

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DEL PERÚ

GUÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE PLANIFICACIÓN Y CONTROL EN LA ETAPA DE ACABADOS Y EQUIPAMIENTO DE EDIFICACIONES.

Tesis para optar el Título de **Ingeniero Civil**, que presenta el bachiller:

CARLOS FERNANDO ZAMORANO MACCHIAVELLO

ASESOR: ING. DANNY MURGUÍA SÁNCHEZ

Lima, diciembre de 2015

RESUMEN

En obras de edificaciones en Lima, la ejecución de la etapa de acabados y equipamiento suele tener mayor cantidad de problemas que la etapa de construcción de estructuras (casco). Dado que esta etapa abarca una gran parte del cronograma de obra y es responsable de una parte muy importante del presupuesto total, el manejo de dichos problemas es sumamente importante para el desarrollo técnico y económico de los proyectos.

Para la etapa de construcción de estructuras ya se tiene sistemas con resultados probados para conseguir buena confiabilidad de la planificación y el costo proyectado. Esto se debe, en parte, a que durante la construcción del casco la cantidad de actividades distintas y de responsables involucrados es pequeña en comparación a la que se maneja en la etapa de acabados y equipamiento. Entonces, si se trata de manejar esta última etapa con sistemas iguales a los usados para la primera, la situación tiende al desorden porque ciertas necesidades de coordinación no se atienden correctamente.

Se propone elaborar una guía para aplicar a lo largo de la ejecución de toda la obra, que tiene la intención de mantener los buenos resultados que ya se logran en la construcción del casco, y de mejorar el desempeño en la etapa de construcción de acabados y equipamiento. Esta guía se basa en el ataque a las causas de raíz de los problemas más importantes que las obras de edificaciones experimentan durante esta última etapa. Para descubrir dichas causas de raíz, se visitó periódicamente cinco obras en Lima para realizar un diagnóstico de problemas. Luego, se identificó los problemas recurrentes más importantes y se les analizó con la ayuda de lo aprendido en el marco teórico y la aplicación de la técnica de los cinco porqués (Five Why's Technique).

Como principal marco teórico se ha usado la filosofía de “Lean Construction” porque la experiencia de su aplicación en proyectos de construcción integrales alrededor del mundo en los últimos quince años ha demostrado su efectividad para mejorar los resultados. Específicamente, se usó el sistema Last Planner de Control de la Producción como punto de partida para elaborar la guía propuesta.

ÍNDICE

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS	5
1.1 Antecedentes:.....	5
1.2 Justificación:.....	5
1.3 Objetivo General:	7
1.4 Objetivos Específicos:	7
CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO	8
2.1 Implementación de un sistema de planificación y control:.....	8
2.2 Mejora de confiabilidad de la planificación:.....	15
2.3 Gestión de subcontratos:.....	19
2.4 Contratos relacionales:.....	25
2.5 Aplicación de Building Information Modeling (BIM):.....	31
2.6 Conceptos adicionales de teoría de la producción:.....	32
CAPÍTULO 3: DIAGNÓSTICO DE PROBLEMAS EN LA ETAPA DE ACABADOS Y EQUIPAMIENTO	35
3.1 Metodología y Alcances:.....	35
3.2 Hipótesis:.....	36
3.3 Resultados:	36
3.4 Análisis:.....	38
3.5 Diagnóstico:.....	42
CAPÍTULO 4: IDENTIFICACIÓN DE CAUSAS RAÍZ Y SOLUCIONES	46
4.1 Identificación de causas raíz (“Root Causes”):.....	46
4.2 Soluciones a las causas raíz (“Root Causes”):	53

CAPÍTULO 5: GUÍA DE IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE PLANIFICACIÓN Y CONTROL EN LA ETAPA DE ACABADOS Y EQUIPAMIENTO	58
5.1 Metodología y alcances:	58
5.2 Guía de implementación del sistema:	59
5.2.1 Organigrama de responsables del proyecto:	59
5.2.2 Diagrama de flujo del sistema:	60
5.2.3 Evaluación de subcontratistas y proveedores:	61
5.2.4 Contratos Relacionales:	61
5.2.5 Anexos de Contratación:	63
5.2.6 Directorio de Responsables:	63
5.2.7 Procedimiento de solicitud de información:	64
5.2.8 Agenda de Tareas:	65
5.2.9 Reuniones Semanales del equipo de proyecto:	65
5.2.10 Agenda de Reunión:	65
5.2.11 Actualización de la información:	67
5.2.12 Análisis de Constructabilidad:	67
5.2.13 Proceso de diseño y control de la planificación según el Sistema Last Planner: ..	69
5.3 Conclusiones y recomendaciones:	87
BIBLIOGRAFÍA.....	90

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

1.1 Antecedentes:

En obras de edificaciones en Lima, la ejecución de la etapa de acabados y equipamiento se caracteriza por tener un alto grado de incertidumbre. A raíz de esto, surgen problemas y no se consigue cumplir con la programación de los trabajos con efectividad, lo que produce pérdidas de diversos tipos.

El Contratista General subcontrata muchos de los trabajos de acabados y compra los equipos especiales a proveedores especializados con el objetivo de simplificar la ejecución y optimizar los resultados. Esto resulta en un incremento de la cantidad de responsables del proyecto. Luego, se hace imprescindible contar con una forma de alinear las prioridades de todos los involucrados y controlar su desempeño, para poder conseguir el beneficio buscado. Sin embargo, la ausencia de un sistema de gestión adecuado para esta delicada tarea, resulta en complicaciones dentro del equipo de proyecto.

1.2 Justificación:

Dado que en proyectos de edificaciones las partidas de acabados y equipamiento componen una porción mayor o igual al 50% tanto del cronograma de obra como del presupuesto, los problemas en esta etapa afectan de manera sumamente importante el desarrollo y la utilidad de los mismos.

Tradicionalmente, estos problemas son atacados de manera sintomática porque no se trabaja con herramientas que permitan anticiparlos ni entenderlos en su totalidad. Esto genera baja productividad debido a la multiplicación de esfuerzos, y se desaprovecha mucho del conocimiento que puede obtenerse de las experiencias anteriores (lecciones aprendidas).

Entonces, debería ser muy provechoso para la industria de la construcción estudiar los problemas más recurrentes en las obras para conocer sus causas de fondo y así poder atacarlos de raíz. Dado que la aplicación de las mejoras es una tarea compleja, será necesario

contar con un sistema de gestión que permita aprovechar los conceptos aprendidos durante la ejecución de la obra.

Por otro lado, para la etapa de casco ya se tiene sistemas probados para conseguir buena confiabilidad de la planificación y buenos resultados de manera sostenida. Esto puede deberse a que durante la construcción del casco la cantidad de actividades distintas y responsables involucrados es relativamente pequeña. Entonces, para su correcta ejecución, suele ser suficiente secuenciarlos mediante un tren de actividades con ciclos repetitivos. El mayor esfuerzo estará en los primeros ciclos, para optimizar los procesos, pero luego, sólo queda aplicar controles que permitan anticipar y corregir problemas para no disminuir la productividad.

Durante la etapa de Acabados y Equipamiento, crecen la cantidad de actividades y el número de responsables y todos son interdependientes. Además, muchas de las actividades de esta etapa son más complejas en el sentido que no son repetitivas, sino que consisten de procesos acumulativos que deben ir completándose para llegar al producto final.

Luego, dado que las responsabilidades no están tan centralizadas como en la etapa del casco, e incluso no tan claramente definidas, una gran parte del esfuerzo estará en gestionar a los responsables y ordenar las ideas y los recursos en el campo. Para esto, el Contratista General necesitará un sistema que le permita establecer un orden dentro de esta situación que tiende naturalmente hacia el desorden.

¿Por qué un ingeniero civil aportaría en la etapa de acabados?

El aporte propuesto tiene que ver con la programación, ejecución y control de obra, y la gestión del equipo del proyecto, no con el diseño de los acabados. Estas tareas están bajo el cargo de un Ingeniero Residente o un Ingeniero de Producción desde el inicio de la obra y durante la fase de construcción del casco. Deberían seguir estándolo hasta el cierre de obra, para que se mantenga la misma eficiencia a lo largo de todo el desarrollo del proyecto.

Además, el casco es la base sobre la cual se harán los trabajos de acabados, y ambas fases se traslapan en un momento, por lo que están cercanamente relacionadas. Entonces, hay mucho por ganar si el encargado de obra es consciente de ello y tiene las herramientas para

manejar ambas fases. El tener claro cómo manejar la producción y el equipo de proyecto en la etapa de acabados debería evitar que se generen los problemas que suelen menospreciar el buen trabajo que pudo hacerse en las etapas anteriores de la obra.

1.3 Objetivo General:

Proponer una guía que permita al Contratista General o constructor mejorar su gestión de obra (tanto de la producción como del equipo de proyecto) en la etapa de acabados y equipamiento para obtener mayor beneficio y agregar valor al cliente.

1.4 Objetivos Específicos:

- Identificar los problemas recurrentes en obras de edificación en la etapa de acabados y equipamiento.
- Identificar las causas raíz detrás de los problemas recurrentes.
- Proponer una guía metodológica de gestión de obra que ataque las causas raíz, eliminando las condiciones que permiten su existencia, o reduciendo su impacto.

CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO

Como principal base conceptual para esta tesis, se usará la filosofía “Lean Construction” porque la experiencia de su aplicación en proyectos alrededor del mundo en los últimos quince años ha demostrado su efectividad para mejorar los resultados. Adicionalmente, se incluirá conceptos generales de Teoría de la Producción como ayuda para entender más profundamente lo observado en la práctica y el funcionamiento de los sistemas de gestión ya existentes.

Dado que el sistema Last Planner de Control de la Producción propone una forma de estructurar la gestión de obra y el equipo de proyecto para trabajar de acuerdo con los principios de Lean Construction, se tomará como punto de partida para elaborar el Sistema Propuesto. Para esto, se procurará analizarlo en toda su dimensión y se estudiará teoría que permita desarrollar herramientas para complementarlo y adecuarlo al contexto local de Lima, Perú.

2.1 Implementación de un sistema de planificación y control:

“...si vemos a los seres humanos sólo en función a sus capacidades físicas, nos perderemos de aspectos importantes de lo que pueden hacer.” “En un proyecto, las personas actúan de manera colectiva para atender necesidades que no pueden enfrentar solos.”¹

“Una persona hace un pedido para atender una necesidad... Para que un pedido sea efectivo, debe haber otra persona presente para escucharlo y potencialmente responderlo... Una posible respuesta a un pedido es una promesa...” “Podemos definir una transacción como una promesa mutua.” “La clave está en que ambas partes de la transacción tienen necesidades por satisfacer y negociarán para alinear estas necesidades.”¹

¹ SILVON, Christine; HOWELL, Gregory; KOSKELA, Lauri y ROOKE, John

2010 “Social Construction: Understanding Construction in a Human Context”. *Lean Construction Journal*. 2010, pp. 66-75.

www.leanconstructionjournal.com

“Todos los participantes de un proyecto de construcción, desde los gerentes, arquitectos, e ingenieros, hasta los fierros, gasfiteros, y electricistas, están atendiendo sus necesidades, tales como ganarse la vida, desarrollar destreza en su especialidad y profesión, y mantener una reputación de profesional hábil y confiable. Cada participante del proyecto de construcción trae sus necesidades y valores al esfuerzo.”²

Entonces, es crucial actuar en función a los intereses y motivaciones que cada actor del proyecto tiene para estar involucrado en él. Los seres humanos actuamos en base a aquello que nos interesa o preocupa y nos embarcamos juntos en un proyecto porque debemos resolver necesidades que no podemos enfrentar solos.

“Bajo este esquema, todos los seres humanos aparecen con total capacidad y autonomía para hacer, aceptar y declinar pedidos y negociar para atender sus propias necesidades. En discusiones previas, los trabajadores o cuadrillas han sido descritos sólo como receptores de instrucciones o directivas.”²

“A medida que los miembros del equipo de proyecto se esfuerzan por cumplir sus compromisos, construyen confianza entre ellos y mejoran sus posibilidades de éxito. A medida que las promesas se hacen más confiables, el Sistema Last Planner reduce el riesgo haciendo el flujo de trabajo más predecible. Esta predictibilidad reduce tanto la duración como el costo porque reduce el tiempo que los trabajadores pierden esperando por el trabajo.”²

Por otro lado, al margen del componente social de la planificación, las herramientas técnicas propuestas por otros sistemas pueden usarse para mejorar el desempeño del sistema Last Planner:

“Location-Based Management System (LBMS) es principalmente un sistema técnico impulsado por cifras que provee información para la toma de decisiones. LPS es principalmente un sistema de control que se concentra en mejorar la ejecución de tareas, pero también incluye un componente de planificación: programación por fases. LPS se concentra más en el proceso

² SILVON, Christine; HOWELL, Gregory; KOSKELA, Lauri y ROOKE, John

2010 “Social Construction: Understanding Construction in a Human Context”. *Lean Construction Journal*. 2010, pp. 66-75.

www.leanconstructionjournal.com

social de la mejora continua, la planificación colaborativa y en mejorar la confiabilidad de los compromisos, en lugar de presentar herramientas explícitas para implementar la planificación.”³

El LBMS tiene dos partes que funcionan de la siguiente manera:

1) Planificación (Location-Based Planning System):

- a) Location Breakdown Structure
- b) Bill of quantities: define todas las tareas que deben completarse en una ubicación antes de pasar a la siguiente (se necesita conocer cantidades por ubicación como entrada de información para hacer la planificación)
- c) Duración de las actividades calculadas en base a cantidad y ratios de productividad (respetando las particularidades de cada actividad en cada ubicación – no se limita a proyectos repetitivos)
- d) Se planifica un flujo de trabajo continuo, retrasando el inicio de algunas tareas para que el trabajo pueda ser ejecutado de manera continua.
- e) El objetivo es optimizar el flujo de trabajo de tal manera que el trabajo no espere a los trabajadores y los trabajadores no esperen al trabajo.

2) Control (Location-Based Controlling System):

- a) Cuatro etapas de información
 - i. Línea de Base: Define las restricciones para la etapa actual
 - ii. Actual: Permite actualizar cantidades, ratios de productividad, secuencia lógica y planes durante la producción.
 - iii. Avance: Monitorea el avance para cada tarea y ubicación – fechas de cumplimiento reales son contrastadas con las de la planificación para detectar desviaciones de los compromisos. Se requiere información sobre paradas y recursos realmente utilizados para calcular ratios reales para cada especialidad.
 - iv. Pronóstico: Combina la información de las etapas Actual y Avance para dar advertencias tempranas sobre problemas. Asume que la producción continuará con la misma productividad que viene dándose.

³ SEPPÄNEN, Olli; BALLARD, Glenn y PESONEN, Sakari

2010 “The combination of Last Planner System and Location-Based Management System”. *Lean Construction Journal*. 2010, pp. 43-54.

www.leanconstructionjournal.org

- b) Si una alarma indica que una actividad predecesora se retrasará, afectando a una sucesora, el LBMS intenta prevenir la cadena de fallas concentrándose en corregir la actividad predecesora o en retrasar la sucesora.
- c) Requiere de control de los procesos en tiempo real para estar actualizado.

Resumen del sistema combinado propuesto:

Cronograma General

Usando LBMS, se elabora un Cronograma General detallado:

- 1) Location Breakdown Structure (LBS) (nivel de detalle: edificios y pisos) con cantidades estimadas por ubicación.
- 2) Sincronización de la producción de las partidas principales.
- 3) Programación con ratios promedio de productividad o información histórica de otros proyectos.

“...el proceso propuesto es definir el LBS para el proyecto durante la elaboración del Cronograma General, usando ratios de productividad y cantidades disponibles. Esto ayudará a identificar Subcontratistas con alta necesidad de recursos que pueden convertirse en cuellos de botella si no se selecciona un Subcontratista confiable.”⁴

Cronogramas de Fase (“Phase Scheduling”)

Planificación por fases se realiza según LPS, en reuniones del equipo de producción. Se hacen dos reuniones:

- 1) Primera:
 - a) Se toma hito del Cronograma General para definir la Fase.
 - b) Se define el LBS para la Fase.
 - c) Se definen tareas y secuencia lógica “jalando”, según LPS (“Pull Planning”)

Luego, cada responsable calcula el ratio de producción que puede ofrecer para todas las tareas que se ha identificado que debe realizar.

