapata – Columna)
Fuente: Adaptado de Ramírez A. (2014)

Este nuevo desarrollo, es una mejora sustancial de la teoría TFV de Koskela L. (2000), la cual ya no se ve solo a nivel operativo, sino de manera holística. No fue llamada Valor-Flujo-Operación (VFO) hasta la publicación del artículo de Bertelsen S. & Bonke S. en el 2011, titulado “Transformación-Flujo-Valor como Herramienta Estratégica en la Producción de Proyectos”, donde se hace mención que inspirado en Shingo S. (1988) y en la experiencia del primer autor definen al valor como objetivo principal de producción, seguido del flujo, para dar libertad a los procesos, y la operación, para materializar los procesos. Posteriormente Bertelsen S. ya utiliza el nombre VFO en su libro “El Proyecto Indomable”.

De esta manera, el modelo VFO “Es descrito como la interacción de tres flujos, un sistema de flujos. Esto es uno de los inicios para buscar un modelo que muestre la naturaleza compleja y dinámica del sistema de construcción a través de la gestión por flujos” (Ramírez A., 2014, p.96)

c. *Modelo de Kalsaas BT.*

Kalsaas BT. (2011), en su intento de medir el flujo de trabajo, propone su modelo de flujo basado en las siete precondiciones. Es un estudio a nivel de operaciones, flujo de sujetos, ver Figura N°2.7.

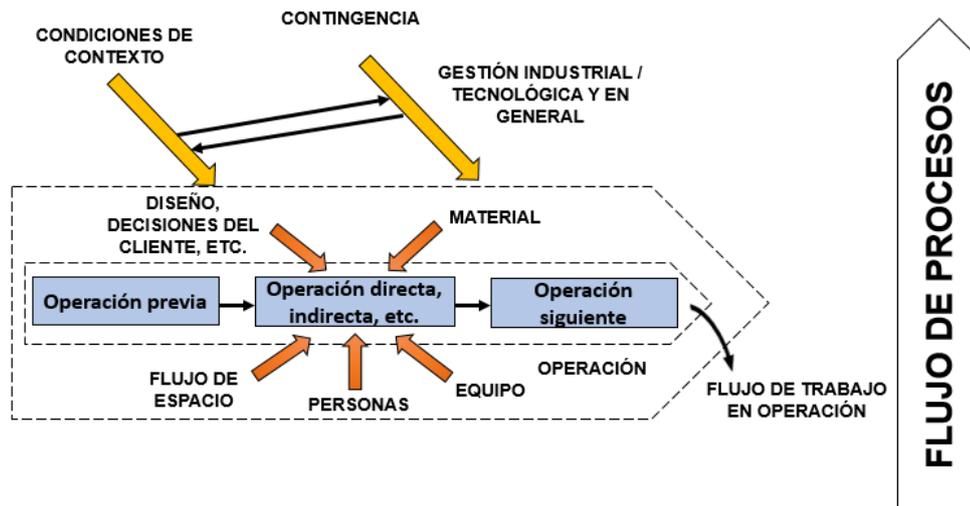


Figura N°2.7 Modelo de flujos propuesto por Kalsaas BT.
Fuente: Kalsaas BT. (2011)

Este modelo es adecuado para el fin que persigue, pero con el mismo no se logra ver el proceso de construcción de una manera holística, como en el modelo VFO y/o en el siguiente modelo, el modelo de Ramírez A.

d. *Modelo de Ramírez A.*

Otra propuesta, desde una perspectiva de proceso (flujo de objetos), es el modelo conceptual planteado por Ramírez A. (2014). Modelo que relaciona los flujos del modelo VFO y las siete precondiciones de Koskela L. (2000) considerando como base la gestión de flujos.

Dicha propuesta pretende brindar la posibilidad de un análisis holístico del sistema de producción de construcción al modelar el sistema en flujos para identificar sus componentes y los flujos que estos generan a través de su interacción, obtener un mejor entendimiento y proporcionar mejoras e innovaciones para su desarrollo (Ramírez A., 2014).

El modelo muestra cinco flujos y otros dos componentes: flujo de objetos (generación de valor), y dentro del cual se puede considerar un flujo de apoyo (prefabricación, prearmado); flujo de sujetos (mano de obra y equipos); flujo de información (diseño y programación); flujo de abastecimiento (logística); espacio¹² (layout del proyecto y cancha libre) y condiciones externas (clima y otros factores externos) (Ramírez A., 2014, p.121).

La siguiente figura muestra el modelo conceptual del sistema de construcción propuesto:

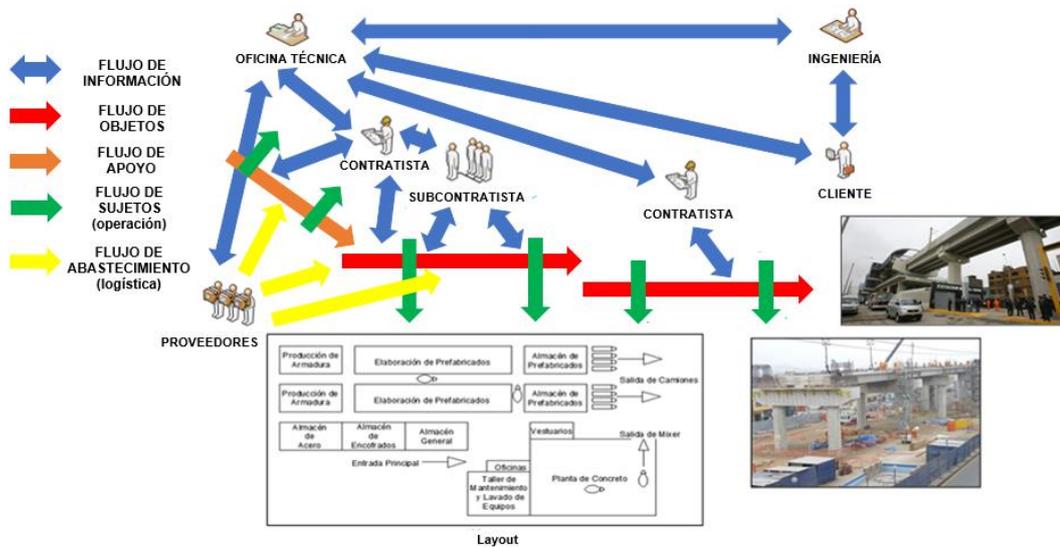


Figura N°2.8 Modelo conceptual propuesto del sistema de producción en construcción
Fuente: Ramírez A. (2014)

En el modelo de flujos se puede determinar la complejidad de la construcción por la interrelación de los flujos y participantes del sistema, ver Figura N°2.8, además de que la variabilidad aumenta si la relación de flujos aumenta. También se puede mostrar el involucramiento de los participantes dentro del sistema de producción, la cual es importante para la constructabilidad (Ramírez A., 2014, p.110).

Los flujos componentes del modelo deben ser gestionados al mismo nivel por ser todos de igual importancia. Muchos de los sistemas de gestión dan importancia solo al flujo de objetos dejando de lado los demás flujos, por consecuencia, teniendo una gestión ineficiente del flujo de producción (Ramírez A., 2014, p.110).

¹² El espacio, es la distribución (layout) de la obra que cambia con el avance de la misma, y también es el espacio disponible para que puedan fluir los sujetos y los objetos. Se considera el medio físico en el cual interactúan los flujos, y transfiere información a los mismos (Ramírez A., 2014, p.107).

2.4 GESTIÓN DE PROYECTOS EN CONSTRUCCIÓN

Koskela L. & Howell G. (2002a) sostienen que la gestión¹³ tradicional de construcción sigue las buenas prácticas definidas por el Instituto de Gestión de Proyectos (PMI), tomando como base el modelo de conversión de Koskela L. (1992). La siguiente tabla muestra las teorías y supuestos de la gestión tradicional de proyectos de construcción:

Tabla N°2.7 Teorías, conceptos y supuestos de la gestión tradicional de proyectos en construcción
Fuente: Adaptado de Koskela L. & Howell G. (2002b)

A.TEORÍA DEL PROYECTO	
- Conceptualización: El proyecto es una transformación de entradas en salidas.	
- Principios: 1. La transformación total de un proyecto se puede descomponer en subtransformaciones manejables y bien entendidas, tareas; 2. Se puede ejecutar un proyecto de forma óptima mediante la ejecución de cada tarea de manera óptima y secuencial.	
- Suposiciones: 1. Las tareas son independientes, excepto las relaciones secuenciales; 2. Las tareas son distintas, individuales y delimitadas; 3. Baja incertidumbre en cuanto a requerimientos y tareas; 4. Todo el trabajo es descompuesto de arriba hacia abajo a partir de la transformación total; 5. Los requerimientos existen desde el principio y se pueden descomponer junto con el trabajo.	
B.TEORÍA DE GESTIÓN	
Teoría de planificación	- Conceptualización: Hay una parte gerencial y una parte ejecutora del proyecto, la función principal de la gerencia es la planificación y la función de la parte ejecutora es traducir el plan resultante y llevarlo a la acción.
	- Principios: 1. Conociendo el estado actual del mundo, el estado del objetivo deseado y las transformaciones permitidas que pueden lograrse mediante acciones, una serie de acciones, se puede deducir el plan; 2. El plan es traducido a la realidad por la parte ejecutora de la organización.
	- Suposiciones: 1. Traducir el plan en acción es un proceso simple, siguiendo las instrucciones; 2. La planificación interna de una tarea es una cuestión de la persona la cual se le asignó la tarea.
Teoría de ejecución	- Conceptualización: Gerencialmente, la ejecución se trata de enviar tareas al trabajo.
	- Principio: 1. Cuando de acuerdo con el plan, ha llegado el momento de comenzar la ejecución de la tarea, está autorizado para comenzar, en voz o por escrito.
	- Suposiciones: 1. Las entradas a la tarea y los recursos para ejecutarla están listos en el momento de la autorización. 2. La tarea se entiende completamente, se inicia y se completa según el plan una vez autorizado.
Teoría de control	- Conceptualización: Hay un proceso a controlar, una unidad para medir el rendimiento, un estándar de rendimiento y una unidad de control.
	- Principio: 1. La posible variación entre el estándar y el valor medido es utilizado para corregir el proceso para que se pueda alcanzar el estándar.
	- Suposiciones: 1. El proceso es de tipo flujo continuo, cuyo rendimiento se mide a términos totales; 2. El proceso puede corregirse fácilmente con el control disponible.

¹³ Conjunto de acciones realizadas para llevar a cabo objetivos de la organización mediante el uso de recursos (Rodríguez C., 2010).

Esta forma de gestionar proyectos y/o similares se refleja en los resultados de productividad obtenidos en distintos proyectos, los cuales no son nada alentadores. La Figura N°2.9 muestra un estudio de la productividad en la industria de la construcción de los EEUU, tomando como año base 1964 y donde se puede observar que todas las industrias, excepto la de construcción, han aumentado considerablemente su productividad (Chapman R. & Butry D., 2008).

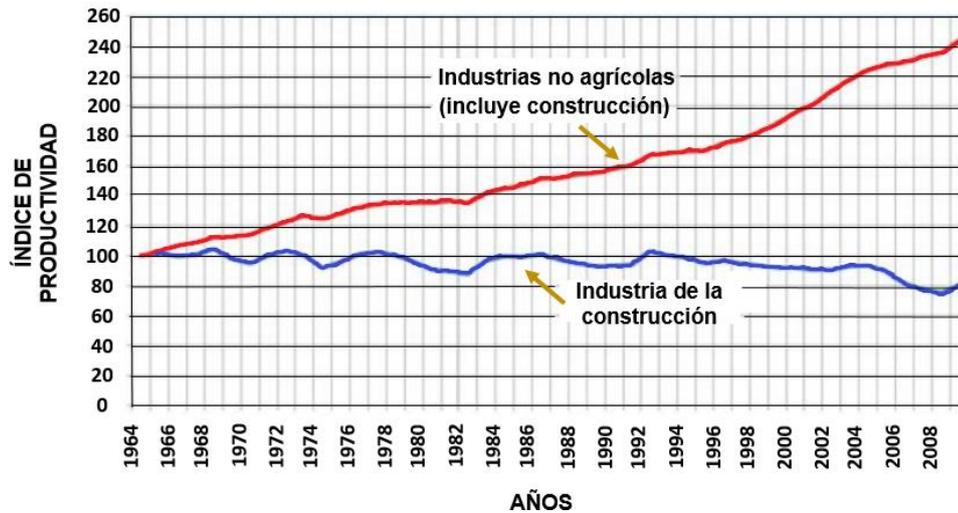


Figura N°2.9 La productividad laboral en los EEUU entre 1964 y 2009
Fuente: Adaptado de Chapman R. & Butry D. (2008)

El comportamiento es similar en Chile, país sudamericano que nos lleva años de ventaja en dicha industria y con el cual se puede establecer una idea más cercana de la realidad peruana, que incluso aún no posee desarrollada una industria de la construcción.

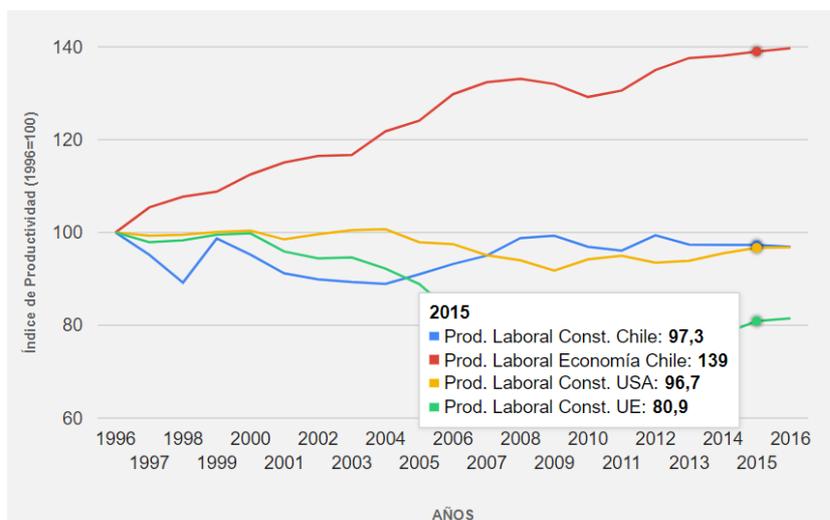


Figura N°2.10 La productividad de la construcción es más baja en comparación a otras industrias
Fuente: Adaptado de Solminihac H. (2017)

Por lo mencionado sobre la realidad de la industria de la construcción y tomando en cuenta el resumen de Tabla N°2.7, donde se da a conocer a gran detalle la base de la gestión tradicional de proyectos, Koskela L. & Howell G. (2002a) argumentan que la base subyacente de la gestión tradicional es deficiente, desde la representación de la naturaleza del sistema de producción en construcción (modelo de conversión).

Por ello, tomando como base el modelo Transformación-Flujo-Valor (TFV), propuesto por Koskela L. (2000), proponen nuevos enfoques en la gestión de proyectos: 1. Ver a la construcción como transformación, generación de flujo y generación de valor; 2. La planificación debe poseer un enfoque de gestión como organización, adicional a la gestión como planificación; 3. La ejecución debe hacer uso de una perspectiva lenguaje/acción basada en una comunicación bidireccional y 4. El control debe seguir el modelo de experimentación científica, encontrar las causas de las fallas y/o errores y actuar sobre las mismas.

La siguiente tabla muestra una comparación entre los enfoques de gestión tradicional y los propuestos por Koskela L. & Howell G. (2002a):

Tabla N°2.8 Enfoques de gestión de proyectos de construcción
Fuente: Adaptado de Koskela L. & Howell G. (2002a)

		TRADICIONAL	KOSKELA L. & HOWELL G. (2002a)
Proyecto (Modelo de producción)		Modelo de conversión.	Modelo TFV.
Gestión	Planificación	Planificación a nivel operativo.	Planificación y Organización.
	Ejecución	Orden – ejecución.	Comunicación bidireccional.
	Control	Rendimiento estándar.	Identificar errores, proponer mejoras y aprender continuamente.

El modelo de gestión propuesto por Koskela L. & Howell G. (2002a) presenta enfoques nuevos y más amplios, dejando de lado la visión de la construcción como un sistema ordenado y lineal, que se puede organizar, planificar y gestionar de arriba hacia abajo, de manera predecible, y mostrando claros inicios de la necesidad de considerar la complejidad, dinamismo y alta variabilidad presente en la construcción (Bertelsen S., 2003a). Por ende, se puede afirmar que, los paradigmas existentes de gestión de proyectos deben redefinirse y enfocar su visión a la construcción como un sistema complejo (Bertelsen S., 2003b).

Otro punto importante a tener en cuenta es que este modelo de gestión aun continua teniendo la visión del modelo del TFV, planteado por Koskela L. (2000) es decir se sigue viendo todo a un nivel operativo. Pero tal como plantea Koskela L., Rooke J., Bertelsen S. & Henrich G. (2007), el modelo Valor-Flujo-Operación (VFO), es el que mejor¹⁴ refleja el sistema de producción en construcción.

A partir de ello, surge otra nueva propuesta, la gestión de la complejidad. Gestión que pretende analizar la construcción como un sistema con sus características propias, lo que permitirá que una mejora tenga impacto en todo el sistema (Bertelsen S., 2003a).

2.4.1 Gestión de Proyectos en Construcción con un Enfoque Complejo

Bertelsen S. & Koskela L. (2005), a partir de los enfoques para la gestión de proyectos de Koskela L. & Howell G. (2002a), basándose en sus experiencias y las perspectivas de complejidad de construcción propuestas por Bertelsen S. (2003a), ver Tabla N°2.5, proponen gestionar los proyectos de construcción bajo los siguientes enfoques de complejidad y a donde apuntan futuras investigaciones:

2.4.1.1 Gestión como Flujo y Generación de Valor

Uno de los primeros pasos para gestionar de manera correcta un proyecto, es saber identificar la propuesta de valor del cliente. Siendo esto considerado por muchos un problema sin solución reflejado en constantes de diseño debido, generalmente, a las indecisiones del cliente. Estudios de Emmitt S., Sander D. & Christoffersen A. (2005) examinan el valor. Mientras que Bertelsen S. & Emmitt S. (2005) estudian al cliente como un sistema complejo.

Por otro lado, la gestión de flujos debe realizarse desde un inicio, para que al llegar al nivel operativo, no se tenga desorden, desconocimiento y problemas que impidan la ejecución de tareas en sus fechas programadas. Este nuevo entendimiento de la naturaleza del sistema de construcción lo muestra el modelo VFO y el modelo propuesto por Ramírez A. (2014), los cuales merecen un mejor estudio, por la importancia que presentan los flujos en la construcción.

¹⁴ El modelo propuesto por Ramírez A. (2014) también puede ser utilizado para dicho fin.

2.4.1.2 Gestión como Trabajo en Equipo

El dinamismo presente en la construcción se refleja en el carácter temporal y transitorio de los involucrados en los proyectos. Se mezclan diferentes culturas, pensamientos, opiniones, etc., que muchas veces no son tomadas en cuenta, a pesar de la gran influencia que estas tienen en el ámbito laboral.

“Todos los proyectos involucran individuos con sus propios intereses trabajando juntos para algunos fines comunes” (Macomber H. & Howell G., 2003, p.2)

El establecer, desde un inicio, un espíritu de trabajo en equipo donde primer la cooperación, colaboración, comunicación y confianza entre todos, fortalece el camino para poder lograr los objetivos del proyectos.

La gestión debe asumir la responsabilidad de que todas las personas participes en el proyecto se sientan parte del mismo y a gusto con lo que realicen. De esta forma, todos podrán apuntar a tirar hacia un mismo lado.

2.4.1.3 Gestión en una Perspectiva de Lenguaje/Acción

El pensamiento errado de considerar que la ejecución de un trabajo será realizado por el simple hecho de emitir una orden, conlleva muchas veces a no obtener el resultado deseado. Y si se quiere tener la certeza que esto suceda, es necesario controlar, controlar y seguir controlando.

De ese control, salta a la vista que no se tenía claro, desde un inicio, qué es lo que se iba a realizar y que existían problemas, si es que existieron, que se pudieron haber solucionado antes de iniciar trabajos. Pues, de esa manera la probabilidad de cumplimiento sería mayor, sin la necesidad de un control exhaustivo.

El enfoque de gestión en una perspectiva de lenguaje/acción busca establecer compromisos confiables, que puedan asegurar una mayor probabilidad de cumplimiento de ejecución de tareas, como se verá en el capítulo III. Para ello recomienda seguir las ideas de Macomber H. & Howell G. (2003) basadas en Flores F. (1982).

2.4.1.4 Gestión como Prestación de Servicios

Para que la gestión agregue valor al proceso de producción, esta debe enfocarse en asegurar que las tareas estén listas para su ejecución.

El pensamiento tradicional entendía la gestión como emitir órdenes e instrucciones a gran detalle y dejar que las operaciones fluyan. Hoy en día se conoce que para una operación pueda ser ejecutada, es necesario, asegurar las precondiciones identificadas por Koskela L. (2000). Es decir, las tareas a ejecutarse deben tener todo lo necesario para ser ejecutadas, esa debe ser la función principal de la gestión como un proveedor de servicios.

2.4.1.5 Gestión como Organización

Al llegar al nivel operativo, la ejecución propiamente dicha, la gestión debe ser capaz de organizar la ejecución de trabajos como un sistema de autogestión en la mayor medida posible. El objetivo superior de la organización debe ser aumentar la confiabilidad de las personas para poder delegar responsabilidades y ante la ocurrencia de problemas, estos sean resueltos mediante una coordinación a todo nivel. Se recomienda trabajar con el Sistema Last Planner (LPS), sistema de planificación y control de producción desarrollado por Ballard G. (2000c).

2.4.1.6 Gestión como Auto-organización

Una de las características de los sistemas complejos es la auto-organización, ver Tabla N°2.3, donde el sistema al ser estable, opera de manera óptima. En base a ello, se plantea la siguiente pregunta ¿Puede ser que la gestión, en ciertos aspectos, genere más problemas de los que resuelve?

Esto conlleva a un nuevo entendimiento, que tal vez no sea aceptado por gran cantidad de personas pero hoy en día ya se realiza, donde a los trabajadores se les debe brindar la libertad de poder autoorganizarse para ejecutar los trabajos.

La confianza transmitida, a todo nivel, tiene que verse reflejada al llegar al nivel operativo. La idea es lograr tener la certeza de poder obtener resultados óptimos realizando el mínimo control posible.

2.5 SISTEMA LAST PLANNER (LPS)

2.5.1 Planificación

“La administración es un proceso o forma de trabajo que consiste en guiar o dirigir a un grupo de personas hacia las metas u objetivos de la organización” (Terry G. & Rue L., 1993).

Para Fayol H. (1991), la primera acción de administrar¹⁵ es prever, que se define como “escrutar el porvenir y confeccionar el programa de acción”.

Añade, además, que “prever significa a la vez calcular el porvenir y prepararlo: prever ya es obrar”. Esta etapa inicial de administrar recibe el nombre de planificación (Campero M. & Alarcón L., 2014, p.51)

Planificación, según el Diccionario Glosario de Administración, Negocios y Gerencia, se define como “Un proceso racional y sistemático de prever, organizar y utilizar los recursos escasos para lograr objetivos y metas en un tiempo y espacio predeterminados”.

Por otro lado, Tommelein I. & Ballard G. (1997) afirman:

La planificación consiste en identificar actividades, seleccionarlas y ordenarlas para que puedan ejecutarse de la manera más eficiente. La identificación de actividades significa que el diseño de un proyecto debe entenderse para dividirse en partes manejables, donde cada una se puede construir por separado pero a su vez se pueden vincular al proyecto como un todo (p.1).

Mientras que para la Asociación Americana de Gestión (AMA), la planificación “consiste en determinar lo que se debe hacer, cómo se debe hacer, qué acción se debe tomar, quién es el responsable de ella y por qué” (Serpell A. & Alarcón L., 2015, p.17).

¹⁵ La administración tiene cinco acciones definidas: prever, organizar, dirigir, coordinar y controlar, las cuales son parte de las funciones administrativas (Fayol H., 1991)

A su vez, Campero M. & Alarcón L. (2014) mencionan:

La planificación es un proceso continuo dentro de la ejecución del proyecto. No obstante éste proceso modifica sus características de profundidad y detalle en la medida que avanza la definición de las actividades desde una forma general hasta aquella que permite su ejecución (p.405).

En base a las definiciones presentadas, la siguiente figura muestra el proceso de planificación:

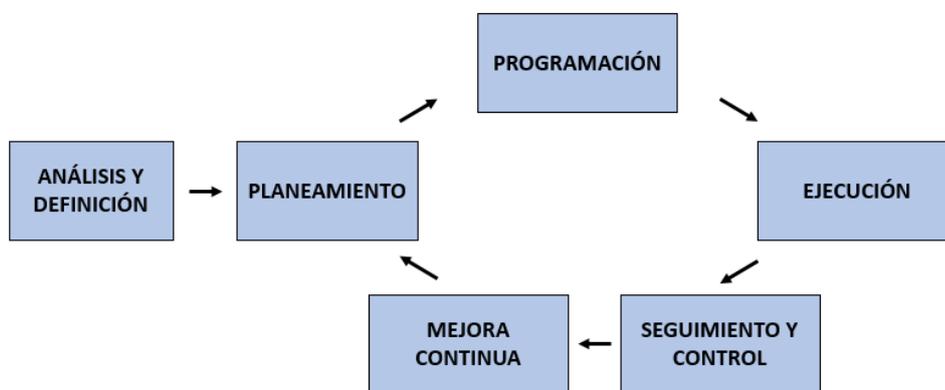


Figura N°2.11 Proceso de planificación

Fuente: Adaptado de Tommelein I. & Ballard G. (1997), Campero M. & Alarcón L. (2014) y Serpell A. & Alarcón L. (2015).

A continuación, se describe a detalle este proceso:

1. *Análisis y definición*: “La planificación se inicia con la actividad de establecer los objetivos que se desean alcanzar” (Campero M. & Alarcón L., 2014, p.54).

Este es el primer paso dentro de la planificación. Es necesario analizar detalladamente el proyecto para lograr una primera subdivisión y determinar los alcances de éste. Al final de esta etapa se deben haber determinado las características generales del proyecto y de las actividades principales que se realizarán (Serpell A. & Alarcón L., 2015, p.24).

2. *Planeamiento*: Formulación de cursos de acción (planes) para alcanzar los objetivos previamente definidos (Campero M. & Alarcón L., 2014).

La siguiente figura muestra cómo se lleva a cabo el planeamiento:

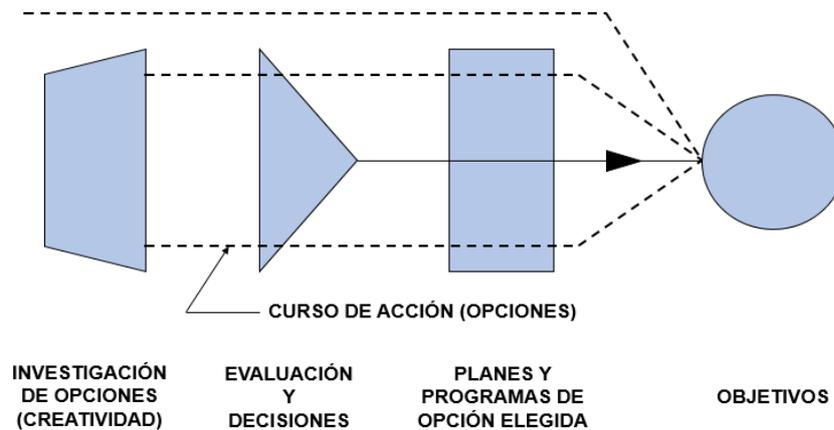


Figura N°2.12 Fases de planeamiento
Fuente: Adaptado de Campero M. & Alarcón L. (2014)

Estando ya determinadas las actividades para llevar a cabo el proyecto (análisis y definición), es necesario determinar una secuencia lógica para la ejecución de éstas. Primero se debe lograr un ordenamiento (determinar precedencias), luego relacionar todas las actividades (secuencia) obteniendo un plan de trabajo coherente (Serpell A. & Alarcón L., 2015, p.24).

De esta manera, el planeamiento, enfocado a un proyecto de construcción, engloba el análisis de todos los aspectos del proyecto a partir de toda la información que se tiene del mismo, sumado al talento (experiencia, conocimiento, criterio, etc.) de los involucrados, para poder definir desde un inicio, todo lo concerniente al diseño del sistema de producción (el cómo se va realizar, las etapas y frentes del proyecto, la secuencia de ejecución, la duración de las etapas, los recursos a utilizar, las actividades críticas, etc.) y los aspectos organizativos y estratégicos que engloban al proyecto (factores claves de éxito, estructuras de control, organización y facilidades, gestión contractual, recursos humanos, logística, financiamiento, etc.) (Meléndez W., 2016).

Es por ello que, con la finalidad de poder tener un plan del proyecto (programa maestro, presupuesto meta, programa de recursos, flujo de caja, estructuras de control, etc.) es necesario realizar un planeamiento antes de llevar a cabo la programación y ejecución (Meléndez W., 2016).

3. *Programación*: Engloba el establecer, según las prioridades que se tiene, cuándo se llevará a cabo la ejecución de las actividades necesarias (para lograr los objetivos planteados inicialmente), conociendo su inicio, su fin, los recursos a utilizar y los responsables de dichas actividades.

En esta etapa se debe determinar las duraciones y los costos de cada actividad, y en base a un análisis de recursos y otro de costos vs duración, obtener con estos datos el programa más óptimo y adecuado (Serpell A. & Alarcón L., 2015).

4. *Ejecución*: “Consiste en poner en marcha el programa de trabajo” (Serpell A. & Alarcón L., 2015, p.24).

5. *Seguimiento y control*: Involucra conocer el cómo está llevando a cabo el proyecto (seguimiento) en término de la duración de sus actividades y sus costos, y comparar lo ejecutado con lo programado (control), teniendo siempre como base el programa maestro, para posteriormente tomar acciones correctivas o de mejora en caso sean necesarias (Serpell A. & Alarcón L., 2015).

6. *Mejora continua*: Se busca aprender de los errores para no replicarlos a futuro y buscar implementar mejoras tomando como base las acciones correctivas utilizadas.

2.5.2 Planificación Tradicional

La planificación tradicional de un proyecto, ver Tabla N°2.7, se caracteriza por el desarrollo de una programación basada en actividades, la cual secuencia todas estas en un programa a gran detalle para su ejecución, y donde el control se toma como primordial para el cumplimiento de los objetivos trazados. Se piensa que éxito del proyecto depende del control que se le asigne a cada una de las actividades a realizar (Koskela L. & Howell G., 2002b; Meléndez W., 2016).

Las técnicas de programación utilizadas en este tipo de planificación están basadas en los supuestos de las redes CPM/PERT, técnicas que muestran un carácter estático para representar adecuadamente la naturaleza dinámica de los procesos de producción en construcción o actividades del proyecto. El dinamismo

presente en estos procesos genera una gran variabilidad que se traduce en interferencias, atrasos y mayores costos para un proyecto (Gonzales V. & Alarcón L., 2003, p2).

Este carácter estático se puede evidenciar al secuenciar las actividades solo tomando en cuenta la dependencia de una actividad con otra. La dependencia existente junto con la gran incertidumbre¹⁶, propia de los proyectos de construcción, hace muy poco probable cumplir con lo planificado y como consecuencia el programa realizado a gran detalle en un inicio pierde su validez siendo necesario actualizarlo continuamente (Meléndez W., 2016).

Esto se debe a que los programas de construcción no se adaptan adecuadamente a los constantes cambios de estos procesos. Esta característica, es sin duda, la mayor debilidad de las técnicas tradicionales de programación de proyectos, haciendo que la programación a la larga pierda confiabilidad (Gonzales V. & Alarcón L., 2003, p.2).

Lo que ocurre en este tipo de planificación es que de las actividades que se piensan realizar, no todas pueden ser hechas debido a que se programa sin conocer cuales verdaderamente son las que si pueden ser ejecutadas. Esto se refleja en la siguiente figura, donde lo que se puede hacer es solo una cierta parte de lo que se hará, por lo cual lógicamente no se logrará ejecutar todo lo programado (Ballard G., 2000; Ballard G. & Hamzeh F., 2007).



Figura N°2.13 Sistema de planificación tradicional
Fuente: Adaptado de Ballard G. & Hamzeh F. (2007)

¹⁶ Característica propia de los proyectos de construcción definida como el desconocimiento de lo que ocurrirá en un futuro. Aumenta con el grado de complejidad del proyecto y genera variabilidad, ocurrencia de eventos distintos a los previstos, en los flujos de producción (Gonzales V. & Alarcón L., 2003; Koskela L., 2000).

2.5.3 Control de Producción Tradicional

El control de producción tradicional se basa en el modelo de conversión, ver Tabla N°2.7. “Donde se supone que el trabajo a realizarse puede dividirse en partes y gestionarse como si estas partes fueran independientes una de la otra” (Ballard G., 2000c, p.11).

Esta división en partes es necesaria para asignar responsabilidad a los centros de trabajo internos o externos, que posteriormente son controlados en relación al alcance, el presupuesto y los compromisos de los programas. Pero, esta es fundamentalmente una mentalidad de contratación, que facilita la gestión de contratos en lugar de la gestión de producción o el flujo de trabajo (Ballard G., 2000c, p.11).

“En este ámbito de gestión de contratos, los programas solo realizan la función de especificar las fechas de inicio, duración y término para los distintos alcances de trabajo que diversos especialistas deben entregar” (Ballard G. & Howell G., 2003).

2.5.3.1 Estructura de Desglose de Trabajo (WBS)

La estructuración de un proyecto, desde el punto de vista organizativo, generalmente se realiza a través de contratos entre organizaciones separadas, especialistas, y mediante la asignación de alcances de trabajo a cada una de estas mostradas en estructuras de desglose de trabajo¹⁷ (Ballard G. & Howell G., 2003).

En esta estructuración “tradicional” del trabajo todo es realizado por separado, cada especialista solo conoce qué es lo que debe realizar, cada uno tiene su propio alcance. Al no existir una coordinación de los trabajos a ejecutar a pesar de conocer su interdependencia, es decir, al no coordinar cómo se deben realizar los trabajos, estos solo se centran en cumplir lo que se fue asignado, lo que genera diversos problemas en el lugar de trabajo. Estas son claras evidencias que la subdivisión del alcance, forma tradicional, no es suficiente para vincular producto y proceso y poder asignar responsabilidades (Ballard G. & Howell G., 2003).

¹⁷ Herramienta utilizada por el PMI para descomponer el alcance de un proyecto en componentes más pequeños y manejables hasta que los entregables se definan con suficiente detalle como para respaldar el desarrollo de las actividades del proyecto (PMI, 2013, p.124-125).

2.5.4 Nuevo Sistema de Planificación y Control de Producción

En búsqueda de hacer frente a los problemas mencionados anteriormente, nace el Sistema Last Planner (LPS)¹⁸, desarrollado por Glenn Ballard (1994) y Greg Howell (1998), como un sistema de control de producción del flujo de trabajo¹⁹ y de las unidades de producción (PU), también llamadas cuadrillas. Inicialmente, solo se enfocaba en las funciones de control (Ballard G., 2000c), pues se entendía que el LPS proporcionaba un componente faltante en las herramientas de gestión tradicional de proyectos, referido al control de producción, el cual no existía como tal en la gestión tradicional (Ballard G. & Howell G., 2003).

El sistema comenzó como una herramienta de control de producción para gestionar el flujo de trabajo a nivel de plan de trabajo semanal. Hoy en día, después de diversas actualizaciones, innovaciones y mejoras sustanciales, se expandió para convertirse en un sistema de planificación y control de producción cuyo objetivo es proteger a la producción de la incertidumbre y variabilidad, y así poder desarrollar de forma eficiente la producción mediante un flujo de trabajo continuo e incrementar la confiabilidad de la planificación (Ballard G., 2000c, Hamzeh F., 2009; Rodríguez A., Alarcón L. & Pellicer E., 2011).

Bajo este nuevo sistema cambia el proceso de planificación y control: “Planificar consiste en definir lo que será realizado y cómo será realizado y controlar consiste en verificar que esto ocurra” (Campero M. & Alarcón L., 2014, p.407).

“El control dentro del LPS es la capacidad de obtener promesas confiables y declaraciones oportunas de finalización que mantienen el flujo de trabajo en la secuencia correcta” (Macomber H. & Howell G., 2001, p.2), como se verá más adelante en el punto 2.5.6 El Compromiso con la Planificación.

“De esta manera, en el LPS un proyecto se considera bajo control cuando podemos hacer lo que decimos que vamos a hacer” (Campero M. & Alarcón L., 2014, p.407). Se trabaja bajo una planificación “lean”.

¹⁸ “Ballard G. mencionó, por primera vez, Last Planner en un documento presentado en la primera conferencia del IGLC en 1993. La primera publicación dedicada explícitamente a Last Planner fue hecha por él mismo en 1994” (Ballard G. & Howell G., 2003, p.2).

¹⁹ El flujo de trabajo para el LPS de Ballard G. (2000c), es el relacionado a las operaciones o flujo de sujetos de Shingo S. (1988), tal como lo muestra el modelo de flujos de Kalsaas BT. (2001).

El LPS tiene en cuenta que no todo puede realizarse, programando solo lo que puede ser hecho de todo lo que se debe realizar, como se puede observar en la siguiente figura:



Figura N°2.14 Sistema de planificación lean
Fuente: Adaptado de Ballard G. & Hamzeh F. (2007)

El proceso de planificación debe centrarse principalmente en la gestión del “puede”; mientras más podamos agrandar el “puede”, mayor será la posibilidad real de avance, ya que este, puede verse afectado si la cantidad de tareas que pueden ejecutarse es baja. Para evitar esto, los planificadores deben concentrar sus esfuerzos en liberar las restricciones²⁰ que impiden que la tarea pueda iniciarse o continuar (Rodríguez A., Alarcón L. & Pellicer E., 2011, p.3).

Por lo tanto, se puede mencionar que la diferencia principal entre la planificación tradicional y la planificación lean, es que para la primera algo se puede realizar solo porque lo anterior se hizo (se ve una secuencia tipo transformación y solo se centra en uno de los flujos: trabajo previo), a pesar que se conocen las dependencias no se analiza todo lo necesario para que una actividad pueda ser realizada sin ningún problema al término de su predecesora.

En cambio, en el LPS no necesariamente se puede hacer la tarea siguiente al ya haber realizado la anterior, ya que se deben analizar los flujos tomando en cuenta todo lo necesario para la continuidad del trabajo y así poder incrementar la confiabilidad de poder ejecutar lo planificado (Ballard G., 2000c; Ballard G. & Hamzeh F., 2007).

²⁰ Algo que impide el inicio, avance o culminación de una tarea (LCI, 2017).

2.5.4.1 Estructuración del Trabajo en el Sistema Last Planner (LPS)

Al hacer uso del LPS, el control no es exhaustivo como en la planificación tradicional, el control se centra en las transferencias²¹ planificadas, o en iniciar la replanificación si eso no es factible, para poder lograr los objetivos del programa, que deben ser producto de la estructuración de trabajo, un vínculo entre la programación y el control de producción (Ballard G. & Howell G., 2003).

La estructuración del trabajo, es un término creado por el Instituto de la Construcción Lean (LCI) para indicar el desarrollo de la operación y el diseño del proceso en alineación con el diseño del producto, la estructura de las cadenas de suministro, la asignación de recursos y los esfuerzos de diseño para su construcción. El propósito, es hacer que el flujo de trabajo sea más confiable y rápido, a la vez que le entrega valor al cliente (Ballard G., 2000a, p2).

Esta estructuración abarca todo el sistema de producción, desde los principales hitos hasta las operaciones realizadas en materiales o información dentro del sistema, y es diferente de la Estructura de Desglose de Trabajo (WBS) que tradicionalmente usaban los planificadores para descomponer un proyecto en paquetes de trabajo, compilarlo en un programa de proyectos y usarlo para el control del mismo (Hamzeh F., 2009, p.132).

Por estas diferencias, existe una crítica a la práctica utilizada para realizar un WBS, pues ahora se entiende que los programas deben ser producto de la estructuración del trabajo, especificando los objetivos y las transferencias entre especialistas (cuadrillas y/o subcontratistas) para alcanzar dichos objetivos.

El establecimiento de estos objetivos se realiza a través de la producción basada en la programación y el presupuesto realizado, que consideran los procesos a través de los cuales se debe lograr la entrega de los alcances de trabajo (contratos). En consecuencia, los programas del proyecto deben expresarse en términos de proceso, no simplemente en términos de alcance de trabajo (Ballard G. & Howell G., 2003, p.4).

²¹ También conocido como "hand-off", es el acto de liberar un espacio o ubicación, al realizar una operación o tarea previa que permite el ingreso a una persona o grupo de personas que realizarán la operación siguiente en el mismo lugar (LCI, 2017).

La siguiente tabla muestra la descomposición utilizada del alcance de un proyecto en una estructura de trabajo, luego de la recomendada por Ballard G. & Howell G. (2003).

Tabla N°2.9 Jerarquía o niveles de la estructura de trabajo recomendada
Fuente: Adaptado de Ballard G. & Howell G. (2003) & Hamzeh F. (2009)

JERARQUÍA	DESCRIPCIÓN	EJEMPLO
Proyecto	Alcance de trabajo.	Edificio multifamiliar.
Fase ²²	Fragmentos de tiempo en los que construye el producto.	Obras preliminares y provisionales, movimiento de tierras, sostenimiento, cimentación, subestructura, superestructura, acabados, instalaciones y equipamiento, trámites de entrega y post-venta.
Procesos	Síntesis de los trabajos.	Dentro de la fase de acabados: Tarrajeo, albañilería, pintura, enchape, aparatos sanitarios, tableros de mármol, griferías, muebles de cocina y closets, carpintería metálica, puertas, ventanas, etc.
Operaciones	Porción reconocible del proceso.	Dentro del proceso de albañilería: Anclaje de varillas de acero, colocación de IIEE y IISS, asentado de ladrillos, solaqueo de muros.
Pasos	Trabajos específicos a realizar de forma secuenciada.	Dentro de la operación de anclaje de varillas de acero: Modular el anclaje vertical, limpiar la zona de trabajo, trazar el eje del muro, perforar el diámetro de la varilla, echar pegamento epóxico, anclar la varilla, esperar su tiempo de secado.
Asignación	Tareas diarias.	Realice los pasos del anclaje de varillas de acero en el proceso de albañilería para los muros 101 y 102.

La tabla anterior muestra ese vínculo que faltaba entre producto y proceso, que no se podía encontrar solo subdividiendo el alcance como se hacía tradicionalmente. La conexión, son las transferencias entre especialistas, que se identifican en el proceso del phase scheduling (Ballard G. & Howell G., 2003), un nivel de proceso de planificación que forma parte de la estructura del LPS, donde se divide proyecto en fases para su ejecución.

Adicionalmente es necesario mencionar que esta subdivisión es compatible con las definiciones de proceso y operación de Shingo S. (1988), representadas en el modelo Valor-Flujo-Operación (VFO) de Bertelsen S. (2017). Siendo estas últimas las que serán utilizadas, para dichos términos, de aquí en adelante.

²² Otra definición de fase es "Periodo de un proyecto en el que se ha programado un grupo específico de procesos. Una fase puede ser un periodo de tiempo o grupo de procesos que conducen al logro de una meta/hito definido" (LCI, 2017).

2.5.5 Estructura del Sistema Last Planner (LPS)

El Sistema Last Planner (LPS) trabaja con distintos niveles de procesos de planificación para hacer frente a la incertidumbre existente en los proyectos de construcción, planificando a mayor detalle a medida que se acerca el trabajo (Hamzeh F., 2009).

Para ello, diferencia las tareas que deben ser hechas, que pueden ser hechas y las que se harán, buscando, de esta forma, aumentar la confiabilidad de la planificación (Ballard G., 2000c).