⁴ SEPPÄNEN, Olli; BALLARD, Glenn y PESONEN, Sakari

2010 “The combination of Last Planner System and Location-Based Management System”. *Lean Construction Journal*. 2010, pp. 43-54.

www.leanconstructionjournal.org

2) Segunda:

d) Se sincronizan los ratios de producción de las diferentes actividades.

El resultado es una programación sincronizada que incluye los compromisos de cada responsable sobre sus ratios de productividad.

Proceso de Lookahead:

El LBMS genera alertas cuando tareas no podrán implementarse debido a problemas de recursos o conflictos entre Subcontratistas. Las alertas deben discutirse en reuniones dedicadas al proceso de Lookahead y proponer acciones para solucionar los problemas potenciales. Luego, actualizarlas en el LBMS, cambiando la programación o revisando el pronóstico.

Planes Semanales:

El pronóstico del LBMS indica dónde y cuánto debe producirse. Esto sirve al último planificador para agregar detalle a sus tareas.

En resumen, el LBMS proporciona información numérica sobre producción planeada vs. real y sobre recursos planeados vs. reales, lo cual sirve para el análisis de causas de problemas y aprendizaje. El LPS ayuda a implementar la planificación. Por lo tanto el potencial de conseguir resultados favorables utilizando las funciones de planificación de LBMS y el control según LPS es grande en teoría.

Finalmente, es muy importante tomar en cuenta las lecciones aprendidas y los hallazgos hechos por expertos acerca del actual estado del arte del LPS y específicamente su componente de planificación Lookahead:

“...la práctica actual de muchos proyectos de construcción muestra una implementación deficiente del Lookahead, que resulta en una gran brecha entre la planificación a largo plazo (Cronogramas General y de Fase) y la planificación a corto plazo (compromisos/planes semanales), reduciendo la confiabilidad del sistema de planificación y la habilidad de establecer proyecciones.”⁵

“El PPC no es una medida directa de avance del proyecto, sino una medida del grado de cumplimiento de las promesas, y por lo tanto del grado en que la carga de trabajo futura puede ser predecible.”⁵

“Sin embargo, cuando el Sistema Last Planner es ejecutado y actualizado como se diseñó, el PPC debería ser un indicador del progreso del proyecto; i.e., el PPC y el avance deberían variar en conjunto.”⁵

Finalmente, muchos de los problemas identificados en la práctica actual (lista completa en el paper) pueden ser observados también en las obras visitadas para hacer el estudio de esta tesis. Por lo tanto, se adoptarán las recomendaciones de la guía de cinco pasos para el proceso Lookahead propuesta en el paper.

⁵ HAMZEH, Farook; BALLARD, Glenn; TOMMELEIN, Iris

2012 “Rethinking Lookahead Planning to Optimize Construction Workflow”. Lean Construction Journal. 2012 pp. 15-34
www.leanconstructionjournal.org

El siguiente diagrama resume el enfoque que debe darse al proceso para que funcione de manera óptima:

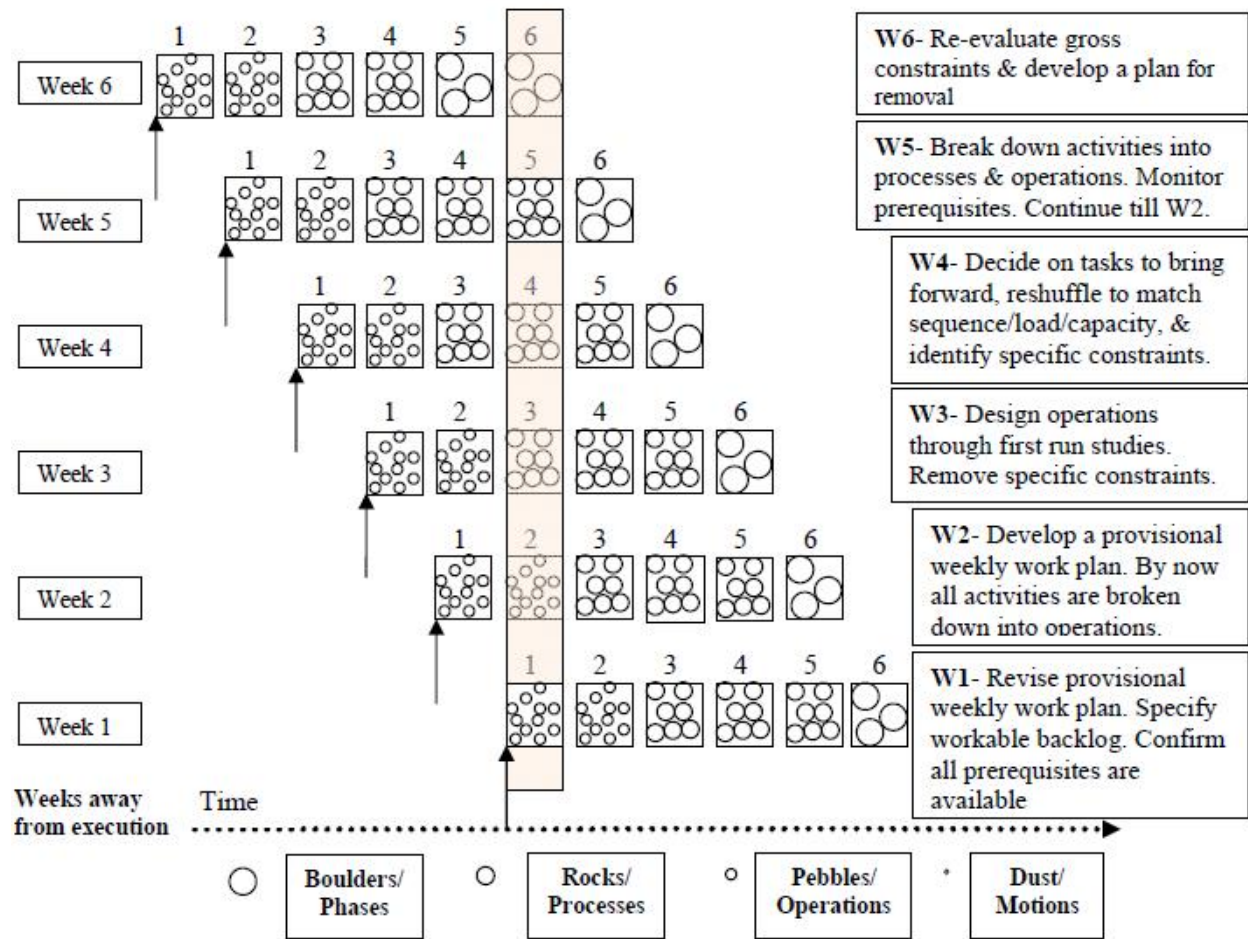


Figure 4: Example six-week lookahead planning process (adjusted from Hamzeh et al. 2008)

(Fuente: Hamzeh et al., 2012)

2.2 Mejora de confiabilidad de la planificación:

“La estrategia de flexibilidad consiste en reunir suficientes recursos para poder hacer cualquier trabajo que se libere. Recursos redundantes, múltiples inicios y paradas de operaciones que conviene hacerlas completas, secuenciado ineficiente de actividades, y la inhabilidad de hacer una planificación anticipada detallada, hacen de este método uno muy costoso.”⁶

Para optimizar el uso de recursos, es necesario escudar la producción. Esto debe hacerse constantemente verificando la calidad de la planificación y trabajando para asegurarla. Primero, usando los criterios de calidad para las tareas programadas. Para aplicarlos, se usará el proceso Lookahead. Luego, para asegurar que se liberen todas las restricciones, se usa la “planificación por compromisos” para involucrar a todos los especialistas.

Finalmente, el siguiente diagrama resume el proceso que el último planificador (personal de campo) debe llevar a cabo cada semana para que el anterior esfuerzo de planificación se traduzca efectivamente en producción:

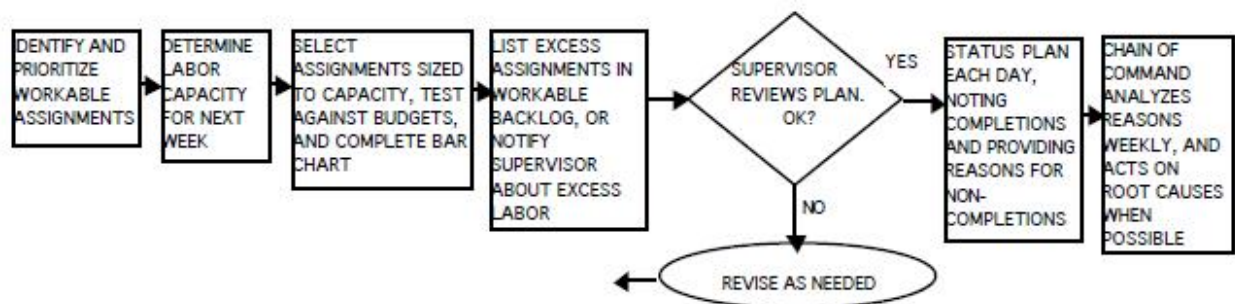


Figure 5: Foreman Weekly Work Planning Procedure

(Fuente: Ballard y Howell, 1998)

⁶ BALLARD, Glenn y HOWELL, Gregory

1998 “Shielding Production: An Essential Step in Production Control”. *Journal of Construction Engineering and Management*. Enero/Febrero 1998, Vol 124, No. 1, pp. 11-17

Además de escudar la producción, se recomienda:

“Escudar la producción parece haber tenido éxito en elevar el PPC hasta el 70%. Para ir más allá y alcanzar el 90% y más, aparentemente se requiere acciones adicionales:

- 1) Total potestad de últimos planificadores para rechazar tareas que no cumplen con los criterios de calidad,
- 2) Mejora de la definición de las tareas de construcción mediante First Run Studies⁷, y de las de diseño mediante Activity Definition Models⁸,
- 3) Consistentes análisis y acción correctiva aplicados a razones de incumplimiento de la planificación, y
- 4) Adopción de un criterio de dimensionamiento de la carga de trabajo que consistentemente demande menor producción que el promedio estimado de productividad de las unidades de producción, para acomodar los efectos de la variabilidad.”⁹

¿Por qué es difícil rechazar tareas de baja calidad?:

- Mentalidad de “Sí se puede” (proveniente de la estrategia de flexibilidad)
- Protocolo tradicional de cadena de mando: el jefe da órdenes y deben cumplirse
- Planificar es un arduo esfuerzo: es más fácil sólo reaccionar ante los eventos que dedicarse a analizarlos por adelantado.

“Superar estos obstáculos requerirá paciencia y persistencia de la gerencia, y consistencia en la práctica en todos los niveles de la organización.”⁹

Además, cada especialidad debe entender las ventajas colectivas potenciales de planificar con capacidad reducida, porque de lo contrario nadie querrá sacrificar productividad y se

⁷ First Run Studies: ejecución experimental de procesos nuevos con el fin de conocerlos mejor y perfeccionarlos antes de introducirlos en la planificación.

⁸ Activity Definition Models: modelos que representan los procesos de tal forma que permiten al planificador examinarlos al detalle para saber si están libres de restricciones y por ende listos para ser ejecutados.

⁹ BALLARD, Glenn

1999 “Improving Work Flow Reliability”. *Lean Construction Institute*. Enero 2013.
www.leanconstruction.org

seguirá trabajando con alta variabilidad – mientras el Underloading reduce la producción alcanzable por una unidad de producción, incrementa la capacidad potencial de las siguientes unidades de producción dado su impacto positivo en la confiabilidad del flujo de trabajo. Todos los procesos, excepto el primero, son clientes de algún otro, así que este es el único que se perjudicaría por sacrificar su productividad inmediata.

Impacto de tener tareas de calidad:

“Más del tiempo total disponible para trabajar es usado para hacer trabajo productivo, en lugar de usarlo para buscar detalles faltantes, cambiar entre tareas y regresar para terminar trabajo incompleto”¹⁰

Los rendimientos calculados de registros históricos incluyen todas las pérdidas que tradicionalmente se tiene dentro de los procesos. Entonces, “Asumiendo que no cambian habilidad, esfuerzo, tecnología o métodos de trabajo, luego de mejorar la calidad de las tareas y en consecuencia el PPC”⁸ se incrementarían los rendimientos porque las unidades de producción pueden invertir más de su tiempo en trabajo productivo.

Entonces, la confiabilidad ganada debido al incremento de PPC se traducirá en menos pérdidas, lo que significa aumento de la capacidad productiva. Luego, así se cargue solo al 90 o 95% de la nueva capacidad productiva, se estará trabajando con una capacidad productiva mayor a la inicialmente disponible.

“Jalar significa que ningún actor predecesor debe producir algo hasta que un cliente sucesor lo solicite.”¹¹

“Otra forma de minimizar los desperdicios es estandarizando las tareas. La ejecución del trabajo varía de obra a obra y de trabajador a trabajador... Mediante la estandarización, el

¹⁰ BALLARD, Glenn

1999 “Improving Work Flow Reliability”. *Lean Construction Institute*. Enero 2013.
www.leanconstruction.org

¹¹ SIMONSSON, Peter; BJÖRFOT, Andres; ERIKSHAMMAR, Jarkko y OLOFSSON, Thomas

2012 “Learning to See’ the Effects of Improved Workflow in Civil Engineering Projects”. *Lean Construction Journal*. 2012, pp. 35-48
www.leanconstructionjournal.org

proceso de manufactura se vuelve robusto, llevando a la excelencia operativa, la mejora continua y la eliminación de actividades que no generan valor.”¹²

“Poniendo el enfoque en los flujos continuos, en lugar de la utilización de maquinaria, transporte o personal, se reduce la probabilidad de sub-optimizar.”¹³

Métodos para mejorar el flujo de trabajo:

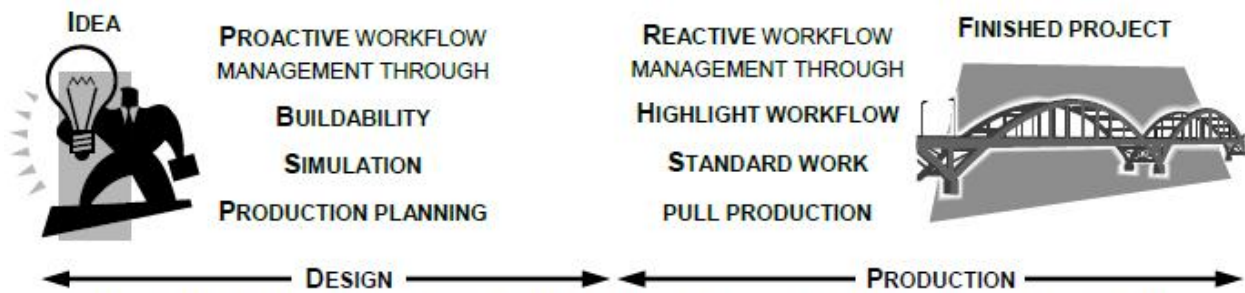


Figure 1: Applicability of proactive and reactive methods to improve workflow.

Fuente: Simonsson et al., 2012

“El manejo proactivo del flujo de trabajo apunta a eliminar interferencias al flujo de trabajo de la producción, aplicando soluciones en la etapa de diseño.”¹³

“El manejo reactivo del flujo de trabajo apunta a eliminar interferencias en la fase de producción para conseguir un flujo de trabajo parejo en obra.”¹³

¹² BALLARD, Glenn

1999 “Improving Work Flow Reliability”. *Lean Construction Institute*. Enero 2013.
www.leanconstruction.org

¹³ SIMONSSON, Peter; BJÖRNFOT, Andres; ERIKSHAMMAR, Jarkko y OLOFSSON, Thomas

2012 “Learning to See’ the Effects of Improved Workflow in Civil Engineering Projects”. *Lean Construction Journal*. 2012, pp. 35-48
www.leanconstructionjournal.org

Recomendaciones para aplicar las soluciones planteadas por ambos enfoques:

- El equipo de campo debe poder diferenciar claramente entre actividades que agregan valor y actividades que sólo producen desperdicio, mediante ayudas visuales.
- Aplicar Value Stream Mapping¹⁴ para permitir al equipo visualizar los flujos de materiales, recursos e información. Así, el equipo podrá entender claramente los efectos de mejorar el flujo de trabajo y los beneficios de aplicar métodos industrializados de trabajo.
- Reducir la cantidad de acarreo de materiales dentro del campo y los tiempos de espera mediante el manejo del flujo de trabajo para aumentar la productividad.
- Evaluar los procesos según su tiempo de espera, inventario y costos de operación. Normalmente, una mejora o disminución en uno de los tres resulta en un aumento de los otros dos, lo que significa una situación sub-optimizada. Si se logra mejorar uno de los parámetros sin empeorar los otros, es un indicador de que la mejora tiene potencial de mejorar el desempeño de todo el proceso.
- Presentar el flujo de trabajo como diagramas de flujo para identificar dónde están las esperas, acarreos de material, acumulación de inventario (trabajo en proceso), verificaciones de calidad, re trabajos, desorden y demás pérdidas.
- Resolver estos problemas reactivamente y aprender para hacerlo proactivamente en proyectos futuros.
- Tomar en cuenta que un flujo de trabajo de la producción óptimo sólo es posible con un diseño óptimo en cuanto a constructabilidad.

2.3 Gestión de subcontratos:

Recomendaciones muy útiles relacionadas a la etapa de acabados y equipamiento son las provenientes de la experiencia de expertos entendidos en la de gestión de subcontratistas. Es importante considerar lo siguiente:

Implementar sistemas de gestión “plantea un reto en cuanto al manejo de subcontratistas porque no solo no manejan conceptos de LPS sino que entre ellos mismos manejan distintos

¹⁴ Value Stream Mapping: Mapeo o identificación de todas las actividades, tanto las que generan valor como las que no lo generan, requeridas desde la concepción hasta la producción del resultado final.

modos de gestión. Esto deriva finalmente un nivel de cumplimiento bajo y por consiguiente una merma en la productividad.”¹⁵

“Las razones por 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 ocasionados por la falta de entendimiento entre el Contratista Principal y sus subcontratistas en referencia al detalle de las labores a realizar y a los recursos que necesita”. Además, “no se discuten abiertamente los problemas durante las reuniones de producción.”¹⁵

Esto parte del hecho que las actividades de acabados y equipamiento suelen tercerizarse (subcontratarse) debido a su complejidad y el nivel de especialización requerido para realizarlas. Al hacer esto, el Contratista General espera liberarse de una parte de la carga, pero se generarán nuevos problemas por fallas de coordinación, si no se maneja adecuadamente la relación Contratista General – Subcontratista.

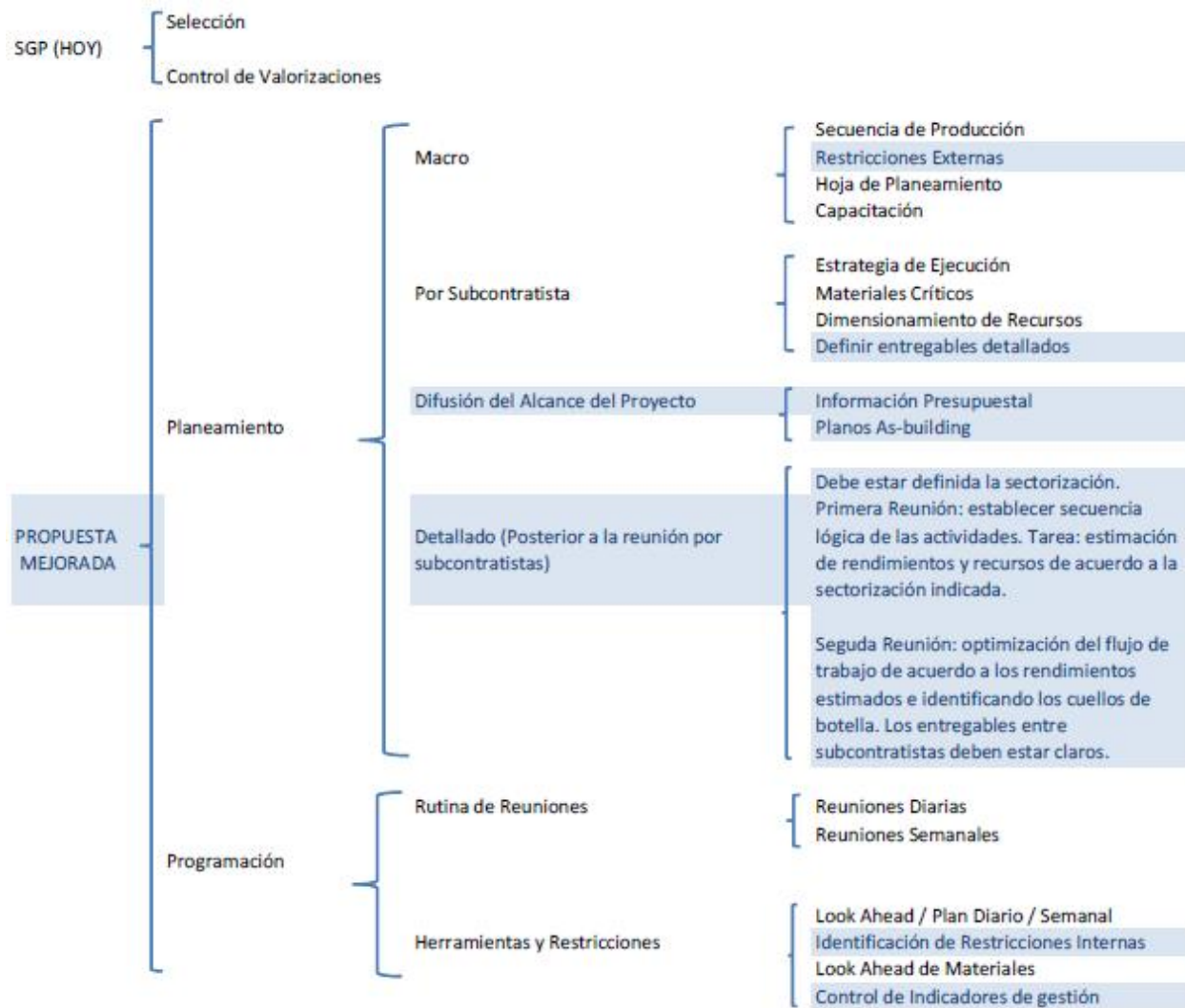
Es necesario que el Equipo de Proyecto tenga claro que “un proyecto es la inter-relación entre flujos y procesos, y por lo tanto es necesario entenderlos para poder tener a ciencia cierta un mejor entendimiento de la actividad que se realiza y de las posibles restricciones generadas ya sean internas o externas.”¹⁵ Por esta razón, el Contratista General o los responsables de planificar y coordinar la producción, no deben pretender desentenderse de los detalles de las operaciones de los Subcontratistas por ninguna razón.

Dado que el Contratista General coordina la producción pero el Subcontratista la genera, la implementación del sistema Last Planner en el segundo debería ayudar a optimizar la producción. Es por esto que el Contratista General puede beneficiarse de trabajar con Subcontratistas capaces y dispuestos a participar del Sistema de Gestión, en lugar de simplemente contratar en base a la oferta más económica. Es decir, debe buscarse formar un Equipo de Proyecto integrado (entre Cliente, Proyectistas, Contratista General y Subcontratistas).

¹⁵ CAÑA, Cristhian

2012 “Metodología de Integración de Subcontratos a un Sistema de Gestión Basado en la Aplicación de Lean Construction: Aplicación y Mejoras Propuestas”. *Portal de Ingeniería*. Lima, 2013.
www.portaldeingenieria.com

Se hace la siguiente propuesta de mejora para la gestión de Subcontratistas:



(Fuente: Caña, 2012)

- 1) Elaborar una Matriz de Responsabilidad que define claramente las Responsabilidades Internas (incluye miembros de Contratista General, Equipo de Diseño y Subcontratistas)
- 2) Procurar que todos los involucrados (internos) tengan un conocimiento macro del proyecto: lectura obligatoria de: presupuesto, contrato, planos, respuestas a consultas y consideraciones.
- 3) Durante el proyecto, llevar un control "As-Built" con información y planos actualizados, cuidando de los errores por exceso de información.
- 4) Hacer un trabajo de Compatibilización de Proyectos que permite identificar Restricciones Externas (del Cliente): aprobación de adicionales o deductivos, y no actuar sin aprobación explícita.

5) Definir la Estrategia de Ejecución con el Responsable de Producción del Subcontratista.

Además, manejar Reuniones Semanales. En estas será necesario:

- 1) Presencia de todos los Subcontratistas.
- 2) Revisión del acta de la semana anterior.
- 3) Revisión del Lookahead para identificar restricciones internas. Además, manejar reuniones diarias para dar indicaciones importantes de último momento.

Además, manejar reuniones diarias para hacer coordinaciones detalladas de último momento, que siempre son importantes para evitar trabajos rehechos por mala coordinación.

Finalmente, es importante considerar:

- Si cada miembro del equipo de producción (diseñador, constructor, Subcontratista 1, Subcontratista n) se concentra sólo en sus propias actividades, sólo tendrá acceso a una fracción de las restricciones que pueden afectar negativamente su trabajo. Esto genera una muy baja confiabilidad.
- Generar una base de datos confiable para no tener que redescubrir rendimientos y soluciones obra tras obra.
- Contratar a los Subcontratistas lo antes posible para implementar todas las etapas en el momento adecuado.

“Hay una tendencia entre los Contratistas Generales de hacer el rol de brókeres (negociadores de contratos) y descuidar la coordinación.”¹⁶

“No hay acuerdos contractuales entre Subcontratistas: la participación de cada uno en el proyecto está pactada mediante el Contratista General. Entonces, el rol del Contratista General es el de orquestar (organizar, coordinar) toda la actividad de los subcontratistas.”¹⁶

¹⁶ TOMMELEIN, Iris D. y BALLARD, Glenn

1998 “Coordinating Specialists”. *Lean Construction Institute*. Enero 2013.

www.leanconstruction.org

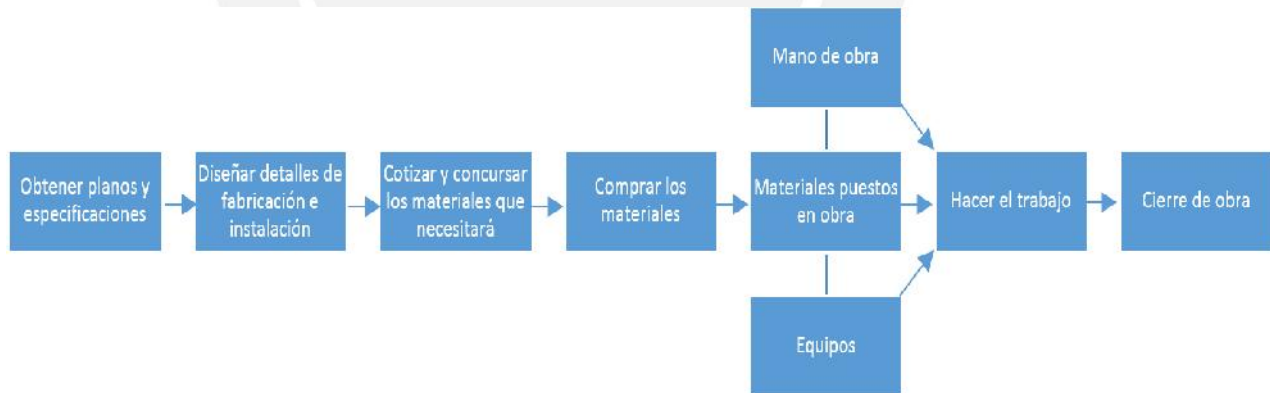
Debido a lo anterior, cuando el Contratista General no interviene correctamente, las relaciones entre Subcontratistas pueden deteriorarse mucho, perjudicando seriamente al proyecto en la forma de retrasos y cobro de adicionales debido a la falta de trabajo en equipo.

Luego, se debe notar que: “Las actividades de los Subcontratistas no solo atañen a los trabajos de construcción en el campo, sino que es necesario que hagan trabajo relacionado a la compleción del diseño. Es muy raro que los documentos contractuales, incluyendo planos y especificaciones, sean suficientemente claros y detallados para ser de utilidad directa para los Subcontratistas.”¹⁷

Por lo tanto, es crucial lograr que el equipo de diseño y el equipo de producción coordinen directamente.

El Subcontratista controla quién trabaja, cuándo se trabaja y qué recursos se usa para cumplir con los hitos del cronograma diseñado por el Contratista General. Es por esto, que el Contratista General debe coordinar y controlar de manera cercana a sus subcontratistas.

Para esto, es necesario entender el proceso completo que debe completar un Subcontratista. Típicamente es:



(Fuente: Tommelein y Ballard, 1998)

¹⁷ TOMMELEIN, Iris D. y BALLARD, Glenn
 1998 "Coordinating Specialists". *Lean Construction Institute*. Enero 2013.
www.leanconstruction.org

“La organización y programación de ciertas tareas de producción no están bajo el control exclusivo del Subcontratista. Muchas de estas requieren del trabajo de otros y no pueden empezar y/o terminar hasta que los otros hayan terminado.”¹⁸

Entonces, el Subcontratista sólo debe trabajar en las tareas que no tienen restricciones de ningún otro responsable para evitar rehacer trabajos. Algunos diseños también deben retrasarse hasta contar con las medidas As-Built o de campo, con el mismo objetivo.

“Independientemente de quién asuma el rol de coordinador de subcontratistas, debe realizar las siguientes gestiones:

1. Facilitar oportunamente la información sobre actualizaciones del diseño a los subcontratistas apropiados.
2. Ayudar a resolver ambigüedades de diseño o especificación en el campo, de ser posible. De lo contrario, oportunamente manejar los RFI de los subcontratistas. Además, clarificar posibles problemas de alcance entre subcontratistas, con la mayor anticipación posible.
3. Seguir todas las actualizaciones de diseño, incluyendo aquellas resultantes de los RFI, por ejemplo creando un modelo en 3D del proyecto y manteniéndolo actualizado a medida que el diseño evoluciona y la construcción progresa. Además, informar a todos los especialistas afectados por las actualizaciones y no sólo al que hizo el RFI.
4. Proveer los medios para que la información as-built y del progreso del trabajo requisito sea comunicada oportunamente a quienes cuyo trabajo es afectado por ella.
5. Trabajar con los especialistas para desarrollar sus planes de producción a un nivel de detalle adecuado, y pasar estos planes a los demás involucrados en el proyecto. Además, organizar reuniones de planificación periódicamente.
6. Diseñar el proceso final de ensamblaje, en el cual cada subcontratista es una “estación de trabajo”. Detallar las interdependencias y las entregas de trabajo en proceso entre las estaciones, de 3 a 4 semanas antes de la ejecución programada. Además, continuamente recoger información de cada subcontratista sobre su capacidad de

¹⁸ TOMMELEIN, Iris D. y BALLARD, Glenn

1998 “Coordinating Specialists”. *Lean Construction Institute*. Enero 2013.

www.leanconstruction.org

ejecutar las tareas futuras, agilizar las negociaciones resultantes y ajustar el cronograma de acuerdo a todo lo anterior.

7. Proveer y organizar el uso de los recursos compartidos a medida que las necesidades cambian a lo largo del tiempo (como equipo para acarreo; espacio para acceso, almacenamiento y ejecución del trabajo; contenedores de desperdicios, etc.) para que los subcontratistas puedan planificar su flujo de materiales y secuencia de trabajo de manera predecible.
8. Recompensar a los subcontratistas con pagos a tiempo.”¹⁹

Finalmente, en concordancia con la iniciativa de trabajar en equipos integrados y con contratos relacionales:

“En un proyecto en el que sólo se imponen condiciones contractuales, es más probable que las relaciones con los Subcontratistas se deterioren, que en un proyecto en el que el Contratista General intenta facilitar el trabajo de todos los involucrados.”¹⁹

2.4 Contratos relacionales:

“Maximizar el valor y minimizar las pérdidas se hace difícil cuando la estructura contractual inhibe la coordinación, dificulta la cooperación y la innovación, y recompensa a los contratistas individuales por reservarse las buenas ideas y optimización su desempeño a costa de otros.”²⁰

Esto ocurre así:

- 1) **Las buenas ideas se reservan:** generalmente, Los Subcontratistas que competirán para ejecutar el trabajo son introducidos al proyecto cuando el proceso de diseño está avanzado. A pesar que pueda haberseles consultado durante el diseño, ninguno querría

¹⁹ TOMMELEIN, Iris D. y BALLARD, Glenn

1998 “Coordinating Specialists”. *Lean Construction Institute*. Enero 2013.

www.leanconstruction.org

²⁰ MATTHEWS, Owen y HOWELL, Gregory

2005 “Integrated Project Delivery An Example Of Relational Contracting”. *Lean Construction Journal*.
Abril de 2005, vol 2 #1

www.leanconstructionjournal.org

ofrecer sus buenas ideas porque prefiere guardarlas para usarlas como una ventaja durante el concurso o licitación.