Bajo la estructura de este sistema, este tipo de tareas pertenecen a cuatro niveles de procesos de planificación: a. Programación Maestra, el cual nos indica qué se debe realizar, estableciendo los hitos principales del proyecto; b. Programación de Fases, donde se conoce lo que se debe realizar pero de una manera más detallada que en la primera; c. Planificación Intermedia, donde se define lo que se puede realizar en base a identificar y levantar restricciones para tener tareas listas para ser ejecutadas y; d. Planificación Semanal, donde se define lo que se hará en la semana estableciendo compromisos con la planificación (Hamzeh F., 2009).

La siguiente figura muestra cada nivel de proceso de planificación del LPS:

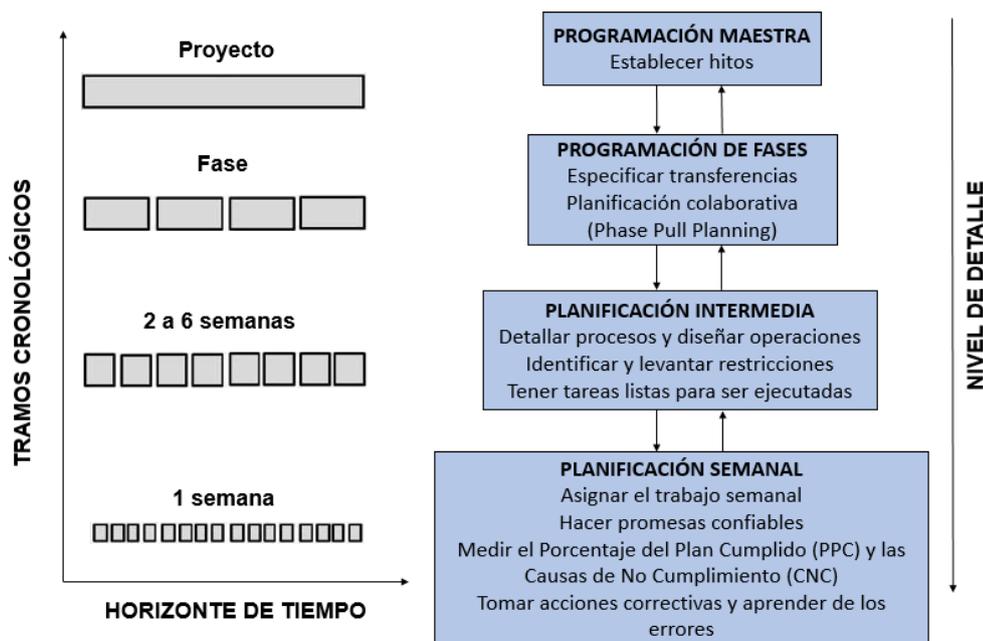


Figura N°2.15 Niveles de procesos de planificación del Sistema Last Planner (LPS)
 Fuente: Adaptado de Ballard G. & Hamzeh F. (2007)

2.5.5.1 Programación Maestra

La programación maestra “es el primer paso en la planificación front-end²³, traduce la propuesta de valor del propietario que describe el trabajo que se llevará a cabo durante toda la duración del proyecto” (Hamzeh F., 2009, p.128). Identifica las fechas más importantes e involucra actividades a nivel de proyecto principalmente en relación con documentos contractuales (Tommelein I. & Ballard G., 1997).

El programa maestro, resultado de la programación maestra, “representa a nivel de hitos la planificación del proyecto, especificando el tiempo de las distintas fases que atraviesa el proyecto. Este programa se divide principalmente por función, área o producto” (Ballard G. & Hamzeh F., 2007, p.7).

Para la adecuada elaboración del programa maestro, es fundamental identificar a los responsables del cumplimiento de cada parte del programa e incorporar a los proveedores y subcontratistas que intervienen en cada fase. También deben incluirse las relaciones entre los responsables de las tareas y los proveedores-subcontratistas, en qué periodo del programa deben actuar y las posibles interacciones entre los diferentes proveedores y subcontratistas (Rodríguez A., Alarcón L. & Pellicer E., 2011, p.4).

Así mismo es fundamental identificar en él a los actores externos de los que depende la ejecución de las actividades programadas. En la identificación de estos actores, entre los que se pueden encontrar diferentes administraciones públicas afectadas indirectamente, empresas de servicios públicos, gestores de infraestructura, etc., debe hacerse hincapié en la influencia que pueden tener sobre el desarrollo de las actividades programadas y cómo afecta esta influencia a la consecución global del proyecto (Rodríguez A., Alarcón L. & Pellicer E., 2011, p.4).

²³ Planificación que se realiza en las primeras etapas de un proyecto y que decide los objetivos más importantes del mismo, análisis y definición en el proceso de planificación de la Figura N°2.11.

2.5.5.2 Programación de Fases

La Programación de Fases, es uno de los niveles de procesos de planificación más importantes del Sistema Last Planner (LPS), donde se detalla progresivamente las fases del programa maestro especificando las transferencias, focos de control del LPS, entre los especialistas participes en el proyecto (Hamzeh F., 2009; Ballard G. & Howell G., 2003).

Es vínculo entre la estructuración del trabajo y el control de la producción, proporciona objetivos a los cuales dirigirse, para luego controlar (guiar) el proceso de producción hacia el logro de esos objetivos. Sin él, no hay garantías de que el trabajo correcto se esté preparando para poder tenerlo listo y se ejecute en el momento adecuado para lograr los objetivos del proyecto (Ballard G. & Howell G., 2003, p.2).

Su propósito es producir un plan para completar una fase de trabajo que maximice la generación de valor, que todos los involucrados la entiendan y la apoyen, para producir un plan desde el cual las actividades programadas, tomando como base los objetivos e hitos del programa maestro, sean trasladadas hacia el proceso de planificación intermedia para ser explotadas en detalles operativos y se encuentren listas para su asignación en planes de trabajo semanales (Ballard G., 2000b, p.2).

Es decir, se debe detallar, las tareas a nivel de procesos, secuenciarlas, establecer duraciones e identificar todo lo necesario para poder ejecutarlas sin ningún inconveniente. De tal manera que todos los involucrados tengan claro lo que se va realizar en la fase, cómo esta se va llevar a cabo y de ser necesario actualizar el programa maestro desarrollado en un inicio.

Para lograr este propósito, se deben utilizar técnicas pull y realizar reuniones colaborativas de planificación, las cuales involucran a representantes de todas las organizaciones, especialistas, que trabajan dentro de la fase (Ballard G., 2000b, p.1) y a todos los participantes en los trabajos a realizar (cliente, Ing. residente, jefe de producción, Asist. de producción, supervisión, áreas de soporte, jefes de subcontratistas, etc.).

“Tal vez uno de los mayores beneficios son las conversaciones que los equipos mantienen durante el ejercicio de la programación” (Knapp, Charron R. & Howell G., 2006, p.431). “Estas conversaciones o debates de las transferencias y la aceptación de ellas por cada participante, establece la base para un compromiso de un intérprete a otro” (Knapp, Charron R. & Howell G., 2006, p.438). “Diseña la red de compromisos, ver 3.2.2. Flujo de Compromisos, necesarios para cumplir cada uno de los objetivos del proyecto y cómo entendiendo y aprovechando esto, se mejora el rendimiento del proyecto en general” (Knapp, Charron R. & Howell G., 2006, p.431).

En la siguiente tabla se muestra el proceso recomendado a seguir para llevar a cabo este tipo de reunión y poder desarrollar un programa de fases como resultado de la programación de fases.

Tabla N°2.10 Proceso a seguir para realizar la programación de fases
 Fuente: Adaptado de Ballard G. (2000b)

PROCESO RECOMENDADO A SEGUIR
1. Definir el trabajo a incluir en la fase; por ejemplo, cimentaciones, casco del edificio, etc.
2. Determinar la fecha de finalización de la fase, más cualquier liberación provisional de las fases anteriores o fases posteriores.
3. Desarrollar la red de actividades requeridas, utilizando post its en una pared para completar la fase, trabajando desde la fecha de finalización hacia atrás e incorporando cualquier hito intermedio.
4. Asignar duraciones a cada actividad, sin contingencias en las duraciones estimadas.
5. Reexaminar la lógica para intentar acortar la duración.
6. Determinar la fecha de inicio más temprana para la fase.
7. Si queda tiempo después de comparar el tiempo entre el inicio y fin con la duración de las actividades en la pared, decidir a qué actividades asignarle buffers ²⁴ .
8. Continuar si el equipo está de acuerdo que los buffers disponibles son suficientes para asegurar la terminación dentro de el/los hitos. Si no es así, replantear o cambiar los hitos según sea necesario y posible.
9. Si hay exceso de tiempo disponible, decidir si se debe acelerar la programación o usar el exceso para aumentar la probabilidad de cumplimiento a tiempo.

²⁴ “Estrategia utilizada para atacar y proteger de la variabilidad a los procesos de producción en los proyectos de construcción” (Gonzales V. & Alarcón, 2003, p.1).

2.5.5.3 Planificación Intermedia

La Planificación Intermedia, es el tercer nivel de proceso de planificación del Sistema Last Planner (LPS), y es donde se preparan las tareas para su ejecución. Se identifican y levantan/eliminan restricciones para poder asegurar las tareas a realizar en la semana de ejecución (Ballard G. & Hamzeh F., 2007; Hamzeh F., 2009).

Ballard G. (2000a) afirma: “El control del flujo de trabajo se logra principalmente a través del proceso del lookahead” (p.3). Proceso dentro del LPS que cumple múltiples funciones, ver Tabla N°2.11, para posteriormente poder ejecutar tareas que “deben” hacerse y que a su vez “pueden” hacerse (Ballard G., 2000c).

Tabla N°2.11 Funciones del proceso de la planificación intermedia
Fuente: Adaptado de Ballard G. (2000c); Campero M. & Alarcón L. (2014)

FUNCIONES	DESCRIPCIÓN
-Crear una secuencia y determinar la velocidad del flujo de trabajo.	-Se define el avance, secuencia y velocidad en base a los recursos existentes y/o proyectados. Posteriormente se realiza el análisis de restricciones.
-Balancear el flujo de trabajo y capacidad.	-Se balancea carga (cantidad de salidas esperadas para una unidad de producción) y capacidad (cantidad de trabajo que una unidad de producción puede lograr en un tiempo dado).
-Descomponer actividades del Programa Maestro en paquetes de trabajo y operaciones.	-Las actividades del Programa Maestro o los procesos del Programa de Fases se descomponen en operaciones antes de realizar el análisis de restricciones.
-Desarrollar métodos detallados para la ejecución de los trabajos	-Se diseñan las operaciones y definen requerimientos de calidad, seguridad y medioambientales.
-Mantener un Backlog listo para ser ejecutado.	-Tener cierta cantidad de tareas listas para ser ejecutadas, asegura un flujo de trabajo continuo en caso de que las velocidades de producción planificadas varíen.
-Revisar y actualizar los altos niveles de programación, según sea necesario.	-En base al avance real, se compara lo planificado con lo ejecutado y se actualiza los niveles de procesos de planificación superiores del Sistema Last Planner (LPS).

Estas funciones se logran a través de varios procesos específicos: definición de actividades (operaciones), análisis de restricciones (primordial para realizar el salto de las tareas al Plan Semanal (WWP), generalmente son los siete requisitos previos o precondiciones definidas por Koskela L. (2000)), definición de trabajo para las unidades de producción (realizando técnicas pull) y balance de carga y capacidad (Ballard G., 2000c, p.38).

Para ello, trabaja con un Plan Intermedio (LAP) que normalmente abarca un periodo de tres a doce semanas a futuro. El número de semanas sobre el cual se extiende el proceso del lookahead es escogido de acuerdo a las características del proyecto, la confiabilidad del sistema de planificación, y los plazos para adquirir información, materiales, mano de obra y equipos (Ballard G., 2000c, p.39).

Es decir, las semanas proyectadas a futuro del LAP dependen del tiempo de respuesta al cual uno se puede anticipar ante cualquier problema sin incluir recursos críticos, por ejemplo: ascensores, grupos electrógenos, piso laminado, etc. Este tipo de recursos tienen tiempos de respuestas largos para generar el abastecimiento, es decir, un largo periodo desde el momento en que se pide la entrada hasta que ésta es recibida. Estos periodos de respuesta deben ser identificados durante la planificación inicial para cada actividad incluida en el Programa Maestro (Campero M. & Alarcón L., 2014, p.416).

De todo lo anterior, se puede observar cuan necesario es controlar el flujo de trabajo para que la producción pueda llevarse a cabo sin inconvenientes. Lo que significa, que al final solo se debe permitir avanzar al WWP las tareas que están listas para ser ejecutadas, libres de restricciones. De esta manera, se tendrá una mayor probabilidad de que estas, se puedan ejecutar en sin ningún problema, al ya haber aumentado la confiabilidad del flujo de trabajo (Ballard G., 2000c).

a. Tarea Anticipada (TA) y Tarea Lista para ser Ejecutada (TMR)

La Tarea Anticipada (TA) y Tarea Lista para ser Ejecutada (TMR) son dos indicadores que permiten monitorear el desempeño del proceso de la planificación intermedia. Los cuales permiten tener conocimiento de cómo se ingresa a la semana de ejecución y, cómo se termina dicha semana, al relacionar lo ejecutado al término de la semana con lo que se debió haber ejecutado para poder cumplir el Plan Maestro o de Fase, respectivamente. El primero indica la relación entre lo que se anticipó hacer sobre lo que se planificó hacer. Mientras que el segundo indica la relación entre lo que se anticipó hacer e hizo sobre lo que se debió hacer (Hamzeh F., 2009). En el punto 3.3.3 Análisis de Confiabilidad se explica a mayor detalle el cálculo de estos indicadores con ejemplos numéricos.

2.5.5.4 Planificación Semanal

La Planificación Semanal, es generado a partir de las tareas que no poseen restricciones, es decir, las que se encuentran listas para ser ejecutadas (Ballard G., 2000c).

Este cuarto y último nivel de proceso del Sistema Last Planner (LPS) es en donde se determinan las tareas a realizar²⁵ en la semana de ejecución, se negocia el uso de recursos compartidos y se establecen compromisos con la planificación. Este último punto, referido a establecer compromisos con la planificación, hace que la Planificación Semanal también reciba el nombre de “Planificación de Compromisos” (Ballard G. & Hamzeh F., 2007; Campero M. & Alarcón L., 2014).

a. Porcentaje del Plan Cumplido (PPC)

El Porcentaje del Plan Cumplido (PPC) es un indicador de confiabilidad que muestra el porcentaje de tareas completadas con respecto a las que fueron programadas y comprometidas a ejecutar, en un intervalo de tiempo que generalmente es una semana (Ballard G., 1994; Gonzales V. & Alarcón L., 2003).

En 1996, Greg Howell y Glenn Ballard, fundadores del LCI, descubrieron que un poco más de la mitad (el 54%) de los compromisos adquiridos en los trabajos de construcción son realmente cumplidos. La meta del PPC es esforzarse por llegar al 100%; los equipos que empiezan a utilizar el Sistema Last Planner (LPS) suelen obtener un PPC entre 70 y 80 por ciento en promedio (Ferris B., 2014).

“¿Por qué el objetivo no debe ser el 100 por ciento?, esto es debido a que si se logra cumplir el 100% de los compromisos, quiere decir que los objetivos no han sido suficientes” (Ferris B., 2014, p.1).

Pero, uno de los principales problemas es el cómo se interpreta este indicador, ya que se puede tener un PPC = 100% y esto no brinda ninguna información acerca si el proyecto se encuentra dentro del plazo y/o costo. Solo significa que el “programador” cumplió con la ejecución de las tareas programadas.

²⁵ La persona o grupo que produce el plan a ejecutar es llamada Last Planner (Ballard G., 1994).

Una mejor información brinda el indicador Tarea Lista para ser Ejecutada (TMR), como se verá más adelante, ya que el PPC puede estar débilmente correlacionado con el rendimiento del programa maestro ya que una pobre planificación intermedia da como resultado un mal enlace entre el plan maestro y la planificación semanal, resultando un indicador débil del progreso del proyecto, lo cual no significa que sea un mal indicador (Hamzeh H., 2009, p.12).

Por lo cual, el PPC no debe ser confundido con un indicador de avance físico²⁶ de un proyecto, debido a que el patrón de comparación del PPC es sobre planes semanales, y el de avance físico es sobre el alcance total del proyecto que se tiene en el programa maestro (Gonzales V. & Alarcón L., 2003, p.3).

b. Causas de No Cumplimiento (CNC)

Las Causas de No Cumplimiento (CNC) muestran las razones por las cuales ciertas tareas del Plan Semanal (WWP) no lograron ser ejecutadas (Ballard G., 1994; Ballard G., 2000c).

La siguiente figura muestra las CNC más comunes en proyectos de construcción:

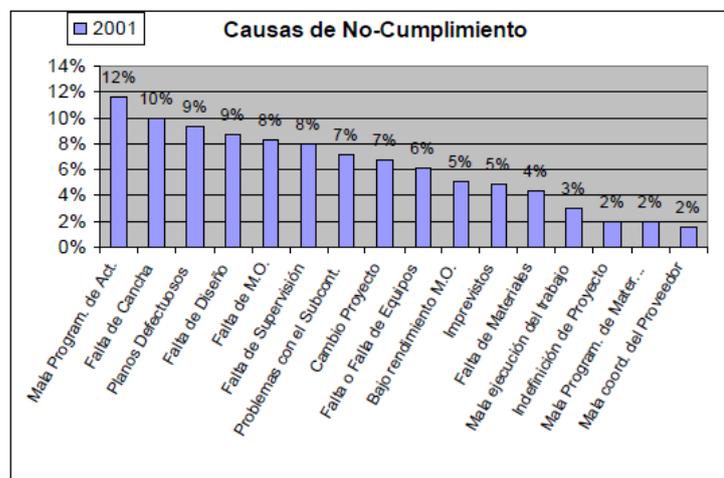


Figura N°2.16 Causas de No Cumplimiento (CNC) de procesos de producción de 51 proyectos de construcción medidos en el año 2001

Fuente: Adaptado de Gonzales V. & Alarcón L. (2003)

La finalidad del uso de estos indicadores es conocer el desempeño obtenido en la programación, identificar las fallas, sus causas, aprender de ellas y no repetir los mismos errores en busca de una mejora continua (Ballard G. & Hamzeh F., 2007).

2.5.6 El Compromiso con la Planificación

Los sistemas de planificación pueden proporcionar la estructura para la reducción ordenada de la incertidumbre y la organización del trabajo, pero por sí solos no pueden coordinar la acción, es decir, lo que se va a ejecutar. La coordinación en entornos complejos, típicos de los proyectos, es una cuestión de personas que se comprometen y cumplen (Macomber H. & Howell G., 2001, p.2).

“La acción coordinada se logra a través de una red compleja de solicitudes y promesas que es íntimamente personal y podría decirse que es el único método viable de coordinación en condiciones dinámicas” (Ballard G. & Howell G., 2003, p.3)

Es decir, el buen funcionamiento de un sistema de planificación y control de producción, depende no sólo del sistema en sí, sino del logro de compromisos confiables con la planificación. Este aspecto humano de la planificación es probablemente el responsable por más del 50% de los mejoramientos que puedan obtenerse por el uso del sistema (Campero M. & Alarcón L., 2014, p.435).

Por ejemplo, “La estructura y las prácticas habituales del Sistema Last Planner (LPS) crean la situación para hacer promesas de manera confiable” (Macomber H., Howell G., Reed D. 2005, p.13). Entendiendo como promesa al acuerdo entre dos o más partes a través del cual se comprometen a cumplir lo acordado, donde el compromiso involucra la obligación de realizar las actividades planificadas, siempre que exista la certeza de que todos los recursos involucrados se encuentran disponibles en el lugar y en el momento estimado (Campero M. & Alarcón L., 2014, p.435), es decir, “La práctica de hacer promesas confiables junto con el LPS proporciona un nuevo enfoque para coordinar la acción en el entorno del proyecto” (Macomber H. & Howell G., 2001, p.2). Con esto se logra dar confiabilidad al flujo de producción y se le protege de la incertidumbre y variabilidad inherente de los proyectos de construcción (Campero M. & Alarcón L., 2014, p.435).

Según Macomber H. (2001) Una promesa se hace en respuesta a un requerimiento o demanda. En la ausencia de un requerimiento, una promesa puede adquirir la forma de una oferta. De cualquier modo, las promesas cotidianas

toman la forma: Yo (el ejecutor) le entrego “X” a usted (el cliente) en un específico tiempo en el futuro (p.1).

En el ambiente de proyecto, este “X” se refiere fundamentalmente a las asignaciones, actividades o tareas que deben ser realizadas por las cuadrillas o equipos de trabajo, que deben aceptar las tareas y comprometerse a realizarlas en un momento y plazo determinado, puesto que tienen actividades subsiguientes que dependen de actividades predecesoras (Campero M. & Alarcón L., 2014, p. 436).

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

1. Las condiciones de satisfacción (entregables deseados y sus especificaciones) son claras tanto para el ejecutor (quien se compromete o hace la promesa de realizar algún trabajo para otro) y el cliente (quien recibe los resultados de la promesa o compromiso, y quien hace la demanda o solicitud al ejecutor);
2. El ejecutor es evaluado para ver si es competente o tiene acceso a dicha competencia (materiales, herramientas, instrucciones, etc.);
3. El ejecutor estima el tiempo para ejecutar la acción de cumplimiento de la promesa y ha reservado y asignado ese tiempo para realizar dicha acción;
4. El ejecutor es sincero al realizar la promesa. En el momento que la promesa se hace el ejecutor no está teniendo conversaciones privadas tácitas que contradigan el cumplimiento de la promesa realizada;
5. Independientemente a lo que suceda en un futuro, el ejecutor hará todo lo posible para cumplir con la promesa, asumiendo la responsabilidad por cualquier consecuencia que pueda surgir (Macomber H. 2001; Ballard G. & Hamzeh F., 2007, Campero M. & Alarcón L., 2014).

2.5.7 Nivel de Implementación del Sistema Last Planner (LPS)

Priven V. & Sacks R. (2013) evaluaron el nivel de implementación del Sistema Last Planner (LPS) en algunos proyectos utilizando una tabla que contiene quince buenas prácticas de planificación y control. En la siguiente tabla, se puede observar la evaluación realizada en base a datos obtenidos en ocho proyectos:

Tabla N°2.12 Nivel de implementación del Sistema Last Planner (LPS) en ocho proyectos
Fuente: Adaptado de Priven V. & Sacks R. (2013)

PRÁCTICA	Yavne 1-2-3	Yavne 6-7	Yavne 20-21	Dan 2	Dan 3	Ir Yamim 1	Ir Yamim 2	Ir Yamim 3
Formalización del proceso de planificación y control de procesos.	1	1	1	1	1	1/2	1/2	1/2
Estandarización de las reuniones de planificación a corto plazo.	1	1	1	1	1	0	0	0
Uso de herramientas visuales para difundir la información en obra.	1	1	1	1	1	0	0	0
Acciones correctivas sobre las causas de no cumplimiento de la planificación.	1/2	0	1/2	1/2	1/2	0	0	0
Análisis crítico de información.	1/2	0	1/2	1	1	0	0	0
Correcta definición de los paquetes de trabajo.	1/2	0	0	1	1/2	0	0	0
Actualización sistemática del Programa Maestro cuando sea necesario.	0	0	0	1	1	0	0	0
Estandarización de la Planificación Intermedia.	0	0	0	1	1	0	0	0
Inclusión de actividades sin restricciones a la planificación semanal.	0	0	0	1/2	0	0	0	0
Participación de los representantes del equipo de trabajo en las reuniones de planificación semanal y la toma de decisiones.	1	1	1	1	1	0	0	0
Planificación y control de materiales.	1/2	0	0	1/2	1/2	0	0	0
Uso de indicadores para evaluar el cumplimiento de la planificación	1	0	0	1	1	0	0	0
Eliminación sistemática de restricciones.	0	0	0	1/2	0	0	0	0
Uso de un Programa Maestro entendible y transparente.	1	1	1	1	1	0	0	0
Uso del Inventario de Trabajo Ejecutable	0	0	0	1/2	0	0	0	0
PUNTAJE TOTAL	8	5	6	12.5	10.5	0.5	0.5	0.5
EN PORCENTAJE	53.3%	33.3%	40%	83%	70%	3.3%	3.3%	3.3%

El trabajo consistió en medir el nivel de implementación de cada práctica bajo puntuaciones en una escala del 0 al 1, escala denominada índice de Planificación de Mejores Prácticas (PBP), donde una equis (cero (0) en la tabla anterior) representaba una práctica no implementada; un medio (1/2), una práctica parcialmente implementada y un check (uno (1) en la tabla anterior), una práctica totalmente implementada.

De la Tabla N°2.12, se puede notar que los proyectos Dan 2 y Dan 3 son los que obtuvieron un mayor puntaje, mientras que en los proyectos Ir Yamim 1,2 y 3 no se había implementado ninguna buena práctica en su totalidad.

Sin embargo, la asignación de dichas puntuaciones no deja de ser muy subjetiva, no permite conocer del todo el sistema de planificación y control de la producción de un proyecto, pues tanto el puntaje total y el porcentaje obtenido no brinda mayor información de cada práctica evaluada.

Es por ello que, Campiña V. (2015), con la finalidad de evitar generalizar dichas prácticas, propone una tabla que posee un mayor detalle de cada una de las quince prácticas de planificación y control estudiadas por Priven V. & Sacks R. (2013). Evalúa el nivel de implementación de setenta buenas prácticas.

En el Anexo N°1 se presenta la adaptación de la tabla de buenas prácticas de planificación desarrollada por Campiña V. (2015). La cual será de mucha utilidad para poder conocer cómo trabaja una empresa pero solo a grandes rasgos. Pues, se debe tener en cuenta que la tabla se enfoca principalmente en el sistema y no toma mucho en cuenta la cultura de la organización, punto de partida fundamental para el éxito de la misma.

2.6 LA SUBCONTRATACIÓN

2.6.1 Subcontratistas

“Los subcontratistas son contratistas especializados que son contratados para ejecutar ítems específicos en un proyecto, a los cuales frecuentemente se les concibe como alguien empresarial y económicamente más débil, concepción que puede variar según el nivel de especialización que presenten” (Reto F., 2009, p.4).

2.6.1.1 Clasificación de Subcontratistas

La clasificación de subcontratistas (SC) se centra en el tipo de actividades que estos realizan. La tabla N°2.13 muestra las clasificaciones de SC en el caso de la construcción de edificaciones²⁶, siendo la de Pereira (2001), la más completa:

Tabla N°2.13 Clasificación de subcontratistas en la construcción de edificios
Fuente: Adaptado de Shimizu J. & Cardoso F. (2002)

AUTOR	CLASIFICACIÓN	EJEMPLO DE LAS ACTIVIDADES
Farah (1993)	SC de actividades básicas.	Encofrado, concreto, mampostería y revestimientos
	SC de etapas y trabajos especializados.	Trabajos realizados específicamente por trabajadores calificados
Villacreses (1994)	SC de actividades básicas.	Encofrado, concreto, mampostería y revestimientos.
	SC de técnicas especiales.	Accesorios eléctricos, gasfitería y aire acondicionado.
	SC de trabajos especiales y/o materiales.	Impermeabilización externa, pintura, suelo, cristales y revestimiento exterior.
Pereira (2001)	SC que suministran mano de obra	Albañilería y pintura.
	SC que suministran mano de obra y materiales.	Accesorios eléctricos, gasfitería y carpintería.
	SC que suministran mano de obra, materiales y diseño.	Impermeabilización y tableros de yeso.
	SC que suministran mano de obra, materiales, diseño y mantenimiento.	Aire acondicionado, sistema de rociadores y accesorios especiales.

2.6.2 Necesidad de Subcontratar

En nuestro medio se entiende como subcontratar al proceso de delegar la ejecución de ciertas actividades, por diversas razones, a otras empresas por lo general más pequeñas o más especializadas, con la finalidad de completar los objetivos de un solo proyecto (Reto F., 2009, p.5)

Los contratistas generales típicamente requieren de los subcontratistas para ejecutar la mayor parte de un proyecto (entre el 75 y el 85%) (Hinze J., 2001).

La necesidad de subcontratar surge en la fase de planificación de un proyecto, en la que se determina, entre otros aspectos, las actividades que serán ejecutadas por fuerzas propias y las que deberán subcontratarse, además de los recursos humanos y económicos necesarios para cada actividad (Reto F., 2009, p.5).

²⁶ La presente tesis se centra en edificaciones civiles o convencionales, tipo "C" según el RNE.

Según Hinze J. (2001):

Los subcontratos surgen 1. De la necesidad de externalizar todas aquellas tareas, actividades o proyectos, que no forman parte de las competencias centrales de la organización, con el fin de optimizar los recursos económicos; 2. De la necesidad de ahorrar tiempo y costos, si la actividad en cuestión puede realizarla un subcontratista que cuente con una tecnología mayor; 3. Cuando el trabajo a subcontratar implica un gran riesgo debido a las condiciones del entorno de trabajo que el contratista desea evitar; 4. Por exigencia gubernamental, en el caso de proyectos públicos, en los que se solicita que se delegue cierta parte del trabajo a pequeñas o medianas empresas, con la finalidad de fomentar puestos de trabajo en las comunidades locales.

A su vez, las actividades también son delegadas a terceros por los siguientes motivos: búsqueda de una mayor calidad en el producto, trabajos en los que no se tiene experiencia, falta de equipos especializados, alianzas estratégicas entre el contratista general y los subcontratistas, recomendación, etc.

De manera adicional, se puede mencionar que en nuestro país se subcontrata con la finalidad de reducir y/o evitar impuestos, pagos de planilla o algunas normativas legales y en búsqueda de un mayor financiamiento debido a que los pagos pueden ser pactados de un mes a dos meses.

Por otro lado, es necesario mencionar que debido al uso de subcontratistas, el rol de los contratistas principales, en los últimos tiempos, se ha trasladado al área de la administración, debido a que entre sus principales funciones, se incluye la de coordinar cuidadosamente a los diversos subcontratistas participantes en el proyecto a fin de llevar a cabo el desarrollo del mismo de una manera eficiente (Hinze J., 2001; Reto F., 2009)

2.6.1.3 Aspectos Principales

Según Shimizu J. & Cardoso F. (2002), la subcontratación en el caso de la construcción de edificaciones incluye varios aspectos a analizar. Aspectos que se pueden observar en la Tabla N°2.14.

Tabla N°2.14 Aspectos de la subcontratación en la construcción de edificios
Fuente: Adaptado de Shimizu J. & Cardoso F. (2002)

ASPECTOS	COMENTARIOS
Flexibilidad	La subcontratación aparece como una respuesta a las incertidumbres del mercado.
Calidad	La subcontratación, por un lado, puede mejorar la calidad del producto porque utiliza mano de obra especializada y, por otro lado, puede empeorarla, ya que conduce a problemas de control y coordinación.
Costos	Los costos fijos se hacen más pequeños, mientras que los costos de transacción aumentan. Los costos fijos son menores porque la subcontratación elimina el mantenimiento del equipo y la mano de obra utilizada. Los costos de transacción pueden aumentar, ya que cada nueva negociación del contrato puede incluir algunas propuestas de los subcontratistas.
Productividad	La subcontratación tiende a vincular aún más al trabajador con la empresa subcontratista. Así, los efectos de replicación, la continuidad y el aprendizaje conducen a una mayor productividad de la mano de obra. El fácil acceso a equipos especializados y capacitación constante también da lugar a una mayor productividad.
Control	El control de la calidad del trabajo es difícil con la subcontratación, porque la gran cantidad de organizaciones independientes en el sitio hace que el control del avance del trabajo sea difícil.
Planificación	La subcontratación intensiva de mano de obra dificulta el proceso de planificación. Además intereses conflictivos pueden intervenir negativamente con la programación de actividades.
Tecnología	La inestabilidad del mercado lleva a las empresas contratantes a no establecer acuerdos estables con los subcontratistas, lo que no permite la transferencia de tecnología.
Entrenamiento	Los contratistas tienen a pasar la responsabilidad de la formación a los subcontratistas, pero por lo general no son capaces de lograrlo, debido a las características financieras y falta de tiempo para la formación.
Seguridad en el trabajo	La responsabilidad final de la seguridad en el trabajo incumbe a la empresa contratante, así la implementación de un programa de seguridad, el compromiso y la supervisión de los subcontratistas. El desinterés del contratista en invertir en programas de seguridad para trabajadores flotantes y desconocidos y la falta de familiaridad de los trabajadores con el ambiente de trabajo agrava este problema
Consumo de materiales	La subcontratación puede aumentar el desperdicio de materiales, los subcontratistas tienden a terminar el trabajo lo más rápido posible sin controlar su uso.

“Los subcontratistas, referidos mayormente como contratistas especializados, son miembros importantes del equipo de proyecto del contratista general y tienen un impacto significativo en el éxito o fracaso del proyecto” (Reto F., 2009, p.5).

Todo esto refleja la gran dependencia que posee el contratista general al subcontratar labores, sumado con la realidad actual de una pseudo industria de la construcción, cada vez más fragmentada por prácticas deficientes de subcontratación (Bertelsen S., 2003a), donde prima muchas veces el tema económico en búsqueda de una mejor rentabilidad. El no tomar en cuenta estos aspectos, así como la parte social, puede generar una disminución en la eficiencia organizacional. Por ejemplo: problemas de planificación y control.

2.6.1.4 Tipos de Subcontratos

“El factor más relevante para seleccionar el tipo de subcontrato a usar es el grado de exactitud del conocimiento que se tenga del trabajo a subcontratar y de la evaluación de los riesgos que implique” (Reto F., 2009, p.13).

La siguiente tabla muestra los tipos de subcontratos existentes:

Tabla N°2.15 Tipos de subcontratos
Fuente: Adaptado de Reto F. (2009)

TIPOS DE SUBCONTRATOS
1. <i>Suma Alzada</i> : Tipo de subcontrato a un precio total fijo no sujeto a ningún ajuste sobre el precio acordado para la ejecución de trabajos. El riesgo y responsabilidad de los gastos, incluyendo beneficios o pérdidas, son asumidos por la subcontrata.
2. <i>Precios Unitarios</i> : Tipo de subcontrato a un precio total variable sujeto a posible ajustes sobre el precio acordado para la ejecución de trabajos. El monto final se conoce solo al término de la ejecución, lo que conlleva a negociar el relación a precios acordados y aproximados por unidad de trabajo, metrados, de las partidas o procesos a ejecutar.
3. <i>Administración Directa</i> : Tipo de subcontrato a un precio total variable pero que asegura el pago de gastos aceptables incurridos, al grado prescrito en el subcontrato. Se establece una estimación del costo total con el objetivo de mantener un fondo y establecer un límite el cual el subcontratista no puede exceder (excepto bajo su cuenta y riesgo) y puede, según acuerdo, obtener beneficios dependiendo el gasto final incurrido.

2.6.2 La Subcontratación en la Ley de Contrataciones del Estado

El artículo N° 35 de la Ley de Contrataciones del Estado, según Decreto Legislativo N° 1341 vigente desde el 03 de Abril del 2017 que modifica la Ley N° 30225, señala lo siguiente con respecto a la subcontratación:

- El contratista puede subcontratar, previa autorización de la Entidad, la ejecución de determinadas prestaciones del contrato hasta el porcentaje que establezca el Reglamento, salvo prohibición expresa contenida en los documentos del procedimiento de selección.
- No se puede subcontratar las prestaciones esenciales del contrato vinculadas a los aspectos que determinaron la selección del contratista.
- Para ser subcontratista se requiere contar con inscripción vigente en el Registro Nacional de Proveedores (RNP) y no estar impedido, inhabilitado, ni suspendido para contratar con el Estado.
- El contratista mantiene la responsabilidad por la ejecución total de su contrato frente a la Entidad.

2.6.3 La Subcontratación en la Gestión de Proyectos de Construcción

Actualmente, en relación a proyectos de edificaciones, los presupuestos se dividen en 3 grandes áreas (estructuras, arquitectura e instalaciones). La incidencia de estos, con respecto al costo directo, en promedio es un 44%, 24% y 32% respectivamente, ver Figura N°2.17 (Caña C., 2011).

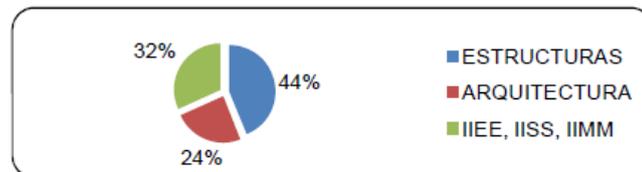


Figura N°2.17 Porcentaje de incidencia respecto al costo directo
Fuente: Caña C. (2011)

Al analizar la incidencia promedio, con respecto al costo directo, se puede notar que el 56% es representado por las especialidades de arquitectura e instalaciones, las mismas que presentan un mayor número de procesos a ejecutar y una mayor complejidad en los trabajos que en la etapa de estructuras, ver Figura N°2.18, siendo uno de los motivos por el cual se suele tercerizar más los trabajos de las especialidades en mención (Caña C., 2011).

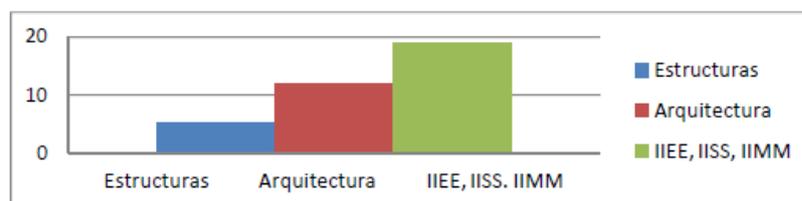


Figura N°2.18 Cantidad de procesos principales a ejecutar por especialidad
Fuente: Caña C. (2011)

Es por ello que “Dada la gran importancia de las actividades subcontratadas en la mayoría de proyectos de edificaciones, tanto por su incidencia en el presupuesto como por su efecto en el cumplimiento, surge la necesidad de optimizar su gestión” (Caña C., 2001, p.1).

Caña C. (2011) plantea una metodología de integración de subcontratos a un sistema de gestión mediante la aplicación del Sistema Last Planner (LPS) en busca de una gestión proactiva y anticipada de los subcontratos con el fin de asegurar el plazo y mejorar la producción.

La gestión llevada a cabo, en búsqueda de la integración de subcontratas, tuvo como resultado que los subcontratistas puedan reconocer lo beneficioso que es trabajar de manera coordinada y anticipada, lo cual trajo resultados positivos reflejados en una mayor continuidad en sus trabajos y mayor confiabilidad en las programaciones realizadas. Los resultados obtenidos en los proyectos donde se implementó la metodología planteada en un inicio, proyecto Westin Libertador (WL) y proyecto América Móvil Perú (AMP), e información recopilada de otras fuentes, permitieron proponer una metodología de integración de subcontratos más sólida y mejorada, la cual se resume en la siguiente figura:

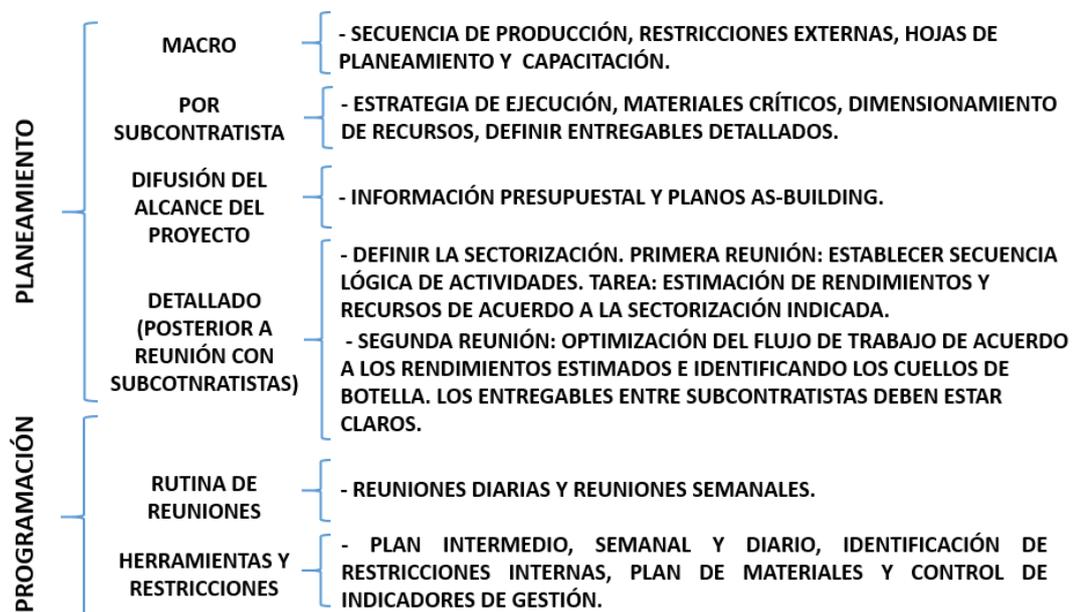


Figura N°2.19 Metodología propuesta de integración de subcontratos
Fuente: Caña C. (2011)

La propuesta de Caña C. (2011) toma en cuenta el aspecto social, y se puede afirmar que es acorde, a su manera, con los enfoques de complejidad propuestos por Bertelsen S. & Koskela L. (2005). Enfoques que merecen una investigación más profunda, y aunque cada uno guarde gran relación con los otros, es necesario estudiar a cada uno por separado. En especial, la gestión en una perspectiva de lenguaje/acción, donde las personas y sus compromisos confiables, son los que al final aseguran una mayor probabilidad de cumplimiento de ejecución de tareas (Ver 2.5.6 El Compromiso con la Planificación) y por ende el éxito del proyecto.

El siguiente capítulo presenta una propuesta de cómo gestionar correctamente los compromisos de subcontratistas para el levantamiento de restricciones.

CAPÍTULO III: GESTIÓN DE COMPROMISOS DE SUBCONTRATISTAS

Según Rubrich L. (2012): “La construcción lean representa una solución prometedora para el problema de la baja productividad. Es un sistema empresarial que abarca cultura, conceptos, planificación y herramientas para maximizar el valor y minimizar al mismo tiempo todas las formas de desperdicio”.

Rubrich L. (2012) hace mención que para implementar la filosofía de construcción lean se debe tener como base estos cuatro componentes, los cuales deben ser establecidos y trabajados, de manera secuencial y progresiva, dentro de la organización para lograr el éxito y sostenibilidad deseada, ver Figura N°3.1.

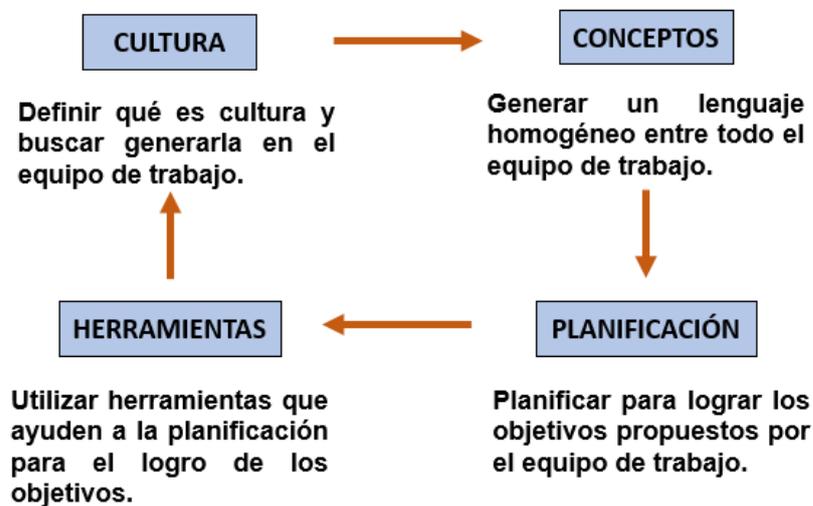


Figura N°3.1 Cuatro componentes para la implementación lean
Fuente: Adoptado de WCM Associates

En base a ello y con la finalidad de realizar una buena implementación que logre perdurar en el tiempo, en este caso la implementación de un modelo de gestión que también sigue los principios de la filosofía de construcción lean, la presente tesis llevará a cabo la gestión de compromisos de subcontratistas abarcando los cuatro componentes descritos anteriormente.