“Tiempo y oportunidad de innovar entre las especialidades se perdieron mientras el equipo de diseño intentaba mejorar sus diseños para incorporar las mejores de las ideas que llegaban tarde.”²¹

- 2) **Se limitan la cooperación y la innovación:** “Largos y detallados contratos para subcontratistas intentaban describir a gran detalle aquello que cada Subcontratista debía incluir (y por deducción exactamente aquello que no debía incluir)...”²¹

El énfasis es puesto en las penalidades ante los posibles incumplimientos. De esa forma, es difícil innovar entre especialidades porque eso requiere intercambios y cesiones, las cuales no suelen ser “equitativas” si se les analiza fríamente. Es decir: “Intercambiar un pequeño esfuerzo adicional de un subcontratista por una gran reducción en el esfuerzo de otro, un caballo por un pony, era prácticamente imposible.”²¹

- 3) **Inhabilidad para coordinar:** dada la falta de un esfuerzo formal para integrar la forma de trabajo de cada subcontratista, y de formar compromisos mutuos entre ellos, sus interacciones terminan siendo impredecibles. Como no existen acuerdos formales entre ellos, no tienen expectativas verdaderas de lograr una buena coordinación.
- 4) **Presión a favor de optimización individual:** “Cada subcontratista lucha por optimizar su desempeño porque nadie más se encargará de ayudarlo. El contrato y la inhabilidad para coordinar llevan a los subcontratistas a defender sus propios intereses a costa de tanto el cliente como los demás subcontratistas.”²¹

A raíz de esto, nace la pregunta que da origen al concepto de Integrated Project Delivery:

²¹ MATTHEWS, Owen y HOWELL, Gregory

2005 “Integrated Project Delivery An Example Of Relational Contracting”. Lean Construction Journal. Abril de 2005, vol 2 #1
www.leanconstructionjournal.org

“¿Qué tal si todas las partes responsables de diseño y construcción de un proyecto pudieran ser organizadas de tal forma que funcionaran como si verdaderamente fueran una sola compañía, con un solo objetivo y sin competencia por utilidad o reconocimiento entre ellas?”²²

Luego, para lograr que las empresas contratistas trabajen de manera integrada, el IPD se basa en dos principios que deben gobernar la relación del equipo de proyecto:

- 1) Todos los miembros del equipo de proyecto son responsables de todo el alcance del Contrato Primario con el Cliente.
- 2) Los miembros del equipo de proyecto comparten el riesgo y la utilidad por el desempeño global del proyecto.

Contrato Primario: es el que relaciona al equipo IPD con el Cliente y puede ser de tipo tradicional, pactando condiciones comerciales, el alcance, cronograma y costo del proyecto.

Acuerdo entre miembros del equipo: es el que une a las empresas participantes, incluyendo a la que tiene el Contrato Primario, en la responsabilidad de completar todos los términos, condiciones y requisitos del proyecto. Mediante este acuerdo, los miembros del equipo también se comprometen a compartir los costos y repartir las utilidades según una fórmula que recompensa de acuerdo al alcance de la participación de cada uno (fórmula preestablecida).

Puntos clave del acuerdo entre miembros del equipo:

- Todos los miembros aceptan responsabilidad completa por todos los términos y condiciones del Contrato Primario, compartiendo costos y utilidades según una fórmula preestablecida. La utilidad es calculada a nivel del proyecto completo, a la conclusión del mismo, y es dividida según la fórmula.
- Cada miembro ofrece una fianza o garantía según su alcance correspondiente, de la manera en que figura en el Contrato Primario.

²² MATTHEWS, Owen y HOWELL, Gregory

2005 “Integrated Project Delivery An Example Of Relational Contracting”. Lean Construction Journal. Abril de 2005, vol 2 #1
www.leanconstructionjournal.org

- Cada miembro accede a poner a disposición de los demás miembros y el Cliente toda su información y documentos referentes al proyecto en cuestión.

De esta forma, no hay un solo Subcontratista que esté por encima o por debajo del presupuesto, sino que todo el equipo lo está y el alcance de todos es el mismo. Así se evita la optimización local que impide optimizar el desempeño de un proyecto.

En cuanto a la planificación, hay potencial de mejora debido a que:

- Proyectos tradicionales suelen incluir buffers en exceso para absorber la variabilidad. Con los contratos relacionales, la motivación para optimización local desaparece, lo que permite reducir buffers, incluyendo contingencias financieras, sin adicionar riesgo al cumplimiento exitoso del proyecto.
- Cada miembro se compromete a informar inmediatamente de una condición interna o externa que le impide desarrollar su potencial en el proyecto (mejor identificación de restricciones).

Finalmente, para implementar el IPD en todo su alcance, del personal asignado al proyecto de cada compañía que conforma el equipo se toman profesionales para llenar los puestos requeridos, como Director de Diseño, Ejecutivo de Proyecto, Gerente de Proyecto, etc. De tal manera, en cada puesto necesario para ejecutar el proyecto, se encuentra alguien que pertenece al equipo, es pagado por el equipo y es responsable ante el equipo y no ante su propia compañía de origen. Entonces, como la raíz de muchas disputas entre Subcontratistas es de naturaleza económica. Como todos tienen un mismo interés financiero, se reducen las disputas.

“Mientras el IPD no sea una práctica común con una estructura organizacional y contractual reconocida, conformar el equipo y negociar todas las condiciones puede ser un esfuerzo muy grande, por lo que solo debe hacerse para proyectos de gran envergadura y alcance para que valga la pena.”²³ Además, también puede ser complicado de implementar en algunos casos

²³ MATTHEWS, Owen y HOWELL, Gregory

2005 “Integrated Project Delivery An Example Of Relational Contracting”. Lean Construction Journal. Abril de 2005, vol 2 #1
www.leanconstructionjournal.org

porque requiere de un dueño o cliente que esté dispuesto a involucrarse mucho en el proyecto, tratando con los profesionales del equipo de producción.

“¿Cómo puedo saber que no pude haberlo conseguido más barato si no lo licité?”²⁴ Esta pregunta explica la principal resistencia que el cliente suele tener hacia el enfoque integrado.

Bajo el enfoque tradicional de diseño, licitación y construcción, “una empresa independiente suele ser contratada para preparar un diseño que define el alcance y los requerimientos, presumiendo que desarrollará la mejor solución técnica, sin necesidad de discutirla con quienes ejecutarán la construcción.”²⁴ Al hacer esto, también se asume que el diseño comunicará todas las expectativas del cliente de una forma que los concursantes pueden entenderla. Esto implica un gran riesgo: que las partes nunca lleguen alinearse en cuanto a alcance, expectativas y requerimientos del propietario. Esto se debe a que la comunicación a través de documentos no es tan efectiva como las conversaciones interactivas que un equipo ya armado puede tener.

En contraste, bajo la metodología integrada, los contratistas se escogen en base a su reputación, la cual considera factores de precio, antes de que se haga el diseño. De esa forma, ellos podrán entender el diseño y ayudar a darle forma. Se espera que ellos sean parte del equipo que explora los requisitos y preferencias del propietario, y que recomienden las implicancias en el costo que cada alternativa tiene. Esto significa incorporar constructabilidad e ingeniería de valor dentro del diseño, además de aportar ideas y soluciones que el equipo de diseño pudo nunca haber considerado.

Existe la idea de que escogiendo a los miembros del equipo sin antes hacer un concurso, no es posible lograr buenos precios porque no hay presión de mercado que obligue a los subcontratistas a reducir desperdicios y ajustar sus propuestas.

²⁴ STRICKLAND, John

2010 “Competition and Collaboration are not mutually exclusive”. Lean Construction Journal. 2010, pp. 76-85

www.leanconstructionjournal.org

Cómo el Integrated Project Delivery puede lograr precios competitivos:

Hace al proyecto más atractivo para los potenciales involucrados.

- La competencia entre especialistas será mayor si el proyecto les resulta deseable – un proyecto en que un contratista participa de la definición del alcance, resulta más atractivo que uno en que debe intentar inferir el alcance, en base a un juego de documentos de diseño hechos por alguien más.



Disminuye el riesgo para los actores y por lo tanto sus contingencias al presupuestar.

- El riesgo para el contratista se reduce debido a que el enfoque integrado le permite estar seguro que está entendiendo el proyecto completamente y que está considerando el alcance de manera completa. Esto debería permitir a un contratista razonable reducir sus márgenes de utilidad y, sobre todo, sus contingencias.



Se incentiva la cooperación y las buenas relaciones mediante el riesgo compartido.

- La forma de manejar el riesgo cambia: se reduce el riesgo total para todos los actores del proyecto, mediante el aumento en coordinación y cooperación, y el resto del riesgo se comparte, exponiéndolo de manera transparente. En cambio, en un enfoque tradicional, se intenta transferir el riesgo a otras partes mediante contratos, lo cual hace que sea probable que alguien salga perdiendo.



No se deja de aprovechar la presión de mercado, mediante una pre-licitación para asegurar precios competitivos.

- Se puede solicitar propuestas competitivas antes de tener el paquete de diseño completo, dando a los Subcontratistas una idea general del alcance, cronograma y los requerimientos del cliente. Esto debería ser suficiente para que presenten precios unitarios de mano de obra, materiales y equipos, condiciones generales y porcentaje de gastos generales, e índices de productividad ofrecidos. De esta forma, se sigue aprovechando los beneficios de la presión de mercado, pero esta se aplica en una etapa más temprana.



Se incentiva la transparencia mediante los libros abiertos.

- La política de libros abiertos entre todas las partes significa que el enfoque integrado no obliga a depender solamente de la buena fe y la confianza. Todos los participantes deben estar dispuestos a explicar y justificar sus costos, así como a identificar potenciales ahorros. Para esto, es vital la capacidad de los participantes de comprender el enfoque y querer realmente contribuir a él.



Se incentiva la búsqueda de eficiencias y ahorros para todo el proyecto, desde su concepción.

- Finalmente, el equipo integrado también trabaja bajo la presión de generar una propuesta que cumpla las expectativas del cliente, a un precio que haga que el proyecto sea viable. Si no logra esto, no hay trabajo para ninguno. Esto supone un reto y una motivación para reducir desperdicios y crear una solución eficiente.

2.5 Aplicación de Building Information Modeling (BIM):

Los modelos en 3D son una herramienta muy útil para implementar Lean. Otras industrias han diseñado productos en 3D por mucho tiempo, pero no la construcción.

En la construcción tradicional, las interferencias e incompatibilidades son descubiertas en el campo y se tiene que rediseñar apresuradamente y hacer trabajos correctivos para seguir adelante. Esto compromete el desempeño e incrementa costos. En cambio, modelando en 3D, es decir, construyendo virtualmente se pueden detectar muchas interferencias en la etapa de diseño, pero las prácticas deben estandarizarse porque actualmente pueden surgir igualmente grandes problemas de incompatibilidad de software.

A pesar que es posible encontrar resistencia por parte de ciertos interesados del proyecto al uso de modelos 3D, porque están acostumbrados a trabajar con planos en 2D, luego de probar trabajar con 3D, no suelen volver a 2D. Esto se debe a que el manejo en 3D permite mayor condensación de la información, por lo que mejora el intercambio de documentos de especificaciones con los proveedores para obtener materiales y piezas dimensionados, entre otras aplicaciones.

Más aún, se pueden manejar modelos 4D para incluir la información de tiempo y secuencia constructiva. La visualización de todo esto en un modelo integrado resulta de gran ayuda para no dejar de considerar requisitos (restricciones) que no son evidentes en 2D. Luego, se puede apuntar al control de costos con los modelos 5D.

Se requiere colaboración de todo el equipo de proyecto para tener un diseño integrado en 3, 4 y 5D. Sin embargo, esto reduce la cantidad de tiempo y esfuerzo de construcción porque el trabajo ya se hizo en el mundo virtual, por lo que ya se verificó su constructabilidad y se detectaron las consideraciones particulares que habrá que hacer en cuanto a espacio para materiales, seguridad, etc. Al empezar a construir, el equipo podrá sentir como si ya lo hubiera construido antes.

Finalmente, los modelos en 3D pueden permitir a los ejecutores estimar mejor las cantidades de material que necesitarán. Esto hace más factible que los subcontratistas fabriquen fuera de campo y traigan las partes para su instalación cuando el frente de trabajo

esté liberado, lo cual ahorra espacio y reduce esperas. También se reducen los trabajos rehechos por errores en interpretación de los planos.

2.6 Conceptos adicionales de teoría de la producción:

“...todo sistema fue construido para cumplir un propósito. Entonces, toda acción tomada por cualquier órgano – cualquier parte de la organización – debe juzgarse por su impacto en el propósito global.”²⁵

Usar el procedimiento “The Five Steps of Focusing” (descrito en el libro “Theory of Constraints” de 1999 de Eliyahu Goldratt) para superar las restricciones identificadas e ir mejorando los procesos de manera continua.

“...cuando un problema ha sido identificado, debemos tener cuidado de no caer en la trampa de inmediatamente complicarnos con la pregunta de ¿Cómo Generar el Cambio?. Primero, debemos aclararnos – A QUÉ CAMBIAR – de lo contrario, la identificación de problemas de raíz solo llevará al pánico y el caos.”²⁵

En resumen, el proceso de mejora continua debe estar orientado de esta forma:

“Puede valer la pena resumir los tres pasos de la Teoría de Restricciones. Los pasos que son equivalentes a los cinco anteriores, pero expresados en la terminología del proceso de mejora en sí:

- 1) ¿Qué cambiar? ¡Señalar los problemas de fondo!
- 2) ¿A qué cambiar? ¡Construir soluciones simples y prácticas!
- 3) ¿Cómo generar el cambio? ¡Inducir a las personas correctas a inventar tales soluciones!”²⁵

²⁵ Goldratt, Eliyahu M.

Diciembre 1999 “Theory of Constraints”

Luego, se debe tener una estrategia para diseñar las soluciones a los problemas identificados:

“...el paso más decisivo para alcanzar una solución es, en realidad, el paso en que definimos el problema con precisión... definir un problema con precisión debe empezar con una declaración del objetivo deseado.”²⁶

“Debemos darnos cuenta de que cuando existe un compromiso, debe haber al menos una cosa que es compartida por los requisitos, y es en este compartir que el problema, entre los requisitos, existe. Puede ser que simplemente no tengamos suficiente para compartirlo o que, para satisfacer los requisitos, debemos hacer cosas conflictivas...”²⁶

“...la gente ciertamente estará más atraída a lidiar con un problema que está claramente definido, que con los problemas de mayor importancia que están vagamente articulados.”²⁶

Sobre cómo aprovechar los varios nuevos métodos que van surgiendo y que ofrecen posibilidades de mejorar:

“...una actitud de compromiso empieza a dominar el tema, donde el territorialismo es la principal guía de los esfuerzos “sinérgicos”. Tratamos de acompañarlos a todos, dividiendo sus áreas de aplicación – este método es más adecuado para tal caso, mientras que este otro método es mejor cuando tratamos con tales síntomas. Estos compromisos, aunque calman el acalorado ambiente y proporcionan las condiciones necesarias para una comunicación significativa, al mismo tiempo abren brechas artificiales entre los varios, válidos nuevos métodos. Este enfoque no lleva al sinergismo, sólo a la coexistencia, y como tal pospone la etapa más beneficiosa, aquella en que se moldean todos los métodos existentes en un sumamente poderoso cuerpo de conocimiento. Un cuerpo de conocimiento en el cual los conflictos internos han sido solucionados y la base está lista para la siguiente explosión de nuevas ideas.”²⁶

“Es muy importante verbalizar claramente las diferencias. De otra forma, los intentos por consolidar sus acciones derivadas y recomendadas serán, en el mejor de los casos, vistos

²⁶ Goldratt, Eliyahu M.