A continuación, para un buen entendimiento de la gestión antes de su implementación, cada uno de estos componentes será explicado de manera concisa buscando tener una base clara y sólida para que posteriormente cualquier persona pueda mejorar, en caso fuera necesario, ciertos aspectos del modelo de gestión.

3.1 CULTURA

La cultura se refiere a los valores, creencias y comportamientos de una organización (Jon M. Huntsman School of Business, 2012).

“Una cultura en la que cada persona comprenda y esté comprometida con el comportamiento basado en principios será una cultura con una alta probabilidad de lograr grandes resultados” (Jon M. Huntsman School of Business, 2012, p.9).

En este caso, lo que se busca es desarrollar una organización que respalde el sistema de planificación al trabajar con una cultura de cumplimiento, en base a una comunicación concurrente, colaboración y el compromiso de todos los involucrados del proyecto, para poder mejorar la confiabilidad de la planificación.

Para ello, como primer paso, se trabajará con las prácticas clave de coordinación de Macomber H. & Howell G. (2001), prácticas que permiten producir un entorno de confiabilidad y confianza entre todos los involucrados del proyecto.

Posteriormente y en futuras investigaciones, tal como recomienda Jon M. Huntsman School of Business (2012), se deberá buscar definir principios base que permitan alinear el comportamiento de las personas pertenecientes al proyecto con estos mismos.

3.1.1 Prácticas Clave de Coordinación

3.1.1.1 Realizar Evaluaciones Oportunas

“En un escenario incierto y con un conocimiento incompleto de lo que se requiere para completar un proyecto, debemos confiar en los cambios superficiales que nos sugieren las evaluaciones” (Macomber H. & Howell G., 2001, p.2). Por ejemplo el Anexo N°1 de la presente tesis.

Muchas veces esos cambios representan “malas noticias”, pero deben ser tomadas como oportunidades de mejora donde el equipo del proyecto, en un entorno de confianza, debe analizar la situación, expresar abiertamente sus opiniones, encontrar la causa raíz de los problemas y proponer soluciones integrales (Macomber H. & Howell G., 2001).

3.1.1.2 Trabajar con Promesas Confiables

“La gestión de proyectos tal como se practica hoy en día crea una “zona libre de compromiso” porque asume que las personas se comprometerán con la planificación, sin proporcionar un mecanismo que asegure que su trabajo programado pueda ser ejecutado” (Macomber H. & Howell G., 2001, p.3).

La importancia de hacer promesas confiables recae en que al completar el trabajo prometido se libera trabajo a otras personas y el no cumplimiento trae consigo problemas en cadena. Por ello, se debe buscar trabajar en conjunto y de manera transparente, aclarando todas las dudas antes de iniciar la ejecución de cualquier trabajo, bajo una comunicación activa y una colaboración constante que aumente la confianza en el equipo de trabajo y la posibilidad de obtener promesas cada vez más confiables (Macomber H. & Howell G., 2001).

3.1.1.3 Hacer Siempre Declaraciones de Finalización

Con demasiada frecuencia las personas esperan hasta la reunión del proyecto semanal o mensual para anunciar que completaron su tarea. Esto sucede por la desconfianza causada por un sistema que no proporciona la base para hacer promesas confiables, generando muchas veces retrasos en el inicio de los trabajos subsiguientes, donde generalmente se debe estar detrás del ejecutor para tener la certeza de que cumpla su trabajo bajo las condiciones acordadas y a más tardar en la fecha pactada (Macomber H. & Howell G., 2001).

Al decir “ya terminé”, en el momento de finalización, cualquier responsable tiene la oportunidad de revisar el trabajo en ese momento o lo más pronto posible y, si fuera el caso, hacer las observaciones correspondientes para solucionarlas a tiempo. Lo cual refleja una buena práctica para el involucramiento de todo el equipo del proyecto con la planificación (Macomber H. & Howell G., 2001).

3.1.1.4 Revisar el Proyecto

“Las revisiones de proyectos son una oportunidad para volver a involucrar al equipo del proyecto en el mismo” (Macomber H. & Howell G., 2001, p.3), permiten que todos conozcan el estado del proyecto, las responsabilidades que se tienen, las metas propuestas, qué es lo que se viene más adelante, etc.

A su vez permite expresar opiniones, inconvenientes y/o problemas que se presenten, buscando siempre la solución más adecuada. De tal manera que cuando se completa la revisión, el equipo se actualiza y está listo para asumir nuevos compromisos para el éxito del proyecto.

3.1.1.5 Aprender sobre la Marcha

Los errores cometidos, por cualquier miembro del equipo de trabajo, tienen menos repercusiones cuando son reconocidos y se busca una solución integral, lo más antes posible, trabajando en equipo. El aprendizaje es continuo en el proyecto, el aceptar y comunicar una falla conlleva a oportunidades de mejora para que posteriormente y en condiciones similares de trabajo, otras personas no vuelvan a cometer el mismo error. Se debe buscar brindar la confianza necesaria para que otras personas también puedan comunicar, a tiempo y sin temor a reclamos, los errores cometidos (Macomber H. & Howell G., 2001).

3.2 CONCEPTOS

La mayor parte de la terminología a utilizar ha sido definida en el fundamento teórico de la presente tesis. No obstante, se hará uso de algunos conceptos adicionales para tener una comprensión clara antes de implementación de la gestión de compromisos.

3.2.1 Acción Lingüística

Un nuevo enfoque de la administración de proyectos, ver 2.5.1 Planificación, y el liderazgo es propuesto mediante la Teoría de la Acción Lingüística planteada por Flores F. (1982), estableciéndose como una contribución a la perspectiva tradicional de la administración (Macomber H. & Howell G. (2003) & Howell G., Macomber H., Koskela L. & Draper J. (2004), Leal M. (2010)).

Para Flores F. (1982), la administración es un proceso de sinceridad, escuchar y obtener compromisos, que incluye la preocupación por la articulación y la activación de la red de compromisos, producida principalmente a través de promesas y solicitudes, permitiendo la autonomía de la unidad productiva.

En la siguiente tabla se muestran los enfoques de la administración de proyectos:

Tabla N°3.1 Enfoque tradicional y nuevo de la administración de proyectos
Fuente: Adaptado de Howell G., Macomber H., Koskela L. & Draper J. (2004)

	ENFOQUE TRADICIONAL (FAYOL)	NUEVO ENFOQUE (FLORES)
PARADIGMA	<ul style="list-style-type: none"> - Reduccionista, mecanicista determinista. - El proyecto como una tienda de máquinas. - Comando y control de Fayol. - Producción en masa Taylorista. 	<ul style="list-style-type: none"> - Holístico y orgánico. - Proyecto como un esfuerzo humano y social. - La red de compromisos de la perspectiva de la acción lingüística. - Lean Production.
PROBLEMA A RESOLVER	<ul style="list-style-type: none"> - La asignación y uso eficiente de recursos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Crear y mantener confianza a través de promesas confiables. - Favorecer el aprendizaje e innovación
VISIÓN DE FUTURO	<ul style="list-style-type: none"> - Creada y mantenida por la administración y transmitida a los trabajadores. 	<ul style="list-style-type: none"> - Co-creado y comunicado.
PLANIFICACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> - El acto principal de la administración, el trabajo de los expertos. 	<ul style="list-style-type: none"> -Práctica en equipo para producir coherencia de los compromisos con las promesas al cliente.
PAPEL DE LOS PLANES	<ul style="list-style-type: none"> - Centrado en la ejecución y control como base para iniciar la acción. 	<ul style="list-style-type: none"> - Ensayo para preparar a los ejecutantes para la acción a la incertidumbre del futuro. - Promesas para la entrega. - No se usa para el control del proyecto.
INTELIGENCIA OPERACIONAL	<ul style="list-style-type: none"> - Reside en el administrador. 	<ul style="list-style-type: none"> - Reside a nivel de agregación de valor entre todos los que forman parte del proyecto.
ROL DE LA ADMINISTRACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> - Administrar es planificar. - Creación e implementación de planes (Johnston R., 1996) 	<ul style="list-style-type: none"> - Administrar es organizar. - Creación de una estructura y cultura organizativa coherente, particularmente los medios de comunicación sancionados entre "unidades de producción", es decir, la infraestructura de la "red de compromisos" (Johnston R., 1996).
ROL DE LOS TRABAJADORES AL NIVEL DE AGREGAR VALOR	<ul style="list-style-type: none"> - Hacer el trabajo determinado por el plan de gestión y sus decisiones (robots). 	<ul style="list-style-type: none"> - Agentes autónomos e inteligentes, con capacidad de tomar decisiones. - Conocen la responsabilidad del juicio en medio de la acción (personas).
MODELO DE LIDERAZGO	<ul style="list-style-type: none"> - Comando y control - Comunicaciones directivas a los trabajadores a nivel de valor agregado. 	<ul style="list-style-type: none"> - Coaching. - Fomento continuo de un ambiente organizacional propicio para crear confianza entre las personas para la colaboración, aprendizaje e innovación.
MOTIVACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> - Recompensas y castigos generados externamente dirigidos hacia la el logro de metas impuestas de manera estricta 	<ul style="list-style-type: none"> - Generados internamente. - Individuos conectan sus intereses e innovan juntos un objetivo compartido.
TÉCNICA CENTRAL	<ul style="list-style-type: none"> - Planes y programas CPM 	<ul style="list-style-type: none"> - Conversaciones desde la Programación Maestra hasta el Plan Semanal.

Desde la perspectiva de la Acción Lingüística, los proyectos son concebidos como una red de compromisos, generados para dar cumplimiento a los requerimientos del cliente. De este modo la función de administración debe orientarse a la generación de una red de compromisos a partir de la gestión de la organización y entregarle confiabilidad y credibilidad a dichos compromisos. La confiabilidad de la red de compromisos se asocia a la probabilidad de cumplimiento del requerimiento del cliente (Macomber H. & Howell G. (2003), Leal M. (2010)).

3.2.2 Flujo de Compromisos

Flores F. (1982) plantea un nuevo modelo para la ejecución de proyectos basado en el flujo de compromisos, también llamado conversación para la acción (Davis C., 1998), centrado en la gestión de las organizaciones que ejecutan los proyectos, ver Figura N°3.2 (Leal M., 2010).

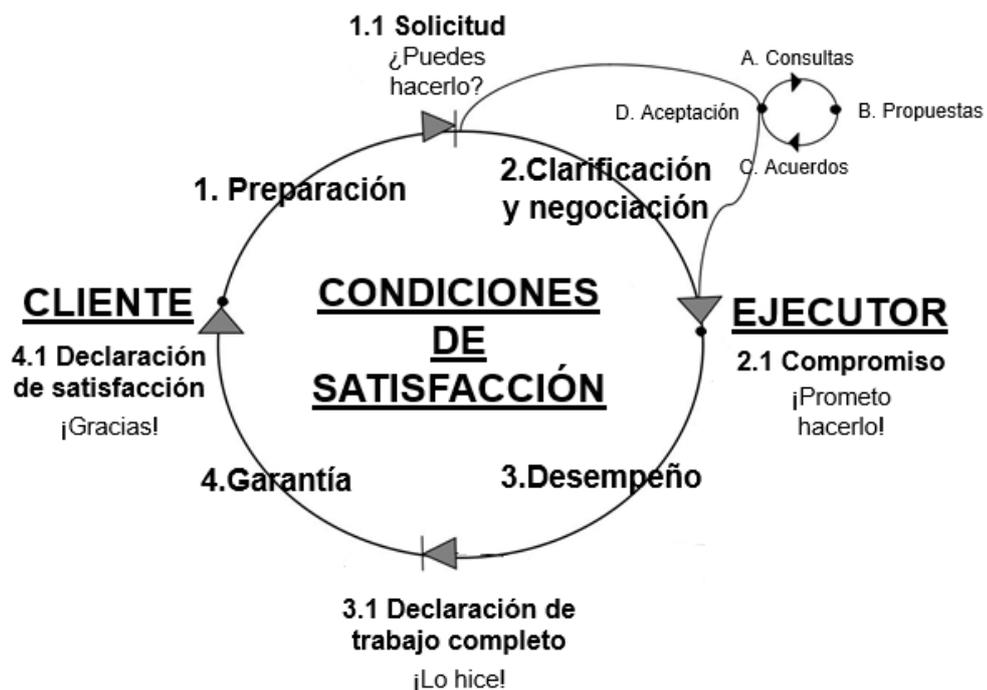


Figura N°3.2 Flujo de compromisos
Fuente: Howell G., Macomber H., Koskela L. & Draper J. (2004) & Mossman A. (2017)

Este modelo surge de la Teoría de la Acción Lingüística donde los proyectos son concebidos como una red de compromisos y permite clarificar las condiciones de los acuerdos asumidos entre un cliente, quien realiza una solicitud, y un ejecutor, quien la ejecuta al aceptar el cumplimiento, siguiendo una estructura de cuatro escenarios: preparación, clarificación y negociación, desempeño y, garantía.

La siguiente tabla explica la estructura del modelo para la ejecución de proyectos basado en el flujo de compromisos:

Tabla N°3.2 Estructura del flujo de compromisos
Fuente: Davis C. (1998)

CUADRANTE	DESCRIPCIÓN
Preparación	Involucra todos los preparativos relacionados con las preocupaciones o actividades que ocurren antes del momento específico cuando se realiza una solicitud, es decir cuando se pide algo.
Clarificación y Negociación	En la negociación, las partes pueden: aceptar la oferta/solicitud; no aceptar; hacer una contraoferta/otra solicitud 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 ejecutor y, a su vez, le promete alguna forma de pago.
Desempeño	El desempeño busca cumplir con lo acordado (condiciones de satisfacción) como resultado de las fases previas de preparación y negociación, termina al momento que el ejecutor declara la finalización.
Garantía	El cliente evalúa lo que se ha entregado y hace mención de lo que está correcto, lo que no y lo que falta, si fuera el caso. El ciclo de conversación para la acción termina cuando el cliente declara su satisfacción o no satisfacción.

Una vez que una red de compromisos, personalmente desarrollada y aceptada por cada miembro del equipo está disponible, la gestión del proyecto se convierte en un esfuerzo para ver que la red esté activada, que el trabajo esté listo para que la gente pueda hacer una promesa explícita para que se complete en un día específico (Knapp S., Charron R. & Howell G., 2006, p.438).

3.2.3 Flujo de Producción en Construcción

Según Kalsaas BT. & Bølviken T. (2010), la definición de flujo que describe adecuadamente la forma en que el término ha sido utilizado en la literatura del Lean Construction es: “corriente continua de algo”. Mientras que Shingo S. (1988), define flujo como una cadena de eventos relacionados por una secuencia para lograr un objetivo.

“Al aplicar los términos de Shingo a la construcción, el proceso puede concebirse como el progreso del proyecto y las operaciones como el trabajo realizado por los diferentes oficios” (Kalsaas BT & Bølviken T., 2010, p.58).

3.2.4 Flujos Secundarios

El flujo de trabajo para el Sistema Last Planner (LPS) es el relacionado a las operaciones, tal como lo muestra el modelo de flujos de Kalsaas BT. (2001), ver Figura N°2.7.

Estas operaciones poseen flujos secundarios (flujos a nivel operativo o de ejecución), los cuales son casi todas¹ las siete condiciones definidas por Koskela L. (2000), ver 2.3.1.2 Modelo de Flujos, y son las necesarias para la continuidad del flujo de trabajo, ver Figura N°3.3.

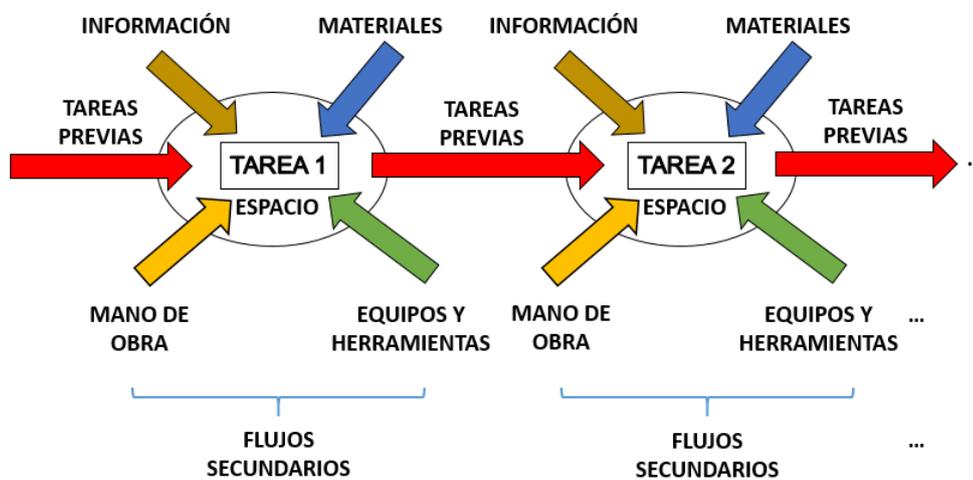


Figura N°3.3 Flujos secundarios

Fuente: Adaptado de Koskela L. (2000) & Bertelsen S., Henrich G., Koskela L. & Rooke J. (2007)

3.3 PLANIFICACIÓN

3.3.1 Evaluación de la Planificación

Antes de implementar la gestión de compromisos de subcontratistas en cualquier proyecto, es necesario conocer el sistema de planificación bajo el cual labora la empresa constructora.

Para ello se recomienda evaluar las buenas prácticas de planificación desarrolladas por Campiña V. (2015), ver Anexo N°1. Pues, de esta manera se podrá conocer, a grandes rasgos, cómo trabaja la empresa.

¹ Se excluyen las condiciones externas, ya que son causadas por la variabilidad presente en todo proyecto de construcción, siendo una Causa de No Cumplimiento (CNC) más no un flujo secundario, condición o restricción.

3.3.2 Gestión de Compromisos de Subcontratistas

La gestión de compromisos de subcontratistas se presenta como un modelo de gestión que busca crear una cultura de cumplimiento para mejorar la confiabilidad de la planificación en base a una comunicación concurrente, colaboración y el compromiso de todos los involucrados. Para ello, hace uso del Sistema Last Planner (LPS) como sistema de planificación y control de producción y de un modelo de ejecución de proyectos basado en el flujo de compromisos.

Por un lado, el LPS busca aumentar la confiabilidad de la planificación, protegiendo el flujo de producción en base al cumplimiento de compromisos, al trabajar con cuatro niveles de procesos de planificación (Ver 2.5.5 Estructura del Sistema Last Planner (LPS)) y diferenciar las tareas que deben ser hechas, que pueden ser hechas y las que serán ejecutadas.

Pero, tal y como menciona Campero M. & Alarcón L. (2014): “El buen funcionamiento de un sistema de planificación y control de producción, depende no sólo del sistema en sí, sino del logro de compromisos confiables con la planificación” (p.435).

La importancia del compromiso se refleja en el modelo de ejecución de proyectos, basado en el flujo de compromisos de Flores F. (1982), al permitir clarificar las condiciones de los acuerdos asumidos entre un cliente, quien realiza una solicitud, y un ejecutor, quien ejecuta la solicitud al aceptar el cumplimiento, al seguir una estructura de cuatro escenarios antes de asumir un compromiso, ver Tabla N°3.2.

Esto es acorde con lo que mencionan Macomber H. & Howell G. (2003): “Ahora entendemos que la capacidad de hacer y obtener promesas confiables, es la habilidad principal necesaria para trabajar en el LPS y es la clave para la coordinación” (p.6).

Es decir, existe un vínculo entre el LPS y el flujo de compromisos. “La acción coordinada se logra a través de una red compleja de solicitudes y promesas que es íntimamente personal y podría decirse que es el único método viable de coordinación en condiciones dinámicas” (Ballard G. & Howell G., p.3).

En base lo mencionado, la gestión a implementar relaciona los escenarios de la estructura del flujo del compromiso con los niveles de procesos de planificación del LPS con la finalidad de proteger la continuidad de los flujos necesarios (ver Figura N°3.3), que tienen como base los compromisos generados entre los involucrados, para aumentar la confiabilidad de la planificación y así poder desarrollar de forma eficiente la producción mediante un flujo de trabajo continuo. Al gestionar los compromisos de subcontratistas, se tiene a la parte ingenieril como “cliente” y a cada jefe de subcontratista, residente o maestro de obra de la subcontrata, como “ejecutor”, ver Figura N°3.4.



Figura N°3.4 Flujo de compromisos en la gestión de subcontratistas
Fuente: Adaptado de Howell G., Macomber H., Koskela L. & Draper J. (2004) & Mossman A. (2017)

Asimismo, la siguiente figura muestra las relaciones generadas en una planificación a nivel estratégico (Programación Maestra y de Fases), nivel táctico (Planificación Intermedia) y nivel operacional (Planificación Semanal).

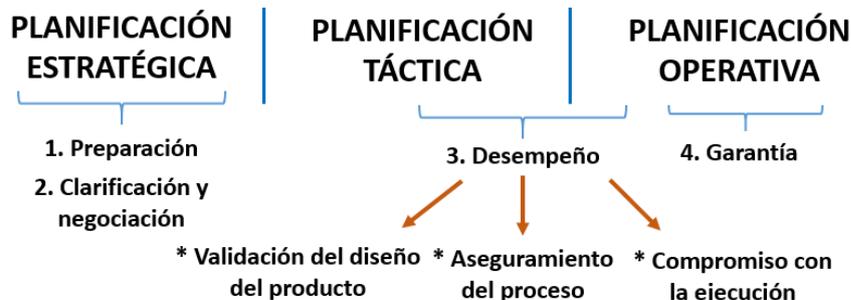


Figura N°3.5 Flujo de compromisos en la planificación
Fuente: Elaboración Propia

La preparación, clarificación y negociación, forman parte de la planificación estratégica, donde se definen las condiciones de satisfacción y se establece un primer compromiso entre las partes. El desempeño, como parte de la planificación táctica y operativa, donde se desarrollan tres puntos vitales antes de la ejecución de cualquier tarea: la validación del diseño del producto, el aseguramiento del proceso y el compromiso con la ejecución. Y finalmente, la garantía formando parte de la planificación operativa, donde las tareas ejecutadas, al haber pasado por los escenarios anteriores, poseen una mayor probabilidad de cumplimiento. A continuación, se explica con mayor detalle cada escenario:

3.3.2.1 Preparación

En este primer escenario, la parte ingenieril define los objetivos meta, el sistema de producción y los aspectos organizativos y estratégicos del proyecto con la finalidad de tener un plan del proyecto. Para dicho fin, se recomienda realizar un análisis y definición de los objetivos del proyecto y seguir las fases del planeamiento mostradas en la Figura N°2.12 y el proceso de la programación maestra mostrado en la siguiente figura:

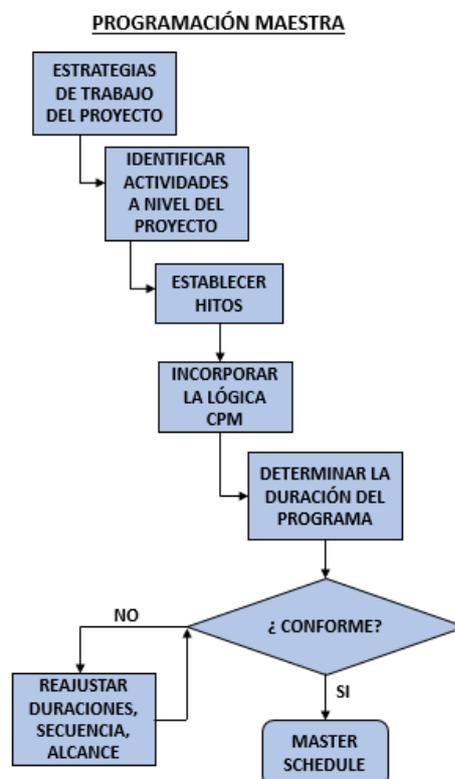


Figura N°3.6 Proceso de la programación maestra
Fuente: Adaptado de Hamzeh F. (2009)

Asimismo, se recomienda que lo mencionado anteriormente no sea realizado solo por la parte ingenieril sino por todos los involucrados del proyecto. Aunque esto actualmente es un escenario ideal, lo más importante de esta etapa es saber reflejar el valor del cliente en el programa maestro y tener una idea inicial de las fases y procesos que involucran su ejecución.

3.3.2.2 Clarificación y Negociación

En este escenario se busca, a partir de una comunicación, colaboración y participación activa de los involucrados, reflejar el entendimiento de los objetivos del proyecto para poder establecer compromisos confiables con la planificación.

Para ello, una vez finalizada con éxito el primer escenario, la parte ingenieril debe desarrollar una Programa de Fases Inicial, el cual permitirá conocer la fase o fases próximas a ejecutar, procesos y duraciones estimadas y a su vez tener una mayor claridad de los especialistas y proveedores que se requieren. Se debe definir, de manera clara, qué es lo que se quiere lograr y qué se va a solicitar a todos los partícipes en la ejecución de los trabajos más próximos, es decir, tener claras las condiciones de satisfacción (entregables deseados y sus especificaciones).

Luego se debe realizar una planificación colaborativa, con todos los involucrados del proyecto, haciendo uso de técnicas pull para poder desarrollar el Plan de Fases a ejecutar (ver 3.4.2 Reuniones Colaborativas de Planificación), teniendo como base el desarrollado inicialmente (Ballard G., 2000b). La finalidad es que todos los involucrados se sientan parte de la planificación, que se conozcan todos los trabajos a ejecutar y la dependencia existente entre las diferentes especialidades, que no existan trabajos impuestos y/o un desconocimiento de la labor a ejecutar para poder generar compromisos confiables con la planificación.

Pues, tal y como menciona Ballard G. (2000b):

El propósito de la Planificación de Fases es producir un plan para completar una fase de trabajo que maximice la generación de valor, que todos los involucrados la entiendan y la apoyen, para producir un plan desde el cual las actividades programadas sean trasladadas al Plan Intermedio (LAP) para ser explotadas en

detalles operativos y se encuentren listas para su asignación en planes de trabajo semanales (p.2).

Para dicho fin, se recomienda seguir el proceso para realizar una Programación de Fases (Ver Tabla N°2.10), que se resume en la siguiente figura:

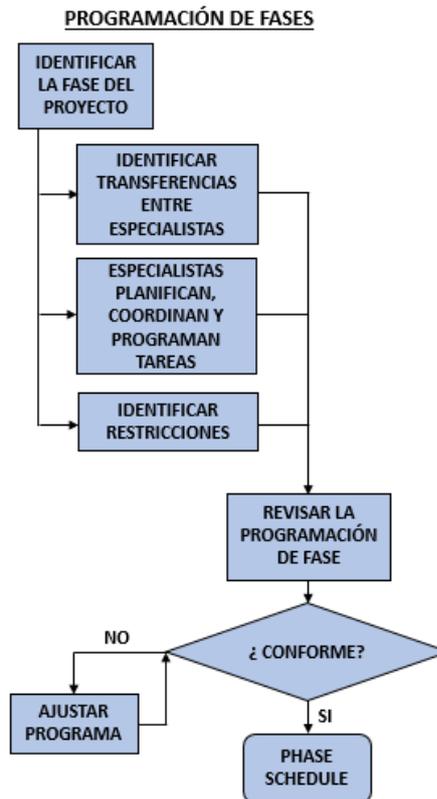


Figura N°3.7 Proceso de la programación de fases
Fuente: Adaptado de Hamzeh F. (2009)

Asimismo, se recomienda generar una agenda de reunión de planificación colaborativa antes de realizar la planificación colaborativa con los involucrados del proyecto.

3.3.2.3 Desempeño

En este tercer escenario se realiza un Plan Intermedio (LAP), luego de haber desarrollado un Programa de Fases, como táctica para la asignación de tareas a ejecutar en las siguientes semanas. Tareas que posteriormente serán llevadas a un plan de trabajo semanal, siempre y cuando se encuentren listas para su ejecución. Para ello, se recomienda seguir el proceso de la Figura N°3.8:

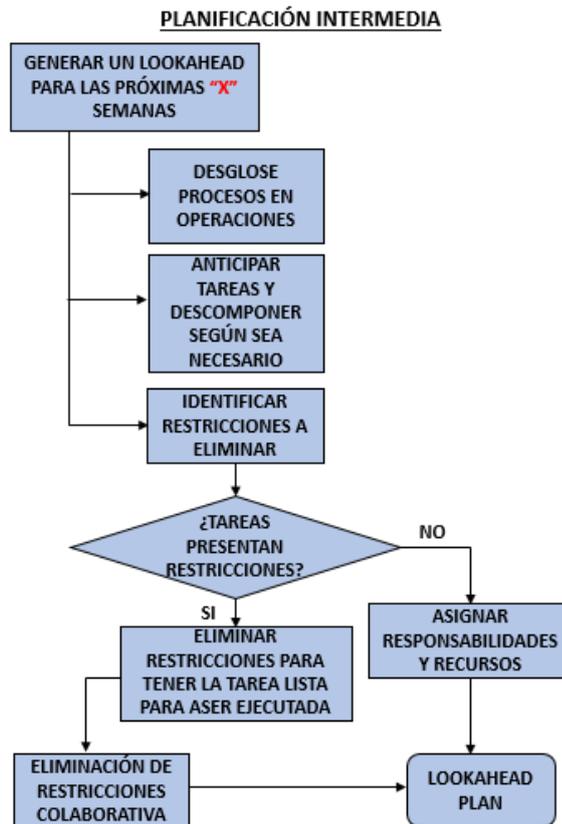


Figura N°3.8 Proceso de la planificación intermedia
Fuente: Adaptado de Hamzeh F. (2009)

La importancia del proceso de la Planificación Intermedia recae en el compromiso de todo el equipo de trabajo para eliminar las restricciones existentes, entendidas como algo que impide el inicio, ejecución y término de cualquier tarea, para así poder tener una mayor cantidad de tareas listas a para ser ejecutadas y asignarlas en un Plan Semanal (WWP).

Un comentario interesante es el realizado por Pimentel A. (2016):

El uso del Sistema Last Planner (LPS) se reduce en la etapa de acabados ya que los equipos de obra se dedican, por un lado, a gestionar la finalización del diseño por falta de especificaciones en el alcance, y por el otro, a presionar a los subcontratistas para terminar el proyecto en la fecha ofrecida al cliente (p.1).

Pero, sabemos que la realidad actual es otra y esto no ocurre solo en dicha etapa, sino generalmente en todo el proyecto.

Es por ello que se propone llevar a cabo tres etapas claves antes de la ejecución de cualquier tarea, buscando tener una mayor probabilidad de cumplimiento: A. La validación del diseño del producto, B. El aseguramiento del proceso y C. El compromiso con la ejecución, ver Figura N°3.9.

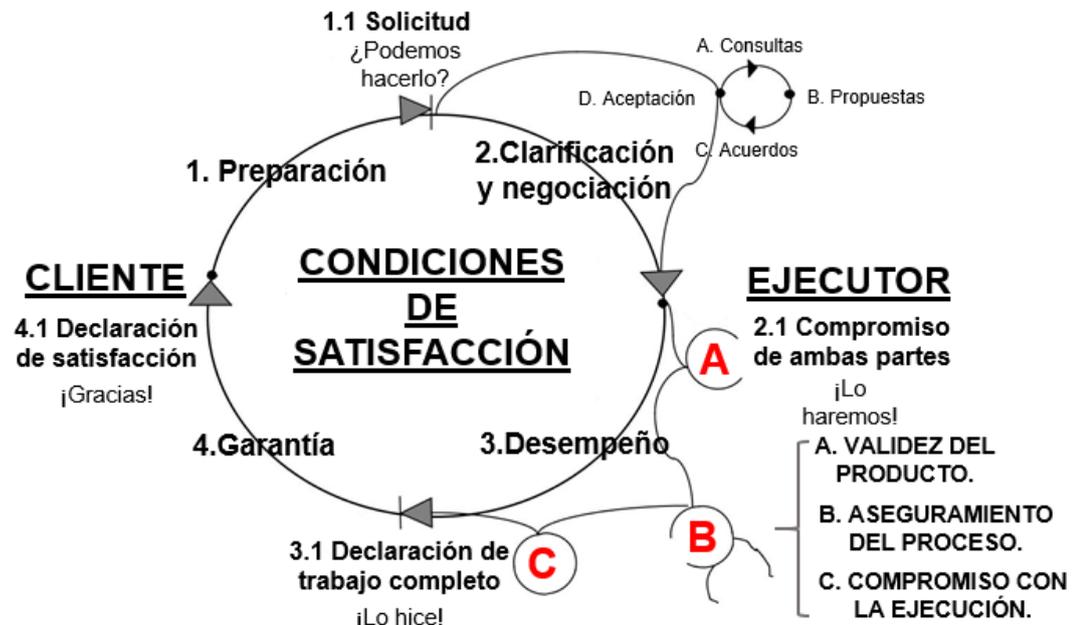


Figura N°3.9 Tres puntos vitales antes de la ejecución de cualquier tarea.
Fuente: Adaptado de Howell G., Macomber H., Koskela L. & Draper J. (2004) & Mossman A. (2017)

Se plantea trabajar con un Plan Intermedio (LAP) de 3 semanas, una mayor cantidad de semanas sería muy incierta. Cada uno de estos puntos tiene una semana, como plazo máximo, para ser realizados. Por ejemplo: en la semana 1 se pueden realizar ambos puntos o en semana 1 se realiza el punto A y en la semana 2 el punto B o ambos puntos pueden comenzar en la semana 1 y realizarse en la semana 2 o en la segunda semana se pueden realizar ambos, etc.

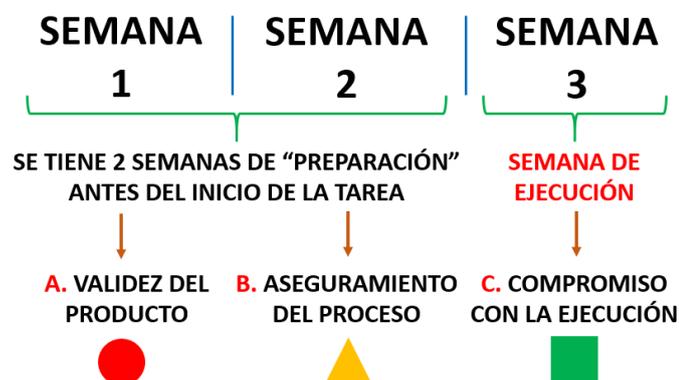


Figura N°3.10 Plan intermedio de tres semanas
Fuente: Elaboración Propia

De tal manera que se tendrá un Plan Intermedio de 3 semanas (LAP 3W), con un par de semanas antes del inicio de la primera semana de ejecución. En el inicio de las semanas I y II, semanas antes de la ejecución, se proyecta el Plan Semanal (WWP) para la semana N°01 y semana N°02. Luego al término de la semana II, se realiza el primer LAP 3W de la semana N°01 a la semana N°03, de donde se desprende el WWP de la semana N°01 y el WWP proyectado de la semana N°03 y así sucesivamente como lo muestra la siguiente figura:

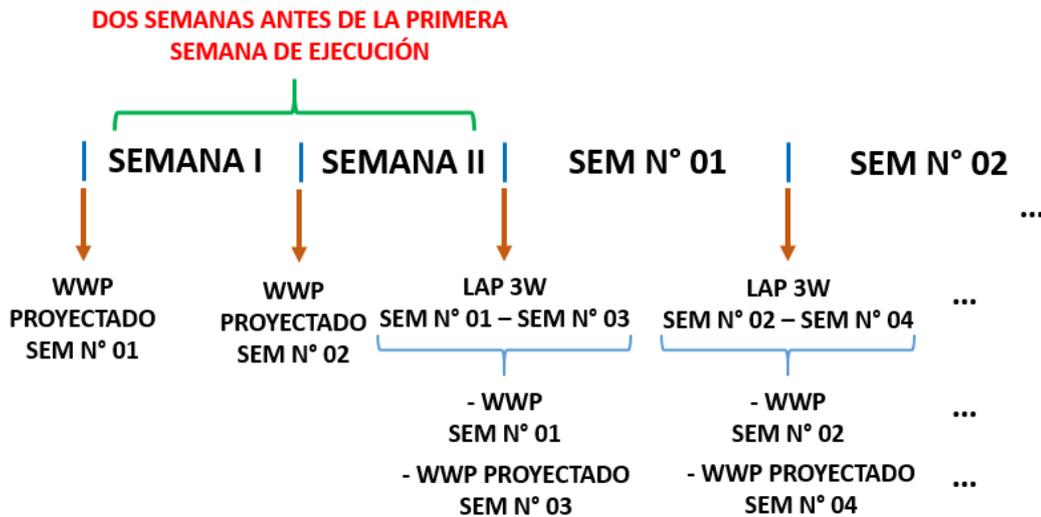


Figura N°3.11 Explicación del LAP 3W con dos semanas antes de la ejecución
Fuente: Elaboración Propia

La siguiente figura muestra el proceso combinado:

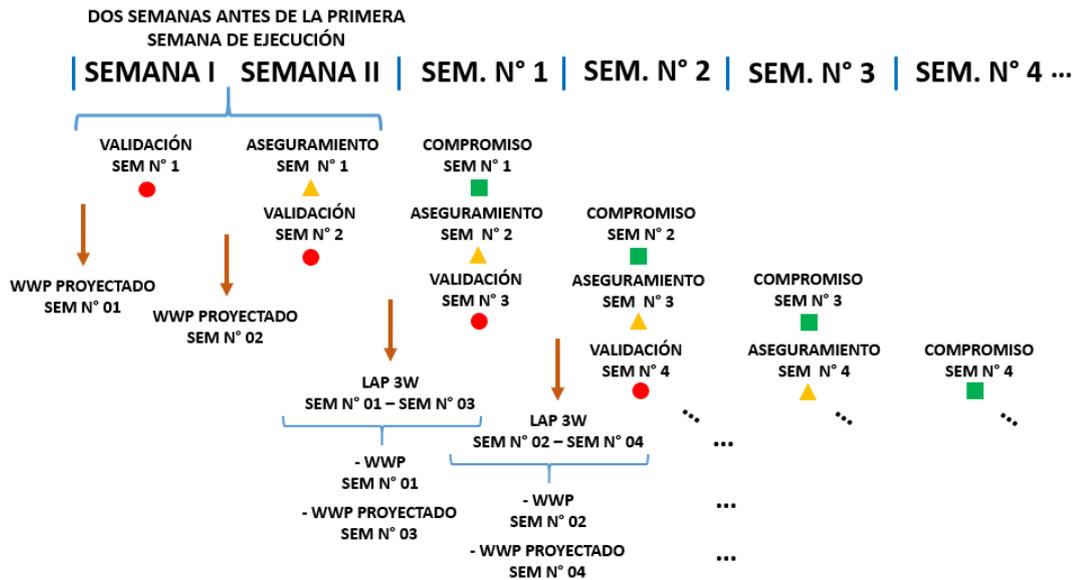


Figura N°3.12 Proceso combinado
Fuente: Elaboración Propia

Volviendo a lo anterior, la primera etapa formada dentro del escenario de desempeño, ver Figura N°3.9, es la validación del diseño del producto. La siguiente figura muestra el nuevo flujo de compromisos formado en esta etapa:



Figura N°3.13 Flujo de compromisos para la validación del diseño del producto
Fuente: Adaptado de Howell G., Macomber H., Koskela L. & Draper J. (2004) & Mossman A. (2017)

Se puede observar que en la Figura N°3.13, con respecto a la Figura N°3.4, se invierten los roles del cliente y el ejecutor. Si bien la responsabilidad del diseño del producto y su validación depende de la parte ingenieril, el jefe de la subcontrata debe tener la suficiente confianza y proactividad para solicitar validar el diseño del producto antes de la ejecución de los trabajos.

Los jefes de la subcontrata tienen el deber de estar al tanto de la planificación colaborativa realizada en las primeras dos etapas. Es por ello que con la finalidad de involucrarlos más con la ejecución de los trabajos, es que se les hace responsables de solicitar realizar la validación al inicio de cada primera semana, como se puede observar en la Figura N°3.12. Lo cual no significa que la parte ingenieril se desliga de la responsabilidad, sino que se va creando una cultura de responsabilidad por ambas partes.

Para ello, ya se debe tener el diseño del producto aprobado, las tareas a ejecutar, sus detalles y el lugar de ejecución. La siguiente figura explica la estructura del flujo de compromisos en el desarrollo de la validación del diseño del producto:

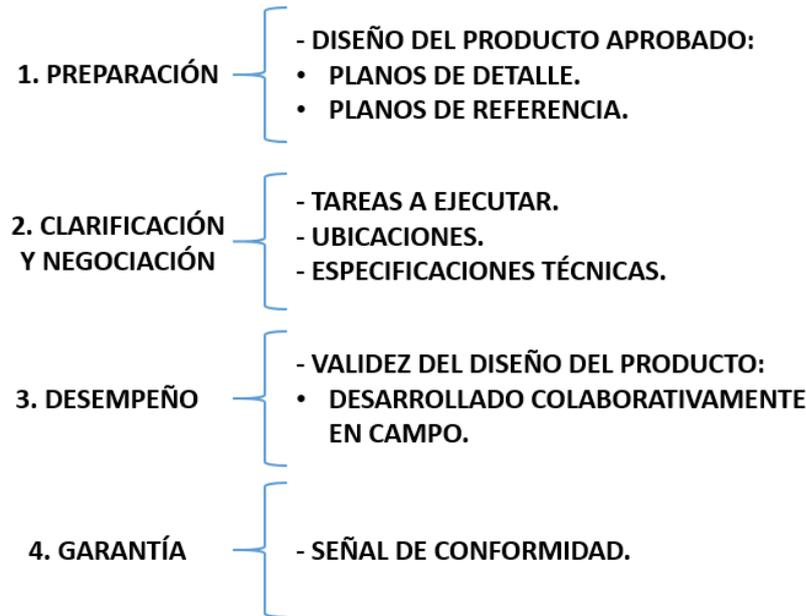


Figura N°3.14 Estructura del flujo de compromisos para la validación del diseño del producto
Fuente: Elaboración Propia

Luego, en la segunda etapa, el aseguramiento del proceso constructivo², vuelven a invertirse los roles del cliente y ejecutor.

Aquí se tienen dos objetivos, el primero es que el jefe del subcontratista demuestre que realmente comprendió todo acerca de los trabajos a ejecutar. Para ello, debe ser capaz de responder dos preguntas: 1. ¿Qué necesito saber antes de iniciar la ejecución de una tarea?, pregunta que se puede responder al utilizar la herramienta 5W+H, ver 3.4.4 5W+H, y 2. ¿Tengo todo listo para poder ejecutarla?, pregunta que se puede responder al identificar previamente los flujos secundarios o restricciones que posee la tarea.

El segundo objetivo es decidir, aclarar o retroalimentar cómo se llevará a cabo el proceso constructivo, antes de la ejecución de los trabajos, con la finalidad de trabajar de la manera más eficiente posible.

La siguiente figura explica la estructura del flujo de compromisos en el desarrollo del aseguramiento del proceso:

² Los procedimientos constructivos son las reglas diseñadas por el proyectista y las normas vigentes para realizar una actividad en construcción con el fin de obtener productos según las especificaciones. Todo el proceso constructivo está influenciado por tres factores principales: la mano de obra, los materiales y los equipos o máquinas (Ramírez A., 2014, p.30).