Diciembre 1999 “Theory of Constraints”

como acciones complementarias, en lugar de la mejora constante de los métodos de cada uno dentro de un único, continuo y uniforme procedimiento de implementación.”²⁷

“...el primer paso debería ser la eliminación de los errores conceptuales existentes, con respecto a cuál es el problema primario que cada uno de estos métodos apunta a resolver.”²⁷



²⁷ Goldratt, Eliyahu M.

Diciembre 1999 “Theory of Constraints”

CAPÍTULO 3: DIAGNÓSTICO DE PROBLEMAS EN LA ETAPA DE ACABADOS Y EQUIPAMIENTO

3.1 Metodología y Alcances:

Toma de Datos:

Se realizó visitas periódicas a cinco obras de edificación en Lima, durante la etapa de construcción de acabados y equipamiento. Para la toma de datos, se preparó la ficha que aparece en el **Anexo 1**. Consiste de tres partes:

1. Datos de la empresa Contratista General o constructora, y datos del proyecto – útiles para caracterizar las obras y resaltar las similitudes y diferencias entre ellas.
2. Lista de principales problemas y sus causas, según análisis hecho por el equipo de obra de la empresa constructora.
3. Preguntas guía, elaboradas en base a los conceptos del Marco Teórico – indagan sobre los procesos y procedimientos usados para ejecutar el trabajo en obra.

Identificación de Problemas Recurrentes:

Una vez completada la toma de datos, se compararon las fichas de todas las obras visitadas para identificar las circunstancias negativas experimentadas por todas ellas y los problemas que las causaron.

Definición de los objetivos de las empresas Contratistas Generales o constructoras:

Se hizo un breve análisis de los objetivos que mueven a las empresas constructoras, para tener una base de evaluación de la validez de los problemas identificados.

Análisis de los Problemas Recurrentes con respecto a los objetivos:

Previo a la búsqueda de soluciones para los problemas recurrentes identificados, se les analizó con respecto a los objetivos de las empresas constructoras, por dos razones:

1. Para asegurar que dichos “problemas” fueran realmente problemas para las empresas, y, por lo tanto, que fuera realmente deseable buscar solucionarlos.
2. Para tener una mejor idea de cómo orientar la búsqueda de la solución.

Análisis de los Problemas Recurrentes para hallar sus causas raíz:

Se usó la técnica de los cinco porqués (Five Why's Technique) para llegar hasta las posibles causas de raíz de los Problemas Recurrentes

3.2 Hipótesis:

Los principales problemas recurrentes que generan la baja confiabilidad del cumplimiento de la planificación en la etapa de construcción de acabados y equipamiento de todas las obras de edificaciones se deben a unas pocas causas raíz. Estas existen porque no son identificadas ni atacadas efectivamente por los sistemas de gestión actualmente aplicados en esta etapa. Estos sistemas suelen ser adaptaciones directas de aquellos que funcionan muy bien para la etapa de construcción del casco, pero como las características de la etapa de acabados y equipamiento son distintas, no funcionan igual.

3.3 Resultados:

Las fichas llenadas con los datos recogidos en las visitas a las obras están en el **Anexo 2**.

Las obras visitadas fueron todas de edificaciones de viviendas, pero de distintos tipos. Esto significó observar los problemas en una variedad de contextos y escalas: de las cinco obras, tres fueron edificios comerciales – dos con acabados tipo C en San Miguel y uno con acabados nivel B+ en Miraflores. La cuarta fue un edificio de lujo con todos los departamentos hechos a pedido, en una zona exclusiva de San Isidro; y la quinta fue una gran casa de lujo dentro de un condominio privado en La Molina.

Tabla de resumen de las características de las obras visitadas:

OBRA	INFORMACIÓN COMPLETA AL INICIAR CONSTRUCCIÓN	DIFERENCIAS EN SUBCONTRATACIÓN	APLICACIÓN DE PROCEDIMIENTOS ESTANDARIZADOS DE EMPRESA	PRINCIPALES CRITERIOS PARA SUBCONTRATAR	DISEÑO DE LA PLANIFICACIÓN DE OBRA	MEJORA CONTINUA
Club House del Mar	NO. Sólo casco	Todos los enchapes subcontratados.	NO. Sólo para construcción de casco	Reputación y ritmo ofrecido	Ingeniero de planificación durante etapa de casco. Reuniones de equipo de proyecto esporádicamente.	Control preciso de costos y rendimientos para producir data. Análisis de estructura del trabajo para optimizar cuadrillas.
Club House la Paz	NO. Sólo casco	Todos los enchapes subcontratados.	NO. Sólo para construcción de casco	Reputación y ritmo ofrecido	Ingeniero de planificación durante etapa de casco. Reuniones de equipo de proyecto esporádicamente.	Control preciso de costos y rendimientos para producir data. Análisis de estructura del trabajo para optimizar cuadrillas.
Jacinto Lara 161	NO. Todo abierto a cambio durante la construcción.	Enchapes convencionales manejados por casa por necesidad de mayor calidad.	NO. Sólo para construcción de casco	Reputación y decisiones de propietarios.	Hecha por Arquitecto encargado de obra. Reuniones ocasionales con algunos responsables.	No hay procedimientos. Se intenta trabajar con los mismos contratistas repetidamente.
Casa Particular	NO. Todo abierto a cambio durante la construcción.	Enchapes convencionales manejados por casa por necesidad de mayor calidad.	NO	Reputación y decisiones de propietarios.	Hecha por Ingeniero residente de obra. Reuniones ocasionales con algunos responsables.	No hay procedimientos. Se intenta trabajar con los mismos contratistas repetidamente.
Edificio Parque Mar	Sí	Todos los enchapes subcontratados.	Sí	Reputación y ritmo ofrecido	Ingeniero de planificación durante etapa de casco, y Arquitecto durante etapa de acabados y equipamiento. Reuniones periódicas del equipo de proyecto.	Análisis de desempeño con respecto a meta. Se recogen opiniones de equipo de obra y de oficina técnica para aplicar mejoras.

Además de lo anterior, es importante notar que en las obras de edificios comerciales, la comunicación del equipo de obra no fue buena, lo cual generó problemas y tensión entre los responsables. El hecho que los constructores y sus subcontratistas habían trabajado juntos antes permitió que finalmente no surjan tantos problemas como podrían haber habido, dada la falta de inclusión de los subcontratistas en el diseño de la planificación de obra. Los encargados de obra también indicaron que los subcontratistas normalmente tienen buena disposición para adaptarse a los cambios y para dar soluciones porque les interesa tener una buena relación con las empresas constructoras, ya que son estas las que les consiguen trabajo. Sin embargo, un responsable de obra de uno de los edificios de San Miguel, opinó que el “compromiso (de los subcontratistas) es sólo con la valorización.”

En las obras de lujo, también hubo problemas de comunicación. Estos resultaron en problemas más considerables, tales como retrasos importantes y re-trabajos valorizados en montos superiores al 2% del costo total de construcción. Según los responsables de obra, esto se debió a que en los proyectos de lujo están involucrados mayor cantidad de especialistas, el trabajo requiere de mayor precisión, y el alcance cambia constantemente. Además, indicaron que frecuentemente el análisis de la planificación es difícil debido a las particularidades e “inventos” que suelen encontrarse en los proyectos personalizados. Esto genera incapacidad para coordinar correctamente porque no se logra prever todos los resultados.

3.4 Análisis:

En general, todas las obras tuvieron muchos problemas de distintos tipos, pero, como sugiere la Teoría de Restricciones, es crucial “ordenarlos de acuerdo a su impacto en el objetivo final” (Goldratt, 1999), para orientar eficientemente el esfuerzo de mejora. De esta manera, lo que se estará haciendo es identificar las restricciones que limitan el desempeño del sistema (la obra), lo cual es el primer paso para empezar a eliminarlas.

Las tablas de resultados que aparecen en el **Anexo 2**, contienen sólo algunos de los problemas de cada obra. Aquellos que los equipos de obra catalogaron como “los más importantes”, debido a los efectos negativos que pudieron identificar. Luego, usando las tablas de las cinco obras visitadas, podemos descartar los problemas que son específicos a un solo tipo de obra, porque no deberían ser considerados como restricciones para la Industria de la

Construcción en general. Al hacer esto, nos quedaremos con los problemas que podemos considerar como recurrentes.

En las de resultados que aparecen en el **Anexo 2**, en la columna “Problema”, encontramos lo que en realidad son circunstancias negativas o consecuencias finales de diversas fallas. Por sí solas, son difíciles de analizar para llegar a una causa raíz, ya que sus potenciales orígenes son muchos y hasta pueden ser opuestos. Es decir, en diferentes obras se podría tener el mismo problema, pero su causa podría ser completamente distinta debido a la diferencia de circunstancias o contexto. Lo que sí podemos sacar en claro ahora es que si se sigue atacando la construcción de la misma forma que se viene haciendo en los proyectos estudiados, es poco lo que se puede hacer para reducirlas o eliminarlas. Entonces, debemos encontrar la forma de cambiar el enfoque para obtener un efecto positivo.

La información que tenemos en la columna “Causa” es el resultado de un análisis directo de las circunstancias negativas experimentadas en las obras. La ventaja de que haya sido hecho principalmente por el equipo de obra es que incorpora el contexto del proyecto. Esto ayuda a enfocar los siguientes pasos del proceso de análisis porque descarta algunas causas que son improbables o imposibles.

Sin embargo, se entiende que es posible que, en realidad, los problemas más importantes de cada obra hayan sido otros, ya que el análisis en profundidad de los problemas y sus causas no fue un punto fuerte de ninguno de estos proyectos, y en algunos ni siquiera se llevó a cabo. Sin embargo, el hecho de que todas las obras estudiadas los hayan identificado, indica que deben tener algún grado de acierto. Además, podemos evaluar su validez usando los parámetros del objetivo deseado.

Entonces, tomaremos los puntos recurrentes de ambas columnas para definir la lista de problemas recurrentes de la manera más completa posible.

Por el lado de las “circunstancias negativas” recurrentes, tenemos:

1. Retrasos por esperas a respuestas de consultas.
2. Trabajos rehechos por modificaciones a los proyectos.
3. Nuevas incompatibilidades que surgen debido a las modificaciones y no se detectan a tiempo.
4. Trabajos rehechos por errores en la secuencia de ejecución.
5. Excesivo tiempo del equipo de obra invertido en resolver detalles de diseño.
6. Respuesta lenta de proyectistas y especialistas.
7. Incumplimiento de la planificación por:
 - a. Abastecimiento de recursos
 - b. Demora en ingreso de Subcontratistas
 - c. Interferencias entre actividades
 - d. Falta de otros prerrequisitos (tareas menores no identificadas con anticipación)
8. Excesivos trabajos de rectificación o corrección:
 - a. Del casco para recibir los acabados.
 - b. De los mismos acabados para alcanzar el nivel esperado.
9. Subcontratistas y proveedores: incumplen sus promesas y no se alinean a la planificación.

Por el lado de los “problemas” recurrentes, tenemos:

1. Fallas de comunicación entre los responsables involucrados en el proyecto (asociado a las circunstancias 1, 4, 6 y 9).
2. Falta de definición a lo largo del proyecto (se define a medida que se avanza, sin una estrategia) (asociado a las circunstancias 2, 3, 4 y 8)
3. Falta de capacidad del equipo de obra para planificar y controlar (asociado a las circunstancias 4 y 5)
4. Falta de calidad de los proyectos y especificaciones (asociado a las circunstancias 1, 3 y 5)
5. Falta de calidad de la planificación (asociado a las circunstancias 4 y 7)
6. Fallas de calidad en la producción (asociado a las circunstancias 4, 8 y 9)
7. Falta de compromiso de Subcontratistas y proveedores con las condiciones ofrecidas (asociado a las circunstancias 7 y 9)

8. Falta de estandarización en la industria de la construcción (asociado a las circunstancias 6, 7 y 8)

Como se ha señalado en el Marco Teórico, cada parte involucrada en un proyecto de construcción tiene intereses particulares y de distintos tipos (Silvon et al., 2010). Dado que el objetivo de este trabajo es diseñar un sistema de gestión para ser usado por un Contratista General o constructor, tomaremos su objetivo deseado como punto de partida, y asumiremos que es el siguiente: Obtener el mayor beneficio económico posible en el menor tiempo posible, manteniendo o mejorando su capacidad para seguir haciéndolo a lo largo del tiempo.

Luego, podemos identificar los tres parámetros más importantes relacionados a este objetivo:

1. Tiempo
2. Dinero
3. Mejora continua

Los dos primeros son, a primera vista, los más importantes y están tan cercanamente ligados que van de la mano en prácticamente todos los aspectos de un proyecto. La reputación de la empresa depende de ellos en cierta medida, ya que tienen mucho que ver con los resultados. Por otro lado, la mejora continua no tiene una relación directa con los primeros dos, ya que tiene más que ver con los procedimientos que con los resultados. Además, en el corto plazo, podría parecer desligada de la reputación de la empresa, por lo que no siempre recibe la importancia que merece. Sin embargo, es este último parámetro el que puede ser decisivo en determinar si una empresa tendrá éxito en el mediano y largo plazo, más allá del alcance de un proyecto en particular.

3.5 Diagnóstico:

Primero, evaluaremos los Problemas Recurrentes con respecto a los parámetros que afectan el objetivo que intentamos mejorar, para verificar que todos sean realmente relevantes:

1. Fallas de comunicación entre los responsables involucrados en el proyecto.

Esto genera, de manera directa, pérdidas de tiempo a todos los involucrados debido a coordinaciones fallidas que resultan en multiplicación de esfuerzos. También resulta en pérdidas de dinero para el equipo de proyecto y en pérdidas de valor para el cliente final porque las soluciones y diseños terminan siendo sub óptimos debido a la falta de coordinación.

Para reducir las pérdidas generadas por esta causa hasta el mínimo posible, los involucrados en el proyecto tendrían que implementar herramientas o procedimientos que garanticen mayor calidad en las comunicaciones. Es decir, tendrían que analizar el proceso de comunicación y mejorarlo, perfeccionándolo cada vez más, mediante un proceso de mejora continua.

2. Alcance no definido o falta de especificación.

Este problema es, junto con la falta de calidad en la producción, responsable de gran parte de los trabajos rehechos que reducen la eficiencia de las obras. La pérdida de eficiencia significa que se invierte mayor cantidad de recursos – todos están relacionados de una u otra forma al tiempo y dinero – para obtener el mismo resultado.

Para que una empresa pueda mantenerse vigente y crecer, necesita volverse más eficiente a través del tiempo, para poder hacer frente a la competencia. La única forma segura de avanzar hacia una mayor eficiencia es mediante un proceso de mejora continua.

3. Falta de capacidad del equipo de obra para planificar y controlar

Esta falla afecta todos los aspectos de la producción, por lo que está directamente relacionada a la inversión de capital y tiempo. Sin planificación de buena calidad es imposible anticipar problemas y tener una logística adecuada, por lo que se desperdicia la oportunidad de trabajar con eficiencia. Sin un control adecuado, no es posible identificar errores importantes, tales como fallas en los procedimientos (o en su implementación), ni

asegurar el cumplimiento de un cronograma. El control es necesario para implementar un proceso de mejora continua, y la planificación es necesaria para sacar provecho a las soluciones halladas mediante un proceso tal.

4. Baja calidad de diseño en los proyectos y especificaciones nulas o pobres

Este problema pone en peligro el ritmo de desarrollo del proyecto, ya que se debe regresar a revisar la fase de diseño constantemente. Además, es probable que esta falta genere errores y por lo tanto trabajos rehechos. Esto termina por comprometer el valor para el cliente final, ya que no es posible ejecutar la obra en la totalidad de su alcance si las soluciones están incorrectamente planteadas.

En nuestro medio, los responsables del diseño y los proveedores tienen mucho por mejorar en este aspecto, y no es probable que lo hagan de manera significativa si no implementan en sus operaciones un verdadero proceso de mejora continua que les permita solucionar los errores que vienen cometiendo en forma repetitiva.

5. Falta de calidad de la planificación o ausencia de la misma.

Esta falla dificulta el trabajo de todo el equipo de proyecto porque le hace tender a trabajar “apagando incendios” o reaccionando ante los problemas. Esto no sólo multiplica esfuerzos, sino que también genera un desbalance en las prioridades que normalmente resta prioridad a la calidad.