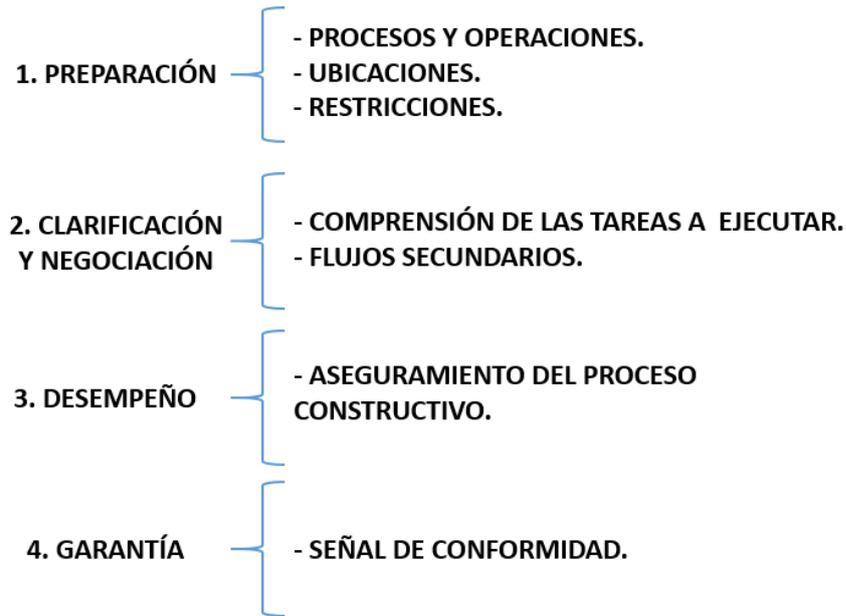


Figura N°3.15 Estructura del flujo de compromisos para el aseguramiento del proceso
Fuente: Elaboración Propia

Por último, la tercera etapa es el compromiso con la ejecución. Aquí también cambian los roles de cliente y ejecutor, similar a la Figura N°3.4, luego de ya haber validado el diseño del producto y haber asegurado el proceso.

En esta etapa es donde se acepta el compromiso de ejecutar las tareas. Para ello antes de aceptar el compromiso y con la finalidad de aumentar la probabilidad de cumplimiento, se debe realizar una verificación que permita conocer si la tarea está lista para ser ejecutada.

La verificación de tener la tarea lista para ser ejecutada consiste en chequear o verificar que se cuente con los flujos secundarios, identificados en el aseguramiento del proceso, para dar continuidad al flujo de trabajo antes de aceptar su ejecución.

Como parte ingenieril podemos saber que todo está listo para poder ejecutar la tarea, pues estas tareas fueron trasladadas al Plan Semanal (WWP) sin ninguna restricción, pero el ejecutor también debe tener conocimiento de ello antes de comprometerse a ejecutar lo acordado.

La siguiente figura explica la estructura del flujo de compromisos en el desarrollo del compromiso con la ejecución:

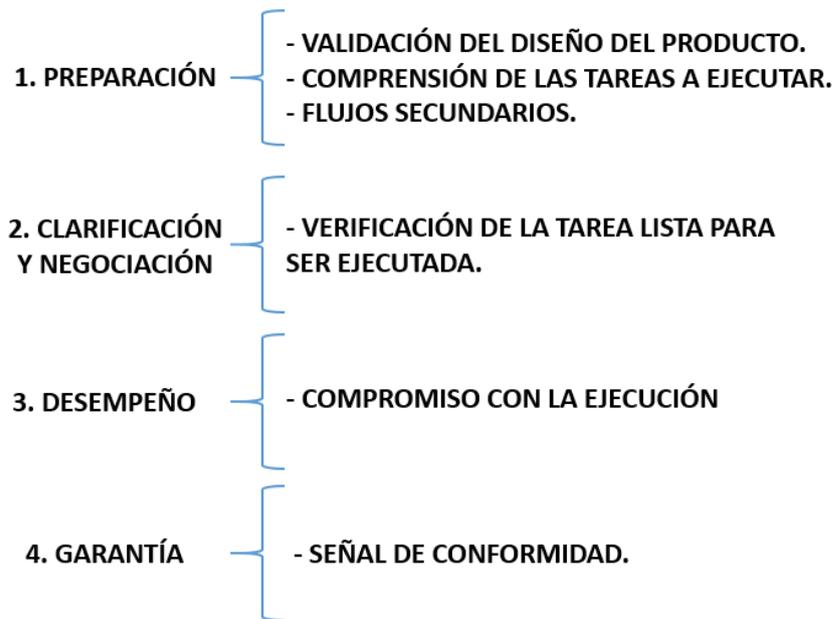


Figura N°3.16 Estructura del flujo de compromisos para el compromiso con la ejecución
Fuente: Elaboración Propia

3.3.2.4 Garantía

El pasar por los tres escenarios del flujo de compromisos antes de llegar a la garantía, incluyendo las tres etapas que pertenecen al desempeño, brinda una mayor probabilidad de cumplir con lo planificado. Es decir, se asegura el compromiso y su cumplimiento para al final, realizar una declaración de satisfacción por parte tanto del cliente como del ejecutor.

Por otro lado, los resultados deben ser evaluados, con miras a una mejora continua, tanto si estos han sido positivos o no. Para ello se recomienda desarrollar un análisis de confiabilidad de todo lo ejecutado anteriormente.

3.3.3 Análisis de Confiabilidad

Para cuantificar los resultados obtenidos y su evolución semana a semana, se realizará un análisis de confiabilidad haciendo uso de indicadores relacionados al Sistema Last Planner (LPS): Tarea Anticipada (TA), Tarea Lista para ser Ejecutada (TMR) y Porcentaje del Plan Cumplido (PPC), indicadores definidos en el capítulo II.

Con respecto a los indicadores propios del proceso de identificar y eliminar restricciones, se tiene a la Tarea Anticipada (TA) y a la Tarea Lista para ser Ejecutada (TMR). El primero indica la relación entre lo que se anticipó hacer sobre lo que se planificó hacer. Siguiendo la Figura N°3.17, para la primera semana de ejecución (Sem N°01), indica la relación de las tareas que se programaron ejecutar en el Plan Semanal (WWP) de la Sem N°01 a partir del WWP proyectado de la Sem N°01, sobre el total de tareas que se programaron ejecutar en el WWP de la Sem N°01.

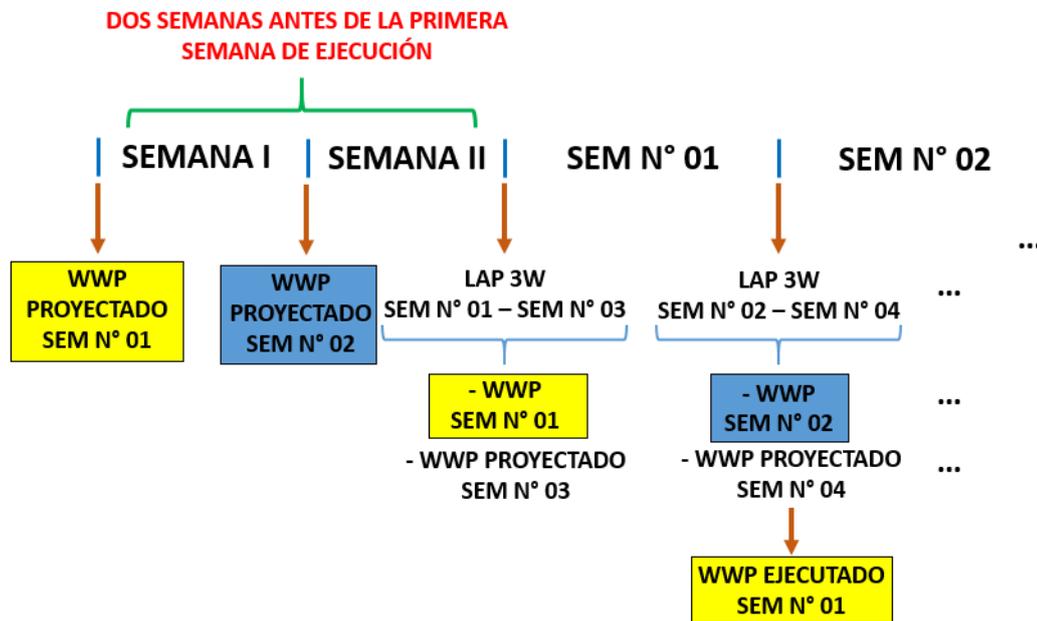


Figura N°3.17 Análisis de confiabilidad de un LAP 3W con dos semanas antes de la ejecución
 Fuente: Elaboración Propia

Mientras que la Tarea Lista para ser Ejecutada (TMR) indica la relación entre lo que se anticipó hacer e hizo sobre lo que se debió hacer. Siguiendo la Figura N°3.17, para la primera semana de ejecución (Sem N°01), indica la relación de las tareas que pertenecen al WWP ejecutado Sem N°01 y a su vez al WWP proyectado Sem N°01, sobre el total de tareas del WWP proyectado Sem N°01.

Por otro lado, se tiene el Porcentaje del Plan Cumplido (PPC) como indicador de confiabilidad, el cual indica la relación de lo que hizo sobre lo que se planificó hacer. Siguiendo la Figura N°3.16, para la primera semana de ejecución, Sem N°01, indica la relación de las tareas que pertenecen al WWP ejecutado Sem N°01 sobre el total de tareas del WWP Sem N°01.

Cabe resaltar, que tanto para el TA y TMR se está considerando que se tienen dos semanas antes de la primera semana de ejecución, como se puede observar en la Figura N°3.17, para poder realizar la validación del diseño del producto y el aseguramiento del proceso y posteriormente, en la semana de ejecución, el compromiso con la ejecución, ver Figura N°3.12. A continuación, para un mejor entendimiento, se presentan ejemplos numéricos de estos indicadores:

3.3.3.1 Tarea Anticipada (TA) y Tarea Lista para ser Ejecutada (TMR)

La siguiente figura muestra el cálculo del TA y el TMR para la semana N°01 en base a la Figura N°3.17, donde se tiene: (a) Un Plan Semanal (WWP) proyectado a dos semanas la ejecución (WWP proyectado Sem N°01); (b) Un WWP al comienzo de la semana de ejecución (WWP Sem N°01), y (c) Un WWP ejecutado al final de la semana (WWP ejecutado Sem N°01).

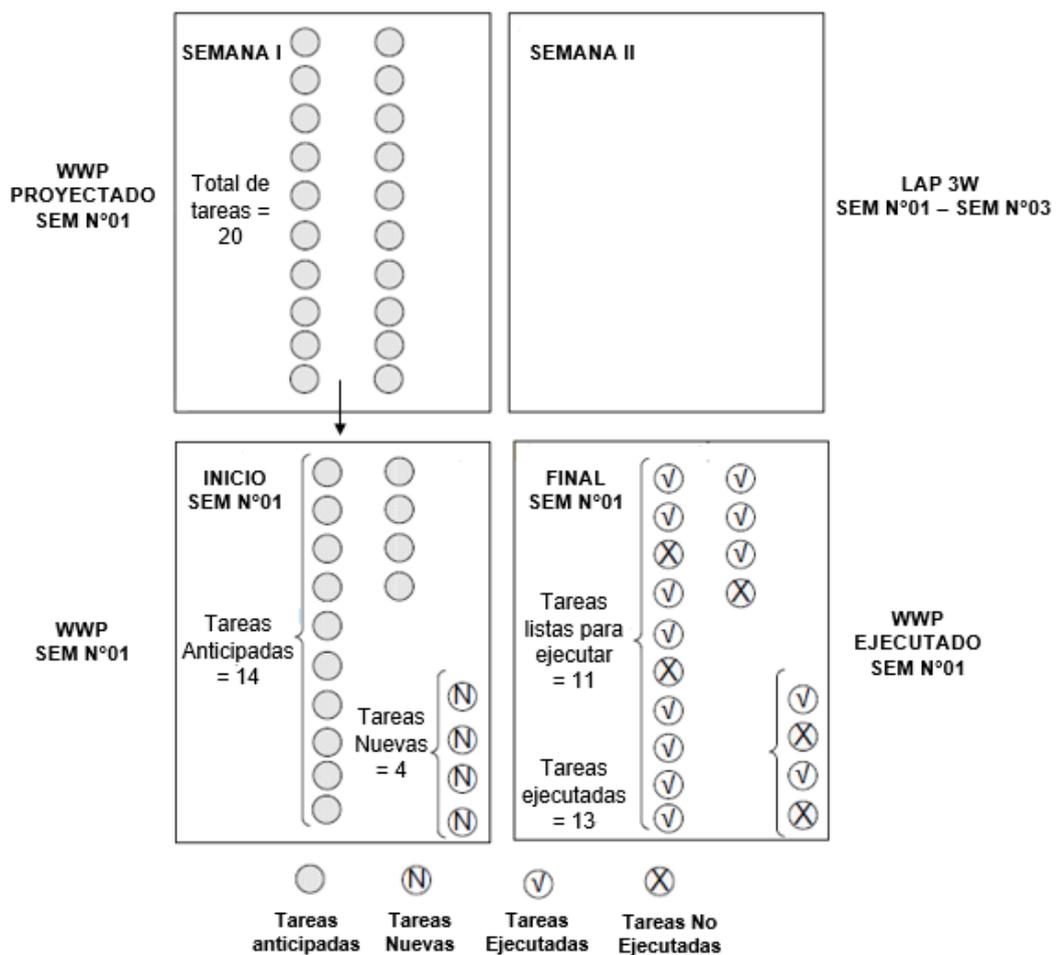


Figura N°3.18 Cálculo de los indicadores Tarea Anticipada (TA), Tarea Lista para ser Ejecutada (TMR) y Porcentaje de Plan Cumplido (PPC)

Fuente: Adaptado de Hamzeh F. (2009)

Dividiendo el número de tareas completadas en el WWP ejecutado Sem N°01 (13) por aquellas planificadas (18), se tiene un PPC de 72%. Examinando el WWP Sem N°01, se observa que fuera de 18 tareas que hicieron su camino hacia el WWP, solo 14 fueron anticipadas con éxito del WWP proyectado Sem N°01.

Estas tareas anticipadas exitosamente en el WWP Sem N°01 resultan en un TA de 78%. Al comparar el WWP proyectado Sem N°01 y el WWP ejecutado Sem N°01 se desprende que de las 20 tareas que se debieron ejecutar, solo se han completado o realizado 11, pues 2 son nuevas, resultando un TMR de 55%.

3.3.3.2 Porcentaje del Plan Cumplido (PPC)

Un cálculo del Porcentaje del Plan Cumplido (PPC) se vio en el ejemplo de la Figura N°3.18, donde el número de tareas completadas al término de la semana de ejecución fueron 13 y las programadas en el WWP fueron 18, con lo cual se obtiene un PPC de 72%. Un porcentaje bajo comparado con el 80% a más que se debería tener para poder reflejar una buena gestión de obra en torno al Sistema Last Planner (LPS), siempre y cuando este resultado sea acorde con los valores numéricos obtenidos de TA y TMR.

Es necesario reconocer que, no basta con conocer el valor del PPC. Este indicador debe trabajar de la mano con el TA y TMR. Pues, estos otros dos indicadores brindan un mayor conocimiento del avance de obra y su relación con el plan maestro, que es lo que verdaderamente importa. Con lo cual al observar primero el TA y TMR y posteriormente el PPC, se puede tener un mejor análisis de lo que refleja este resultado.

Por otro lado, también es necesario mencionar, que usualmente se trabaja con el PPC acumulado, en la presente tesis no se trabajará con ello. El cual muestra la evolución del PPC a lo largo de las semanas, es decir el PPC acumulado de la semana "X" es, es el porcentaje del total de tareas acumuladas realizadas hasta la semana "X" con respecto al total de tareas acumuladas programadas hasta la semana "X".

En la siguiente tabla se puede apreciar un ejemplo:

Tabla N°3.3 Ejemplo de cálculo del indicador Porcentaje del Plan Cumplido (PPC)
Fuente: Elaboración Propia

SEMANA N°	TAREAS PROGRAMADAS		TAREAS REALIZADAS		PPC	
	EN LA SEMANA (TP1)	ACUMULADAS (TP2)	EN LA SEMANA (TR1)	ACUMULADAS (TR2)	SEMANAL (TR1/TP1)	ACUMULADO (TR2/TP2)
SEM 01	12	12	10	10	83.3%	83.3%
SEM 02	5	17	4	14	80.0%	82.4%
SEM 03	7	24	6	20	85.7%	83.3%
SEM 04	10	34	7	27	70.0%	79.4%
SEM 05	14	48	10	37	71.4%	77.1%
SEM 06	20	68	14	51	70.0%	75.0%
SEM 07	23	91	19	70	82.6%	76.9%
SEM 08	16	107	13	83	81.3%	77.6%
SEM 09	24	131	23	106	95.8%	80.9%

De igual forma, la siguiente gráfica permite observar el PPC y PPC acumulado de las semanas analizadas:

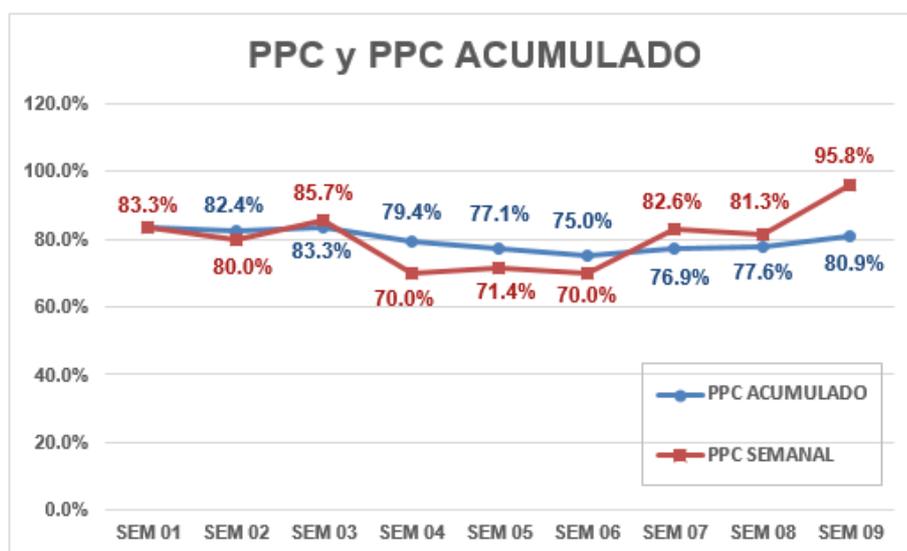


Figura N°3.19 Gráfica del Porcentaje de Plan Cumplido (PPC) simple y acumulado
Fuente: Elaboración Propia

3.3.3.3 Causas de No Cumplimiento (CNC)

Al seguir el modelo de gestión de compromisos a implementar, como se puede observar en la Figuras N°3.5 y/o en la Figura N°3.12, las tareas programadas en una semana de ejecución pasan por varios escenarios que permiten aumentar la probabilidad de tener una planificación más confiable.

Por lo cual, en el caso del no cumplimiento de una tarea no solo se deben analizar las tareas programadas en el Plan Semanal (WWP), sino todas las tareas que para esas fechas tenían programada su ejecución.

Por ejemplo, siguiendo la Figura N°3.18, se puede observar que solo 14 tareas fueron anticipadas en el WWP de un total de 20 que debían ser ejecutadas.

A su vez, se observa que del total de tareas anticipadas solo se logró ejecutar las tareas que estaban listas para ser ejecutadas (11), es decir se programaron 3 tareas que no estaban listas para ser ejecutadas y que probablemente en la semana de ejecución serían liberadas, pero esto no ocurrió.

Es por ello que en búsqueda de tener una mayor confiabilidad en los WWP y no volver a cometer los mismos errores, se pretende realizar un análisis de las Causas de No Cumplimiento (CNC) que no permitieron que la totalidad de las tareas den el salto al WWP y a su vez sean ejecutadas (algunas de las CNC más comunes en proyectos de construcción se pueden observar en la Figura N° 2.5)

Con ello se tendrá un mayor conocimiento de cuál fue la causa, aunque solo a primera impresión, que conllevó a no cumplir el compromiso acordado. La siguiente tabla muestra los códigos de las CNC a utilizar:

Tabla N°3.4 Códigos de las Causas de No Cumplimiento (CNC)
Fuente: Adaptado de Ballard G. & Hamzeh F. (2007)

CÓDIGO	SIGNIFICADO	DESCRIPCIÓN
PROG	Programación	Tarea programada sin pasar por el flujo de compromisos.
ING	Parte ingenieril.	Falta de información (planos actualizados, detalles, especificaciones técnicas, permisos, etc.).
CLI	Cliente	Cambios de diseño y falta de respuesta a tiempo de las consultas realizadas.
INS	Insumos	Falta de materiales, equipos y/o herramientas.
EJE	Ejecución	Trabajos incompletos, bajo rendimiento de personal, inasistencias, etc.
ESP	Espacio	Lugar de trabajo inaccesible.
EXT	Condiciones Externas	Condiciones climáticas imprevistas, terremotos, huelgas, etc.

Pero el análisis no termina ahí, pues si bien se conoce la causa que llevó a no lograr cumplir el compromiso acordado, es necesario conocer más a fondo las razones que conllevaron al no cumplimiento, es decir, identificar la causa principal y el escenario donde ocurrió la raíz del problema (preparación, clarificación y negociación, desempeño o garantía). Solo de esta manera, se podrá tomar las acciones correctivas correspondientes y proponer soluciones que deben ser integrales no reactivas.

La razón que primero es aparente puede de hecho ser una consecuencia de otras acciones y eventos que tuvieron lugar en el proyecto. Se debe llegar al origen de la cadena de acción o evento para aprender cómo se pueden evitar las fallas repetidas. El objetivo no es culpar a ningún individuo, sino ayudar a las personas a entender cómo un cambio en su acción podría ayudar a prevenir fallas futuras del plan (Ballard G. & Hamzeh F., 2007, p.45).

Una técnica muy útil para dicho fin es la llamada 5 Why's, la cual se presenta a continuación:

a. 5 Why's

La siguiente tabla muestra un ejemplo de aplicación de los 5 Why's³:

Tabla N°3.5 Identificación de la causa principal utilizando la técnica de los 5 Why's
Fuente: Elaboración Propia

PROBLEMA	El SC1 no logró cumplir con la tarea asignada.
¿Por qué?	No se programaron las tareas a realizarse en la zona de trabajo.
¿Por qué?	El Jefe de Producción no conversó con los 3 subcontratistas, que laboran en la misma zona, sobre las tareas a realizarse.
¿Por qué?	No se tenía conocimiento de las tareas a realizarse en la semana.
¿Por qué?	No se llevó a cabo la reunión de subcontratistas en la fecha pactada.
¿Por qué? (CAUSA PRINCIPAL)	A la hora de la reunión hubo un accidente grave en la Torre 5
ACCIONES CORRECTIVAS	En caso de eventos fortuitos, reprogramar la reunión, a más tardar, para el día siguiente y a la misma hora.

³ Técnica desarrollada y perfeccionada por Taiichi Ohno (1978) para la resolución de problemas, la cual se basa en repetir sucesivamente, al menos cinco veces, por qué para llegar a conocer la causa raíz de los problemas.

3.3.3.4 Grado de No Cumplimiento (GNC)

En relación a la confiabilidad del Sistema Last Planner (LPS), una buena gestión de una obra se refleja si se mantiene un porcentaje de confiabilidad (PPC) mayor a un 80% (Ferris B., 2014) y se posee una correcta relación de este indicador con la Tarea Anticipada (TA) y Tarea Lista para ser Ejecutada (TMR) (Hamzeh F., 2009).

Por otro lado, el Grado de No Cumplimiento (GNC) se presenta como un indicador de confiabilidad que hace referencia al escenario del no cumplimiento del levantamiento de restricciones de ciertas tareas que no permitieron ejecutar tareas subsiguientes. Muestra el porcentaje de tareas que no fueron realizadas en la semana de ejecución, es decir, el 100% menos el valor del PPC.

Este indicador pretende analizar el impacto económico del no cumplimiento de las restricciones en base a la gestión de compromisos llevada a cabo tomando como meta obtener un PPC de 80%, es decir, tener un GNC con el 20% de tolerancia permitido (100% - PPC).

A modo de ejemplo, la figura N°3.20 muestra distintos valores de PPC obtenidos en el transcurso de trece semanas con un análisis sobre el 80%. Mientras que la Figura N°3.21 muestra el cálculo del GNC en relación a las mismas trece semanas teniendo en cuenta el 20% de tolerancia aceptado.

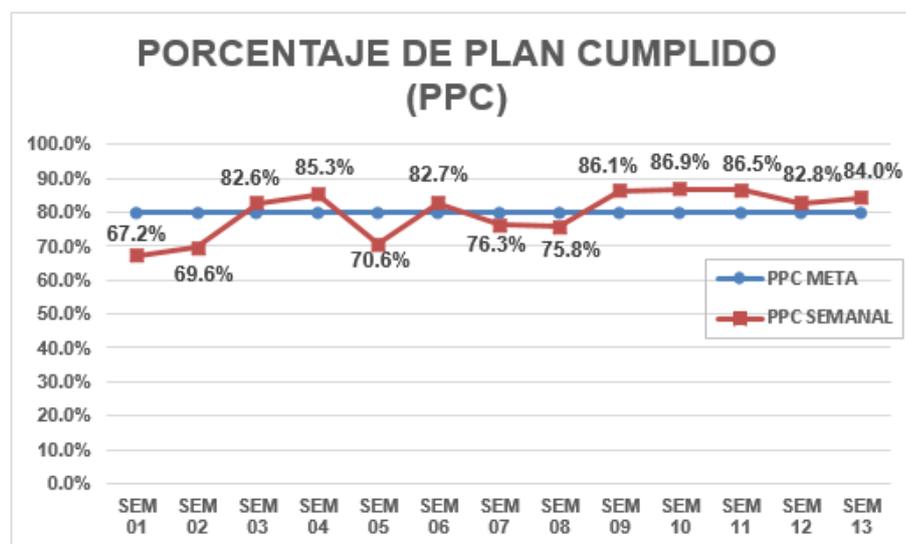


Figura N°3.20 Ejemplo de distintos valores de PPC en 13 semanas
Fuente: Elaboración Propia

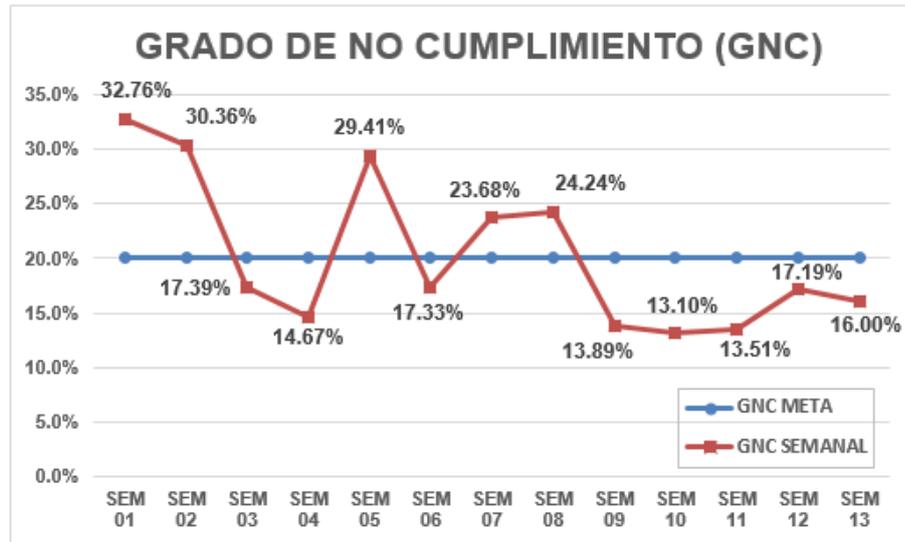


Figura N°3.21 Ejemplo de cálculo del Grado de No Cumplimiento (GNC)
Fuente: Elaboración Propia

Es decir, para poder analizar el impacto económico se debe comparar el GNC semanal con la tolerancia del 20%. Por ejemplo, si con la gestión que se pretende llevar a cabo en la presente tesis se logra establecer un PPC semanal de 95%, se estaría obteniendo un aumento de confiabilidad de un 15%, ya que si no se llevara a cabo dicha gestión se debería obtener normalmente un 80% de confiabilidad.

Es así que el obtener valores menores a la tolerancia representa que se está obteniendo valores de confiabilidad por encima de lo esperado.

Pero, para poder hablar de cuánto representa ello en términos monetarios, se tendría que cuantificar el cumplimiento de todas las tareas programadas y su dependencia. Es decir, si el 20% del no cumplimiento implica un impacto de “X” soles y suponiendo que se obtuvo ese 95% de confiabilidad, el 5% de no cumplimiento implicaría un impacto de un valor menor a “X” soles a calcular.

Con ello no quiere decir que se ha ahorrado una cierta cantidad de dinero, sino que la gestión realizada ha ayudado a asegurar que dichos costos de no cumplimiento no se den, lo cual es muy distinto a afirmar que se ha tenido un ahorro en términos monetarios. Aun así, la finalidad de ello es tener conocimiento de cuanto representa, pero esta propuesta, escapa del alcance de la presente tesis y aunque se propuso inicialmente, quedará solo en definición y se espera que sea válida para posteriores investigaciones.

3.4 HERRAMIENTAS

Para llevar a cabo un control de producción de subcontratistas de inicio a fin, se necesita definir las tareas a realizar, los entregables en sus condiciones óptimas y utilizar herramientas que permitan mostrar el desarrollo de cada tarea en la programación general del proyecto (Pimentel A., 2016).

En este caso, la gestión de compromisos de subcontratistas hará uso de las siguientes herramientas para facilitar el trabajo de la planificación desarrollada y llevar un seguimiento y control adecuado antes, durante y después de la ejecución de las tareas programadas.

3.4.1 Diagrama de Líneas de Flujo

Flowline o línea de flujo, es un método de programación que se enfoca en el flujo de trabajo dentro del espacio, ubicación o lugar de trabajo y en su tasa de finalización (Kenley R. & Seppänen O., 2009).

Los diagramas de línea de flujo son el medio para visualizar la ejecución de los trabajos en tiempo y ubicación, permiten conocer cómo se están llevando a cabo las tareas programadas (Kenley R. & Seppänen O., 2009), ver Figura N° 6.20.

3.4.2 Reuniones Colaborativas de Planificación

Seppänen O. (2009) menciona que las razones de la poca confiabilidad alcanzada en las programaciones están relacionadas mayormente al proceso social de usar la información. Retrasos y demoras son el resultado, en muchos casos, de la falta de comunicación, colaboración y comprensión entre el contratista principal y sus subcontratistas en referencia al detalle de las labores a realizar y a los recursos necesarios, al no compartir y solucionar abiertamente los problemas existentes durante las reuniones de producción, causando problemas en las zonas de trabajo y el no cumplimiento de las tareas programadas (Caña C., 2011).

La finalidad de llevar a cabo reuniones colaborativas de planificación es que todos los involucrados en el proyecto realicen, de manera conjunta, una planificación para poder ejecutar una o varias fases, que puedan entenderlas y apoyarlas en

base a establecer compromisos confiables con la planificación (Knapp S., Charron R. & Howell G., 2006).

Otro de los beneficios de llevar a cabo esta reunión con todos los involucrados, en especial con los subcontratistas, es que ellos al tener mayor conocimiento y experiencia en las operaciones que realizan, permiten tener una visión más amplia de todo lo que involucra su ejecución, lo cual será de mucha ayuda para establecer duraciones más reales e identificar todo lo necesario para que una tarea esté lista para su ejecución, de manera anticipada (Ballard G., 2000b).

El solo hecho de llevar a cabo “reuniones de trabajo semanales puede generar una red social entre los subcontratistas, mejorando la comunicación, coordinación y la confianza, obteniendo como resultado un mejor flujo de trabajo” (Priven V. & Sacks R., 2013, p.538).

Para ello, una de las técnicas más utilizadas, en dichas reuniones, es la técnica pull. La cual se basa en trabajar desde una fecha fin del objetivo hacia atrás, lo que hace que las tareas sean definidas y secuenciadas para que sean completadas en la fecha de término. Una regla de esta técnica es hacer sólo el trabajo que libera el trabajo a otra persona. Siguiendo esa regla se elimina el desperdicio de sobreproducción, uno de los siete tipos de desperdicios de Taiichi Ohno. Trabajar hacia atrás desde una fecha de finalización elimina el trabajo que se habitualmente se ha hecho pero no añade valor (Ballard G., 2000b, p.1).

De esta manera, todos tendrán pleno conocimiento de lo necesario para poder llevar a cabo la ejecución de los trabajos con éxito, se podrá realizar una programación más sincera y tener promesas más confiables (Macomber H., Howell G. & Reed D., 2005).

3.4.3 Whatsapp

Herramienta ágil utilizada por Cruz J. (2017) para optimizar el flujo de información al trabajar mediante una comunicación colaborativa en tiempo real. Permite mejorar la coordinación, confianza y fortalecer el compromiso de todos los involucrados al informar lo acontecido en obra, resolver problemas de manera

anticipada, identificar restricciones para su inmediato levantamiento, etc. y de esta manera evitar que el flujo de trabajo pare.

Cruz J. (2017) logró establecer un lenguaje estándar para cada situación que podría acontecer en el transcurso de la ejecución de una obra, buscando que todos los involucrados puedan seguir un mismo lenguaje y trabajar bajo una comunicación fluida.

Las siguientes figuras muestran las etiquetas utilizadas en los mensajes, la estructura típica de un mensaje y su respuesta al hacer uso de la herramienta:

#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 N°3.22 Etiquetas de los mensajes
Fuente: Cruz J. (2017)



Figura N°3.23 Estructura de mensaje tipo
Fuente: Cruz J. (2017)



Figura N°3.24 Estructura de respuesta a mensaje tipo
Fuente: Cruz J. (2017)

3.4.4 5W+H

Herramienta que consiste en responder seis preguntas antes de ejecutar alguna tarea y/o para poder resolver algún problema existente (Shingo S., 1988)

En este caso, como parte del aseguramiento del proceso, se utilizará para lo primero con la finalidad de conocer todo lo necesario para la ejecución de las tareas. La siguiente tabla muestra las preguntas a formularse:

Tabla N°3.6 Herramienta 5W+H para la ejecución de tareas
Fuente: Adaptado de Shingo S. (1988)

PREGUNTAS A REALIZAR		ELEMENTO RELACIONADO
1. WHAT	¿Qué se va a ejecutar?	Objeto
2. WHY	¿Por qué se va a ejecutar?	Objetivo
3. WHEN	¿Cuándo se va a ejecutar?	Tiempo
4. WHERE	¿Dónde se va a ejecutar?	Espacio
5. WHO	¿Quién lo va a ejecutar?	Sujeto
6. HOW	¿Cómo se va a ejecutar?	Método

Cabe señalar que esta herramienta también puede ser utilizada con la técnica 5Why's para poder encontrar las causas de no cumplimiento a mayor detalle.

CAPÍTULO IV: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO DE EDIFICACIÓN

El proyecto en el cual se ha llevado a cabo la gestión de compromisos de subcontratistas, como caso de estudio, es el edificio multifamiliar “Piacenza” ubicado en la Av. Octavio Espinoza N° 481 Mz 18 Lt 13 Urb. Santa Mónica, en el distrito de San Isidro, departamento de Lima (cerca al Golf de San Isidro). El propietario es la empresa FERNEJO S.A.C. Mientras que la empresa y contratista encargada de la ejecución es la CONSTRUCTURA INNOVARE S.A.C.

La siguiente figura muestra la ubicación del proyecto y un corte de la sección de la vía principal.

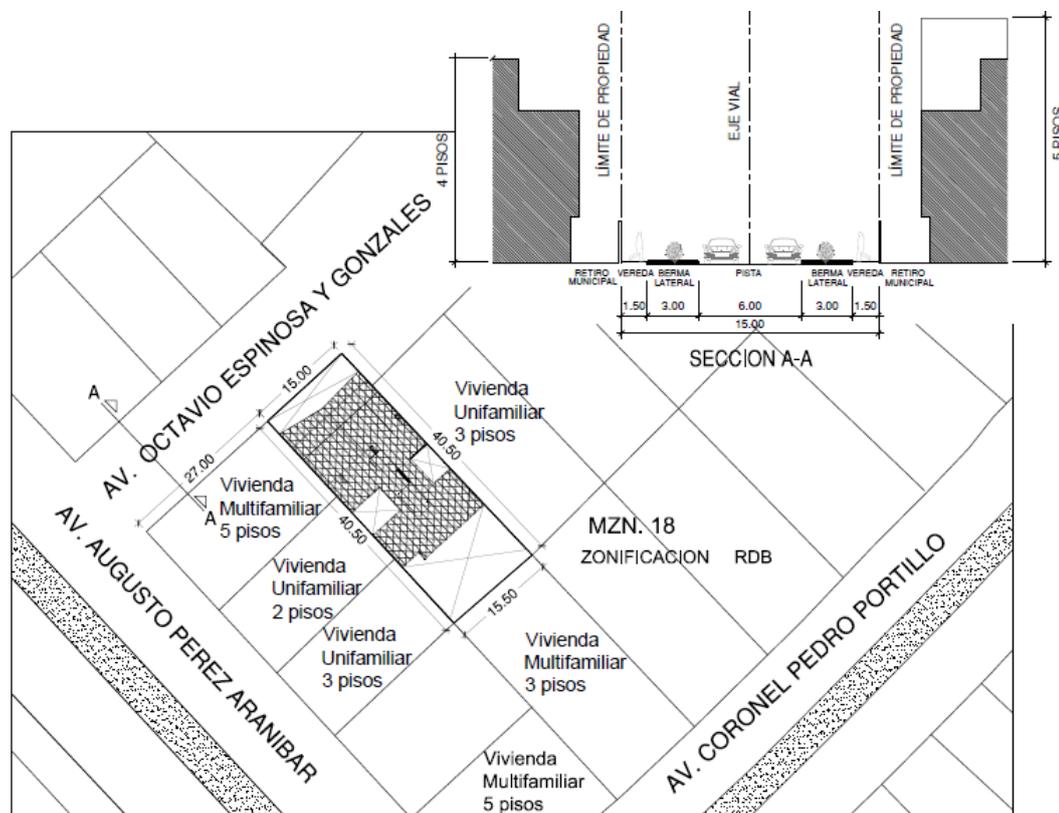


Figura N°4.1 Entorno macro del proyecto Edificio Piacenza
Fuente: Constructora Innovare S.A.C.

4.1 CARACTERÍSTICAS Y ALCANCE DEL PROYECTO

El proyecto es una edificación de albañilería confinada con muros de corte (placas), posee un área de terreno de 616.92 m² y al mes de Octubre del 2017 se encuentra en inicios de la etapa de acabados, instalaciones y equipamiento.

La siguiente tabla muestra los datos generales del proyecto extraídos del plano de localización y ubicación:

Tabla N°4.1 Cuadro comparativo de parámetros del proyecto “Edificio Piacenza”
Fuente: Constructora Innovare S.A.C

CUADRO COMPARATIVO		
PARÁMETROS	NORMATIVO	PROYECTO
USOS	VIVIENDA UNIFAMILIAR, MULTIFAMILIAR	VIVIENDA MULTIFAMILIAR
DENSIDAD NETA MÁXIMA	700 Hab./Ha	25 Hab. / 324.59 Hab./Ha
LOTE NORMATIVO	300 m ²	616.92 m ² (40.5m x 15.5m aprox.)
FRENTE MÍN. NORMATIVO	10.00 ml	15.00 ml
AREA LIBRE RESIDENCIAL	40%	245.64 m ² (39.9%)
ALTURA MÁXIMA	3 PISOS	4 PISOS Y AZOTEA
RETIRO FRONTAL	5.00 ml	3.00 ml
ESTACIONAMIENTO	1 Dpto., 3 Dorm. = 3 Estacionamientos	5 Dptos., 3 Dorm. = 15 Estacionamientos.
	1 Dpto., 2 Dorm. = 3 Estacionamientos	1 Dpto., 2 Dorm. = 3 Estacionamientos.
	1 Dpto., 1 Dorm. = 2 Estacionamientos	1 Dpto., 1 Dorm. = 2 Estacionamientos.
	Visita = 1 Estacionamiento	Visita = 2 Estacionamientos

La edificación multifamiliar posee cuatro niveles, cada nivel posee dos departamentos conectados con un ascensor directo; una azotea (donde existe un tanque de Gas Licuado de Petróleo (GLP) que abastece de gas a las cocinas, termas y secadoras); un semisótano (como lobby de ingreso directo al edificio y primer nivel de estacionamientos), con un ascensor de discapacitados pasando por el hall principal de entrada; y dos sótanos (un primer sótano como segundo nivel de estacionamientos y un segundo que alberga el cuarto de bombas y cisternas).

Los departamentos son flats (Dpto. 102, Dpto. 201, Dpto. 202, Dpto. 301 y Dpto. 401), este último conectado además con una parte de la azotea; dúplex (Dpto. 101 conectado con el semisótano, Dpto. 302 en el 3er y 4to nivel y además conectado con la otra parte de la azotea). Un total de 7 departamentos que poseen 22 estacionamientos, 10 cuartos de depósitos y un cuarto de basura.

A continuación, para tener una mejor idea de la distribución de los departamentos, se muestra el Dpto. 201 y Dpto. 202:

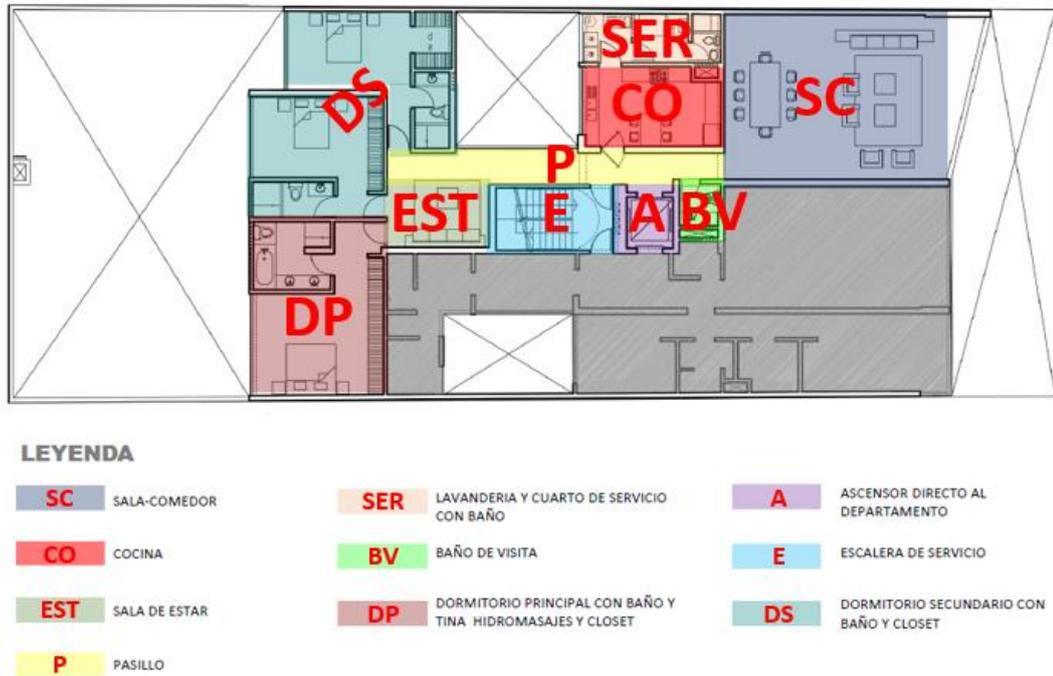


Figura N°4.2 Departamento 201 del Edificio Piacenza
Fuente: Constructora Innovare S.A.C

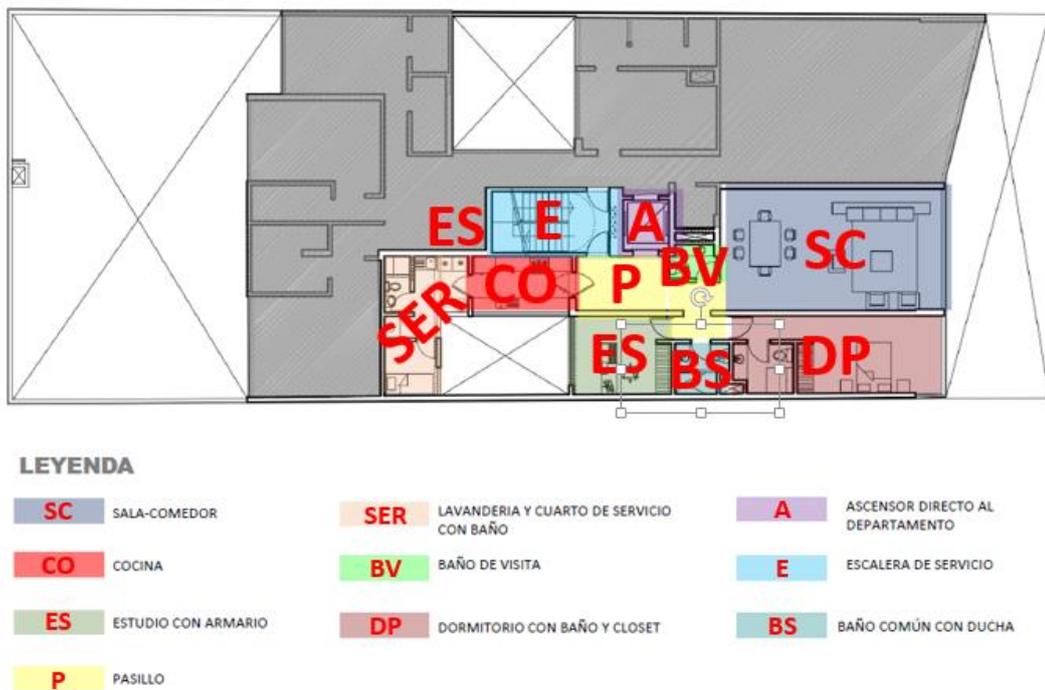


Figura N°4.3 Departamento 202 del Edificio Piacenza
Fuente: Constructora Innovare S.A.C

Cabe señalar que la distribución de ambientes que posee cada nivel del edificio es distinta, excepto los Dptos. 201, 301 y 401.

Es por ello que para poder ubicar, de manera sencilla, un ambiente por piso y departamento se hace conveniente utilizar una codificación, la cual posee las iniciales de cada ambiente, ver Tabla N°4.2, y posee la estructura mostrada en la Figura N°4.4. Para mayor detalle ver el Anexo N°2.

Tabla N°4.2 Iniciales a utilizar en los ambientes de los departamentos
 Fuente: Elaboración propia

AMBIENTE	INICIALES	AMBIENTE	INICIALES
Dormitorio principal	DP	Baño de servicio	BSV
Dormitorio secundario	DS	Sala - comedor	SC
Dormitorio tres	DT	Sala	SA
Dormitorio de servicio	DSV	Cocina	CO
Baño principal	BP	Patio - lavandería	PL
Baño secundario	BS	Estudio	ES
Baño tres	BT	Estar	EST
Baño de visita	BV		

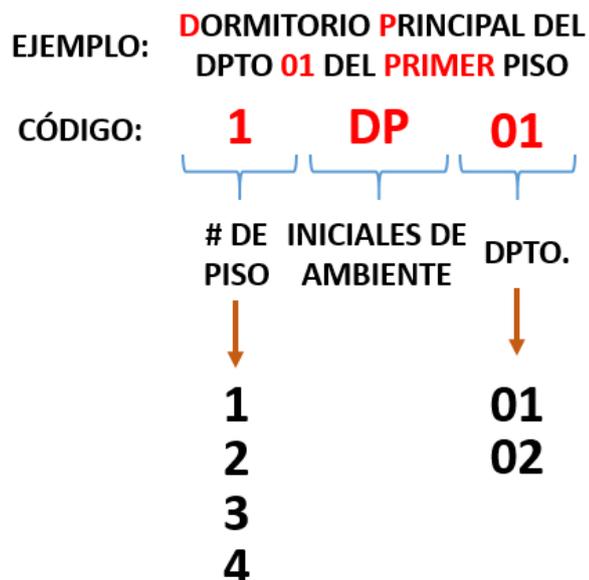


Figura N°4.4 Estructura de la codificación a utilizar
 Fuente: Elaboración propia

A continuación se muestran los planos en planta del proyecto:

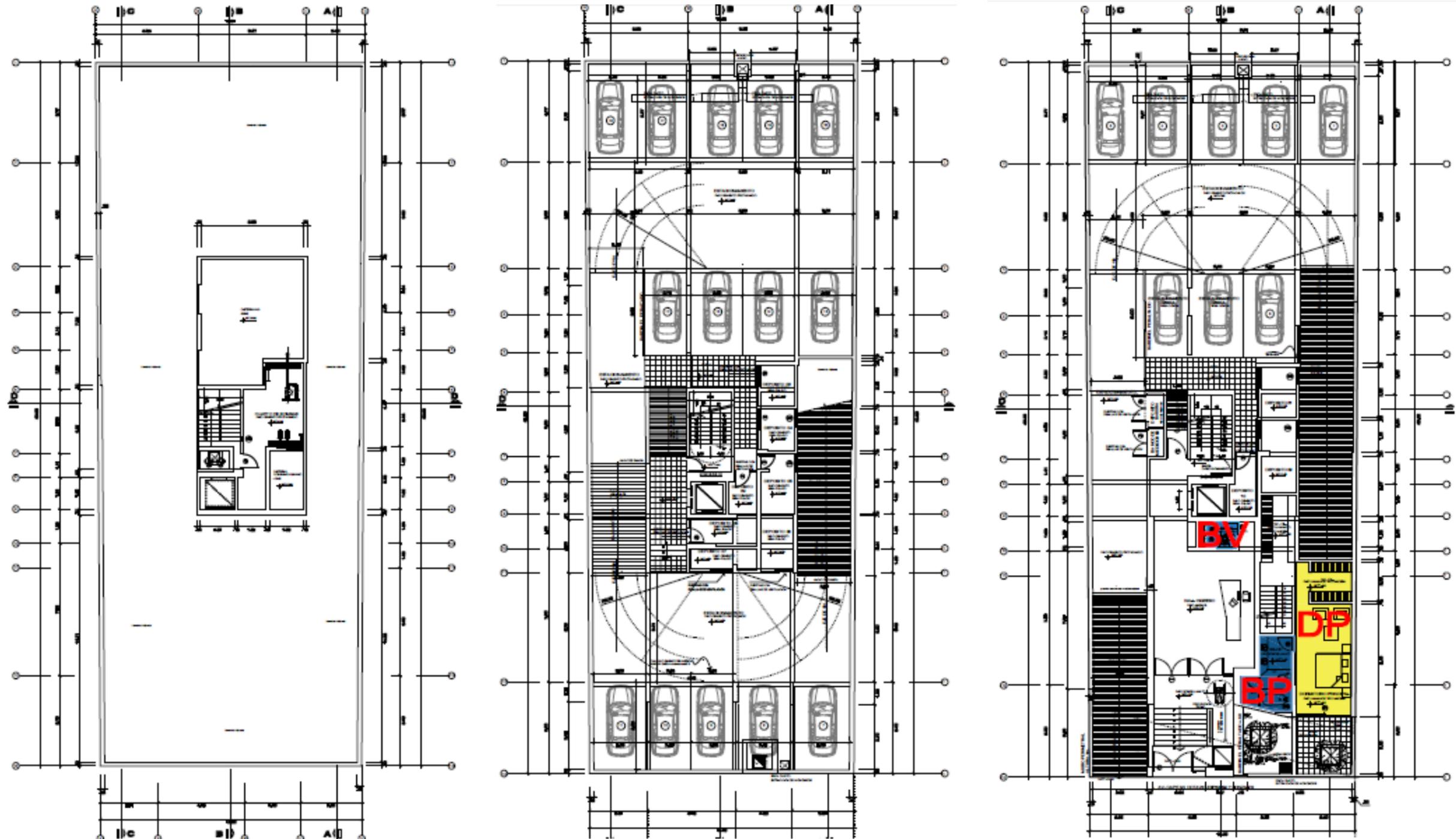


Figura N°4.5 Sótano N°2, Sótano N°1 y Semisótano
Fuente: Constructora Innovare S.A.C

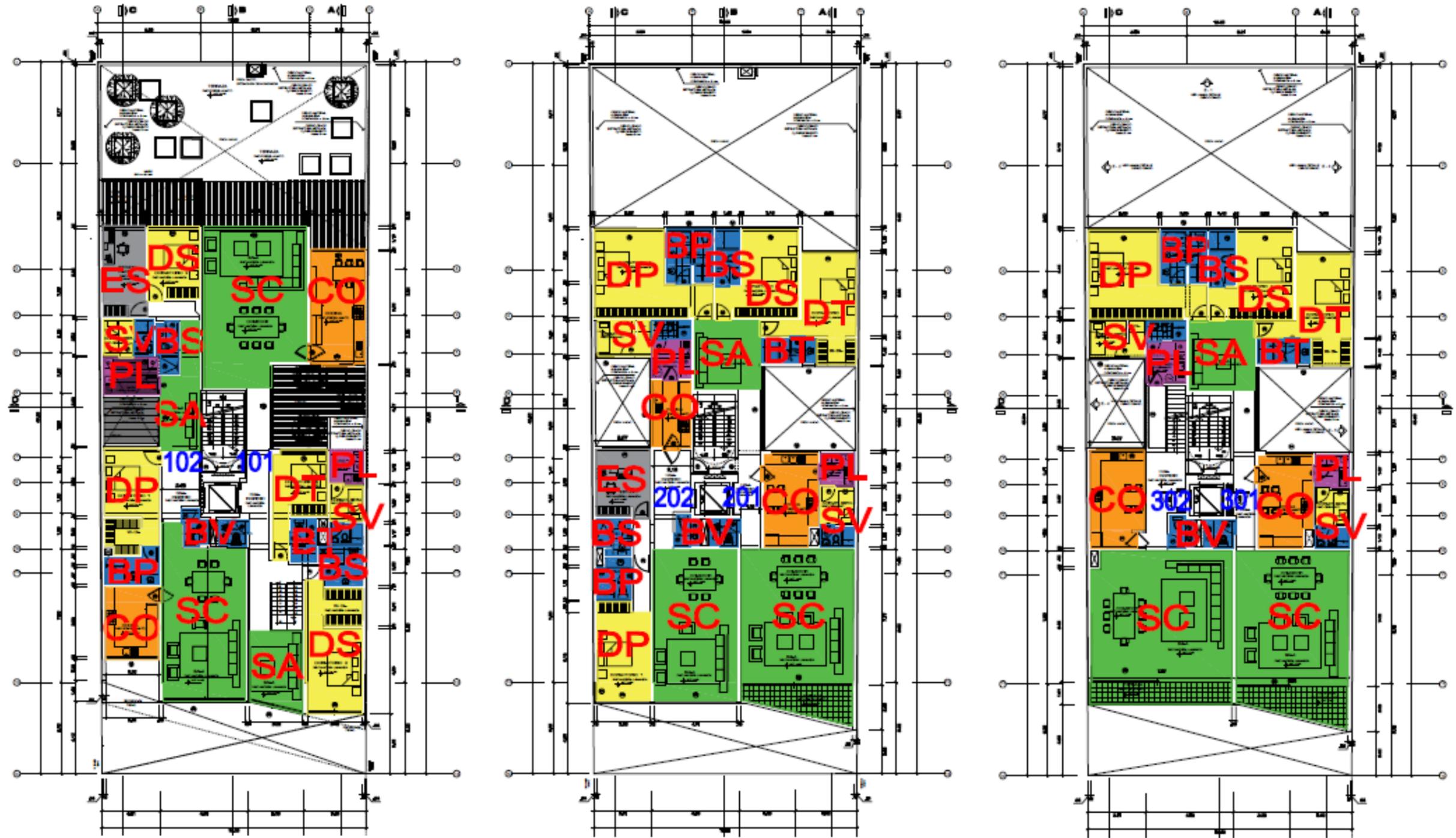


Figura N°4.6 Primer, segundo y tercer nivel
Fuente: Constructora Innovare S.A.C

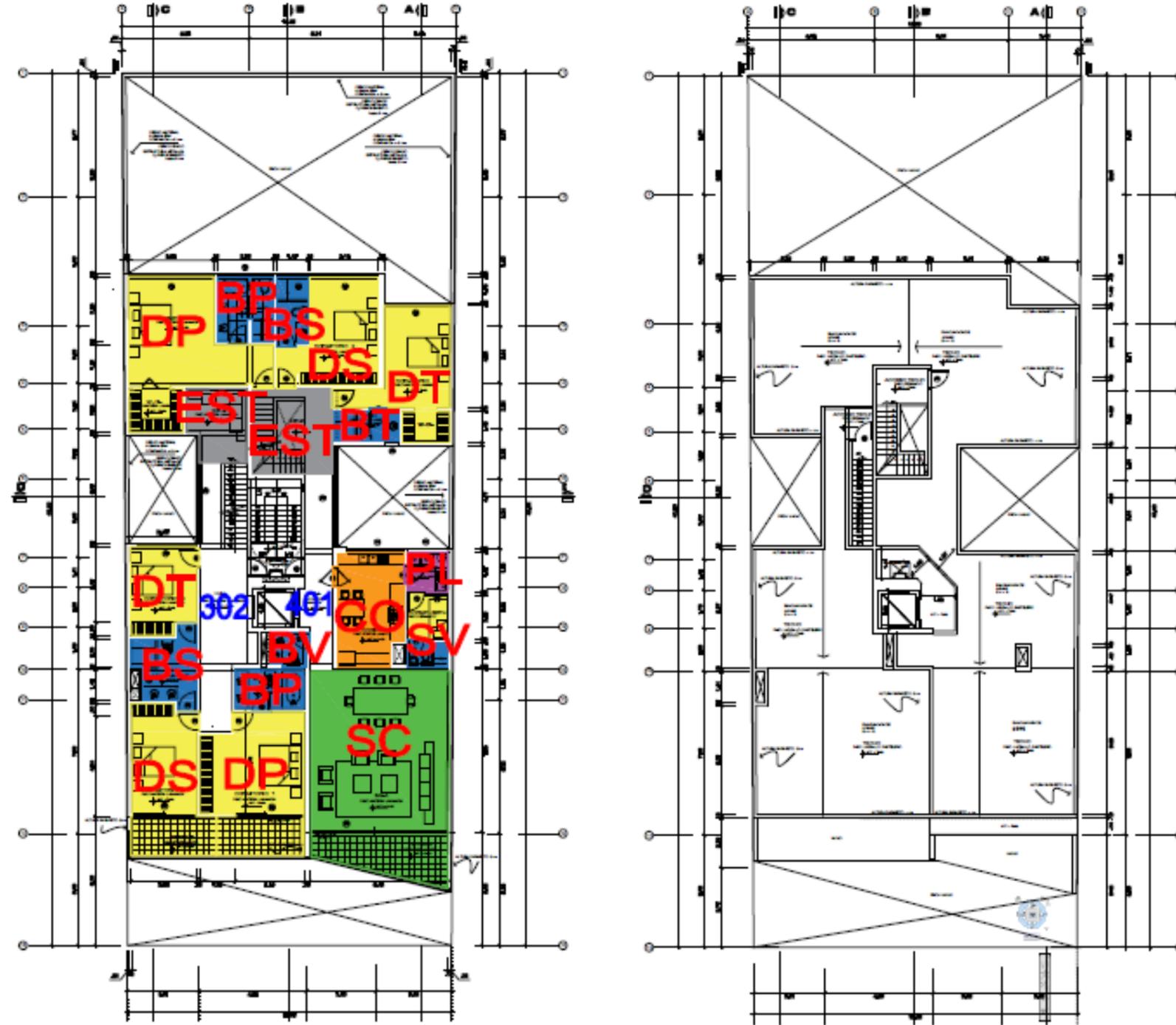


Figura N°4.7 Cuarto nivel y azotea
Fuente: Constructora Innovare S.A.C

Complementando lo anterior, la siguiente tabla muestra las áreas de los sótanos y departamentos:

Tabla N°4.3 Áreas de sótanos y departamentos del proyecto “Edificio Piacenza”
Fuente: Constructora Innovare S.A.C

CUADRO DE ÁREAS				
LUGAR	TIPO	ÁREA TECHADA (m2)	ÁREA TERRAZA (m2)	ÁREA OCUPADA (m2)
Sótanos		605.55	-	605.55
Semi-sótano		547.55	-	547.55
Dpto. 101	DUPLEX	250.10	163.06	413.16
Dpto. 102	FLAT	154.00	30.62	184.62
Dpto. 201	FLAT	219.60	-	219.60
Dpto. 202	FLAT	133.00	-	133.00
Dpto. 301	FLAT	219.60	-	219.60
Dpto. 302	DUPLEX	253.90	113.70	367.60
Dpto. 401	FLAT	226.79	226.50	453.29
TOTAL		3215.64	533.88	3749.52

Por último, la siguiente figura muestra la fachada proyectada del edificio:

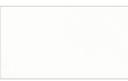
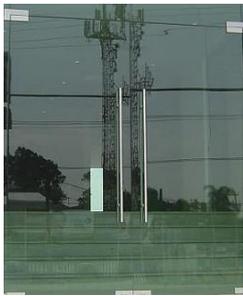


Figura N°4.8 Fachada del proyecto “Edificio Piacenza”
Fuente: Constructora Innovare S.A.C.

4.1.1 Cuadro de acabados

La tabla N°4.4 muestra el cuadro de acabados del proyecto, exceptuando las mamparas, ventanas y puertas de algunos ambientes. Cabe resaltar que la cocina y refrigerador no forman parte del equipamiento a la entrega final de cada dpto.

Tabla N°4.4 Cuadro de acabados
Fuente: Constructora Innovare S.A.C.

CUADRO DE ACABADOS		
1. FACHADA		
FACHADA VOLUMEN TIPO CAJÓN	 Empastado micro cemento color gris.	 VISTA FRONTAL DE LA FACHADA
FACHADA VOLUMEN EN GENERAL	 Empastado y pintado con pintura blanca.	
MURO PERIMETRAL	 Empastado y pintado con pintura blanca.	
PISO EXTERIOR	 Travertino Crema Viejo, Travertino Yurac Crema.	
PUERTA GARAJE	 Puerta de madera machihembrada pintada al duco color blanco mate.	
PUERTA DE INGRESO	 Puerta de cristal templado y laminado 10 mm.	

1.1 Escalera a semisótano		
PISO	 Travertino Crema Viejo, Travertino Yurac Crema.	
ZÓCALO	 Travertino Crema Viejo.	
BARANDA	 Tubo de acero inoxidable 5x2.5cm.	
2. LOBBY DE INGRESO, PASADIZO Y SALA DE ESTAR		
PISO	 Mármol Fior Di Pesco.	 VISTA DEL LOBBY DE INGRESO
ZOCALO	 Madera pintura blanca mate (MDF blanco).	
PARED Y CIELO RASO	 Empastado pintura látex blanca.	
MUEBLE	 Mármol blanco thassos.	
3. ESCALERA DE INGRESO A DEPARTAMENTOS		
PISO Y ZÓCALO	 Porcelanato Beton Sand.	
PARED	 Empastado pintura látex blanca.	
BARANDA	 Tubo de acero inoxidable 5x2.5cm.	

4. HALL DE INGRESO, PASADIZO Y SALA DE ESTAR DE DEPARTAMENTOS		
PISO	 Laminado Balterio Grandeur Roble 0.20x1.20m	
ZOCALO	 Madera pintura blanca mate (MDF blanco).	
PARED Y TECHO	 Empastado pintura látex blanca.	
LUMINARIAS	 Spot dicroico cuadrado dirigible empotrado SIDE-ITALIA.	
5. ESCALERAS DÚPLEX		
ESTRUCTURA	 Pasos de escalera de lámina de acero de 3mm.	
PASOS	 Pasos de escalera enchapados de madera	
BARANDA	 Tubo de acero inoxidable 5x2.5cm.	
6. ÁREA DESERVICIO (PATIO- LAVANDERÍA, BAÑO Y DORMITORIO DE SERV.)		
PISO Y ZÓCALO	 Cerámico blanco Portinari Brasil (piso 0.30x0.60m)	
PARED Y TECHO	 Empastado pintura látex blanca.	

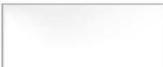
7. COCINA		
PISO Y ZÓCALO	 Porcelanato Portobello Robere Areia (piso 0.20x 1.20m).	 VISTA DE LA COCINA
PARED	 Mayólica Alaska Bianco Brillante 0.30x0.60m.	
PARED Y TECHO	 Empastado pintura látex blanca.	
TABLERO	 Cocina Granito Almendra.	
APARATOS SANITARIOS	 Lavadero Kohler acero inoxidable 0.83x0.55m.	
GRIFERÍAS	 Tablero Vado modelo Vibe mono sink mixer.	
APARATOS ELÉCTRICOS	 Cocina Vitrocerámica de sobre poner.	
	 Refrigerador dos puertas 1m de ancho.	
MUEBLES	 Muebles de melamine puertas MDF pintadas con poliuretano, tiradores de acero.	

8. SALA COMEDOR		
PISO	 Laminado Balterio Grandeur Roble 0.20x1.20m.	 VISTA DE LA SALA COMEDOR
ZOCALO	 Madera pintura blanca mate (MDF blanco).	
PARED Y TECHO	 Empastado pintura látex blanca.	
LUMINARIAS	 Spot dicroico cuadrado dirigible empotrado SIDE- ITALIA.	
8.1 Balcón y Terraza		
PISO Y ZÓCALO	 Porcelanato Portobello Robere Areia (piso 0.20x 1.20m).	 VISTA DE LA SALA Y BALCÓN
PARED (Excepto Terraza)	 Empastado pintura látex blanca.	
TECHO	 Empastado micro cemento color gris.	
BARANDA	 Cristal templado laminado 10mm.	

9. DORMITORIO PRINCIPAL, SECUNDARIO Y TRES		
PISO	 Laminado Balterio Grandeur Roble 0.20x1.20m.	 <p>VISTA DEL DORMITORIO</p>
ZOCALO	 Madera pintura blanca mate (MDF blanco).	
PARED Y TECHO	 Empastado pintura látex blanca.	
LUMINARIAS	 Spot dicroico cuadrado dirigible empotrado SIDE-ITALIA.	
CLOSETS	Walking closet melamine blanco.	
10. BAÑO DE VISITA		
PISO	 Porcelanato Portobello Robere Areia (piso 0.20x1.20m).	 <p>VISTA DEL BAÑO DE VISITA</p>
PARED	 Empastado pintura látex blanca.	
TABLERO	 Tablero de mármol Kalliston White.	
LUMINARIAS	 Spot dicroico cuadrado dirigible empotrado SIDE-ITALIA.	

APARATOS SANITARIOS			
	Lavatorio Empotrado Kohler Ladena Blanco 21"x14".		
	Inodoro 2 Piezas Kohler Persuade Elong Dual.		
GRIFERÍAS			Grifería de pared Vado GEO 3 Hole Basin Mixer.
11. BAÑO PRINCIPAL			
PISO			
PARED	Porcelanato Blanco.		
			Porcelanato Blanco.
TABLERO TINA			Mármol Blanco Carrara.
			Mármol Blanco Carrara.
LUMINARIAS			VISTA DEL BAÑO PRINCIPAL
APARATOS SANITARIOS		Lavatorio Empotrado Kohler Ladena Blanco 21"x14".	

	 Inodoro Kohler One Piece Santa Rosa Elong.	
	 Tina hidromasaje Klipen Martinica 1.83x0.90x0.66m	
	 Roceador de ducha Vado Aquablade	
GRIFERÍAS	 Grifería de lavabo VADO Kensington.	
	 Grifería de ducha VADO Monocromando Nuance.	
	 Grifería de tina Kensington bath Pillars Tab.	
12. BAÑO SECUNDARIO		
PISO	 Porcelanato Beton Sand 0.60x0.60m.	 VISTA DEL BAÑO SECUNDARIO
PARED	 Cerámico blanco.	
TABLERO	 Mármol Perlato Di Sicilia.	
APARATOS SANITARIOS	 Lavatorio Caxton Kohler 17"x14".	

	 <p>Inodoro 2 Piezas Kohler Magnun Odeon Blanco.</p>	
GRIFERÍA	 <p>Grifería de lavabo VADO Nuance.</p>	
	 <p>Grifería Roceador de ducha VADO Aquablade 0.30x0.30m</p>	
13. BAÑO TRES		
PISO	 <p>Porcelanato Roma Blanco 0.60x0.60m.</p>	
PARED	 <p>Cerámico blanco.</p>	
TABLERO	 <p>Mármol Silver Gray.</p>	
APARATOS SANITARIOS	 <p>Lavatorio Caxton Kohler 17"x14".</p>	
	 <p>Inodoro One Piece Kohler Magnun Modelo 3120.</p>	
GRIFERÍA	 <p>Grifería de lavabo VADO Nuance.</p>	
	 <p>Grifería Roceador de ducha VADO Aquablade 0.30x0.30m</p>	

4.2 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL

La siguiente figura muestra la organización funcional del proyecto para la ejecución de la etapa de acabados, instalaciones y equipamiento:

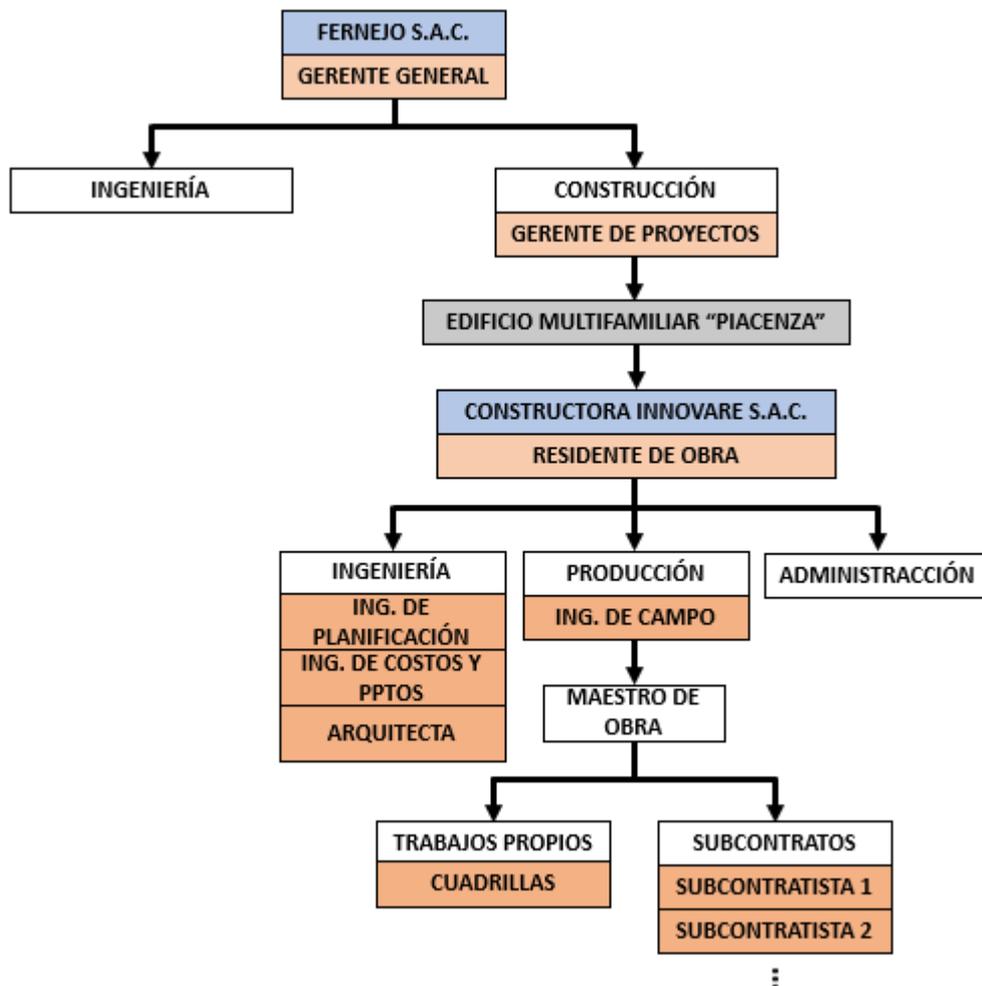


Figura N°4.9 Organigrama funcional del proyecto "Edificio Piacenza" para la etapa de acabados, instalaciones y equipamiento
Fuente: Elaboración Propia

De la Figura N°4.9 se puede observar que la empresa contratista y encargada de la ejecución del proyecto tiene la potestad de poder subcontratar trabajos. En relación a estos y teniendo conocimiento de las características del proyecto, su alcance y el cuadro de acabados mostrado en la tabla N°4.4, la misma decidió subcontratar la mayoría de trabajos, a excepción del proceso de albañilería (tarrajeo, solaqueo, resanes) y trabajos de instalaciones sanitarias, los cuales son realizados directamente por el maestro de obra y su personal asignado.

4.2.1 Especialidades Subcontratadas

En relación a los trabajos a subcontratar, y siguiendo una de las políticas principales de la empresa, las contratistas a elegir para la ejecución de estos trabajos deben poseer la siguiente organización u otra similar:

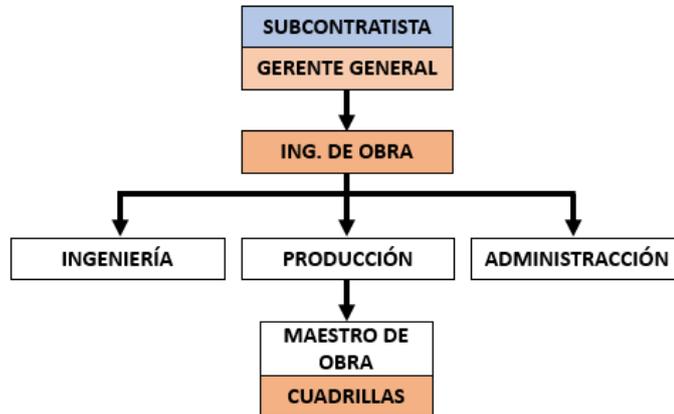


Figura N°4.10 Organigrama funcional requerido de cada subcontratista
Fuente: Elaboración Propia

En base a lo anterior, la Tabla N°4.5 muestra los trabajos subcontratados, donde por la gran cantidad de estos, la gestión de subcontratistas cobra gran importancia.

Tabla N°4.5 Especialidades subcontratadas
Fuente: Elaboración Propia

ESPECIALIDADES SUBCONTRATADAS	
1. CERÁMICO, PORCELANATO, MÁRMOL	12. PUERTA GARAJE
2. MARMOL	13. VENTANAS Y MAMPARAS
3. GRANITO	14. VIDRIOS
4. CARPINTERIA METÁLICA	15. SIST. INTERCOMUNICADORES
5. IISS	16. SIST. ALARMAS
6. IIEE	17. SIST. MONOXIDO
7. INSTALACIÓN DE GAS	18. SIST. ACI
8. PISO LAMINADO	19. BOMBAS AGUA Y DESAGUE
9. MELAMINE	20. PINTURA
10. DRYWALL	21. ASCENSOR
11. PUERTAS MADERA	22. SEÑALIZACIÓN

4.2.1.1 Incidencia en Tiempo y Costo

Tabla N°4.6 Incidencia en tiempo y costo de los trabajos subcontratados
Fuente: Elaboración propia

ESPECIALIDADES	INCIDENCIA EN TIEMPO (DÍAS) ¹	INCIDENCIA EN COSTO ²	
1. CERÁMICO, PORCELANATO Y MÁRMOL	82	S/ 265,534.94	13.63%
2. MARMOL	27	S/ 17,559.75	0.90%
3. GRANITO	14	S/ 18,496.89	0.95%
4. CARPINTERIA METÁLICA	40	S/ 45,000.00	2.31%
5. IISS	105	S/ 146,421.90	7.52%
6. IIEE	96	S/ 89,868.75	4.61%
7. INSTALACIÓN DE GAS	25	S/ 36,359.21	1.87%
8. PISO LAMINADO	28	S/ 166,277.58	8.54%
9. MELAMINE	48	S/ 189,976.12	9.75%
10. DRYWALL	24	S/ 34,000.00	1.75%
11. PUERTAS MADERA	28	S/ 160,360.00	8.23%
12. PUERTA GARAJE	3	S/ 7,904.65	0.41%
13. VENTANAS Y MAMPARAS	28	S/ 322,869.46	16.58%
14. VIDRIOS	12	S/ 24,242.79	1.24%
15. SIST. INTERCOMUNICADORES	5	S/ 17,444.38	0.90%
16. SIST. ALARMAS	9	S/ 9,800.00	0.50%
17. SIST. MONOXIDO	12	S/ 34,606.00	1.78%
18. SIST. ACI	18	S/ 73,804.25	3.79%
19. BOMBAS AGUA Y DESAGUE	18	S/ 38,626.25	1.98%
20. PINTURA	71	S/ 96,362.47	4.95%
21. ASCENSOR	34	S/ 150,312.50	7.72%
22. SEÑALIZACIÓN	12	S/ 2,000.00	0.10%
TOTAL OBRA	195 días calendario	S/ 1,947,827.88	100%

¹ La duración de los trabajos por especialidad se obtuvo de la planificación realizada en obra. La duración de los trabajos de IISS y IIEE incluye el tiempo de las correcciones realizadas en el edificio por incompatibilidades con la parte estructural, cambios de diseño, etc., debido a trabajos realizados en las primeras etapas del proyecto sin una visión integral.

² Los costos son costos directos, no incluyen IGV, de contratos a suma alzada a excepción del enchape cerámico, porcelanato y mármol, contratos a precios unitarios.

Por otro lado, en base a la Tabla N°4.6 se puede mencionar que los procesos más incidentes en tiempo involucran a las especialidades de instalaciones, ver Tabla N°4.7. Mientras que en relación al costo, se encuentran las especialidades de ventanas y mamparas y cerámico, porcelanato y mármol, ver Tabla N°4.8, siendo la especialidad de cerámico y porcelanato la que posee una incidencia representativo tanto en tiempo y costo.

Tabla N°4.7 Orden decreciente de la incidencia en tiempo de las especialidades subcontratadas
Fuente: Elaboración propia

ESPECIALIDADES	INCIDENCIA EN TIEMPO (DÍAS)	INCIDENCIA EN COSTO
IISS	105	7.52%
IIEE	96	4.61%
CERÁMICO, PORCELANATO Y MÁRMOL	82	13.63%
MELAMINE	48	9.75%
VENTANAS Y MAMPARAS	28	16.58%
PISO LAMINADO	28	8.54%
PUERTAS DE MADERA	28	8.23%

Tabla N°4.8 Orden decreciente de la incidencia en costo de las especialidades subcontratadas
Fuente: Elaboración propia

ESPECIALIDADES	INCIDENCIA EN COSTO	INCIDENCIA EN TIEMPO (DÍAS)
VENTANAS Y MAMPARAS	16.58%	28
CERÁMICO, PORCELANATO Y MÁRMOL	13.63%	82
MELAMINE	9.75%	48
PISO LAMINADO	8.54%	28
PUERTAS DE MADERA	8.23%	28
IISS	7.52%	105
IIEE	4.61%	96

A su vez, es necesario mencionar que aunque generalmente los aspectos principales para determinar la incidencia se relacionan al tiempo, costo y calidad de ejecución. Se suele olvidar la gran dependencia existente entre la ejecución de los trabajos y aún no se logra comprender, por completo, que la única forma de obtener el éxito deseado es darle la misma importancia a todos los trabajos por igual. La clave es tener un flujo de trabajo constante y eficiente.

4.3 PROBLEMAS EXISTENTES

Antes de implementar la gestión de compromisos de subcontratistas para el levantamiento de restricciones, es necesario conocer el escenario actual y los problemas existentes en el proyecto. Con esa finalidad, se realizó una evaluación del nivel de implementación del Sistema Last Planner (LPS) y un seguimiento y control a los trabajos ejecutados en obra. A partir de ello, se toma la gestión como base para las soluciones propuestas y el análisis de su evolución en busca de una mejora. El Anexo N°1 y las siguientes tablas muestran los resultados obtenidos:

Tabla N°4.9 Problemas existentes en el proyecto "Edificio Piacenza"
Fuente: Elaboración propia

PROBLEMA	DESCRIPCIÓN	SOLUCIÓN PROPUESTA
Conceptos	No se tiene un lenguaje claro entre todo el equipo del proyecto.	Estandarizar la terminología a utilizar en obra.
Transparencia de información	La información no es de fácil acceso. Desconocimiento de cambios y/o acuerdos realizados.	Trabajar con una nube en dropbox e información visible en zonas específicas del proyecto.
Comunicación a destiempo.	No se comunica a tiempo lo acontecido en obra (dudas, inconvenientes, quejas, problemas existentes, etc.).	Promover el uso de las prácticas clave de coordinación. Utilizar la herramienta colaborativa Whatsapp.
Seguimiento de trabajos.	Desconocimiento de qué y/o dónde se ejecutan diariamente los trabajos y el estado del mismo.	Llevar un registro de mano de obra, ver Anexo N°4. Hacer uso de líneas de flujo.
Planificación	Desconocimiento de los procesos y operaciones a ejecutar en cada ambiente.	Trabajar con los niveles de procesos de planificación del LPS haciendo uso del flujo de compromisos. Realizar reuniones colaborativas de planificación.
	No existe coordinación en los trabajos a ejecutar en la semana. Asignaciones diarias con una baja confiabilidad.	
Diseño del producto	Modificaciones a realizar y trabajos ejecutados no poseen un diseño aprobado y validado.	A. Validación del diseño del producto.
Restricciones no identificadas.	Gran cantidad de correcciones y modificaciones a realizarse.	B. Aseguramiento del proceso.
Falta de insumos.	Requerimientos realizados el mismo día de ejecución de los trabajos.	
Logística	Logística de obra lenta.	
Promesas no confiables.	Incumplimiento de ejecución de trabajos en fechas acordadas.	C. Compromiso con la ejecución.
Flujo de trabajo discontinuo.	Desconocimiento de lo necesario para iniciar, continuar y finalizar la ejecución de trabajos.	A, B y C.
Flujo reentrante	Trabajos incompletos causan el retorno de la cuadrilla a la misma ubicación.	No iniciar la ejecución de un trabajo en otro ambiente hasta completar el trabajo asignado.

Tabla N°4.10 Panel fotográfico de los problemas existentes en el proyecto “Edificio Piacenza”
Fuente: Elaboración propia

PANEL FOTOGRÁFICO	
 <p>Picado para conexión de gas</p>	<p><u>DISEÑO DEL PRODUCTO</u></p> <p>Ejecución de trabajos sin un diseño aprobado y validado.</p> <p>COMENTARIO: Se observa retrabajo, en ambas imágenes. Cuatro veces picado para conexión de gas en la segunda.</p>
 <p>Picado para conexión de gas</p>	
 <p>Corrección de puntos sanitarios</p>	<p><u>RESTRICCIONES NO IDENTIFICADAS</u></p> <p>Gran cantidad de correcciones y modificaciones a realizarse.</p>

 <p>Corrección de puntos eléctricos</p>	<p><u>RESTRICCIONES NO IDENTIFICADAS</u></p> <p>Gran cantidad de correcciones y modificaciones a realizarse.</p>
 <p>Trabajos incompletos</p>	<p><u>PROMESAS NO CONFIABLES</u></p> <p>Incumplimiento en la ejecución de trabajos acordados.</p> <p><u>FLUJO DE TRABAJO DISCONTINUO</u></p> <p>Desconocimiento de lo necesario para iniciar, continuar, y finalizar la ejecución de trabajos.</p>
 <p>Trabajos incompletos</p>	<p><u>FLUJO REENTRANTE</u></p> <p>Trabajos incompletos causan el retorno a la misma ubicación.</p> <p>COMENTARIO: En la figura superior no se conoce las dimensiones del lavadero para encofrar internamente la mesa de concreto, no se terminó el trabajo y se volvió al lugar al día siguiente.</p> <p>COMENTARIO: En la figura inferior no se terminó el picado por comenzar otra tarea "más importante".</p>

CAPÍTULO V: LEVANTAMIENTO DE RESTRICCIONES

Con la finalidad de demostrar los beneficios obtenidos al implementar el modelo de gestión de compromisos de subcontratistas, descrito en el capítulo III, y así poder replicarlo en cualquier tipo de proyectos de edificaciones. A continuación, se describe la gestión llevada a cabo en el proyecto “Edificio Piacenza”, como caso de estudio.

5.1 IMPLEMENTACIÓN DE LA GESTIÓN DE COMPROMISOS

La investigación toma como caso de estudio la implementación de la gestión de compromisos de subcontratistas para el levantamiento de restricciones en procesos incidentes de la etapa de acabados en el proyecto “Edificio Piacenza”.

Los procesos incidentes se identificaron en la Tabla N°4.7 y Tabla N°4.8, donde se puede observar que los procesos con mayor incidencia en tiempo y/o costo son los que forman parte de la ejecución de los ambientes de los departamentos, ver Anexo N°2.

Sin embargo, se debe tener en cuenta que para tener listo cada ambiente, es necesario ejecutar una gran cantidad de procesos en cada uno de estos, un mismo lugar, y que a su vez existen procesos antes de y después del proceso más incidente.

Por lo cual, si bien el estudio está centrado a los procesos con mayor incidencia, la dependencia existente obliga a darle la misma importancia a todos los procesos a ejecutarse para poder lograr el éxito deseado.

Aclarado dicho punto y teniendo conocimiento del estado actual y los problemas existentes en el proyecto “Edificio Piacenza”, en base la evaluación del nivel de implementación del Sistema Last Planner (Ver Anexo N°1) y el seguimiento y control a los trabajos ejecutados en campo (Ver Tabla N°4.8 y Tabla N° 4.9), a continuación se describe la implementación de la gestión de compromisos de subcontratistas, llevada a cabo desde la primera semana de Noviembre del 2017 hasta la primera semana de Enero del 2018.

5.1.1 Planificación Estratégica

5.1.1.1 Programa Maestro

Las primeras semanas fueron de reconocimiento propio del proyecto y apoyo para el desarrollo de la planificación. Donde, en un inicio, se trabajaba con el siguiente Programa Maestro con sus respectivos hitos de inicio y fin por fase.

PROGRAMA MAESTRO												
	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ENERO	FEBRERO	MARZO					
ACABADOS												
Departamentos		◆ 2-Oct									◆ 15-Mar	
Áreas comunes	◆ 4-Set											◆ 30-Mar
Sótanos	◆ 4-Set										◆ 15-Mar	
Fachada			◆ 6-Nov				◆ 26-Feb					
Equipamiento				◆ 15-Nov								◆ 30-Mar

Figura N°5.1 Programa maestro inicial del Proyecto "Edificio Piacenza"
 Fuente: Elaboración propia

En el transcurso, se pudo reconocer que las fases del Programa Maestro, mostrado en la figura anterior, fueron identificadas sin tener conocimiento de qué es lo que debía ser entregado. A su vez, que los hitos establecidos eran estimados, ya que no se tenían claros los procesos a ejecutarse en cada una de las fases.

Por ello, se decidió con apoyo de la parte ingenieril desarrollar, de manera conjunta y colaborativa, una reunión de planificación colaborativa que permita reconocer los procesos presentes en cada una de las fases a ejecutar en la etapa de acabados.

Esto permitió identificar los procesos por fase, procesos críticos (por ejemplo: ascensor, bombas, piso laminado, puertas, etc.) y conocer los tiempos de fabricación y/o entrega de los mismos para poder estimar mejor la duración de cada proceso y por ende la duración de cada fase.