Bajo este esquema, los involucrados están más expuestos a sufrir pérdidas monetarias y a que se compliquen las relaciones dentro del equipo. Esto último va en contra del objetivo de mantener la capacidad de hacer negocios en el futuro, porque daña la imagen de la empresa dentro del rubro.

Finalmente, el análisis de los incumplimientos de la planificación, como parte de un proceso de mejora continua, tiene el potencial de señalar los cambios que deben hacerse para mejorar la calidad de la planificación y reducir los actuales efectos negativos.

6. Fallas de calidad en la producción

La falta de calidad en la ejecución tiene como consecuencia pérdidas de tiempo y dinero por trabajos rehechos y reparaciones. Se relaciona con la mejora continua de la siguiente manera: un producto falto de calidad es uno que no cumple con el estándar esperado. Esto se debe al uso de procesos o recursos inadecuados. Para asegurar que los procesos y recursos seleccionados sean los correctos, muchas veces uno debe basarse en la experiencia y la observación, dado que en la práctica todo no siempre resulta como debería. El aprendizaje proveniente de la experiencia debe implementarse de manera ordenada y sistemática mediante un proceso de mejora continua para sacarle verdadero provecho.

7. Falta de compromiso de Subcontratistas y proveedores con las condiciones ofrecidas

Esto significa falta de compromiso de subcontratistas y proveedores con los proyectos que los contratan. Al momento de la ejecución se manifiesta como gestión de mala calidad, la cual tiene el potencial de generar retrasos y pérdidas de valor de diversos tipos. Para asegurar el éxito del proyecto, el Contratista General deberá trabajar más para controlar que los Subcontratistas y proveedores cumplan con las condiciones mínimas pactadas, lo cual aumenta su carga de trabajo.

Para mejorar el control de los subcontratistas y proveedores, es necesario que los constructores registren sus fallas y pérdidas para luego diseñar soluciones y poder hacer algo al respecto, en lugar de seguir experimentando los problemas y permitiendo que se deterioren sus relaciones con las empresas subcontratistas.

8. Falta de estandarización en la industria de la construcción

Debido a esto, se hace más difícil para el equipo de diseño entregar documentos con calidad de detalles. También dificulta la comunicación entre los distintos actores de un proyecto, ya que para muchos aspectos no se tiene un estándar para tomar como referencia. El trabajo de clientes y constructores para comparar ofertas de distintos Subcontratistas y proveedores resulta más complicado por la variedad de posibilidades y la diversidad en el uso del lenguaje técnico.

Finalmente, ocurre que se desperdician oportunidades de ahorrar tiempo y dinero, ya que muchos elementos que se repiten en distintos proyectos deben mandarse a hacer a pedido para cada obra.

Como parte de un proceso de mejora continua, se podría intentar usar cada vez más los productos prefabricados y métodos de construcción industrializados y estandarizados para reducir la variabilidad y aumentar la eficiencia.

Como se puede ver, esta evaluación confirma la validez de los problemas identificados, con respecto al objetivo que buscamos mejorar.

Muchos de estos problemas y sus circunstancias resultantes son discutidos en el marco teórico. De allí, podemos obtener algunas de las causas raíz que queremos identificar. Sin embargo, para mejorar el alcance del análisis y abracar también causas que puedan ser exclusivas al medio de Lima, se usará el método de los cinco porqués. Este método debería permitir identificar fallas a nivel de procedimientos o conductas que pueden corregirse: justamente lo que se busca lograr con el sistema que se propondrá.

CAPÍTULO 4: IDENTIFICACIÓN DE CAUSAS RAÍZ Y SOLUCIONES

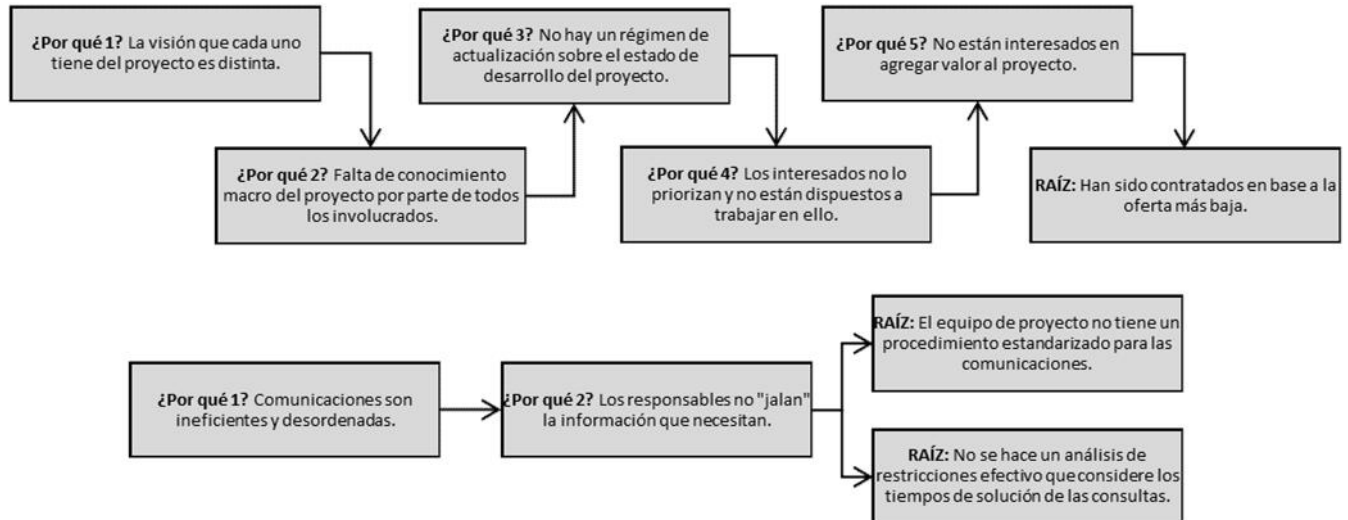
4.1 Identificación de causas raíz (“Root Causes”):

Para atacar los problemas recurrentes con la mayor efectividad posible, se deben atacar sus causas raíz. Estas son las condiciones que permitieron la existencia de dichos problemas en primer lugar. Por eso, si se eliminan, los problemas deberían dejar de existir y no se tendrá que invertir esfuerzo en mitigar las circunstancias negativas que generan durante el desarrollo de las obras.

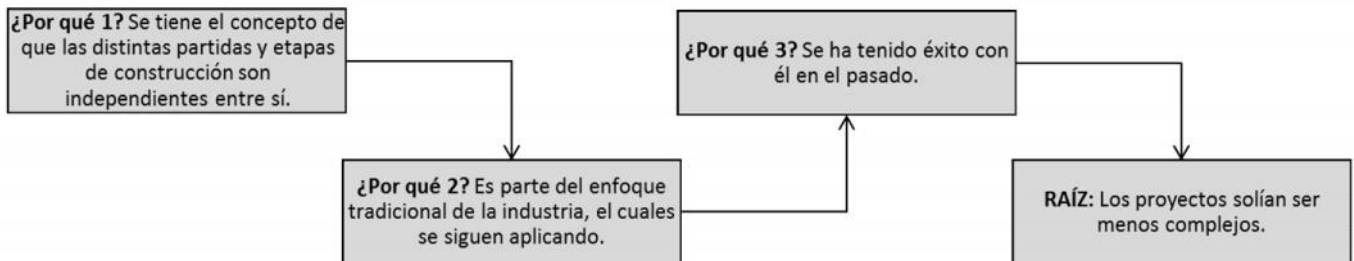
Para identificar las causas raíz, se usó la técnica de los cinco porqués (5 why's technique). Esta es una técnica iterativa que consiste en identificar un problema y preguntar por qué ocurrió. Luego, analizar las posibles respuestas y volver a preguntar por qué ellas sucedieron. La finalidad es establecer una relación de causa y efecto entre un defecto a nivel de procesos y el problema en cuestión. La experiencia ha demostrado que toma alrededor de cinco iteraciones para llegar al punto deseado, pero en realidad esto varía para cada caso, ya que puede requerirse mayor o menor cantidad de iteraciones. Los resultados de este ejercicio aparecen en las tablas del **Anexo 4**.

Los resultados de este ejercicio nos llevan a la siguiente lógica, que identifica las probables causas de cada uno de los problemas recurrentes:

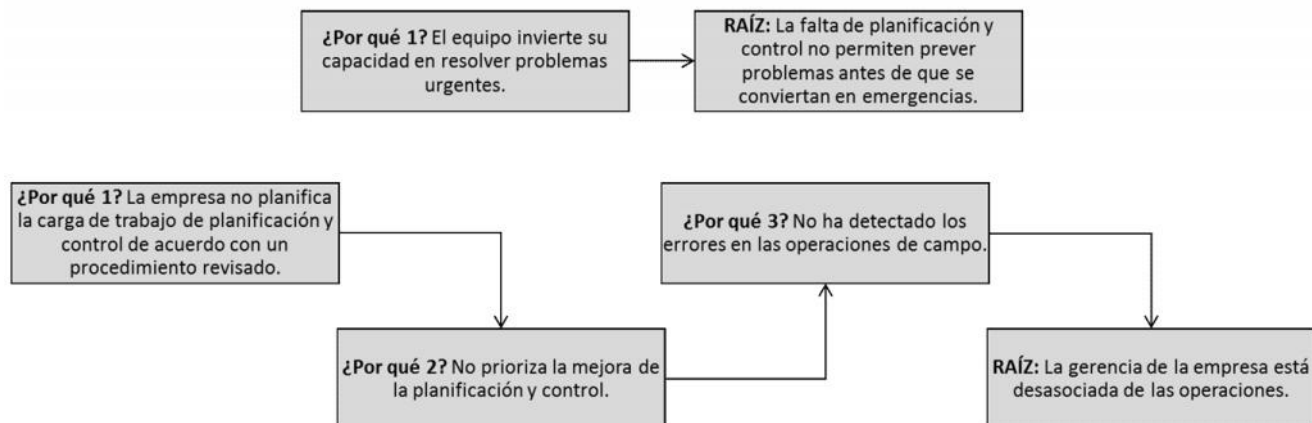
1. Fallas de comunicación entre los responsables involucrados en el proyecto.



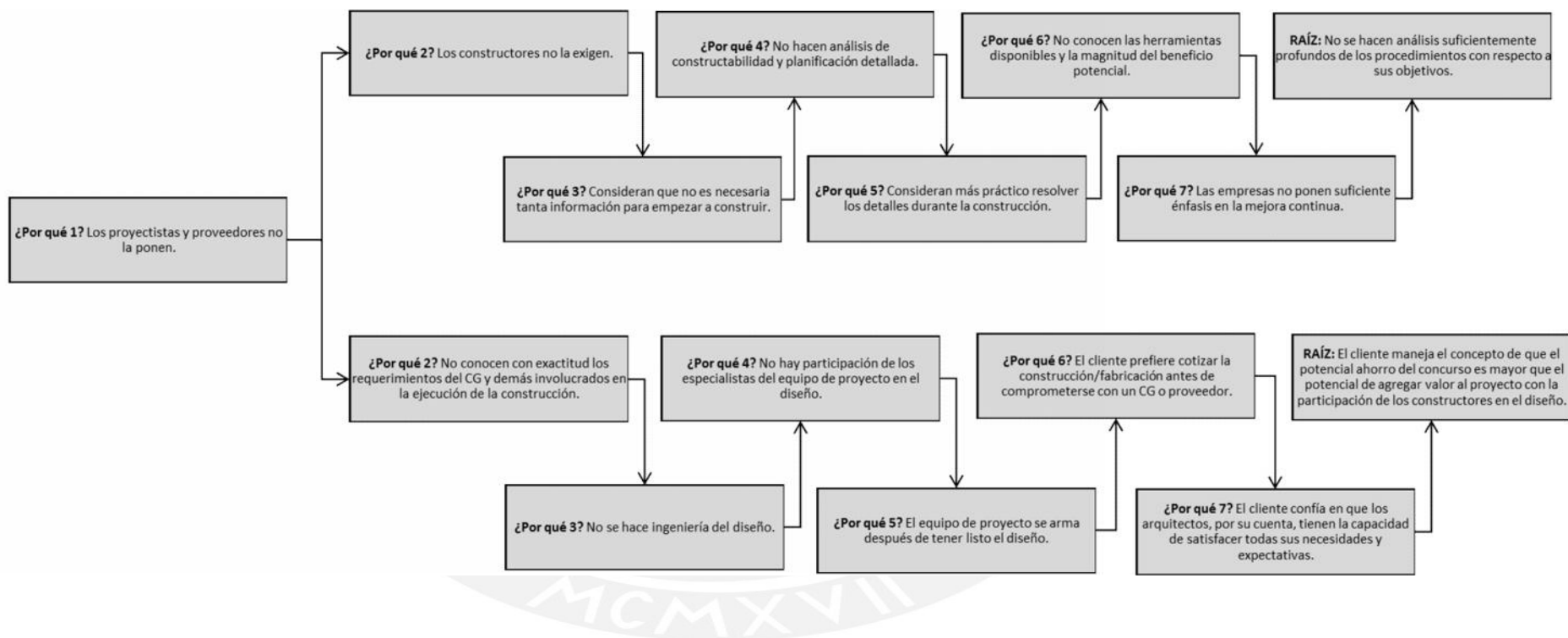
2. Falta de definición a lo largo del proyecto (se define a medida que se avanza)



3. Falta de capacidad del equipo de obra para planificar y controlar



4. Falta de calidad de los proyectos y especificaciones



5. Falta de calidad de la planificación

Ocurre debido a las siguientes deficiencias en el diseño de la planificación:

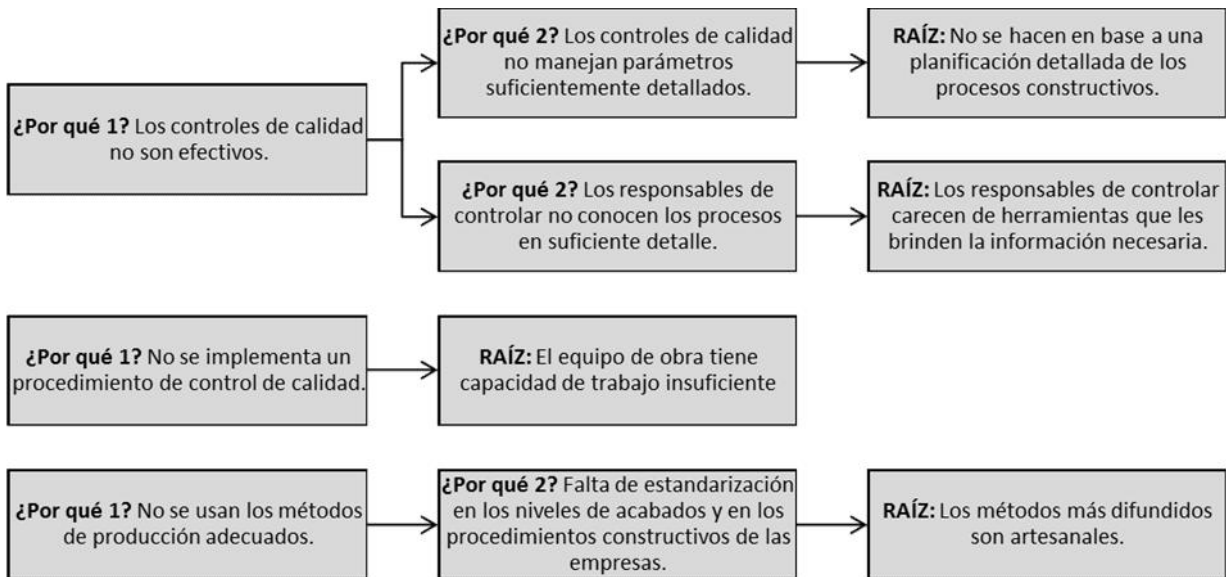
1) Uso de métodos o herramientas desactualizados (gestión tradicional):

Este enfoque supone empezar a trabajar e ir resolviendo los detalles a medida que se avanza. No hace uso de herramientas estandarizadas ni de mayores esfuerzos de planificación. Se basa en aquello que va volviéndose evidente a medida que el proyecto progresa. Trabajar de esta forma era aceptable en épocas anteriores, cuando no estaban difundidas las teorías y buenas prácticas de gestión, y los requisitos de eficiencia eran menores, pero ahora no debería serlo.