La siguiente figura muestra el resultado del reconocimiento de procesos a ejecutar:

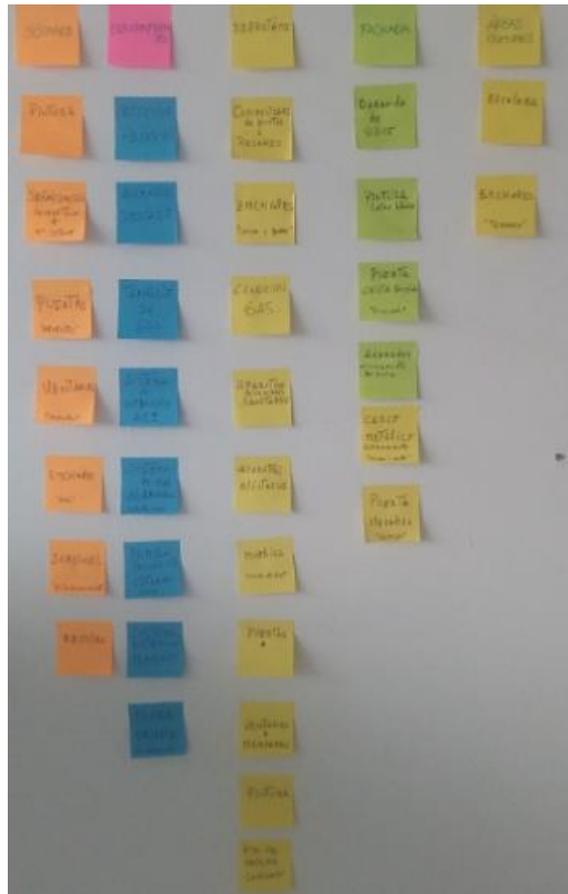


Figura N°5.2 Reconocimiento de fases y procesos en el proyecto "Edificio Piacenza"
Fuente: Elaboración propia

Luego, el involucrar al gerente del proyecto, ver Figura N°4.10, permitió traducir la propuesta del valor del mismo. Se pudo reconocer que para él, la fase de sótanos involucraba también su equipamiento. En base a ello, se desarrolló un Programa Maestro, donde el plazo de ejecución interno fue de 6 meses y medio calendario:

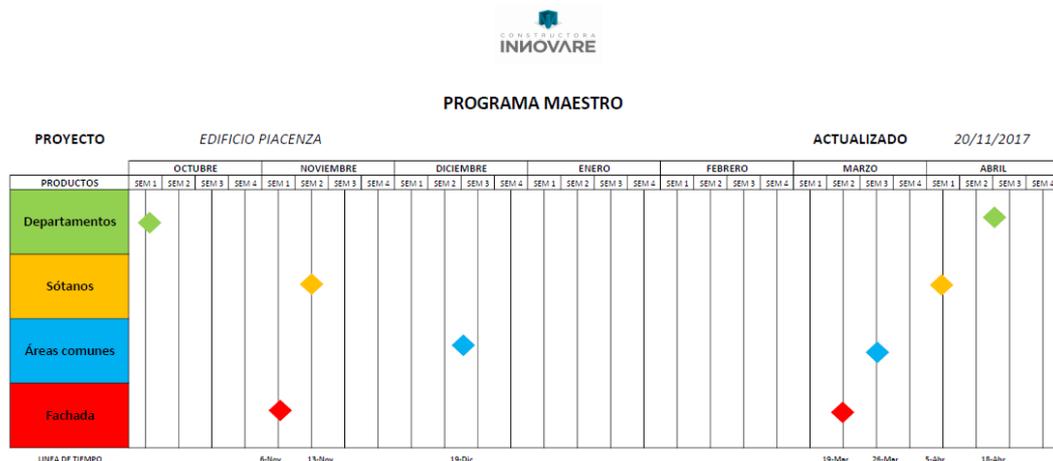


Figura N°5.3 Programa maestro del proyecto "Edificio Piacenza"
Fuente: Elaboración propia

5.1.1.2 Programa de fases

a. Secuencia de Procesos

Al ya tener claro las fases y procesos a ejecutarse. Se hizo necesario decidir de manera anticipada, dependiendo los requerimientos del cliente y las prioridades existentes, el orden y/o secuencia de ejecución de los procesos.

Para ello, aprovechando el conocimiento del asistente de campo sobre el uso del programa Vico Office Schedule Planner, se desarrolló un Programa de Fases Inicial, ver Anexo N°3. El cual, como se puede observar, indica que se iniciará con la ejecución del enchape de servicios y la instalación de conexión de gas en todos ambientes requeridos de los departamentos.

Esto permitió que todos tengan un mejor conocimiento de cuándo deben iniciar los trabajos para poder lograr el objetivo deseado. Siendo necesario ahora, enfocar esfuerzos en liberar, de manera anticipada, todo lo necesario para dar inicio a los trabajos identificados, priorizando los críticos y los más próximos.

b. Logística de Procesos

Como se mencionó desde un inicio, para aumentar la confiabilidad de la planificación, se debe tener las tareas listas para ser ejecutadas. Por ello, al ya tener conocimiento de los procesos a ejecutar, es primordial identificar los flujos necesarios que permitirán darle continuidad a estos trabajos. Siendo la logística uno de los flujos principales para poder iniciar la ejecución.

Pues en base a las fechas programadas, en el Programa de Fases Inicial, se deben cerrar contratos, hacer requerimientos y tener un conocimiento constante del estado de estas negociaciones.

Es por ello, que con la finalidad de realizar todo lo mencionado, controlar la logística de los procesos, se desarrolló un panel de control que no es más que el reflejo del Programa de Fases Inicial en un diagrama Gantt, ver Anexo N°5.

La siguiente figura muestra la leyenda del panel de control utilizado:



Figura N°5.4 Leyenda del panel de control
Fuente: Elaboración propia

Siguiendo la leyenda, el uso del panel de control empieza al colocar la fecha de inicio y fin del proceso, es decir, el avance previsto del Programa de Fases Inicial. Luego se hace uso de la técnica pull. Se coloca, en caso exista llegada de material, la fecha más tardía de llegada que permita comenzar sin ningún inconveniente la ejecución de trabajos. En base a esa fecha se cierra el acuerdo.

Luego, de igual forma, la fecha del cierre con el proveedor y posteriormente la fecha para la cual se debe tener listo el requerimiento. Todo de adelante hacia atrás, realizando un seguimiento diario del estado de estas negociaciones. Para ello, se mapea el estado de estas y se coloca: fluido, en caso todo esté marchando en orden; en riesgo, si se va acercando la fecha de ejecución y no se ha realizado lo mencionado; y retraso, cuando ya se encuentra afectado el inicio de la ejecución de los trabajos, lo cual no debería ocurrir.

Las siguientes figuras muestran un ejemplo de tres procesos. En la primera, se muestra un ejemplo inicial, que continuamente se fue actualizando, con fecha de corte en la quincena del mes de Octubre del 2017. En la segunda, ya con los trabajos ejecutados.

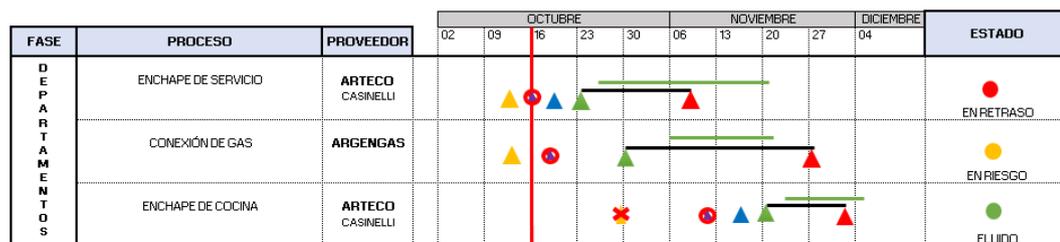


Figura N°5.5 Primer ejemplo de cómo se utiliza el panel de control
Fuente: Elaboración propia

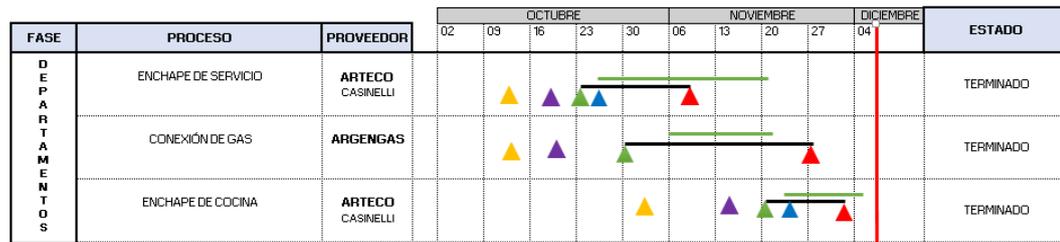


Figura N°5.6 Segundo ejemplo de cómo se utiliza el panel de control
Fuente: Elaboración propia

En relación al avance previsto, el avance real se puede ir actualizando en el panel, ver línea verde y línea negra. Pero, una de las mayores deficiencias es no poder reconocer la ubicación o lugar, ambiente en este caso, donde se están llevando a cabo dichos trabajos, pues el proceso es muy general. En base a este problema, surge la necesidad de reconocer los procesos y operaciones por ambiente y llevar un seguimiento y control de los mismos, para lo cual la herramienta líneas de flujo es de gran utilidad, ver Figura N°6.20.

c. Reconocimiento de Procesos y Operaciones por Ambiente

Así como es importante conocer los procesos a ejecutarse en cada fase del proyecto, también es necesario que todos los involucrados conozcan, desde un inicio, los procesos y operaciones a ejecutarse por ambiente. En este caso, el estudio se realizó a los procesos de la fase de departamentos, y como se puede observar en la siguiente figura, parte del Anexo N°3, se tiene en total un promedio de diecisiete procesos a ejecutar en los diferentes ambientes que posee cada departamento.

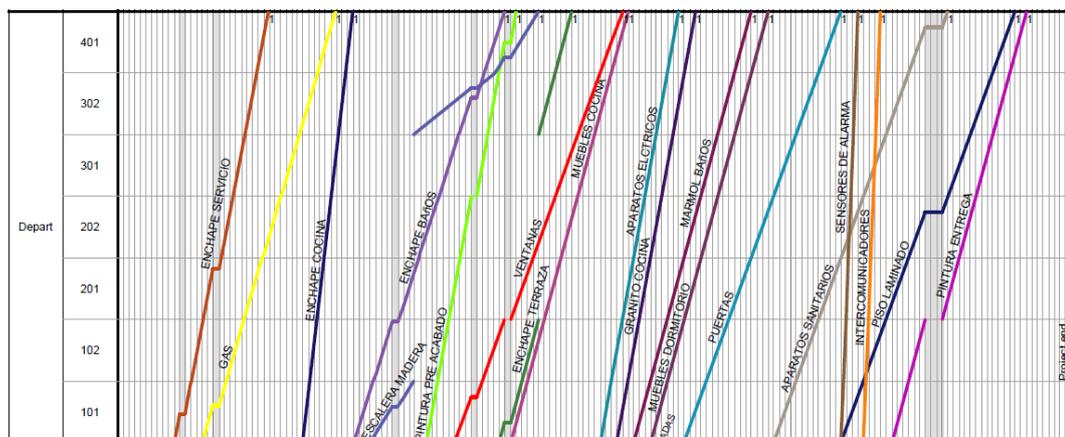


Figura N°5.7 Secuencia de procesos a llevarse a cabo en la fase de departamentos del proyecto "Edificio Piacenza"
Fuente: Elaboración propia

El reconocer los procesos y operaciones a ejecutar por ambiente, tiene una mayor cantidad de beneficios en comparación a solo trabajar con los procesos de la Figura N°5.7.

Los ambientes son los subproductos a entregar y el reconocimiento de procesos y operaciones en cada uno de estos permitió, conocer el orden y secuencia de los procesos, conocer cómo se llevará a cabo cada proceso, identificar los especialistas que serán requeridos para cada ubicación, establecer la estrategia a utilizar para la ejecución de trabajos, etc. Las siguientes figuras muestran los procesos y operaciones a ejecutarse por ambiente:



Figura N°5.8 Procesos y operaciones de las cocinas
Fuente: Elaboración propia

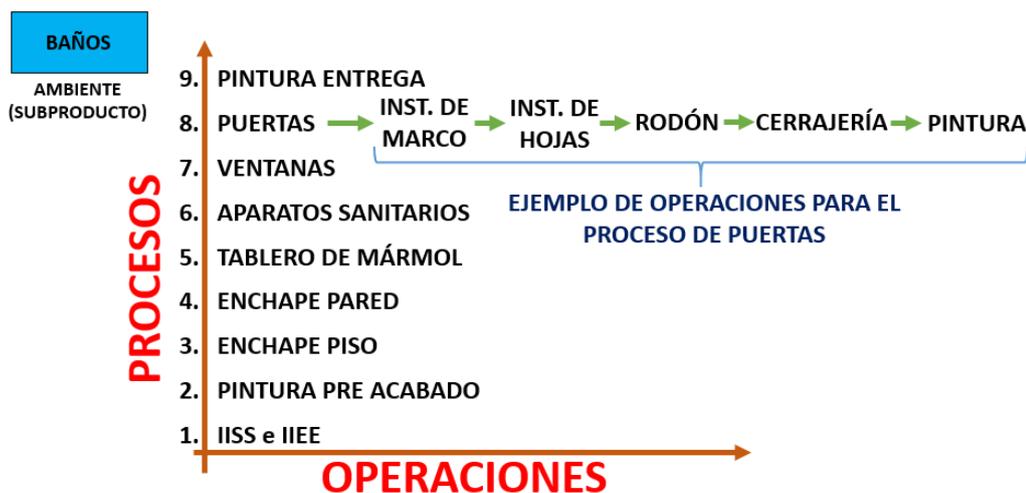


Figura N°5.9 Procesos y operaciones de los baños
Fuente: Elaboración propia



Figura N°5.10 Procesos y operaciones del patio-lavandería
Fuente: Elaboración propia



Figura N°5.11 Procesos y operaciones de los dormitorios
Fuente: Elaboración propia



Figura N°5.12 Procesos y operaciones de la sala-comedor
Fuente: Elaboración propia



Figura N°5.13 Procesos y operaciones del estudio
Fuente: Elaboración propia

De igual forma y como se mencionó anteriormente, el reconocer procesos y operaciones por ambiente, también permitió establecer la estrategia a utilizar para la ejecución de trabajos. Las siguientes figuras muestran algunos ejemplos:

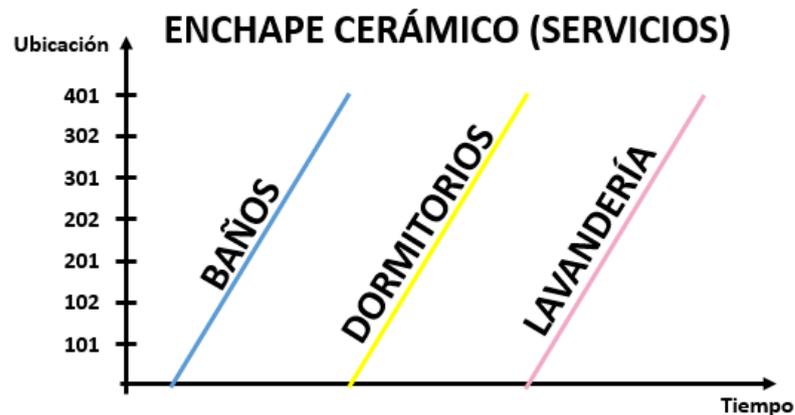


Figura N°5.14 Secuencia de ambientes para el enchape de servicios
Fuente: Elaboración propia

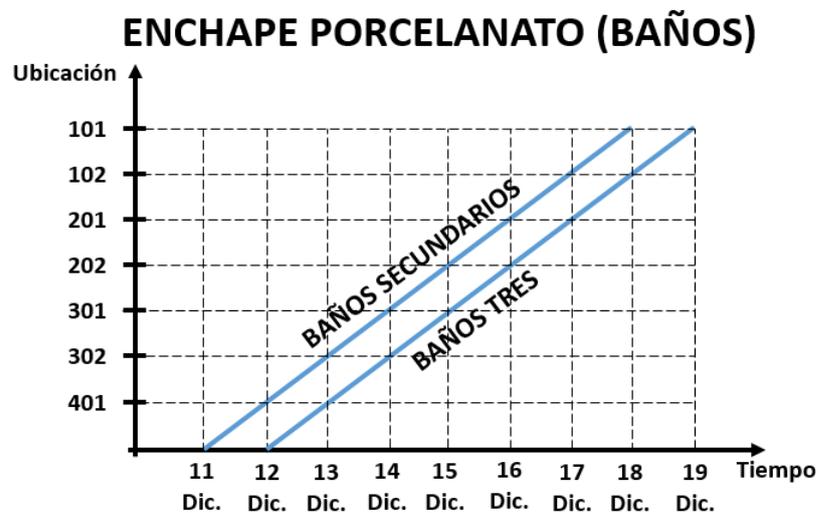


Figura N°5.15 Secuencia de ambientes para el enchape de baños
Fuente: Elaboración propia

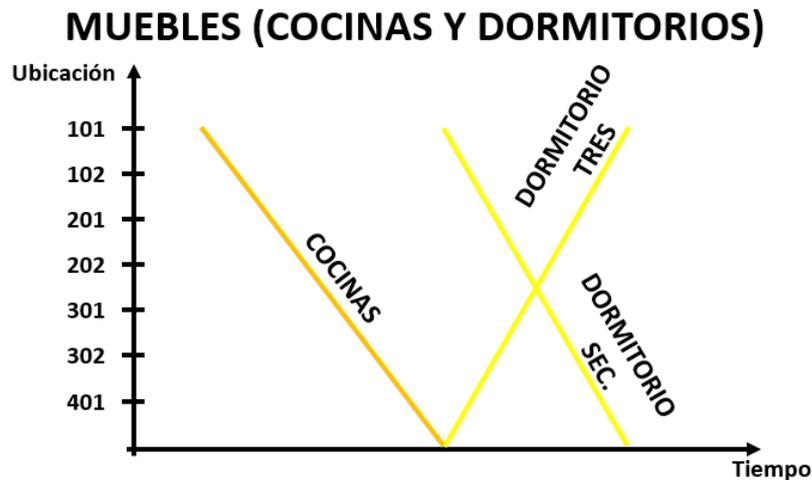


Figura N°5.16 Secuencia de ambientes para la instalación de muebles
Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, se debe aclarar que las operaciones a identificar no deben ser tan detalladas (por ejemplo, en la pintura de pre acabado, el empaste fino incluye su remasillado, lijado y sellado). Pero, lo que si es necesario y obligatorio, es tener conocimiento del proceso constructivo que engloba a las operaciones, pues solo de esa manera se podrá identificar todos los flujos secundarios necesarios que permitirán dar continuidad a los trabajos.

d. Identificación de Restricciones

Una vez que la parte ingenieril realizó el Programa de Fases Inicial, secuenció los procesos a ejecutar y reconoció los procesos y operaciones por ambiente, es necesario identificar los flujos secundarios de las operaciones. Es decir identificar todo lo necesario para tener tareas listas para ser ejecutadas y así evitar que un futuro se vuelva una restricción.

Un primer paso se dio al establecer el panel de control para hacer el seguimiento y control respectivo a la logística de los procesos a ejecutar (materiales, equipos y herramientas). Por otro lado, en relación a la mano de obra (cuadrilla requerida) y el espacio, se pueden depender de la estrategia de ejecución a utilizar, ver Figuras N°5.14, N°5.15 y N°5.16. Mientras que la información debe formar parte del diseño del producto aprobado, que luego será validado en campo. Y por último, las tareas previas donde se deben identificar los precedentes de cada operación a ejecutar.

Un ejemplo de las tareas previas se puede observar en la parte superior de la figura del Anexo N°11. Donde se encuentran la secuencia de operaciones a realizar en los baños antes de enchapar el piso y pared, para posteriormente instalar el tablero de mármol, instalar los aparatos sanitarios, instalar las puertas y ventanas y por último realizar el pintado final del ambiente.

e. Reuniones Colaborativas de Planificación

Una vez que la parte ingenieril realizó todos los puntos anteriores, se puede decir que ya es correcto realizar una reunión colaborativa de planificación. La cual debe tener previamente establecida una agenda definida con puntos claros a tratar, lo que se quiere lograr y lo que se espera de cada participante con la finalidad de desarrollar un Programa de Fases Final, reconocer procesos y operaciones por ambiente, establecer transferencias e identificar los flujos secundarios.

La siguiente tabla muestra los jefes de la subcontratas que formaron parte de las reuniones colaborativas de planificación en el proyecto “Edificio Piacenza”.

Tabla N°5.1 Nombres de los jefes de subcontratas por especialidad
Fuente: Elaboración propia

ESPECIALIDAD	EMPRESA	JEFE DE LA SUBCONTRATA
Albañilería	INNOVARE	Jim Pinchi (Maestro de obra)
Cerámico, porcelanato y mármol	ARTECO S.A.C	José Tello
Carpintería metálica	ABANTO S.A.C	Lorenzo Abanto
IISS	INNOVARE	Romel Bernaola C.
IIEE	FASOR S.A.C	Tomas Montoya M.
Instalación de gas	ARGENGAS	Carlos Guzmán
Drywall	GMI S.A.C	Willy Segovia
Pintura	TITO S.A.C	Tito Chauca

Cabe señalar que las especialidades de melamine, puertas, ventanas y piso laminado no participaron de las reuniones de planificación ya que aún la fecha de inicio de ejecución de sus trabajos era relativamente lejana, pero continuamente se les pedía su presencia en obra para coordinar detalles de diseño y las condiciones requeridas de los ambientes para que sus trabajos sean ejecutados sin ningún inconveniente cuando les toque ingresar a laborar.

5.1.2 Planificación Táctica

5.1.2.1 Plan Intermedio

Los puntos realizados anteriormente formaron parte de la planificación estratégica, la preparación, clarificación y negociación como parte del flujo de compromisos antes de pasar al desempeño. Ahora, como se explicó en la Figura N°3.12, la táctica a utilizar es trabajar con un Plan Intermedio de 3 semanas (LAP 3W), donde toda tarea debe pasar por tres etapas antes de su ejecución para poder aumentar la probabilidad de cumplimiento, la validación del diseño del producto, el aseguramiento del proceso y el compromiso con la ejecución.

Se comenzó a trabajar de esta manera partir de la semana N°15 de la obra (última semana de Noviembre del 2017) hasta la semana N°21 (segunda semana de Enero del 2018, ver Figura N°5.17).

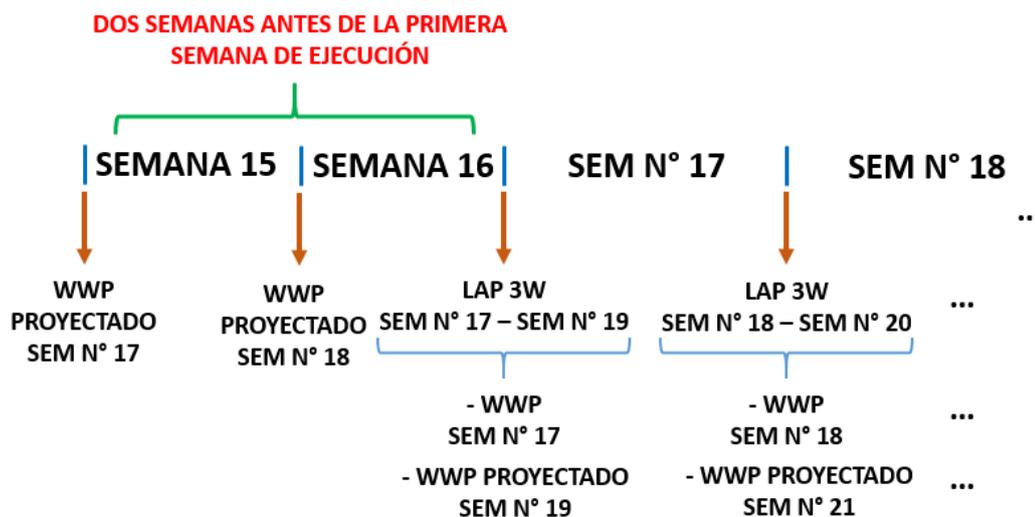


Figura N°5.17 Plan intermedio a partir de la Sem N°17 en el Proyecto "Edificio Piacenza"
 Fuente: Elaboración propia

a. Validación del Diseño del Producto

En relación a los problemas de diseño encontrados en la Tabla N°4.8, se tiene como uno de los puntos resaltantes, el error de empezar a ejecutar tareas sin un diseño aprobado y validado en campo. Al ya tener claro los procesos y operaciones a ejecutarse en un ambiente determinado, el diseño del producto debe tener una visión integral por la gran dependencia existente entre las operaciones a ejecutar.

En base a lo descrito y con la finalidad de tener toda la información de diseño necesaria antes de la ejecución de las tareas, se comenzó a trabajar con el formato utilizado en el Anexo N°6.

Un formato de una sola cara que brinda toda la información del diseño aprobado para ser posteriormente validado en campo, donde todos los involucrados tendrán un conocimiento de los detalles y especificaciones de los trabajos a ejecutar en cada ambiente y a su vez servirá para posteriormente hacer el seguimiento y control respectivo.

Los siguientes ejemplos dan a conocer lo acontecido en algunos ambientes:

En las cocinas, patios y lavanderías, en un inicio se empezó a picar el recorrido de la conexión de gas sin un diseño aprobado. Al programar una reunión con el jefe de la subcontrata, nos propuso un diseño más óptimo que permitía reducir costos e hizo mención que tanto el ancho como profundidad de picado realizados eran excesivos, es decir se pudo haber evitado sobre trabajo.



Figura N°5.18 Ancho y profundidad de picado excesivo para conexión de gas
Fuente: Elaboración propia

Luego se evidenció que las conexiones de gas involucran tener conocimiento de las especificaciones de los aparatos a utilizar ya que los departamentos serán vendidos otorgando información de las dimensiones específicas para los que se diseñó el ambiente. A su vez, que estas dimensiones deben ser compatibles con el diseño de muebles de melamine y la ubicación de puntos eléctricos y sanitarios.



Figura N°5.19 Validación del diseño de conexiones de gas en cocinas
Fuente: Elaboración propia



Figura N°5.20 Correcciones de puntos eléctricos acorde a la ubicación de aparatos eléctricos
Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, en los baños, la etapa estructural no compatibilizó o no tuvo en cuenta los procesos a ejecutarse en la etapa de acabados. Los puntos de agua y sumideros no estaban centrados y alineados, ya que al parecer no se tenía aun un diseño aprobado de lavabos y duchas y no se tomó en cuenta el espesor de la mayólica a utilizar.

De igual forma, la mesa de concreto vaciada no tomó en cuenta la dimensión de los lavabos y el espesor del tablero de mármol. Otro punto importante fueron las griferías de ducha, se encontraban mal posicionadas, y el sumidero de ducha que causó diversos problemas por su ubicación. Todo ello conllevó a diversas correcciones sanitarias.



Figura N°5.21 Diversos cambios y/o correcciones sanitarias por cambio de diseño en baños
Fuente: Elaboración propia



Figura N°5.22 Correcciones sanitarias teniendo en cuenta el espesor de enchape
Fuente: Elaboración propia



Figura N°5.23 Cambio de posición de la grifería de ducha
Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, la mayoría de vanos de puertas, ventanas y mamparas de los ambientes estaban descuadrados y las medidas no eran acordes con las requeridas, que adicionalmente se tenía que compatibilizar con la modulación del enchape, por lo que la medida del marco era una información necesaria.



Figura N°5.24 Validación en campo del diseño de mamparas.
Fuente: Elaboración propia



Figura N°5.25 Validación de la modulación del enchape tomando en cuenta el sumidero de ducha y marco de puerta
Fuente: Elaboración propia

b. Aseguramiento del Proceso

Con la validación del producto se buscó la continuidad de uno de los flujos secundarios, la información o también llamada diseño de construcción por Koskela L. (2000).

Ahora, con la finalidad de tener la continuidad deseada de los flujos restantes y que el jefe de la subcontrata y sus cuadrillas respectivas reconozcan todo lo necesario para la ejecución de la tarea, lo que se va ejecutar y todo lo que se necesita saber antes de iniciar la tarea, y que a su vez logre interiorizar dicha información, se trabajó utilizando la herramienta 5W+H.

La siguiente figura resume el uso de la herramienta mencionada anteriormente:

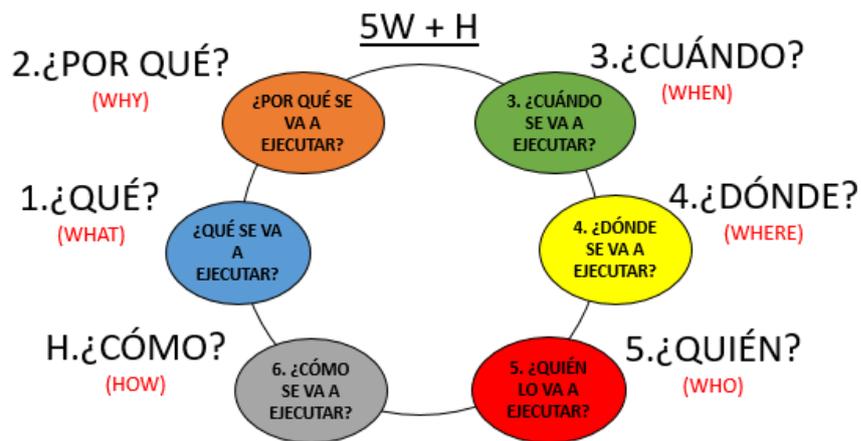


Figura N°5.26 Clarificación del trabajo a ejecutar utilizando 5W+H
Fuente: Elaboración propia

Respondiendo las preguntas mostradas en la figura anterior, se tendrá conocimiento de lo que se va ejecutar. Con dicho fin, se empezó a trabajar con el formato del Anexo N°7, el cual muestra un ejemplo para enchape de cocinas.

Por otro lado, también es necesario saber qué se necesita para poder ejecutar la tarea, es decir qué necesito tener disponible para realizar los trabajos sin ningún impedimento, es decir, tener conocimiento de los flujos secundarios mostrados en la Figura N°5.27.

Para ello, se empezó a trabajar con el formato mostrado en el Anexo N°8, el cual también muestra un ejemplo para enchape de cocinas al seguir el ejemplo del Anexo N°7. El cual ayuda a reconocer de manera anticipada los flujos secundarios, que permitirán poder tener la tarea lista para ser ejecutada en su fecha programada.

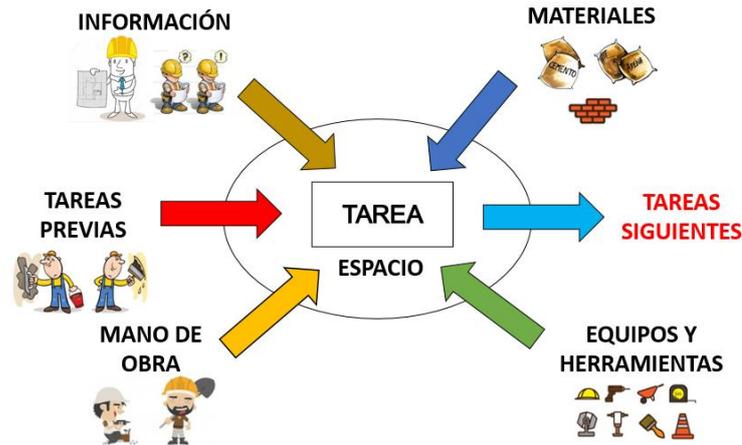


Figura N°5.27 Clarificación y reconocimiento de los flujos secundarios
Fuente: Elaboración propia

5.1.3 Planificación Operativa

5.1.3.1 Plan Semanal

a. Compromiso con la Ejecución

Por último, se realizó el compromiso con la ejecución para poder asegurar el último escenario del flujo de compromisos, la garantía. Donde al ya haber pasado por la preparación, clarificación y luego por la validación del diseño del producto y el aseguramiento del proceso. El compromiso con la ejecución consiste en verificar que la tarea se encuentre lista para ser ejecutada para poder dar paso a la ejecución propiamente dicha.

Para ello se hizo uso del formato mostrado en el Anexo N°9, donde se realiza una verificación o chequeo de toda la información requerida para ejecutar los trabajos, es decir se realiza una retroalimentación antes de aceptar el compromiso entre las partes.

De esta manera que al pasar por estas tres etapas que forman parte del desempeño, como se puede observar en la Figura N°3.9, al momento de llegar la fecha de ejecución, las tareas que están listas para ser ejecutadas permitirán aumentar la confiabilidad de la planificación y serán tareas que tendrán una mayor probabilidad de ser ejecutadas de forma eficiente mediante un flujo de trabajo continuo.

CAPÍTULO VI: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

6.1 ANÁLISIS DE CONFIABILIDAD

El análisis de confiabilidad es el realizado al proceso combinado mostrado en la Figura N°3.12, donde toda tarea, al ya haber pasado por la preparación, clarificación y negociación, debe pasar por tres etapas antes de su ejecución: la validación del diseño del producto, el aseguramiento del proceso y el compromiso con la ejecución, como parte del desempeño, con la finalidad de aumentar la probabilidad de cumplimiento de los compromisos al llegar al cuarto y último escenario del flujo de compromisos, la garantía.

La data para el análisis fue tomada a partir de la semana N°15 de obra (última semana de Noviembre del 2017) hasta la semana N°21, donde para cuantificar la evolución y resultados de la gestión implementada, se trabajó con tres indicadores propios del Sistema Last Planner: La Tarea Anticipada (TA), Tarea Lista para ser Ejecutada (TMR) y Porcentaje de Plan Cumplido (PPC), ya descritos en el capítulo II y III.

A manera de resumen, la siguiente figura muestra el cálculo a realizar semana a semana. La primera semana de ejecución viene a ser la semana N°1, que en el proyecto viene a ser la semana N°17.

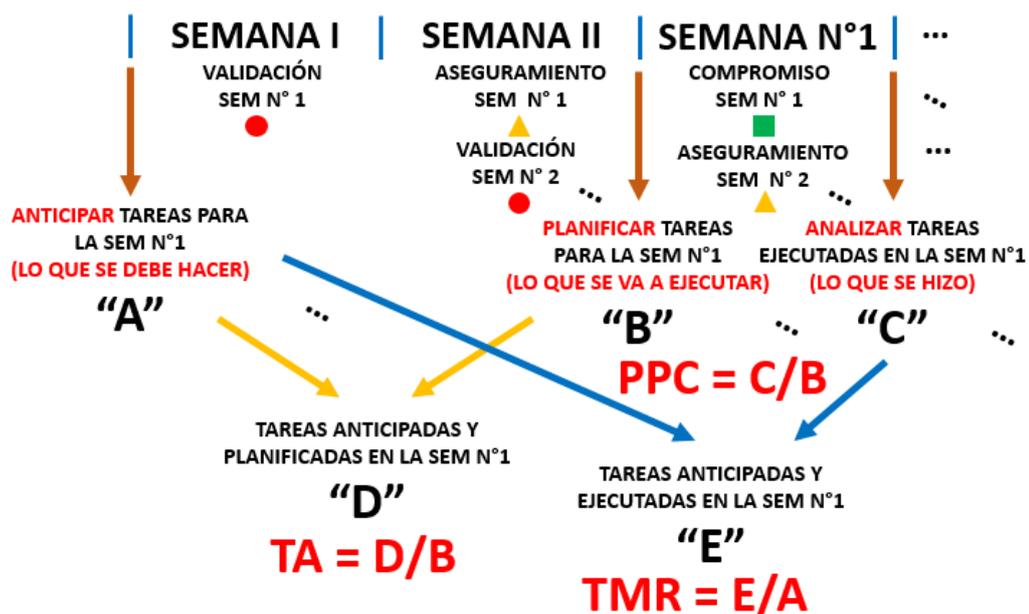


Figura N°6.1 Cálculo de los indicadores a utilizar semana a semana
Fuente: Elaboración propia

La figura anterior forma parte de la buena práctica desarrollada y recomendada a seguir semanalmente, en relación al análisis de confiabilidad, que se resume en anticipar, planificar y analizar tareas.

Pero todo lo anterior no se reduce a solo calcular indicadores. Se debe anticipar tareas para la semana de ejecución, planificar tareas para la semana de ejecución y analizar tareas (tareas anticipadas, no anticipadas, planificadas, no planificadas, ejecutadas y no ejecutadas) al cierre de la semana, ver Figura N°6.2.

Esto permitirá desarrollar un análisis más profundo y conocer el porqué de los resultados obtenidos como se mostrará más adelante. Pues, solo de esta manera se podrán encontrar y analizar las fallas con la finalidad de no volver a repetir los mismos errores.

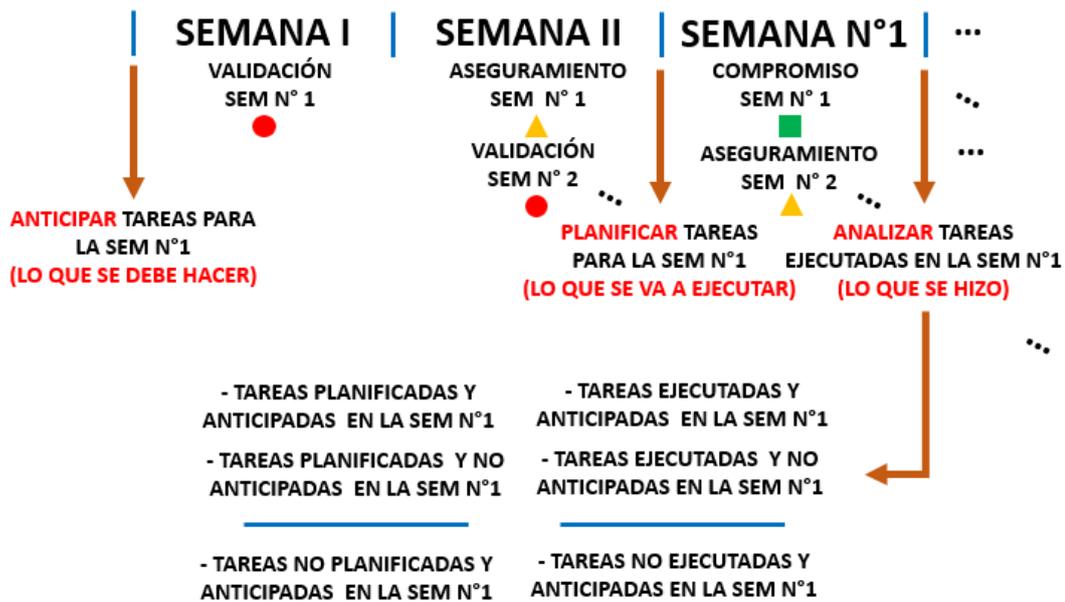


Figura N°6.2 Buena práctica recomendada a seguir semanalmente
Fuente: Elaboración propia

Por último, antes de pasar a analizar los resultados obtenidos y realizar la interpretación de los mismos, en el Anexo N°10 se muestra el detalle de los cálculos de los tres indicadores, el TA, TMR y PPC, realizados a partir de la semana N°17 a la semana N°21.

6.1.1 Porcentaje del Plan Cumplido (PPC)

La siguiente figura muestra la evolución del Porcentaje del Plan Cumplido (PPC) a partir de la semana N°15 a la semana N°21:

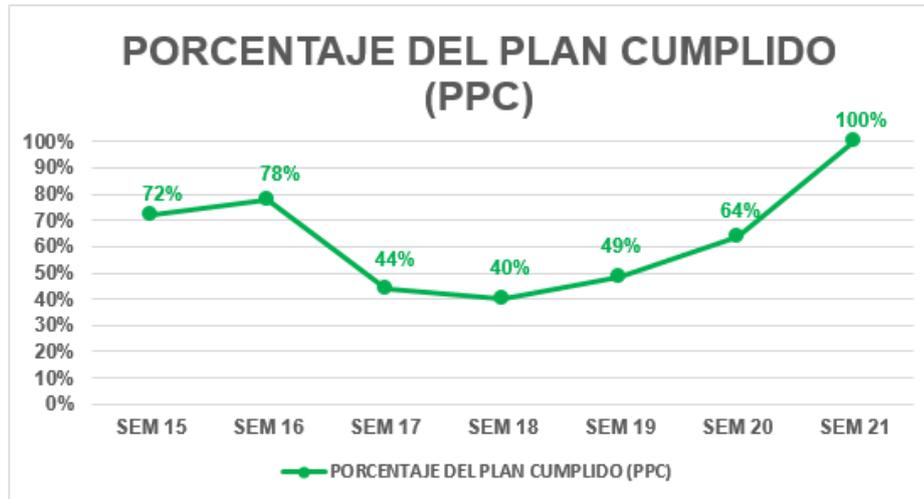


Figura N°6.3 Evolución semanal del indicador Porcentaje del Plan Cumplido (PPC)
Fuente: Elaboración propia

En caso del PPC se tienen datos desde la semana N°15. Mientras que la Tarea Anticipada (TA) y Tarea Lista para ser Ejecutada (TMR) poseen datos a partir de la semana N°17, ya que como se señaló anteriormente (Ver Figura N°3.12 o N°6.1), se tienen dos semanas antes del inicio de la primera semana de ejecución.

Los resultados muestran valores relativamente altos en las primeras dos semanas analizadas, mayores a 70%. Luego una caída importante en la tercera semana y posteriormente un crecimiento constante hasta la última semana de análisis.

Los valores altos de las primeras dos semanas, se explican a causa de los problemas encontrados inicialmente (Ver Tabla N°4.8 y Anexo N°1), los cuales se presentaron en las tres primeras semanas de Noviembre (de la semana N°12 a la semana N°14). A partir de la semana N°15, ya se habían solucionado estos problemas, relacionados a trabajos en ambientes de servicios y cocinas, existiendo un atraso por obvias razones pues gran parte de las tareas que no se pudieron ejecutar de la semana N°12 a la N°14, donde debieron ser ejecutadas, se ejecutaron en estas últimas (semana N°15 y semana N°16), y al ya tener todo listo para ser ejecutado la confiabilidad fue buena, lo que se refleja en los valores de PPC obtenidos.

A su vez, cabe señalar que a partir de la semana N°15, se comenzó a trabajar con las tres etapas propuestas: la validación del diseño del producto, el aseguramiento del proceso y el compromiso con la ejecución, para poder anticipar las tareas a ejecutar de la semana N°17 en adelante.

En base a ello y como primera impresión podemos decir que, por los valores obtenidos del PPC, a partir de la semana N°17, excepto la semana N°18, la confiabilidad fue en aumento. Pero, como discutimos en los capítulos anteriores, estos valores son muy superficiales y merecen un análisis más profundo para poder conocer si los mismos reflejan la relación que debe existir entre el Plan Semanal (WWP) y el Programa Maestro y así poder afirmar que la mejora de la confiabilidad de la planificación es acorde con el avance de obra proyectado.

6.1.2 Tarea Anticipada (TA) y Tarea Lista para ser Ejecutada (TMR)

La siguiente figura muestra la evolución del Task Anticipated (TA) a partir de la semana N°17 a la semana N°21:

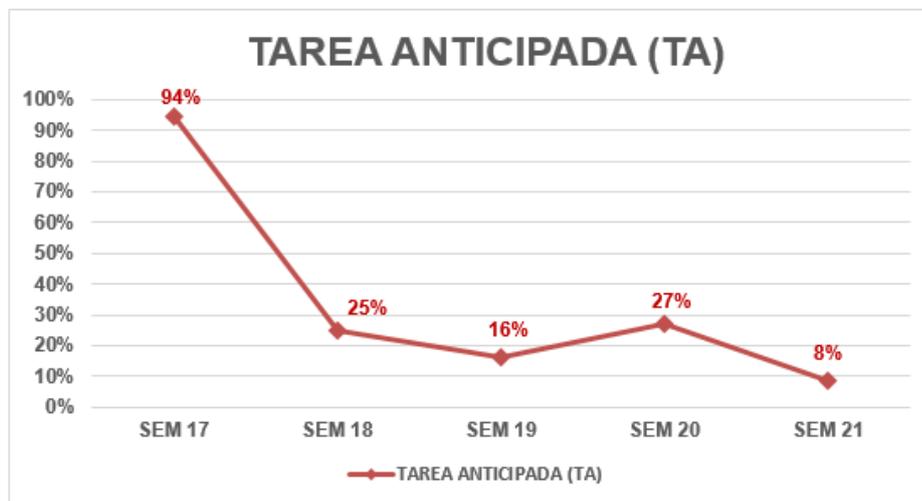


Figura N°6.4 Evolución semanal del indicador Tarea Anticipada (TA)
Fuente: Elaboración propia

Como se mencionó, existieron tareas, antes de la semana N°15, que no se ejecutaron en las semanas programadas. Por ello, el primer objetivo fue que en la semana N°15 y N°16 se logre culminarlas y replanificar para que a partir de la semana N°17 se pueda buscar cumplir lo establecido en el Programa de Fase, ajustándolo si fuese necesario.

Es así que al observar el valor del TA de la semana N°17 podemos decir que gran cantidad de las tareas planificadas a ejecutar en dicha semana forman parte de las que se proyectaron ejecutar hace dos semanas, es decir la mayoría de tareas planificadas son tareas que deben ser ejecutadas acorde al avance de obra.