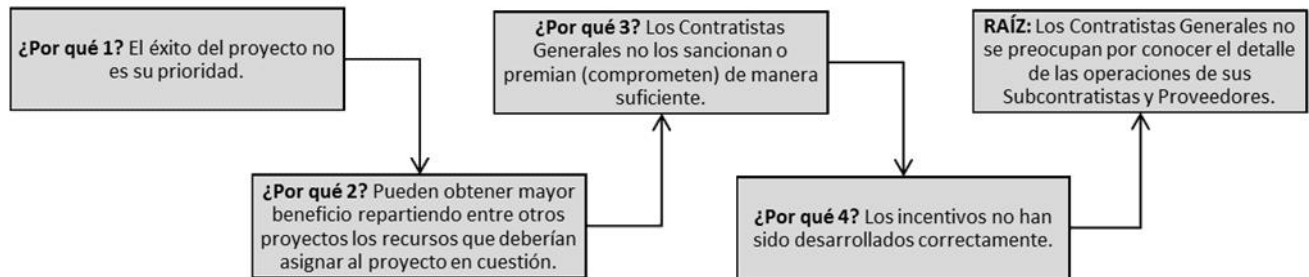
2) Aplicación conceptualmente incorrecta de los sistemas de planificación:

Suele ser el caso que la aplicación de sistemas bien diseñados, que podría dar buenos resultados, no lo lleguen a hacerlo, porque el procedimiento no se lleva a cabo correctamente. Esto sucede cuando el equipo responsable de hacerlo no ha sido capacitado en las bases conceptuales de dichos sistemas, y no existe un régimen de retroalimentación para ejercer control de los resultados. En la práctica, esto se manifiesta como aplicación parcial de sistemas, con el enfoque puesto en ciertos procedimientos, mas no en las ideas detrás de ellos. Los resultados pueden ser pocos o nulos con respecto a una gestión tradicional.

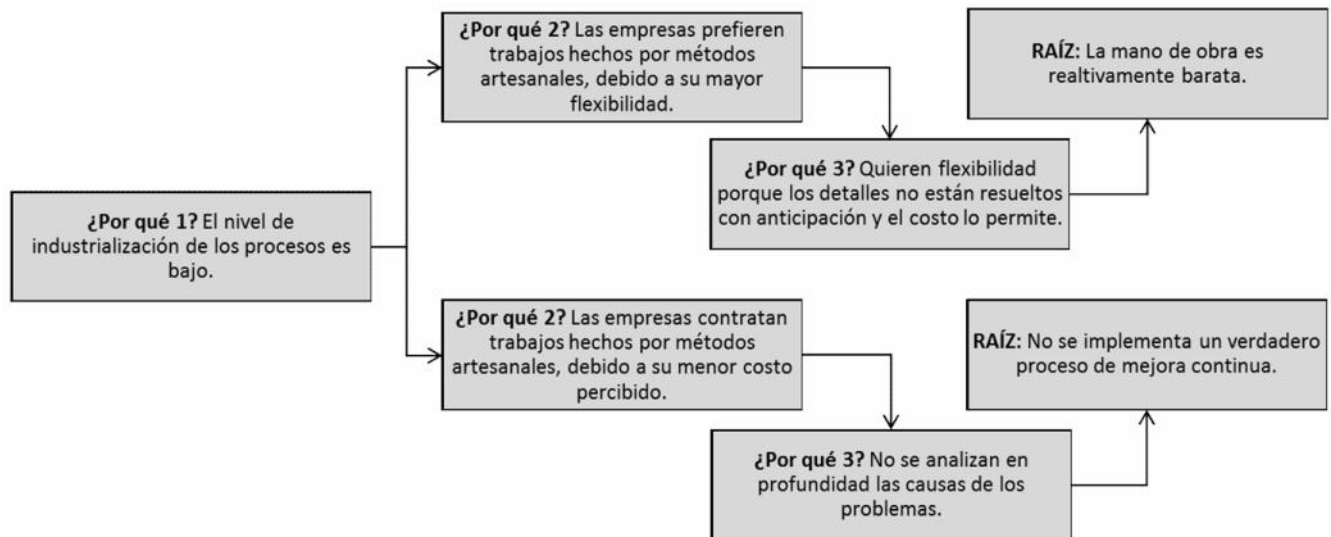
6. Fallas de calidad en la producción



7. Falta de compromiso de subcontratistas y proveedores con las condiciones ofrecidas



8. Falta de estandarización en la industria



CAUSAS RAÍZ A ATACAR (“Root Causes”):

En base a los análisis anteriores, podemos concluir que un sistema orientado a mejorar la gestión en la etapa de acabados y equipamiento debe atacar las siguientes causas de problemas:

1. Falta de implementación de un procedimiento que permita a todos los miembros del equipo de proyecto comunicarse de manera eficiente y eficaz.
2. Falta de conocimiento de las operaciones de los Subcontratistas y Proveedores, por parte del Contratista General, y contratación de especialistas en base a la oferta más baja.
3. Falta de adecuación, por parte de Contratistas Generales, al importante incremento de complejidad de los proyectos y los materiales.
4. Falta de planificación y control.
5. Gerencia de empresas Contratistas Generales desasociada de las operaciones de la obra.
6. Falta de énfasis en la mejora continua por parte de las empresas constructoras.
7. Conceptos desactualizados de los inversionistas o clientes.
8. Deficiencias en el diseño de la planificación.

9. Falta de herramientas de apoyo para control de calidad de la producción.
10. Falta de detalle en la planificación.
11. Falta de capacidad de trabajo de los equipos de obra.
12. Forma rápida o explosiva en que se ha desarrollado la industria de la construcción en el Perú, a causa del “boom”.

4.2 Soluciones a las causas raíz (“Root Causes”):

La identificación de las soluciones a los problemas a atacar se hizo también con las tablas de la técnica de los cinco porqués (**Anexo 4**). Se planteó soluciones para cada nivel del proceso de análisis.

TABLA DE SOLUCIONES PROPUESTAS:

#	PROBLEMA	SOLUCIONES PROPUESTAS
1	Falta de implementación de un procedimiento que permita a todos los miembros del equipo comunicarse de manera eficiente y eficaz.	<ol style="list-style-type: none"> i. Establecer un equipo de proyecto integrado, seleccionando a los involucrados en base a su capacidad y disposición para participar del sistema de gestión propuesto por la gerencia de proyecto. ii. Manejar un procedimiento estandarizado de comunicación y consultas entre responsables.
2	Falta de conocimiento de las operaciones de los Subcontratistas y Proveedores, por parte del Contratista General, y contratación de especialistas en base a la oferta más baja.	<p>En lugar de contratar principalmente en base a precio:</p> <ol style="list-style-type: none"> i. Generar incentivos para la búsqueda de la optimización: alinear los objetivos de los responsables. ii. Manejar un procedimiento de actualización del conocimiento macro del proyecto para todos los responsables y asegurar que los posibles candidatos entiendan el alcance completo desde el inicio de su participación. iii. Exigir como requisito de contratación la presentación de procedimientos a las empresas subcontratistas y proveedoras. iv. Desarrollar herramientas para comprometer a los responsables del proyecto con el mismo. Construir una correlación directa entre el cumplimiento con el proyecto y el beneficio que los involucrados obtienen.

#	PROBLEMA	SOLUCIONES PROPUESTAS
3	Falta de adecuación, por parte de Contratistas Generales, al importante incremento de complejidad de los proyectos y los materiales.	<ul style="list-style-type: none"> i. Manejar un proceso de mejora continua de los procedimientos de la empresa, centrado en el objetivo de mejorar el desempeño en proyectos futuros. ii. Analizar las necesidades de gestión de los proyectos según sus características específicas, e implementar procedimientos estandarizados de operación.
4	Falta de planificación y control.	<ul style="list-style-type: none"> i. Manejar un sistema de planificación y control orientado a cuidar el flujo de trabajo durante la ejecución, por medio de la identificación y solución oportunas de los problemas.
5	Gerencia de empresas Contratistas Generales desasociada de las operaciones de la obra.	<ul style="list-style-type: none"> i. Mejorar el nexo entre los organismos de la empresa: mejorar la calidad de la comunicación y las interacciones. ii. Verificar la calidad de la información producida por los controles de obra. iii. Aplicar mejora continua a los procedimientos que se ejecutan en campo. Orientar el esfuerzo al beneficio de los clientes internos o usuarios, prestando atención a la retroalimentación brindada por ellos. iv. Dimensionar el equipo de obra en base a la carga de trabajo que los procedimientos suponen.
6	Falta de énfasis en la mejora continua por parte de las empresas constructoras.	<ul style="list-style-type: none"> i. Como parte del proceso de mejora continua, revisar los procedimientos de la empresa con respecto a sus objetivos globales. ii. Manejar controles que permitan identificar todos los detalles que deben estar definidos antes de iniciar un trabajo o una fase. iii. Hacer trabajos de constructabilidad y de planificación detallada. iv. Emitir especificaciones técnicas y anexos de contratación que ayuden a sostener un estándar de calidad como requisito de contratación de proyectistas, subcontratistas y proveedores.

#	PROBLEMA	SOLUCIONES PROPUESTAS
7	Conceptos desactualizados de los inversionistas o clientes.	<ul style="list-style-type: none"> i. Generar equipos multidisciplinarios confiables para atacar proyectos enteros. ii. Desarrollar presentaciones para informar e incentivar a los clientes a optar por un esquema de contratación de equipos integrados desde el diseño. iii. Conseguir que el equipo de producción (los especialistas ejecutores) trabaje directamente con el equipo de diseño. Es decir, buscar que se analice la constructabilidad.
8	Deficiencias en el diseño de la planificación.	<ul style="list-style-type: none"> i. Aprovechar todas las herramientas propuestas por el sistema Last Planner y los conceptos de Lean Construction, incorporándolos en los procedimientos manejados en obra.
9	Falta de herramientas de apoyo para control de calidad de la producción.	<ul style="list-style-type: none"> i. Diseñar herramientas que pongan a disposición del responsable de controlar la calidad, los conocimientos de los expertos en cada proceso constructivo, para poder aplicarlos de manera sistemática.
10	Falta de detalle en la planificación.	<ul style="list-style-type: none"> i. Diseñar una planificación suficientemente detallada para considerar todos los aspectos y requisitos de cada proceso.
11	Falta de capacidad de trabajo de los equipos de obra.	<ul style="list-style-type: none"> i. Dimensionar adecuadamente el equipo de obra, considerando todas las funciones que debe cumplir.
12	Forma rápida o explosiva en que se ha desarrollado la industria de la construcción en el Perú, a causa del “boom”.	<p>No se busca realmente “atacar” esta causa con el sistema, pero se recomienda lo siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> i. Cuidar que el desarrollo de la empresa sea sostenible, por medio de la estandarización y la mejora continua de las operaciones a mediano y largo plazo. ii. Tener siempre como prioridad el desarrollo de sistemas eficientes y efectivos de gestión y control, de acuerdo con los objetivos globales de la empresa. <p>Se trabajar siempre teniendo en cuenta la retroalimentación de los procesos para poder mejorar de manera continua.</p>

Además, en base a lo aprendido de las fuentes citadas en el marco teórico, se incorporará también las siguientes soluciones para lograr un sistema más completo:

- i. Durante la selección de miembros del equipo de proyecto, dar preferencia a empresas subcontratistas que aplican el sistema Last Planner para ejecutar su trabajo.
- ii. Comunicar a todo el equipo de proyecto lo aprendido de los problemas y sus causas, para no repetir los errores.
- iii. Brindar ayudas visuales para maestros y capataces en el campo, para que comprendan mejor todos los niveles de planificación y puedan visualizar el flujo de trabajo: implementar técnicas de mapeo de procesos.
- iv. Producir documentos de introducción al sistema de gestión para informar a los demás responsables del proyecto.
- v. Elaborar y difundir una matriz de responsabilidades que define claramente las responsabilidades de cada uno de los miembros del equipo de proyecto.
- vi. Llevar un control as-built de los proyectos.
- vii. Manejar a los distintos subcontratistas según su capacidad de gestión particular: desarrollar una estrategia de gestión de subcontratistas y proveedores.
- viii. Dar facultad a maestros y capataces para rechazar tareas que tienen restricciones, para evitar trabajos rehechos.
- ix. Planificar detalladamente el uso de los recursos compartidos en obra.
- x. Cuando se requiera, intervenir, como Contratista General, para mantener las buenas relaciones entre los responsables.
- xi. Analizar las razones de incumplimiento de la planificación semanalmente, y actuar sobre las causas raíz.

- xii. Llevar a cabo First Run Studies y diseño detallado de procesos. Asegurar que se ensayen las actividades nuevas y desconocidas antes de programar su ejecución.
- xiii. Cargar las cuadrillas por debajo de su capacidad productiva.
- xiv. Combinar las ventajas de distintos enfoques de planificación, como LPS y LBMS (Location Based Management System) para conseguir las ventajas de ambos: aprovechar el proceso social del uso de la información para mejorar la confiabilidad de los compromisos, y también los controles propuestos por el sistema técnico para generar pronósticos que permitan anticipar problemas.
- xv. Hacer análisis de cuellos de botella en el flujo de trabajo.
- xvi. Tomar en cuenta los intereses y motivaciones de distintos tipos que tiene cada actor involucrado en un proyecto, para saber cómo alinear las prioridades del equipo y conseguir comprometerlos efectivamente. Aplicar también este concepto para el personal de campo (maestros, obreros, etc.) – no verlos sólo como un medio de producción que recibe instrucciones, sino como seres humanos con motivaciones.
- xvii. Poner énfasis en los flujos continuos, en lugar de en procesos aislados, para evitar tender hacia la sub-optimización.
- xviii. Implementar los contratos relacionales para poder trabajar de manera verdaderamente integrada y colaborativa, como si todas las especialidades pertenecieran a la misma empresa constructora.
- xix. Usar el procedimiento para identificar problemas propuesto por la Teoría de Restricciones (Five Steps of Focusing) y la técnica de los cinco porqués (Five Why's Technique) para analizar los problemas de la empresa e identificar sus causas. Luego, usar el método de Evaporating Clouds para inventar soluciones simples (Goldratt, 1999).

CAPÍTULO 5: GUÍA DE IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE PLANIFICACIÓN Y CONTROL EN LA ETAPA DE ACABADOS Y EQUIPAMIENTO

5.1 Metodología y alcances:

Se ha llegado a las soluciones propuestas en base a un diagnóstico de problemas de diferentes tipos de obras. Entonces, proyectos de diferentes tipos deberían beneficiarse de la aplicación de estas. Sin embargo, dadas las grandes diferencias entre los distintos tipos de proyectos, no sería práctico definir un sistema que pretenda abarcarlos todos ya que cada operación, dependiendo de su magnitud y alcance, tiene distintas necesidades.

Entonces, para implementar las soluciones, se ha definido un alcance específico para poder tener claras las necesidades de gestión de la operación en cuestión. En este caso, se propondrá un sistema orientado específicamente a un proyecto con las siguientes características:

Modalidad de contratación:

Modalidad de Contratación General: El Cliente contrata por separado a Proyectistas, Supervisión y Contratista General (constructor).

Contratista General:

Área de especialización: Viviendas/Oficinas

Tamaño de la empresa: Pequeña/Mediana

Facturación anual: entre 10 millones y 20 millones de soles.

Cantidad de empleados: entre 15 y 30.