Por otro lado, la caída mostrada en la semana N°18 nos indica que no se cumplieron las tareas proyectadas de la semana N°15 a la semana N°17, y esto se puede confirmar al observar el TMR de dicha semana, el cual debe ser bajo, pues el plan proyectado para la semana N°18 se realizó en la semana N°16 teniendo en cuenta que lo proyectado en la semana N°15 se iba a cumplir.

El valor aún más bajo de TA de la semana siguiente, semana N°19, se explica ya que el Plan Intermedio (LAP) desarrollado antes de iniciar la ejecución de la semana N°17 incluye la proyección de lo que se va ejecutar en la semana N°19 y al tener un valor bajo de PPC, al finalizar la semana N°17 y semana N° 18, no se podrán anticipar gran cantidad de tareas.

En la semana N°20, el valor del TA aumenta poco su valor, ya que el PPC también aumentó (49%) y el valor de la última semana analizada muestra un valor muy bajo, prácticamente no se anticiparon tareas, y al tener un PPC de 100% podemos tener gran seguridad que las tareas programadas a ejecutar en dicha semana fueron totalmente nuevas.

Pero, hasta ahora no se puede conocer cuántas tareas anticipadas del total de tareas programadas, fueron ejecutadas, pues son estas tareas las que nos deben importar al ser las que siguen lo planificado para cumplir los hitos del Master Schedule.

Esto se puede entender mejor al analizar la semana N° 21. El PPC en esta última semana de análisis tiene un valor alto, el más alto, pero ¿en realidad refleja el cumplimiento de tareas acordes a la planificación? Al analizar el TA, nos podemos dar cuenta que no. De ahí surge la importancia de analizar el TMR, indicador que sí nos permite tener dicha información.

La siguiente figura muestra la evolución del TMR a partir de la semana N°17 a la semana N°21:

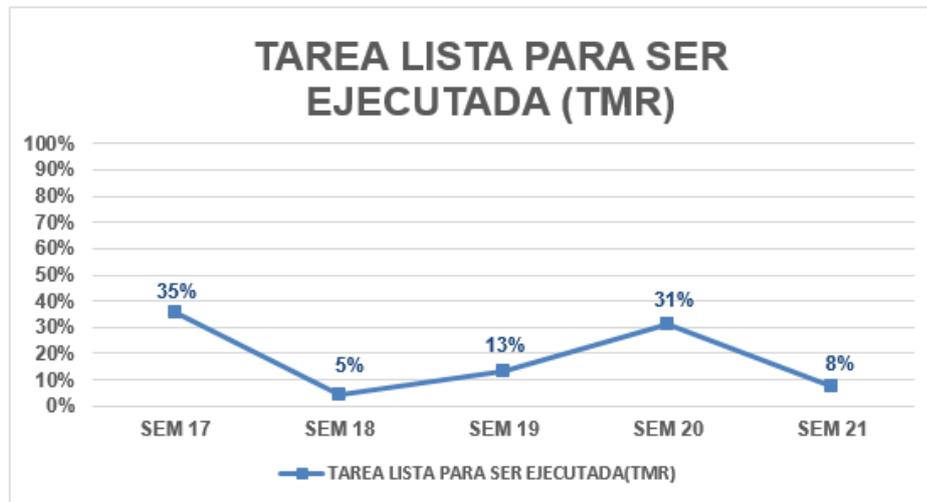


Figura N°6.5 Evolución semanal del indicador Tarea Lista para ser Ejecutada (TMR)
Fuente: Elaboración propia

En la semana N°17 el valor del TMR nos menciona que solo se lograron realizar el 35% de las tareas que debieron ser hechas, sin embargo se lograron anticipar gran cantidad de tareas (TA = 94%) y el PPC tuvo un resultado de 44%, es decir hubo muy pocas tareas nuevas en la programación y al parecer hubo una gran cantidad de las tareas que no estaban listas para ser ejecutadas y aun así fueron programadas.

Mientras que en la semana N°18, los valores del TA y TMR muestran que se anticiparon pocas tareas y a su vez que las tareas anticipadas y ejecutadas fueron bajas, mientras que en la siguiente semana a pesar que se anticiparon pocas tareas, se puede decir que casi las mismas fueron ejecutadas. De igual manera ocurrió en la semana N°20 pero con ya un continuo aumento de ambos indicadores.

Por último, en la última semana de análisis se refleja claramente que no se anticipó casi ninguna tarea pero se logró ejecutarla(as), lo que confirma que las tareas programadas y ejecutadas fueron nuevas.

6.1.3 Tarea Anticipada (TA), Tarea Lista para ser Ejecutada (TMR) y Porcentaje del Plan Cumplido (PPC)

En base a los indicadores anteriores, podemos afirmar que una gestión de obra no debe medir su confiabilidad solo en base al PPC, pues este valor es muy subjetivo. En cambio, el tener conocimiento primero del TA, nos da una primera impresión de cómo estamos ingresando a la semana de ejecución, luego al calcular el TMR ya podemos conocer si el avance es acorde y logra reflejar lo planificado para el cumplimiento de los objetivos del proyecto, y por el último el cálculo del PPC ya mostrará una visión más completa de la confiabilidad obtenida y si esta también es acorde con la ejecución de los trabajos. La siguiente figura muestra el consolidado de los indicadores mencionados:

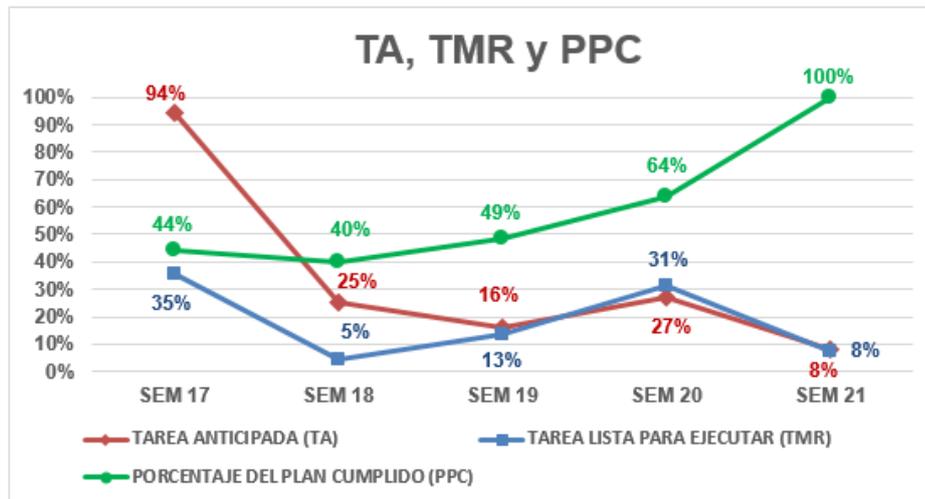


Figura N°6.6 Evolución semanal de los indicadores TA, TMR y PPC
 Fuente: Elaboración propia

Observando la figura anterior y los tres indicadores en conjunto, podemos afirmar que gran parte de lo mencionado anteriormente es cierto, pero no del todo. Ello, hace necesario realizar un análisis más profundo de las tareas, en cuando a si estaban listas o no listas para ser ejecutadas, pues de ello dependen los resultados obtenidos anteriormente.

A su vez, como se mencionó al inicio de la presente investigación, la hipótesis general es que la gestión implementada ayuda a tener una mayor cantidad de tareas listas para ser ejecutadas, lo cual permitirá aumentar la confiabilidad de la planificación y tener una mayor probabilidad de un flujo eficiente de trabajo.

6.1.3.1 Tareas

a. Tareas Listas y No Listas

Las siguientes figuras muestran a detalle la cantidad de tareas anticipadas y programadas (listas y no listas), tareas nuevas programadas (no anticipadas) y, tareas nuevas no programadas (programadas en el transcurso de la semana de ejecución) que pasaron o no lograron pasar por las etapas de validación del diseño del producto, aseguramiento del proceso y compromiso con la ejecución.

Analizando estas figuras para cada semana y viendo el Anexo N°10 donde se puede observar, en la parte superior, la cantidad de tareas que debieron ser ejecutadas dicha semana (por ejemplo: 62 tareas para la semana N°17), se puede comprender mejor los valores de los indicadores obtenidos en la Figura N° 6.6.

Por ejemplo, observando la Figura N°6.7 y el Anexo N°10 podemos afirmar que hubo un gran anticipo de tareas (49) de las programadas en el WWP (52) por lo cual el TA es bastante alto. Lo mismo se puede inferir para los valores obtenidos de TMR y PPC.

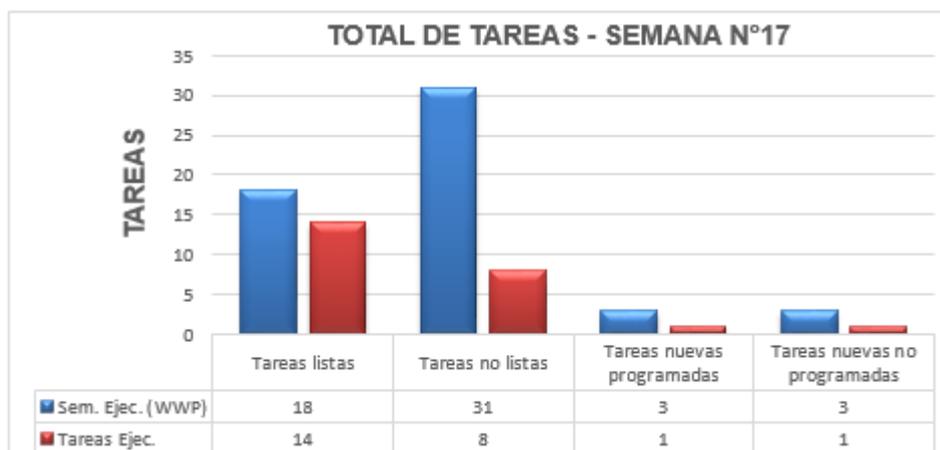


Figura N°6.7 Total de tareas en la semana N°17
 Fuente: Elaboración propia

A su vez, como se puede observar en la Figura N°6.6, de la semana N°18 en adelante, los valores de TA son relativamente bajos por lo cual los planes semanales tendrán varias tareas nuevas con respecto a los planes semanales proyectados, como se puede observar en las siguientes figuras:

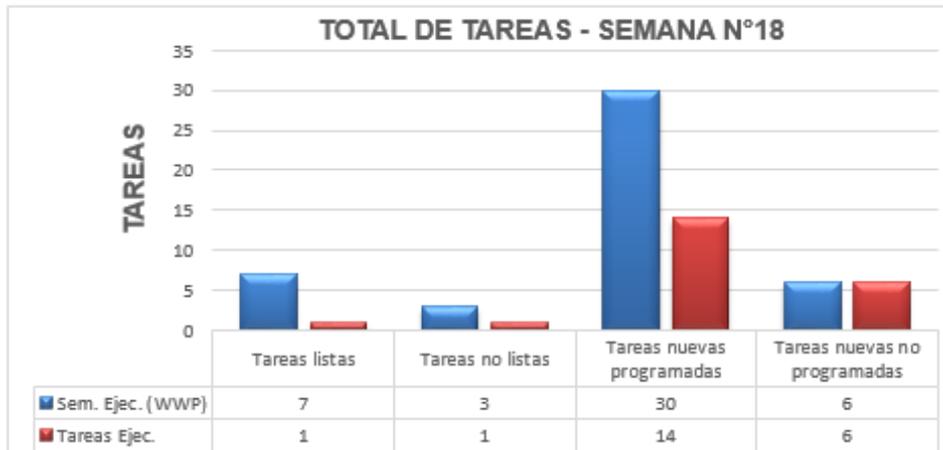


Figura N°6.8 Total de tareas en la semana N°18
Fuente: Elaboración propia

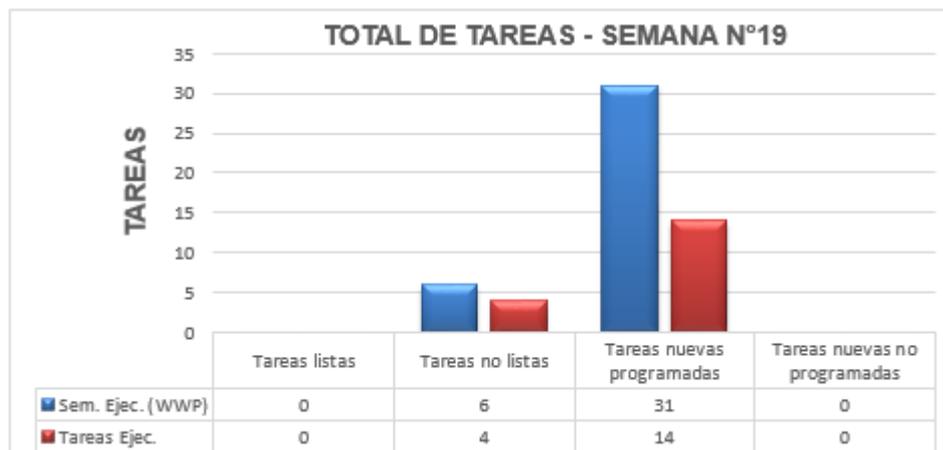


Figura N°6.9 Total de tareas en la semana N°19
Fuente: Elaboración propia

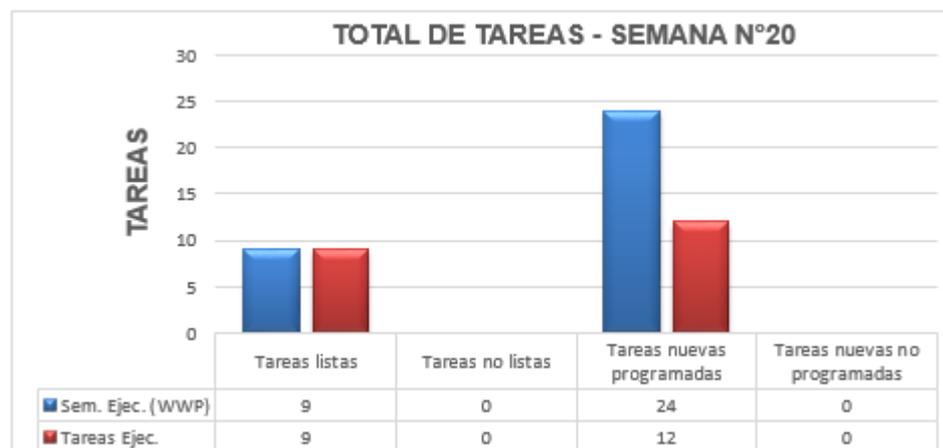


Figura N°6.10 Total de tareas en la semana N°20
Fuente: Elaboración propia

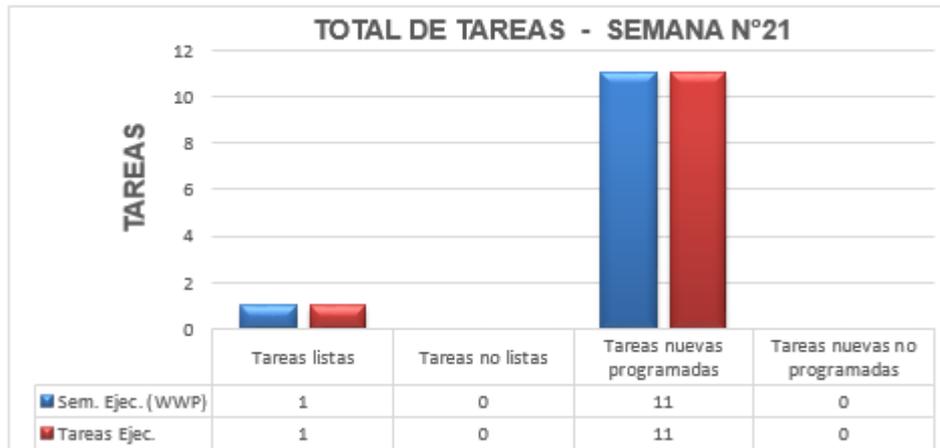


Figura N°6.11 Total de tareas en la semana N°21
Fuente: Elaboración propia

Pero los valores de TMR fueron aumentando y esta es una buena señal de las mejoras obtenidas por la gestión a implementada. Lo cual también se debe ver reflejado en las tareas nuevas existentes, que, en su gran mayoría, deben estar listas para ser ejecutadas, tal como se puede observar en las figuras anteriores, donde el cumplimiento de tareas nuevas fue casi un 50%, a excepción de la semana N°21.

b. Tareas Nuevas

Las siguientes figuras muestran las tareas listas y no listas respecto a las tareas nuevas:

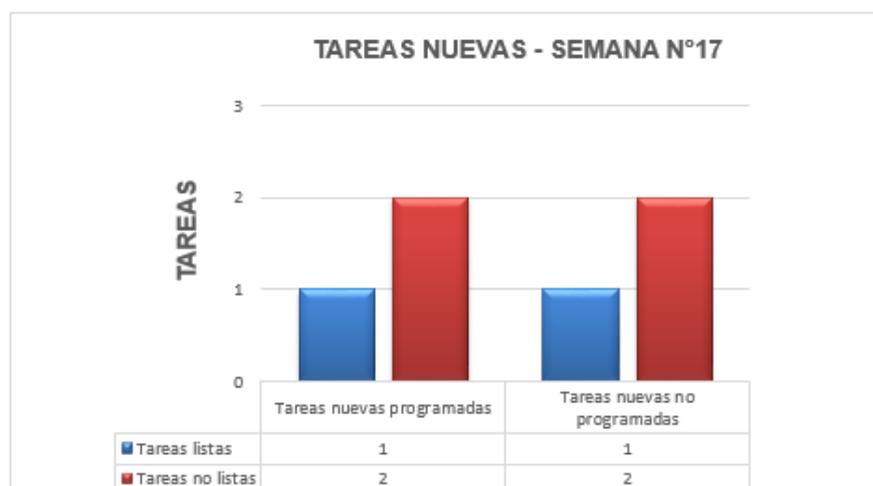


Figura N°6.12 Tareas nuevas en la semana N°17
Fuente: Elaboración propia

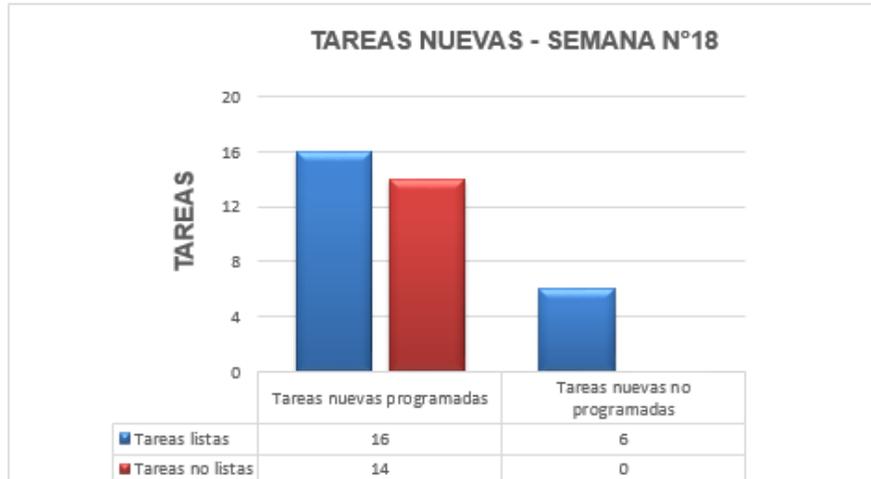


Figura N°6.13 Tareas nuevas en la semana N°18
 Fuente: Elaboración propia



Figura N°6.14 Tareas nuevas en la semana N°19
 Fuente: Elaboración propia



Figura N°6.15 Tareas nuevas en la semana N°20
 Fuente: Elaboración propia



Figura N°6.16 Tareas nuevas en la semana N°21
Fuente: Elaboración propia

c. Tareas Ejecutadas

Analizando las tareas ejecutadas, se puede obtener la evolución porcentual de las mismas semana a semana, ver Figura N°6.17.

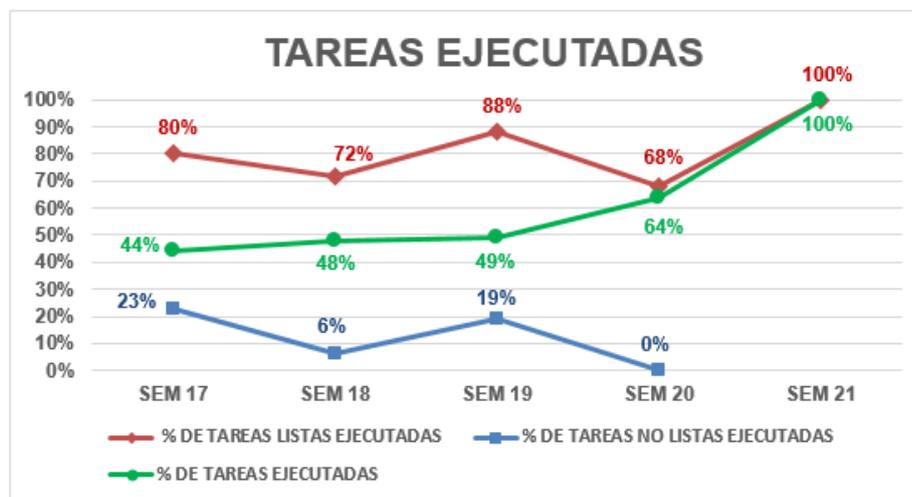


Figura N°6.17 Evolución porcentual semanal de las tareas ejecutadas
Fuente: Elaboración propia

La figura anterior muestra que hubo un aumento porcentual semanal de tareas ejecutadas. A su vez, que un porcentaje de las tareas que no estaban listas pero fueron programadas, lograron ser ejecutadas en su semana programada. Lo cual indica que se pudo liberar algunas tareas en el transcurso de la semana de ejecución, salvo en la semana N°20 y N°21.

Esto confirma que la gestión implementada ayuda a tener una mayor cantidad de tareas listas para ser ejecutadas, lo cual permite aumentar la confiabilidad de la planificación y tener una mayor probabilidad de un flujo eficiente de trabajo, pues las tareas listas para ser ejecutadas tienen un alto grado de cumplimiento.

Pero a pesar de ello, nos damos cuenta que el porcentaje de cumplimiento de las tareas que se encontraban listas para ser ejecutadas no logró un 100%. Esto puede suceder por diferentes razones. Por ejemplo: trabajos incompletos, bajos rendimientos del personal donde ya se tiene un flujo continuo pero el flujo de trabajo o las operaciones realizadas no son eficientes, inasistencias de trabajadores, etc.

De igual forma, también es necesario conocer por qué no se pudieron liberar algunas tareas no listas durante la semana de ejecución, pues si se programaron en la misma fue con la finalidad de tenerlas listas en la semana. Con dicho fin, a continuación se analizan las causas de no cumplimiento (CNC).

6.1.4 Causas de No Cumplimiento (CNC)

Las siguientes figuras, en relación a la Tabla N°3.4, muestran la evaluación porcentual de las Causas de No Cumplimiento (CNC) de las tareas listas y no listas que no lograron ser ejecutadas.



Figura N°6.18 Evaluación porcentual de las CNC de tareas listas no ejecutadas
Fuente: Elaboración propia



Figura N°6.19 Evaluación porcentual de las CNC de tareas no listas no ejecutadas
Fuente: Elaboración propia

En la primera figura se puede observar que la causa principal de no cumplimiento de las tareas listas para ser ejecutadas fueron problemas relacionados a la ejecución. Mientras que en la Figura N°6.19 se observan problemas relacionados a ejecución, falta de información, materiales, equipos y/o herramientas, cambios de diseño y/o respuestas a destiempo y tareas programadas sin pasar por el flujo de compromisos, ver Tabla N°3.4.

Para lograr complementar esta información, se debe buscar la causa principal que conllevo a incumplir la ejecución. Realizando por ejemplo:

Un seguimiento y control mediante líneas de flujo o flowline para las tareas asociadas a un proceso específico permite observar el flujo de trabajo u operaciones llevadas a cabo en ciertas ubicaciones.

Y a su vez, haciendo uso de la herramienta 5 Why's, lograr encontrar la causa principal y proponer acciones correctivas e integrales a las mismas.

6.1.4.1 Seguimiento y Control

La siguiente figura muestra un ejemplo del uso de líneas de flujo para el seguimiento y control del enchape de piso en baños secundarios con su operación precedente, las instalaciones sanitarias en piso:

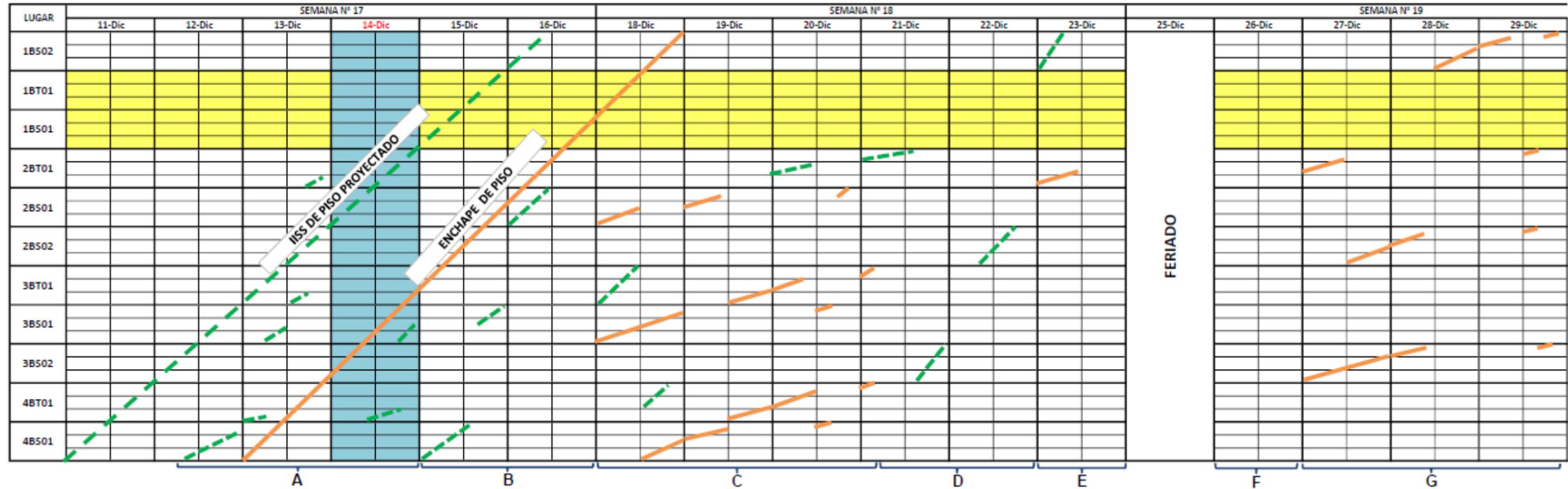


Figura N°6.20 Ejemplo de seguimiento y control mediante el uso de líneas de flujo en baños secundarios
Fuente: Elaboración propia

La siguiente tabla muestra la interpretación de la figura anterior:

Tabla N°6.1 Interpretación de las líneas de flujo en baños secundarios
Fuente: Elaboración propia

TRAMO	DESCRIPCIÓN
A	Trabajos incompletos (4BT01, 3BS01, 3BT01 y 2BT01), que generaran flujo reentrante, y retrabajos en varios ambientes (4BT01, 3BS01).
B	Ya no existe flujo reentrante, se atacaron primero los baños secundarios 4BS01, 3BS01 y 2BS01, en ese orden. Retrabajo (4BS01)
C	Empezó el enchape de piso con dos operarios. Un operario por ambiente atacando mitad de baño en 4 horas aprox. Se finalizó fraguando por falta de cancha libre.
D	El enchape se quedó sin cancha libre, trabajo previo no terminado (3BS02, 2BS02, 2BT01). No se realizaron trabajos de enchape. Se liberó el (3BS02 y 2BS02)
E	Solo se avanzó el 2BT01, un operario.
F	Ausentismo laboral.
G	Se terminó los trabajos, excepto en los ambientes 1BT01 y 1BS01, no liberados.

6.1.4.2 5 Why's

La siguiente tabla muestra el uso de la técnica 5 Why's aplicado al seguimiento y control realizado mediante el uso de líneas de flujo de la Figura N°6.20:

Tabla N°6.2 Uso de la técnica 5 Why's a los problemas encontrados en baños secundarios
Fuente: Elaboración propia

PROBLEMA	CAUSA PRINCIPAL	ACCIÓN CORRECTIVA
Trabajos incompletos causando flujo reentrante.	Falta de comunicación debido al desconocimiento del orden de ambientes a atacar.	Cualquier duda o consulta realizarla en el momento. Hacer uso de la herramienta colaborativa Whatsapp.
Retrabajos.	Cambio de la modulación del enchape por parte del cliente.	No empezar trabajos si aún existen dudas con la aprobación del diseño del producto.
Falta de cancha libre (trabajo previo inconcluso).	Personal sanitario no laboró ciertas fechas por orden de resolver problemas de postventa en el otro edificio.	En caso de postventa, no dejar trabajo inconcluso, liberar el ambiente antes de retirarse.
Ausentismo laboral.	Falta de cancha libre.	Hacer conocer la dependencia existente de trabajos, mediante la gráfica flowline, y las consecuencias que conlleva el no cumplimiento.
Baños 1BT01 y 1BS01 no liberados.	Falta de espacio por trabajos de albañilería	Mayor coordinación para evitar cruce de trabajos en un mismo ambiente.

CONCLUSIONES

1. La gestión de compromisos de subcontratistas para el levantamiento de restricciones en procesos incidentes de acabados en proyectos de edificaciones civiles establece, desde un inicio, un entorno de confianza que permite desarrollar una cultura de cumplimiento basada en la comunicación, colaboración y el compromiso.
2. Los beneficios de la gestión de compromisos se ven reflejados en una planificación a nivel estratégico, táctico y operativo que permite que, al llegar la fecha de ejecución, solo sea necesario verificar los flujos o requisitos previos de las tareas (llamados restricciones al ser identificadas a destiempo). De esta manera logra trabajar con una mayor cantidad de tareas listas para su ejecución, aumentar la confiabilidad de la planificación y obtener una mayor probabilidad de desarrollar de forma eficiente la producción mediante un flujo de trabajo continuo.
3. Se concluye que toda tarea antes de su ejecución debe seguir la estructura de los cuatro escenarios del flujo de compromisos: preparación, clarificación y negociación, desempeño y garantía.
4. La preparación se enfoca en el entendimiento de la propuesta de valor del cliente como información de entrada para establecer los objetivos a seguir y las estrategias a utilizar.
5. Las reuniones colaborativas de planificación son parte esencial de la clarificación y negociación, escenario donde se tiene como objetivos principales que los involucrados del proyecto tengan conocimiento de todo lo necesario para poder llevar a cabo los trabajos con éxito y el establecer compromisos confiables con la planificación.
6. Se considera necesario que al llegar al escenario de desempeño se desarrollen tres etapas antes de la ejecución de una tarea: la validación del diseño del producto, el aseguramiento del proceso y el compromiso con la ejecución. Etapas donde se debe enfocar el seguimiento y control, con la finalidad de poder tener la tarea lista para su ejecución y asegurar su cumplimiento.
7. La gestión de compromisos de subcontratistas implementada, en el proyecto "Edificio Piacenza", permitió tener una mayor cantidad de tareas listas para ser ejecutadas, aumentar la confiabilidad de la planificación y tener un flujo eficiente de trabajo en algunos procesos analizados. Se logró

mantener un crecimiento continuo del porcentaje de tareas ejecutadas durante las semanas de estudio. De las cuales, el porcentaje de tareas listas ejecutadas se mantuvo por encima del 68%. Mientras que el porcentaje promedio de tareas no listas ejecutadas fue un 12%.

8. El 92% de las Causas de No Cumplimiento (CNC) de las tareas listas para ser ejecutadas fueron ocasionadas por problemas relacionados a la ejecución (trabajos incompletos, bajo rendimiento de personal, inasistencias, etc.). Esto demuestra que luego de lograr tener tareas listas para ejecutar, un flujo de trabajo continuo, el siguiente paso debe enfocarse en analizar la ejecución de las tareas para obtener un flujo de trabajo eficiente.
9. En relación a las tareas no listas, las Causas de No Cumplimiento (CNC) muestran que un 33% fueron ocasionadas por problemas de ejecución, un 24% por problemas de ingeniería (falta de información), un 21% por problemas de abastecimiento (falta de materiales, equipos y/o herramientas), un 18% en relación al cliente (cambios de diseño y/o respuesta a destiempo de las consultas realizadas) y un 3% por problemas de programación (tareas programadas sin pasar por el flujo de compromisos), es decir, solo un 3% fueron programadas de manera improvisada.
10. Por último, se demuestra que valores altos del Porcentaje del Plan Cumplido (PPC) no asegura valores altos de los indicadores Tarea Anticipada (TA) y Tarea Lista para ser Ejecutada (TMR). Valores bajos de estos dos últimos indicadores generalmente reflejan problemas desde la planificación estratégica hasta llegar a la validación del diseño de producto, el aseguramiento del proceso y el compromiso con la ejecución, donde en búsqueda de soluciones integrales se debe partir de un correcto análisis de las Causas de No Cumplimiento (CNC) y los flujos asociados.

RECOMENDACIONES

1. Para crear una cultura de cumplimiento en cualquier organización, se recomienda trabajar haciendo uso de las cinco practicas clave de coordinación de Macomber H. & Howell G. (2001) y buscar estandarizar los conceptos a utilizar para poder gestionar conocimiento. El reto a corto plazo debe enfocarse en definir principios que sean la base del comportamiento de toda persona perteneciente a la organización (buscar información acerca del Premio Shingo).
2. La gestión de compromisos no reduce su alcance al trabajo ingeniero - subcontratista y/o viceversa ni a solo proyectos de edificaciones. Se recomienda implementar este modelo de gestión de manera integral, a nivel estratégico, táctico y operativo, en todo tipo de proyectos y realizar una mayor investigación en relación a la gestión de flujos.
3. Se recomienda realizar un estudio a mayor detalle de cada escenario del flujo de compromisos y continuar la buena práctica de trabajar de manera integral la cultura, conceptos, planificación y herramientas a utilizar.
4. Al conocer y entender la propuesta de valor del cliente, se recomienda dedicar mayor esfuerzo en desarrollar, con un buen nivel de detalle, los diseños de los productos a ejecutar. Una vez obtenida la aprobación de estos, validar el diseño en campo y no esperar hasta su fecha de ejecución.
5. Antes de llevar a cabo las reuniones colaborativas de planificación se sugiere definir la secuencia de procesos a ejecutar y su logística, asimismo, reconocer los procesos y operaciones a ejecutar por ambiente y/o ubicación e identificar sus flujos o requisitos previos.
6. Se sugiere utilizar y seguir mejorando los formatos mostrados en los anexos para la validación del diseño del producto, el aseguramiento del proceso y el compromiso con la ejecución.
7. No solo se debe enfocar esfuerzos en eliminar restricciones, sino crear y gestionar flujos de manera anticipada para lograr tener la mayor cantidad de tareas listas, a más tardar, durante la semana de ejecución. Esto permitirá obtener un flujo de trabajo constante y aumentar la confiabilidad de la planificación.
8. Para un mejor entendimiento del análisis de las causas de no cumplimiento se recomienda realizar un seguimiento y control a las operaciones por ubicación. Una herramienta muy útil es el flowline o líneas de flujo, la cual

te permite detectar visualmente la discontinuidad del flujo, por ende, los problemas existentes y desperdicios que estos causan.

9. Todo avance de obra debe lograr reflejar un avance que agregue valor al proyecto en tiempo, costo y calidad. Se recomienda semanalmente realizar la buena práctica de calcular el indicador Tarea Anticipada (TA) para conocer cómo se está ingresando a la semana de ejecución, luego calcular el indicador Tarea Lista para ser Ejecutada (TMR) para poder conocer si el avance ejecutado guarda relación con los objetivos del proyecto y por último calcular el Porcentaje del Plan Cumplido (PPC) para analizar la evolución de la confiabilidad de la planificación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Ballard G. (1994), *The Last Planner*, Northern California Construction Institute Spring Conference, Monterrey.
2. Ballard G. (2000a), *Lean Project Delivery System*, *LCI White Paper # 8 R/1*, Lean Construction Institute, Ketchum.
3. Ballard G. (2000b), *Phase Scheduling*, *LCI White Paper # 7*, Berkeley.
4. Ballard G. (2000c), *The Last Planner System of Production Control* (tesis doctoral). Recuperado de <http://www.leanconstruction.dk/media/15590/ballard2000-dissertation.pdf>
5. Ballard G. & Hamzeh F. (2007), *The Last Planner Production Workbook - Improving Reliability in Planning and Work Flow*, 2nd Edition, Lean Construction Institute, Berkeley.
6. Ballard G. & Howell G. (2003), *An Update on Last Planner*, *11th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, Virginia.
7. Ballard G., Tommelein I., Koskela L. & Howell G. (2002), *Lean Construction Tools and Technique*. Chapter 15 in *Design and Construction: Building in Value*, Butterworth Heinemann, pp. 227-255.
8. Bertelsen S. (2003a), *Complexity – Construction in a New Perspective*, *11th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, Virginia.
9. Bertelsen S. (2003b), *Construction as a Complex System*, *11th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, Virginia.
10. Bertelsen S. & Bonke S. (2011), *Transformation-Flow-Value as a Strategic Tool in Project Production*, *19th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, Lima.
11. Bertelsen S. & Emmitt S. (2005), *The Client as a Complex System*, *Proceedings of the 13th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, Sydney, pp. 73-79.
12. Bertelsen S. & Koskela L. (2005), *Approaches to Managing Complexity in Construction Project Production*, *Becon: 1st International Conference on Built Environment Complexity*, Reino Unido.
13. Bertelsen S., Henrich G., Koskela L. & Rooke J. (2007), *Construction Physics*, *Proceedings of the 15th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, Michigan, pp. 13-26.

14. Bertelsen S., Koskela L., Henrich G. & Rooke J. (2006), Critical Flow – Towards a Construction Flow Theory, *14th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, Santiago, pp.31-40.
15. Campero M. & Alarcón L. (2014), Administración de Proyectos Civiles (3era Edición Ampliada). Santiago, Chile: Ediciones Universidad Católica de Chile.
16. 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). Recuperado de https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/57352/MEMORIA_V%C3%A1ctor%20Alfonso%20Campi%C3%B1a.pdf?sequence=1.
17. Caña C. (2011), Metodología de Integración de Subcontratos a un Sistema de Gestión basado en la Aplicación del Lean Construction: Aplicación y Mejoras Propuestas, *Artículo enviado para participar en el 19º Congreso Anual del Grupo Internacional de Lean Construction*, Lima.
18. Complexity Explorer (2018), Glossary Terms, Santa Fe Institute, <https://www.complexityexplorer.org/explore/glossary>.
19. Davis C. (1998), Listening, language and action, The LSE strategy & Complexity seminar, London School of Economics and Political Science, Londres.
20. Diccionario Glosario de Administración (2017), Negocios y Gerencia, <http://www.businesscol.com/productos/glosarios/gladmivo.htm>.
21. Fayol H. (1991), *Administración Industrial y General*. Buenos Aires, Argentina: El Ateneo.
22. Ferris B. (2014), Achieving process excellence with Lean, *Business - Savannah Now - Savannah Morning News*, Georgia. Recuperado de: http://www.savannahnow.com/business/bis/2014-11-21/achieving-process-excellence-lean?__scoop_post=870156d0-75e5-11e4-8a91-842b2b775358&__scoop_topic=3694180.
23. Flores F. (1982), *Management and Communication in the Office of the Future* (tesis doctoral). Universidad de California, Berkeley, USA.
24. Gonzales V. & Alarcón L. (2003), Buffers de Programación: Una Estrategia Complementaria Para Reducir la Variabilidad en los Procesos de Construcción, *Revista Ingeniería de Construcción*, Pontificia Universidad Católica de Chile, 18 (2), pp. 109-119.

25. Hamzeh F. (2009), *Improving Construction Workflow – The Role of Production Planning and Control* (tesis doctoral). Recuperado de http://digitalassets.lib.berkeley.edu/etd/ucb/text/Hamzeh_berkeley_0028E_10298.pdf.
26. Hamzeh F., Zankoul E. & El Sakka F. (2016), Removing Constraints to Make Tasks Ready in Weekly Work Planning, Creative Construction Conference, Hungría.
27. Hinze J. (2001), *Construction Contracts* (2da Edición). New York, EEUU: McGraw-Hill.
28. Howell G., Macomber H., Koskela L. & Draper J. (2004), Leadership and Project Management: Time for a Shift From Fayol To Flores, *12th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, Helsingør.
29. Hopp W. & Spearman M. (1996), *Factory Physics: Foundations of Manufacturing Management*. Boston, EEUU: Irwin/McGraw-Hill.
30. Jon M. Huntsman School of Business (2012), *The Shingo Prize for Operational Excellence: Model & Application Guidelines*, Utah State University, USA.
31. Kalsaas BT. & Bølviken T. (2010), The Flow of Work In Construction: A Conceptual Discussion, *Proceedings of the 18th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, Haifa, pp. 52-62.
32. Kalsaas BT. (2011), On the Discourse of Measuring Work Flow Efficiency in Construction. A Detailed Work Sampling Method, *19th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, Lima.
33. Kenley R. & Seppänen O. (2009), *Location-Based Management for Construction: Planning, Scheduling and Control*. London and New York, EEUU: Taylor & Francis.
34. Knapp S., Charron R. & Howell G. (2006), Phase planning today, *Proceedings of the 14th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, Santiago, pp. 431-441.
35. Koskela L. (1992), *Application of the New Production Philosophy to Construction*, CIFE Technical Report #72, Stanford University, Finlandia.
36. Koskela L. (2000), *An Exploration Towards a Production Theory and its Application to Construction* (tesis doctoral). Recuperado de <https://www.vtt.fi/inf/pdf/publications/2000/P408.pdf>

37. Koskela L., Rooke J., Bertelsen S., Henrich G. (2007), *The TFV Theory of Production: New Developments, 15th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, Michigan.
38. Koskela L. & Howell G. (2002a), *The underlying theory of project management is obsolete*, VTT Technical Research Centre of Finland, Project Management Institute, Manchester.
39. Koskela L. & Howell G. (2002b), *The Theory of Project Management: Explanation to Novel Methods, 10th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, Gramado.
40. Kraemer K., Henrich G., Koskela L. & Kagioglou M. (2007), *How Construction Flows Have Been Understood In Lean Construction, 4th International Research Symposium*, University of Salford, Manchester.
41. LCI (2017), *Lean Construction Institute "Lean Project Delivery Glossary"*, <https://www.leanconstruction.org/learning/education/glossary/>.
42. Lean M. (2010), *Impactos de la implementación del Sistema Last Planner en obras de montaje industrial en minería* (tesis de maestría). Recuperado de <https://repositorio.uc.cl/bitstream/handle/11534/1398/553816.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
43. Liker J. (2004), *The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer*. New York. EEUU: McGraw-Hill.
44. Lucas C. (2005), *The Philosophy of Complexity*, <http://www.calresco.org/lucas/philos.htm>.
45. Lucas C. (2007), *Complex Systems Glossary*, <http://www.calresco.org/glossary.htm>.
46. Macomber H. (2001), *Securing Reliable Promises on Projects: A guide to developing a new practice*, Lean Project Consulting.
47. Macomber H. & Howell G. (2001), *Reforming Project Management: The Role of Reliable Promising*, Implementation Workshop of the Lean Construction Institute, Denver.
48. Macomber H. & Howell G. (2003), *Linguistic Action: Contributing to the Theory of Lean Construction, 11th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, Virginia.
49. Macomber H., Howell G. & Reed D. (2005), *Managing Promises with the Last Planner System: Closing in on Uninterrupted Flow, Proceedings of the*

- 13th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, Sydney, pp. 13-18.
50. Meléndez W. (2016), Curso “Last Planner Aplicado a Edificaciones” (Diapositivas), Quality Consulting Solutions, Lima.
51. Mossman A., Last Planner: 5+1 Crucial & Collaborative Conversations for Predictable Design & Construction Delivery, The Change Business Ltd, 2017.
52. Pimentel A. (2016), *Problemática en la etapa de acabados de edificios multifamiliares y recomendaciones para mejorar la confiabilidad de la programación* (tesis de pregrado). Recuperado de <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/6609>
53. PMI (2013), *A guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK Guide)*. Newtown Square, Pa: Project Management Institute.
54. Priven V. & Sacks R. (2013), Social Network Development in Last Planner System Implementations, *Proceedings of the 21th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, Brazil*, pp. 537-548.
55. Ramírez A. (2014), *Metodología para la mejora continua (Shingo) del sistema de construcción con prefabricados de concreto* (tesis de pregrado). Recuperado de <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/4398>.
56. Reto F. (2009), *La Subcontratación en el Sector de la Construcción en la Ciudad de Piura* (tesis de pregrado). Recuperado de https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1424/ICI_177.pdf?sequence=1.
57. Rodríguez A., Alarcón L. & Pellicer E. (2011), La gestión de la obra desde la perspectiva del último planificador, *Revista de Obras Públicas*, Madrid.
58. Rodríguez C. (2010), *Procedimiento para estudiar las necesidades informativas de los directivos en la EHTC “Hermanos Gómez”. Aplicación de AMIGA* (tesis de pregrado). Recuperado de <http://www.eumed.net/libros-gratis/2010c/758/Los%20estudios%20de%20necesidades%20informativas.htm>.
59. Rooke J., Koskela L., Bertelsen S. & Henrich G. (2007), Centred Flows: A Lean Approach to Decision Making and Organisation, *Proceedings of the 15th Conference for the International Group of Lean Construction, Michigan*, pp.27-36.

60. Rubrich L. (2012), *An Introduction to Lean Construction: Applying Lean to Construction Organizations and Processes*. Portland, EEUU: WCM Associates LLC.
61. Seppänen O. (2009), *Empirical Research on the Success of Production Control in Building Construction Projects* (tesis doctoral). Recuperado de <https://core.ac.uk/download/pdf/80703647.pdf>.
62. Serpell A. & Alarcón L. (2015), *Planificación y control de proyectos* (4ta Edición). Santiago, Chile: Ediciones Universidad Católica de Chile.
63. Shimizu J. & Cardoso F. (2002), Subcontracting and Cooperation Network in Building Construction: A Literature Review, *10th Conference of the International Group for Lean Construction*, Gramado.
64. Shingo S. (1988), *Non-Stock Production: The Shingo System of Continuous Improvement*. Cambridge, USA: Productivity Press.
65. Terry G. & Rue L. (1987), *Principios de Administración*. Buenos Aires, Argentina: El Ateneo.
66. Tommelein I. & Ballard G. (1997), Lookahead Planning: Screening and Pulling, Technical Report N° 97-9, *Construction Engineering and Management Program*, Civil and Environmental Engineering Department, University of California, Berkeley.
67. William A. (2006), The Integrated Agreement for Lean Project Delivery, American Bar Association, *Construction Lawyer*, 26(3).
68. Womack J. & Jones D. (1996), *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*. Nueva York, EEUU: Simon & Schuster.
69. Womack J., Jones D. & Roos D. (1990), *The Machine that Changed the World*. Nueva York, EEUU: Rawson Associates.

ANEXOS

- **ANEXO N° 1:** Buenas Prácticas de Planificación.
- **ANEXO N° 2:** Descripción de los ambientes según código asignado.
- **ANEXO N° 3:** Phase Schedule Inicial.
- **ANEXO N° 4:** Registro de Mano de Obra.
- **ANEXO N° 5:** Panel de control.
- **ANEXO N° 6:** Formato de Validación de Diseño del Producto.
- **ANEXO N° 7:** Formato “A” de Aseguramiento del Proceso.
- **ANEXO N° 8:** Formato “B” de Aseguramiento del Proceso.
- **ANEXO N° 9:** Formato de Compromiso con la Ejecución.
- **ANEXO N° 10:** Detalle de cálculo de los indicadores TA, TMR y PPC.
- **ANEXO N° 11:** Seguimiento y control.

ANEXO N°1: BUENAS PRÁCTICAS DE PLANIFICACIÓN

Tabla A1.1 Evaluación de las buenas prácticas de planificación en el proyecto “Edificio Piacenza”
Fuente: Adaptado de Campiña V. (2015)

BUENAS PRÁCTICAS DE PLANIFICACIÓN						
EMPRESA:			Innovare SAC			
PROYECTO:			Edificio Piacenza			
FECHA:			03/11/2017			
NOMBRE DEL EVALUADOR(ES):			Bach. Gilberto Giancarlo Gamarra Díaz			
OBJETIVO: El objetivo de esta tabla es evaluar el nivel de implementación de buenas prácticas de planificación en obras de construcción.						
INSTRUCCIONES: Se han definido 15 buenas prácticas de planificación cuya implementación en cada proyecto se calificará de acuerdo a una serie de indicadores a observar, las cuales se deben calificar como presentes (SI) o no presentes (NO). En caso de dudas calificar como NO. El nivel de implementación final se determinará de acuerdo a la clave para nivel de implementación.						
PRÁCTICA	INDICADOR	SI/NO	CLAVE PARA NIVEL DE IMPLEMENTACIÓN			COMENTARIOS
			Nivel 0: No Implementada –	Nivel 1: Implementada.	Nivel 2: Implementada.	
			0	1	2	
FORMALIZACIÓN DEL PROCESO DE PLANIFICACIÓN Y CONTROL DE PROCESOS.	Existe un sistema/herramienta y procedimientos de planificación y control establecidos.	SI		X		Se trabaja con un panel de control.
	Se registran los problemas generales ocurridos en el proyecto (gestión del conocimiento).	NO	X			No existe una gestión del conocimiento completa en obra.
	Se registran las soluciones propuestas y/o realizadas.	NO	X			No se registran las propuestas realizadas.
ESTANDARIZACIÓN DE LAS REUNIONES DE PLANIFICACIÓN DE CORTO PLAZO.	Se definen y convocan los participantes con anterioridad.	NO	X			
	Se indica el propósito de la reunión y existe un orden (agenda) de los temas a tratar.	NO	X			Solo se llevan a cabo reuniones diarias antes de empezar los trabajos.
	Se revisa el acta de la reunión anterior y se analiza el cumplimiento.	NO	X			
	Se registran y publican las decisiones tomadas.	NO	X			
	Existe un moderador que dirige la reunión.	SI			X	El Ing. Residente dirige la reunión.
	Se define un día y una hora fija para la reunión semanal.	SI			X	Se realizan después de la charla se seguridad.
	Se lleva a cabo una reunión de planificación ágil y eficiente (duración menor a dos horas).	SI		X		La reunión mencionada anteriormente (poco efectiva).

	Se prepara la sala de reuniones previamente.	SI		X		La reunión es en la oficina del staff.
USO DE HERRAMIENTAS VISUALES PARA DIFUNDIR LA INFORMACIÓN EN OBRA.	Son relevantes para el desarrollo de tareas.	SI			X	Se trabaja con un plan maestro y panel de control.
	Son conocidas y están a disposición de todos los trabajadores.	NO		X		No son muy conocidas por todo el equipo de trabajo.
	Son claras y transparentes.	SI		X		Se está buscando una manera más amigable de transmitir la información.
	Se actualizan regularmente.	SI		X		Pero no de forma continua como debería.
	Permiten modificaciones al instante.	SI			X	
ACCIONES CORRECTIVAS SOBRE LAS CNC DE LA PLANIFICACIÓN.	Se identifican las CNC.	NO	X			
	Se registran y categorizan las causas de no cumplimiento.	NO	X			
	Se pregunta el porqué de la CNC (causa principal).	NO	X			
	Se busca solución/acciones correctivas sobre la causa principal de no cumplimiento	NO	X			
	Se registran soluciones establecidas para las CNC.	NO	X			
	Se controla el éxito de las soluciones.	NO	X			
ANÁLISIS CRÍTICO DE INFORMACIÓN.	Se registran datos de avance y cumplimiento.	SI		X		El registro de avance se lleva en el panel de control.
	Se realiza seguimiento y control periódico de la información (Ej.: informes quincenales o mensuales).	SI		X		Se realiza seguimiento y control en base al panel de control y programa maestro.
	Se usan técnicas y herramientas de análisis estipuladas (simulación, cartas balance, muestreos, etc.).	NO	X			
	Se compara con resultados anteriores.	NO	X			
	Se toman decisiones a partir del análisis de la información.	SI			X	
CORRECTA DEFINICIÓN DE LOS PAQUETES DE TRABAJO.	Se diferencia por actividades las partidas de trabajo (encofrado, concreto, etc.).	SI			X	Se realiza un EDT para diferenciar los procesos.
	Se definen plazos asociados.	SI			X	
	Se identifican encargados asociados.	SI			X	

	Se identifica cantidades y límites de las partidas.	SI			X	En base a lo programado y al flujo de caja.
ACTUALIZACIÓN SISTEMÁTICA DEL PROGRAMA MAESTRO CUANDO SEA NECESARIO.	Se actualiza el Programa Maestro en caso de cambios relevantes.	SI		X		Se toma en cuenta los requerimientos del cliente.
	Los hitos son actualizados y validados	SI			X	
	El proceso de actualización es estandarizado (responsable y proceso de aprobación definido).	NO	X			No se tiene un proceso estándar de aprobación definido.
ESTANDARIZACIÓN DE LA PLANIFICACIÓN INTERMEDIA.	Se planifican actividades en plazo de 4 a 6 semanas.	NO	X			Se levantan restricciones de manera reactiva.
	Se analiza el Programa Maestro y los hitos más próximos.	SI		X		En base al panel de control.
	Se definen actividades críticas.	SI		X		Se definieron en un inicio al realizar el panel.
	Se determinan las restricciones a mediano plazo (4 a 6 semanas).	NO	X			
	Se actualiza la Planificación Intermedia semana a semana junto con la reunión semanal.	NO	X			Reuniones diarias poco efectivas, mucha incertidumbre inicial.
	Se registran y publican resultados (restricciones y compromisos).	NO	X			No se lleva un registro de los resultados.
INCLUSIÓN DE LAS ACTIVIDADES SIN RESTRICCIONES A LA PLANIFICACIÓN SEMANAL.	Los permisos y exigencias de seguridad se encuentran listos.	SI			X	Se trabaja con mucho cuidado en la calidad y seguridad.
	Los recursos (mano de obra, materiales, equipos, etc.) están disponibles.	SI		X		Existe una logística poco confiable.
	Se planifica el trabajo pendiente de la semana anterior.	SI		X		Existen muchos trabajos incompletos.
	Las actividades planificadas generan un avance de obra de acuerdo al Programa Maestro.	NO	X			Es un punto principal a tomar en cuenta y mejorar.
	El PPC es estable (+/- 10%).	NO	X			Existe una confiabilidad baja, aún no estable y no cuantificada.
PARTICIPACIÓN DE LOS REPRESENTANTES DEL EQUIPO DE TRABAJO EN LAS REUNIONES DE PLANIFICACION SEMANAL Y LA TOMA DE DECISIONES.	Asistencia de todos los representantes (producción, áreas de soporte, subcontratas, supervisión, etc.) en la ejecución de obra.	NO	X			El cliente no tiene un involucramiento activo en el proyecto.
	Se asumen responsabilidades y compromisos.	SI		X		Aún no se logra la confiabilidad deseada.
	Se negocian y acuerdan los compromisos.	SI		X		Se acuerdan más no se negocian.

	Se aportan ideas y posibles soluciones para el desarrollo de las actividades.	SI		X		Falta plasmarlo en papel para no olvidar. Por ejemplo planos.
PLANIFICACIÓN Y CONTROL DE MATERIALES.	Se identifican las restricciones de recursos de materiales para realizar el pedido.	SI		X		No se identifican a tiempo.
	Se emplean formatos estandarizados de pedidos de material.	NO	X			Pedidos a destiempo e incluso el mismo día de ejecución.
	Se adelantan y planifican los tiempos de respuesta de los proveedores.	SI		X		Proveedores fallan en el tiempo de entrega.
	La empresa mantiene un proceso interno para realizar el pedido (solicitud – aprobación – pedido).	SI			X	
	Se emplean indicadores visuales, tipo kanban, para conocer y/o avisar la necesidad de material.	SI		X		Un tablero de pedido de materiales.
USO DE INDICADORES PARA EVALUAR EL CUMPLIMIENTO DE LA PLANIFICACIÓN.	Se indica el cumplimiento de hitos del Programa Maestro.	NO	X			
	Se mide la cantidad de actividades completadas de la Planificación Semanal (Ej.: PPC)	NO	X			No se comenzó llevando un control del PPC.
	Se emplean indicadores para controlar el avance de obra.	NO	X			
	Se compara el avance con el Programa Maestro.	NO	X			
	Se mide el rendimiento del personal por actividad.	NO	X			Aunque no hay un flujo estable, los rendimientos no son adecuados.
ELIMINACIÓN SISTEMÁTICA DE RESTRICCIONES.	Se establecen compromisos para liberar restricciones con responsables y fechas.	SI		X		No se logra cumplir con fechas de eliminación.
	Se controla la liberación de los compromisos con los responsables.	NO	X			
	Se mantiene una base de datos o registros de las restricciones de obra.	SI		X		Solo las relacionadas al tema logístico.
	Se controla la confiabilidad de los compromisos de liberación de restricciones.	NO	X			
	La confiabilidad es alta (sobre 80%)	NO	X			
USO DE UN PROGRAMA MAESTRO	Es conocido por todos los participantes de la planificación.	SI			X	
	Es visual y entendible.	SI			X	

ENTENDIBLE Y TRANSPARENTE.	Es publicado en la sala de reuniones o zona común.	SI			X	
	Se identifican principales hitos y sus restricciones (Programa de fases).	NO	X			
USO DEL INVENTARIO DE TRABAJO EJECUTABLE.	Existe un inventario de trabajo ejecutable formal y actualizado.	NO	X			
	Se utiliza para designar tareas en caso de ser necesario.	NO	X			

ANEXO N°2: DESCRIPCIÓN DE LOS AMBIENTES SEGÚN CÓDIGO ASIGNADO

Tabla A1.2 Codificación de los ambientes a utilizar en el proyecto “Edificio Piacenza”
Fuente: Elaboración Propia

AMBIENTES (SUBPRODUCTOS)	PISO 1			PISO 2		PISO 3		PISO 4	
	Semisótano	Dpto. 101	Dpto. 102	Dpto. 201	Dpto. 202	Dpto. 301	Dpto. 302	Dpto. 401	Dpto. 302.
Dormitorio principal	SSDP01		1DP02	2DP01	2DP02	3DP01		4DP01	3DP02
Dormitorio secundario		1DS01	1DS02	2DS01		3DS01		4DS01	3DS02
Dormitorio tres		1DT01		2DT01		3DT01		4DT01	3DT02
Dormitorio de servicio		1DSV01	1DVS02	2DSV01	2DSV02	3DSV01	3DSV02	4DSV01	
Baño principal	SSBP01		1BP02	2BP01	2BP02	3BP01		4BP01	3BP02
Baño secundario		1BS01	1BS02	2BS01	2BS02	3BS01		4BS01	3BS02
Baño tres		1BT01		2BT01		3BT01		4BT01	
Baño de visita	SSBV (Baño hall)	1BV01	1BV02	2BV01	2BV02	3BV01	3BV02	4BV01	
Baño de servicio		1BSV01	1BVS02	2BVS01	2BSV02	3BSV01	3BSV02	4BSV01	
Sala -comedor		1SC01	1SC02	2SC01	2SC02	3SC01	3SC02	4SC01	
Sala		1SA01	1SA02	2SA01		3SA01			
Cocina		1CO01	1CO02	2CO01	2CO02	3CO01	3CO02	4CO01	
Patio - lavandería		1PL01	1PL02	2PL01	2PL02	3PL01	3PL02	4PL01	
Estudio			1ES02		2ES02				
Estar								4EST01	3EST02

ANEXO N°3: PROGRAMA DE FASES INICIAL

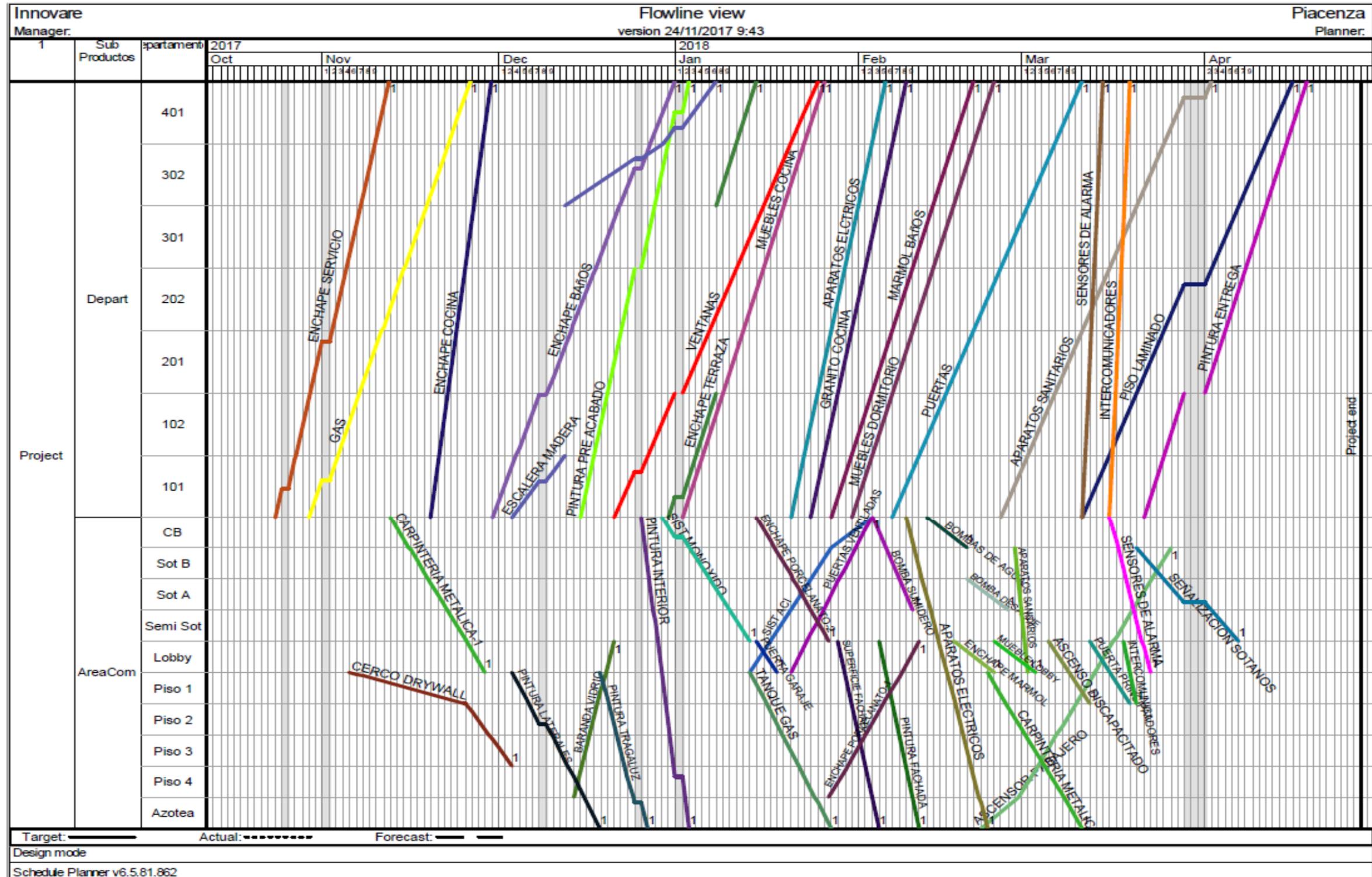


Figura A1.1 Programa de Fases Inicial desarrollado con el Programa Vico Office Schedule Planner
Fuente: Constructora Innovare S.A.C.

ANEXO N°4: REGISTRO DE MANO DE OBRA

INNOVARE S.A.C.	REGISTRO DE MANO DE OBRA				OPER:	ENCHAPE	
	Nombre: KEVIN ROMÁN		Código:		Fecha: 01/12/2107		
Hora	Cód./Partida	Cód./Partida	Cód./Partida	Cód./Partida			
	ENPI-2BS02-DEP	ENPA-3BT01-DEP	ENPI-2CO02-DEP	ENPI-2CO01-DEP			
07:30	●						
08:00							
09:00		●					
10:00							
11:00			●				
12:00							
13:00				●			
14:00							
15:00					●		
16:00							
17:00							
	Mat. Consumido	Mat. Consumido	Mat. Consumido	Mat. Consumido			
	2 bls pegameto 2 bls fragua 15 Cruzetas	1 bls pegameto 1 bls fragua 9 cruzetas	1/2 bls pegameto 1/2 bls fragua				
	Metrado %	Metrado %	Metrado %	Metrado %			
%	100% piso	50% pared	40% piso	100% piso.			
Medida	3.5 m2	2 m2					
	Yim Sanchez Jefe cuadrilla		Moises A. Producción				

Figura A1.2 Ejemplo del formato de Registro de Mano de Obra
Fuente: Constructora Innovare S.A.C.

INNOVARE S.A.C.	REGISTRO DE MANO DE OBRA				OPER:	ENCHAPE	
	Nombre: JOSÉ FELIX P		Código:		Fecha: 12-12-2017		
Hora	Cód./Partida	Cód./Partida	Cód./Partida	Cód./Partida			
	ENP 3 BS01-DEP	ENP 4 BS01-DEP					
07:30	●						
08:00							
09:00		●					
10:00							
11:00			●				
12:00							
13:00				●			
14:00							
15:00					●		
16:00							
17:00							
	Mat. Consumido	Mat. Consumido	Mat. Consumido	Mat. Consumido			
	2 bolsas de Pegamento 2 Cajas.	2 bolsas de Pegamento 4 Cajas.					
	Metrado %	Metrado %	Metrado %	Metrado %			
%	1.5 m ²	2.5 m ²					
Medida							
	Jefe cuadrilla		Moises A. Producción				

Figura A1.3 Formato de Registro de Mano de Obra de la subcontrata de enchape
Fuente: Constructora Innovare S.A.C.

ANEXO N°7: FORMATO “A” DE ASEGURAMIENTO DEL PROCESO

N° INNOVARE	ASEGURAMIENTO DEL PROCESO (EJEMPLO ENCHAPE DE COCINA)				AP- GG- PIACENZA	
	PROYECTO “EDIFICIO PIACENZA”				Ver.02	
	¿QUÉ? (WHAT) ENCHAPE DE PARED DE COCINAS			¿POR QUÉ? (WHY) PARA EVITAR MANCHAR Y HUMEDECER LA PARED		
¿QUIÉN? (WHO)	EJECUTOR ARTECO S.A.C.		EQUIPO DE TRABAJO (NOMBRES Y APELLIDOS)			
			1. JOSE TELLO			
			2. DAVID VIENA			
¿QUIÉN? (WHO)	LUGAR COCINAS DEL PRIMER PISO			CÓDIGO ASIGNADO 1CO01 – 1CO02		
¿CUÁNDO? (WHEN)	FECHA 04/12/2017	TAREA PREVIA PRUEBAS DE CONEXIONES ELÉCTRICAS Y SANITARIAS	TAREA A EJECUTAR ENCHAPE DE PARED	TAREA SIGUIENTE INSTALACIÓN DE MUEBLES		
¿CÓMO? (HOW)	INSPECCIÓN DEL AREA DE TRABAJO	HUMECTACIÓN DE LA ZONA A ENCHAPAR	ENCHAPE			
	ORDEN Y LIMPIEZA	MODULACIÓN DE MAYÓLICA	NIVELACIÓN			
	ACARREO DE HERRAM. Y MATERIALES	TRAZO PARA ENCHAPE	FRAGUADO	ORDEN Y LIMPIEZA		

Figura A1.6 Ejemplo de Aseguramiento del Proceso para el enchape de cocinas
Fuente: Elaboración Propia

ANEXO N°8: FORMATO “B” DE ASEGURAMIENTO DEL PROCESO

	ASEGURAMIENTO DEL PROCESO (EJEMPLO ENCHAPE DE COCINA)		AP- GG- PIACENZA
	PROYECTO “EDIFICIO PIACENZA”		Ver.02
INFORMACIÓN	1. PLANO DE DETALLE	3. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
	2. PLANO DE REFERENCIA		
MATERIALES	1. MAYÓLICA	3. BALDES	5. FRAGUA
	2. PEGAMENTO	4. CRUCETAS	
MANO DE OBRA	1. DOS OPERARIOS		
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS	1. EPP	3. LLANA DENTADA	5. MARTILLO DE GOMA
	2. CORTADORA	4. NIVEL DE INGENIERO	6. REGLA
TAREAS PREVIAS	1. CORRECCIÓN DE PUNTOS ELÉCTRICOS	3. INSTALACION DE CONEXIONES DE GAS	5. ENCHAPE DE PISO
	2. CORRECCIÓN DE PUNTOS SANITARIOS	4. PINTURA PRE ACABADO	
ESPACIO	1. 1CO01		
	2. 1CO02		

Figura A1.7 Ejemplo de Aseguramiento del Proceso para el enchape de cocinas
Fuente: Elaboración Propia

ANEXO N°9: FORMATO DE COMPROMISO CON LA EJECUCIÓN

N° INNOVARE	ANÁLISIS DE COMPROMISO SEGURO (EJEMPLO ENCHAPE DE BAÑOS SECUNDARIOS)				ACS- GG- PIACENZA		
	PROYECTO EDIFICIO PIACENZA				Ver.03		
TAREA	ENCHAPE DE PISO	AMBIENTE (CÓDIGO)		2BS01 – 3BS01 – 4BS01		FECHA	11/12/2017
EJECUTOR	ARTECO S.A.C.	DESDE		13/12/2017		HASTA	15/12/2017
¿CONOCES LA TAREA A EJECUTAR?		SÍ	NO	EN CASO DE “NO” ¿POR QUÉ? ¹			
		X					
1. VOLVER A REVISAR EL ASEGURAMIENTO DEL PROCESO (5W + H)							
¿CONOCES LA TAREA A EJECUTAR?		SÍ	NO	EN CASO DE “NO” ¿POR QUÉ? ²			
		X					
2. VOLVER A REVISAR EL ASEGURAMIENTO DEL PROCESO (RESTRICCIONES)							
CHEQUEO		SÍ	NO	COMPROMISO CON LA EJECUCIÓN			
1. INFORMACIÓN		X		¿ESTAS LISTO PARA EJECUTAR LA TAREA?		SÍ	NO
2. MATERIALES		X		¿SE HAN ELIMINADO LAS RESTRICCIONES?		X	
3. MANO DE OBRA		X					
4. EQUIPOS Y HERRAMIENTAS		X					
5. TAREAS PREVIAS		X					
6. ESPACIO		X					
(ACEPTE EL COMPROMISO DE TRABAJO EN CASO DE RESPONDER “SI” A TODAS LAS PREGUNTAS, EN CASO CONTRARIO CONSULTE CUALQUIER DUDA ANTES DE INICIAR LOS TRABAJOS)							
_____				_____			
EJECUTOR				ING. DE CAMPO			

Figura A1.8 Ejemplo de Compromiso con la Ejecución para enchape de baños secundarios
Fuente: Elaboración Propia

ANEXO N°10: DETALLE DE CÁLCULO DE LOS INDICADORES TA, TMR Y PPC

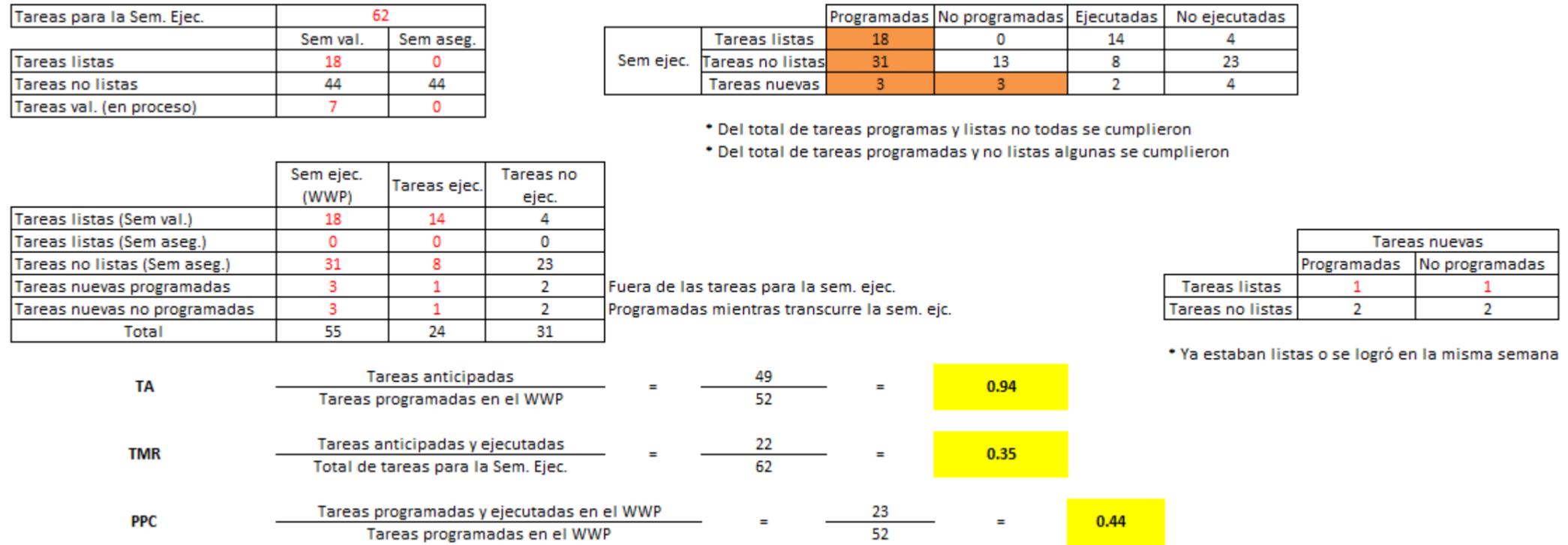


Figura A1.9 Detalle de cálculo de los indicadores TA, TMR y PPC para la semana N°17
Fuente: Elaboración Propia

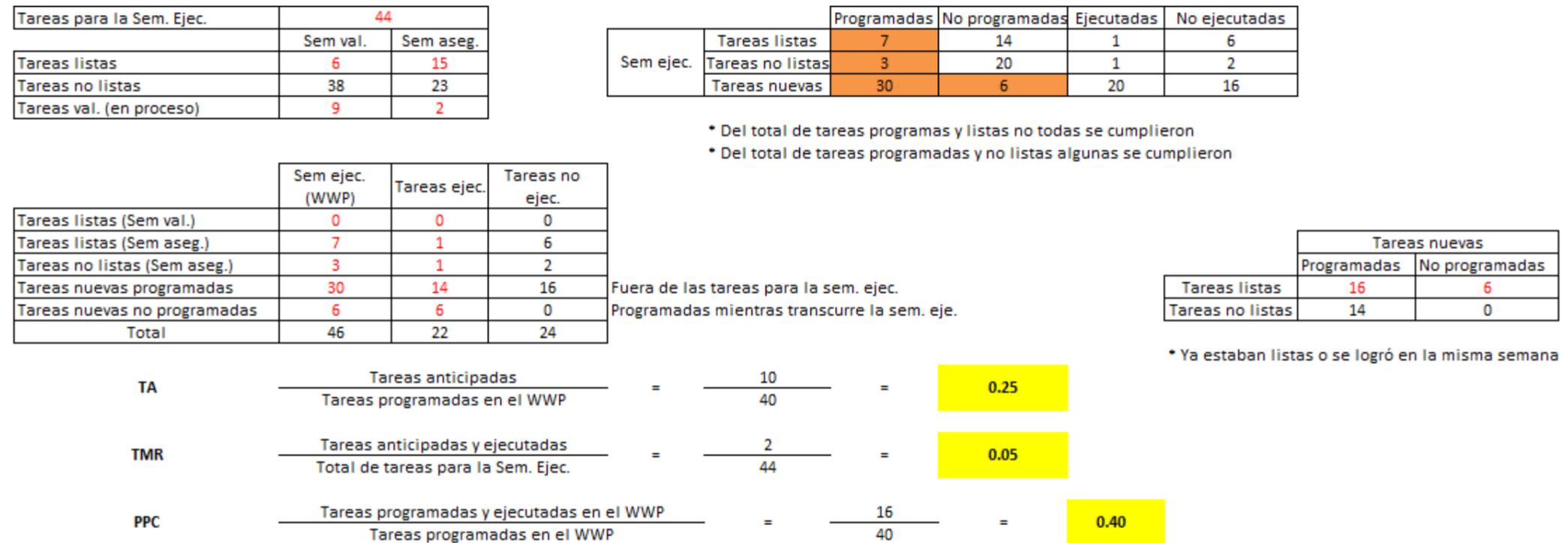


Figura A1.10 Detalle de cálculo de los indicadores TA, TMR y PPC para la semana N°18
Fuente: Elaboración Propia

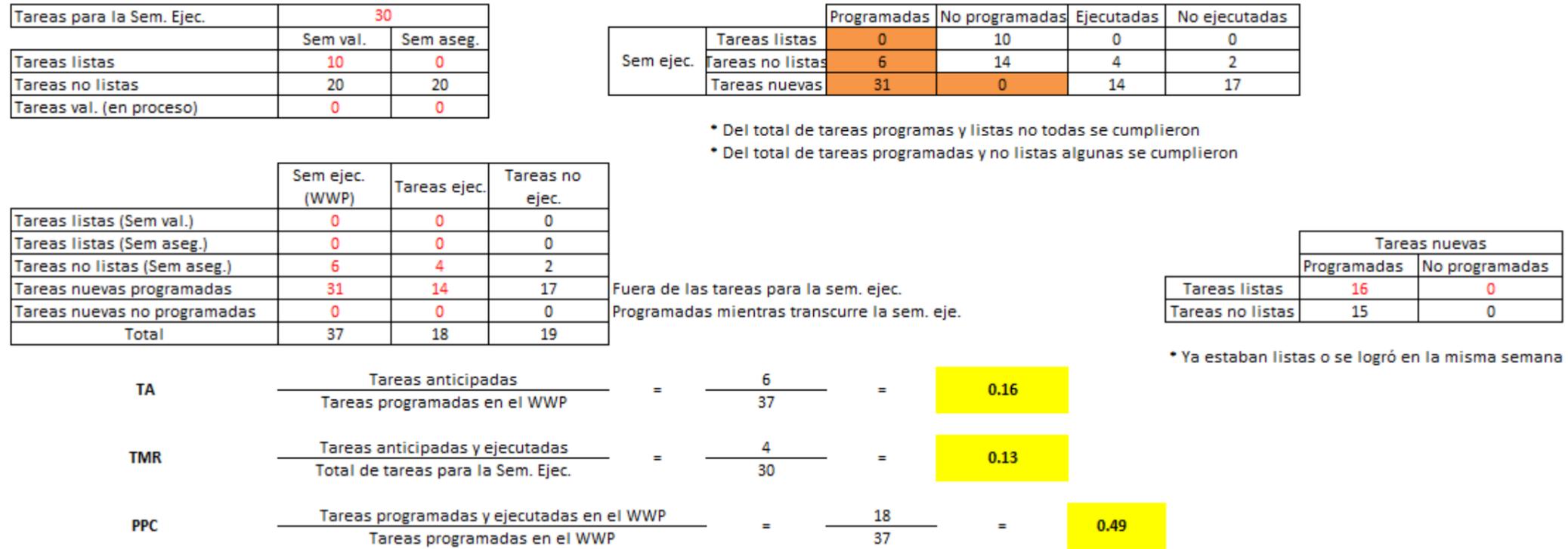


Figura A1.11 Detalle de cálculo de los indicadores TA, TMR y PPC para la semana N°19
Fuente: Elaboración Propia

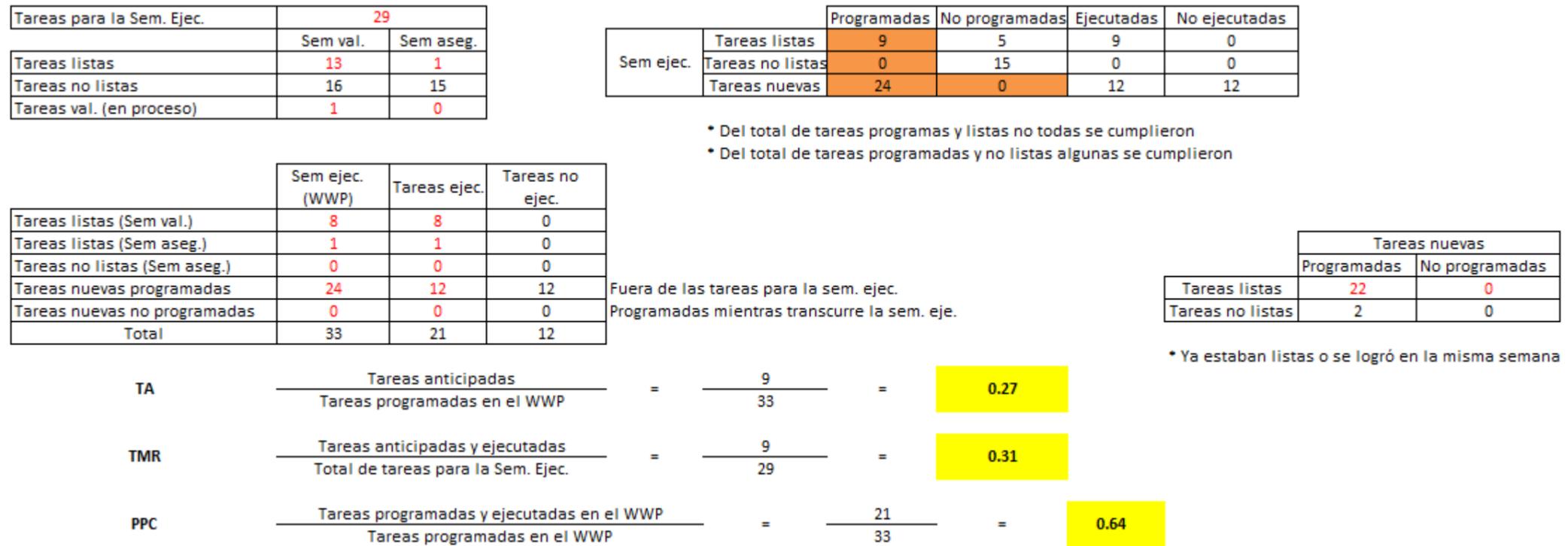


Figura A1.12 Detalle de cálculo de los indicadores TA, TMR y PPC para la semana N°20
Fuente: Elaboración Propia

Tareas para la Sem. Ejec.	13	
	Sem val.	Sem aseg.
Tareas listas	13	0
Tareas no listas	0	0
Tareas val. (en proceso)	0	0

		Programadas	No programadas	Ejecutadas	No ejecutadas
Sem ejec.	Tareas listas	1	12	1	0
	Tareas no listas	0	0	0	0
	Tareas nuevas	11	0	11	0

- * Del total de tareas programadas y listas no todas se cumplieron
- * Del total de tareas programadas y no listas algunas se cumplieron

	Sem ejec. (WWP)	Tareas ejec.	Tareas no ejec.
Tareas listas (Sem val.)	1	1	0
Tareas listas (Sem aseg.)	0	0	0
Tareas no listas (Sem aseg.)	0	0	0
Tareas nuevas programadas	11	11	0
Tareas nuevas no programadas	0	0	0
Total	12	12	0

Fuera de las tareas para la sem. ejec.
Programadas mientras transcurre la sem. eje.

Tareas nuevas		
	Programadas	No programadas
Tareas listas	11	0
Tareas no listas	0	0

* Ya estaban listas o se logró en la misma semana

TA	$\frac{\text{Tareas anticipadas}}{\text{Tareas programadas en el WWP}} = \frac{1}{12} = 0.08$
TMR	$\frac{\text{Tareas anticipadas y ejecutadas}}{\text{Total de tareas para la Sem. Ejec.}} = \frac{1}{13} = 0.08$
PPC	$\frac{\text{Tareas programadas y ejecutadas en el WWP}}{\text{Tareas programadas en el WWP}} = \frac{12}{12} = 1.00$

Figura A1.13 Detalle de cálculo de los indicadores TA, TMR y PPC para la semana N°21
Fuente: Elaboración Propia

ANEXO N°11: SEGUIMIENTO Y CONTROL

AL	30/12/2017
----	------------

	TRAZO	TABLERO DE CONCRETO	CORRECCIÓN DE PUNTOS SANITARIOS				ENCHAPE DE PISO	INSTALACIÓN DE DRYWALL	CORRECCIÓN DE VANOS	TARRAJEO DE PARED	ENCHAPE DE PARED
			PICADO DE POZAS	CENTRADO DE SUMIDERO	INSTALACION DE MEZCLADORA	CORRECCIÓN DE PUNTOS DE AGUA					
1BS01	HECHO	EN PROCESO	NO INICIA	EN PROCESO	NO INICIA	NO INICIA	NO INICIA	NO NECESITA	EN PROCESO	NO NECESITA	NO INICIA
		Reducir y centrar		Sumidero de 2"			Beige natural		Demoler		Porcelanato y mármol
1BT01	HECHO	NO INICIA	HECHO	EN PROCESO	NO INICIA	NO INICIA	NO INICIA	HECHO	EN PROCESO	NO NECESITA	NO INICIA
		Modificar		Sumidero de 2"			Gris natural		Demoler		Porcelanato y mármol
1BS02	HECHO	NO INICIA	HECHO	HECHO	NO INICIA	HECHO	HECHO	NO NECESITA	NO NECESITA	NO INICIA	NO INICIA
		Modificar		Sumidero de 2"			Mover		Beige natural		Tarrajeo de 1.5 cm.
2BS01	HECHO	NO INICIA	HECHO	HECHO	NO INICIA	HECHO	HECHO	NO NECESITA	NO NECESITA	NO INICIA	NO INICIA
		Modificar		Sumidero de 2"			Beige natural		Tarrajeo de 1.5 cm.		Porcelanato y mármol
2BT01	HECHO	NO INICIA	HECHO	HECHO	EN PROCESO	HECHO	HECHO	NO NECESITA	NO NECESITA	NO NECESITA	NO INICIA
		Modificar		Sumidero de 2"	Mover		Gris natural		Porcelanato y mármol		
2BS02	HECHO	NO INICIA	HECHO	HECHO	NO INICIA	HECHO	HECHO	HECHO	NO NECESITA	NO NECESITA	NO INICIA
		Modificar		Sumidero de 2"			Beige natural		Porcelanato y mármol		
3BS01	HECHO	NO INICIA	HECHO	HECHO	NO INICIA	HECHO	HECHO	NO NECESITA	NO NECESITA	NO INICIA	NO INICIA
		Modificar		Sumidero de 2"			Beige natural		Tarrajeo de 1.5 cm.		Porcelanato y mármol
3BT01	HECHO	NO INICIA	HECHO	HECHO	EN PROCESO	HECHO	HECHO	NO NECESITA	NO NECESITA	NO NECESITA	NO INICIA
		Modificar		Sumidero de 2"	Mover		Gris natural		Porcelanato y mármol		
3BS02	HECHO	NO INICIA	HECHO	HECHO	NO INICIA	HECHO	HECHO	NO NECESITA	NO NECESITA	NO INICIA	NO INICIA
		Modificar		Sumidero de 2"			Beige natural		Tarrajeo de 1.5 cm.		Porcelanato y mármol
4BS01	HECHO	NO INICIA	HECHO	HECHO	NO INICIA	HECHO	HECHO	NO NECESITA	NO NECESITA	NO INICIA	NO INICIA
		Modificar		Sumidero de 2"			Beige natural		Tarrajeo de 1.5 cm.		Porcelanato y mármol
4BT01	HECHO	NO INICIA	HECHO	HECHO	EN PROCESO	HECHO	HECHO	NO NECESITA	NO NECESITA	NO NECESITA	NO INICIA
		Modificar		Sumidero de 2"	Mover		Gris natural		Porcelanato y mármol		

Figura A1.14 Seguimiento y control realizado a las operaciones realizadas en los baños secundarios
Fuente: Elaboración Propia