M2 de construcción por año: entre 3,000 y 6,000

Tipo de Obra:

Ubicación: Lima Metropolitana

Uso: Viviendas/Oficinas

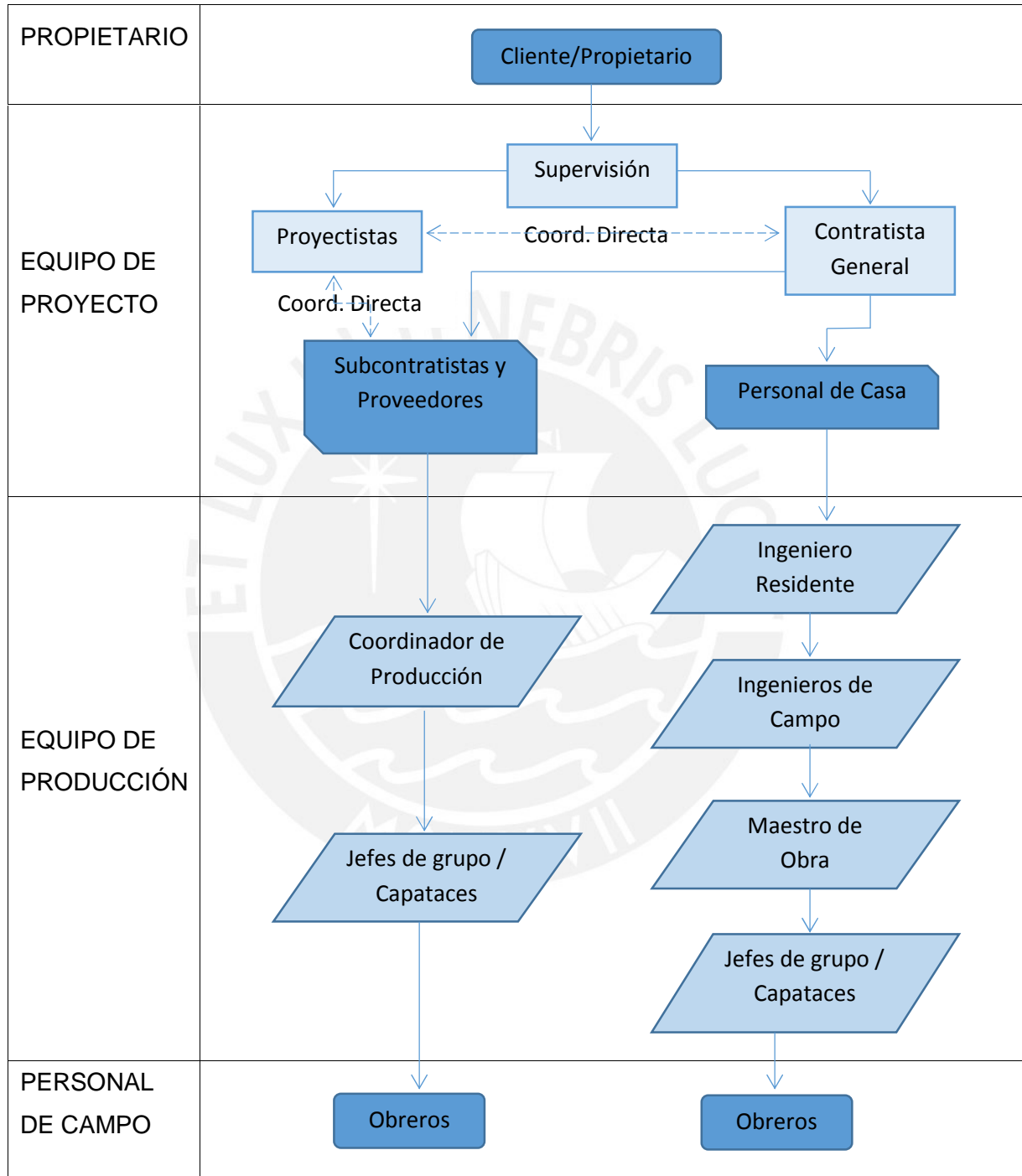
Presupuesto: entre S/. 10'000,000.00 y S/. 15'000,000.00

Instalaciones: IIEE e IISS, electromecánicas, seguridad, automatización, etc.

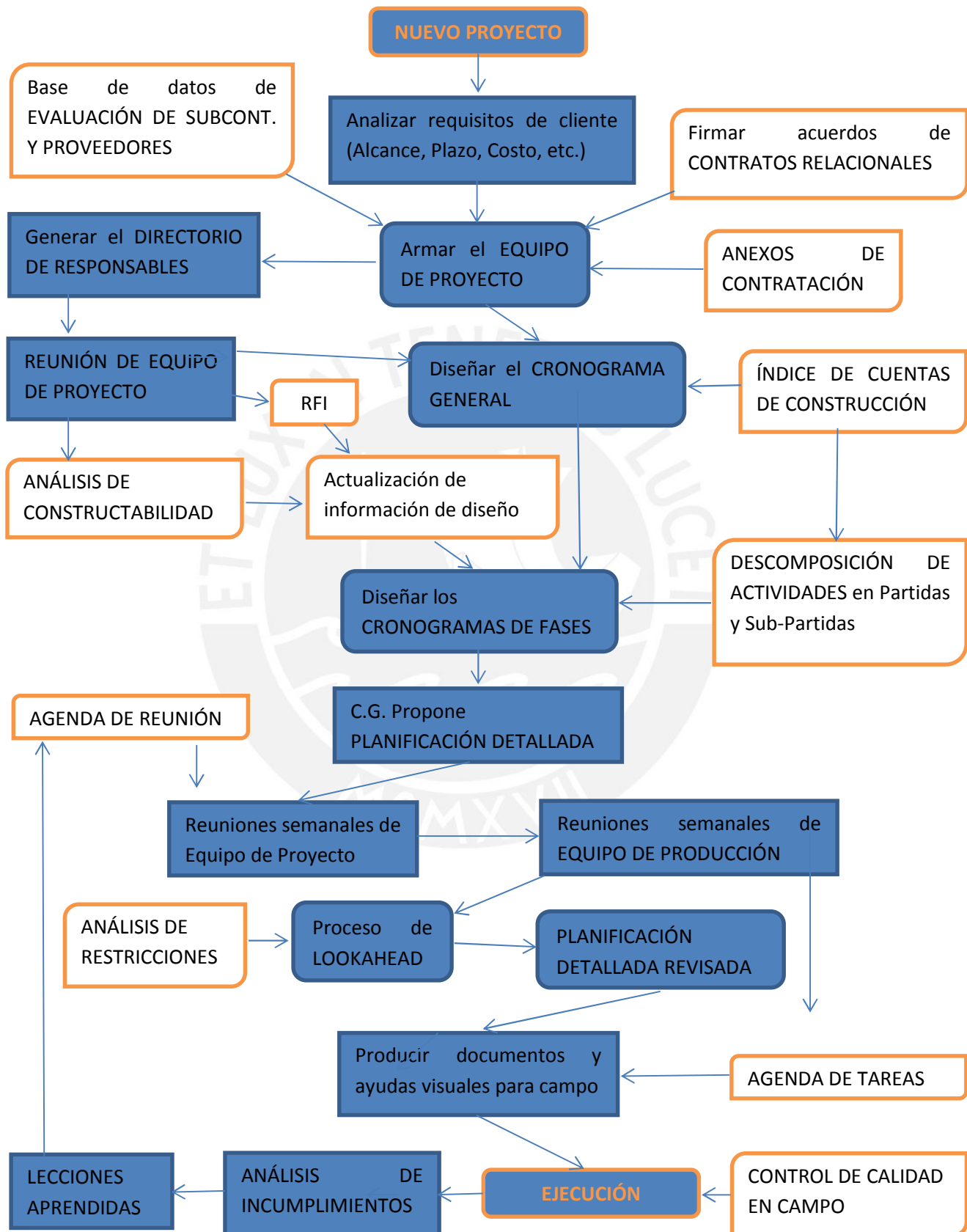
Diseño: Idealmente, diseño completo antes de iniciar construcción – no Fast Track.

5.2 Guía de implementación del sistema:

5.2.1 Organigrama de responsables del proyecto:



5.2.2 Diagrama de flujo del sistema:



5.2.3 Evaluación de subcontratistas y proveedores:

La manera más efectiva de asegurar buena comunicación dentro del equipo de proyecto será involucrando a los miembros adecuados. Para esto, es necesario que la Gerencia de Proyecto y el constructor (para la contratación de subcontratistas) cuenten con referencias confiables sobre el desempeño de las empresas proyectistas, contratistas y proveedoras.

Entonces, como parte de un proceso de mejora continua, un constructor debe preocuparse de registrar, a lo largo de los proyectos, la información necesaria para poder calificar de manera objetiva a las empresas con las cuales ha trabajado. Esto le permitirá generar una base de datos con indicadores sobre las fortalezas y debilidades de cada empresa, la cual será útil para escoger potenciales responsables para futuros proyectos. Esta herramienta también debería servir para dar una buena idea de cómo es mejor gestionar la relación con cada empresa.

Esta herramienta se implementará con el formato que parece en el **Anexo 5**.

Luego de algunas obras, puede usarse la información acumulada para definir un estándar. Así, dependiendo de los niveles de calidad requeridos para los proyectos, se puede establecer puntajes mínimos que deben ser superados por las empresas para poder ser consideradas como posibles candidatas.

5.2.4 Contratos Relacionales:

Una vez identificado un equipo con buen potencial, se debe intentar que todos trabajen juntos, como si perteneciesen a una misma empresa, con un mismo objetivo y sin competencia entre las partes. Esto, para que todos estén dispuestos a invertir su mejor esfuerzo en resolver los problemas del proyecto, sin tener las limitaciones que los contratos tradicionales suscitan (Matthews y Howell, 2005).

En resumen, lo que se busca es solucionar problemas de comunicación entre los responsables, motivando la cooperación y el diálogo en el equipo de proyecto, mediante el alineamiento de los objetivos del proyecto y del constructor con los objetivos de los demás responsables. Esto debe empezar por los contratos, ya que son una herramienta muy potente

porque proporcionan la guía para las acciones de los involucrados. Para esto, se debe empezar a incorporar los conceptos de los “Contratos Relacionales”, de la siguiente forma:

Primero, como Contratista General, exponer ante el equipo de proyecto el sistema de gestión que se pretende implementar, para que todos los responsables entiendan el enfoque. Como ayuda para explicar este sistema, se entregará un Resumen Ejecutivo del sistema Last Planner (**Anexo 3**). Este, permitirá a los involucrados conocer los conceptos mediante los cuales se pretende optimizar los resultados del proyecto.

Luego, proponer la implementación de una estructura contractual según el concepto de Integrated Project Delivery: Además del contrato existente entre el Cliente y el constructor, manejar un contrato entre los miembros del equipo de producción (constructor y subcontratistas), que una a todas estas empresas en la responsabilidad del cumplimiento satisfactorio de todo el alcance del proyecto en cuestión.

Para esto, se debe pactar una fórmula (que quedará definida a la firma del contrato y durará hasta la culminación del proyecto) que reparta el riesgo y la ganancia entre todos, proporcionalmente de acuerdo al alcance de la participación de cada uno en el proyecto. Para hacerlo efectivo, cada uno debe entregar una garantía y comprometerse a poner a disposición de todo el equipo toda su información referente al proyecto en cuestión.

Según la teoría del IPD, para realmente implementarlo, se debe armar un equipo de proyecto con los miembros de las empresas involucradas, que responda a los intereses del proyecto, y no a los de sus empresas particulares. Sin embargo, esto, no se intentará implementar dada la reducida envergadura del proyecto en cuestión.

Es probable que, en el corto plazo, sea muy difícil implementar tales condiciones en un proyecto, porque todavía no hay contratos típicos y hay implicancias legales relacionadas por resolver. Además, será aún más difícil si se trata de involucrados que no han tenido esta experiencia previamente o que nunca antes han trabajado juntos. Sin embargo, se debe empezar con una exposición de los beneficios potenciales y con la implementación de sólo algunas cláusulas. Con el tiempo y a medida que se consiga éxitos compartidos, la confianza entre los involucrados debería crecer. Esto permitirá finalmente implementar los contratos relacionales en mayor medida para abrir la puerta a todos sus beneficios potenciales.

5.2.5 Anexos de Contratación:

Es necesario para el Contratista General, sobre todo mientras se continúe trabajando bajo las condiciones contractuales tradicionales, asegurar que los contratos que haga directamente (subcontratistas, especialistas, etc.) tengan condiciones que le sean favorables, y que los responsables encargados estén dispuestos a y sean capaces de trabajar cumpliendo con ciertos requisitos mínimos.

Para un proyecto del tipo que se apunta a gestionar con este sistema, se usará el anexo de contratación que aparece en el **Anexo 6**.

Será enviado, en primer lugar, junto con las solicitudes de cotización para servir de guía y lograr un grado de estandarización en las cotizaciones. Esto es sumamente importante, ya que es imposible hacer una buena comparación de propuestas si cada concursante está basándose en condiciones de pago y requisitos de gestión distintos. Estos últimos factores deberían muchas veces ser decisivos para determinar la mejor propuesta global, en lugar de sólo prestar atención al aspecto técnico de la ejecución y al precio.

Una vez que el equipo está establecido, se recomienda el siguiente procedimiento operativo:

5.2.6 Directorio de Responsables:

Establecer como base para las coordinaciones del equipo de proyecto un directorio de responsables del Proyecto. El Contratista General se encargará de mantenerlo actualizado y de enviarlo a todos los involucrados. El objetivo es cumplir las siguientes funciones:

1. Mantener la información de contacto de todos los responsables actualizada para facilitar la comunicación directa entre ellos.
2. Comunicar el estado de cumplimiento de las tareas de cada responsable al resto de equipo, para generar una sensación de presión social que ayude a reforzar el compromiso de cada involucrado con el progreso del proyecto.

El formato del directorio está en el **Anexo 7**.

Es importante resaltar que el uso de la presión social puede ser de gran ayuda para conseguir los objetivos del proyecto, pero debe usarse con cuidado. Este puede ser un incentivo positivo, si el responsable está haciendo un buen trabajo y todos pueden verlo, o uno negativo, si el responsable está haciendo un mal trabajo. Entonces, como todo incentivo negativo, el Contratista General no debe abusar de él, ya que podría generar un deterioro de la confianza y las relaciones dentro del equipo de proyecto. Se debe procurar presionar y perseguir resultados, pero nunca pelearse con los demás responsables. Finalmente, las malas relaciones desincentivan el cumplimiento y reducen seriamente los ánimos de cooperación, lo cual aumenta el riesgo.

5.2.7 Procedimiento de solicitud de información:

Se usará un formato estandarizado para todas las solicitudes de información:

- El constructor lo usará para solicitar información a los demás responsables.
- El constructor lo usará para canalizar las solicitudes de información entre responsables.

El formato está en el **Anexo 8**.

El procedimiento será el siguiente:

- Las solicitudes serán enviadas a todo el equipo de proyecto.
- Se generará una constancia de recepción por parte del responsable para que la falta de recepción no sea una excusa válida.
- Se pactará previamente (en el contrato) el plazo de respuesta.
- Se usará el espacio de “Aclaraciones” del formato para incluir toda la información adicional necesaria para que la consulta quede completamente clara, de manera que al responsable le sea más fácil dar una respuesta de calidad.
- La respuesta irá a todo el equipo de proyecto, por lo que será responsabilidad de cada uno de los responsables estar al tanto de todas las respuestas. Sin embargo, también se repasarán los puntos resueltos de manera superficial en las reuniones del equipo como una ayuda adicional para cualquier cosa que haya podido no quedar clara a alguno de los involucrados.
- La consulta será marcada como RESUELTA, si la respuesta cumple los requisitos de lo solicitado. De lo contrario, o si se vence el plazo de respuesta, será catalogada como un

tema urgente de solución pendiente para el conocimiento de todo el equipo. Esto se registrará en el formato de Directorio de Responsables.

5.2.8 Agenda de Tareas:

Para controlar el estado de cumplimiento con las respuestas a solicitudes y, en general, de cualquier compromiso asumido por los responsables, el Contratista General manejará una Agenda de Tareas. El formato está en el **Anexo 9**.

El formato deberá estar en permanente actualización y se enviará a todo el equipo de proyecto cada semana y de preferencia al día siguiente de las Reuniones Semanales.

5.2.9 Reuniones Semanales del equipo de proyecto:

Se recomienda que las reuniones sean semanales porque la participación de los responsables es necesaria para la actualización del Lookahead. Esto se debe a que la semana es una unidad temporal razonable para revisar aspectos como planificación y resultados, y para efectuar análisis del desempeño en proyectos de construcción de pequeña y mediana envergadura.

Sin embargo, las reuniones pueden llevarse a cabo con una frecuencia distinta, a juicio del equipo de proyecto. De todas formas, es importante establecer un período para ellas, y que sea prioridad de todos los responsables respetarlo, porque esto asegura el contacto constante del equipo de proyecto y marca el ritmo de la solución de los problemas y las restricciones.

5.2.10 Agenda de Reunión:

Para manejar la reunión, el Contratista General usará una Agenda de Reunión, la cual tendrá puntos que se desprenden directamente de la planificación. Las restricciones del Lookahead y otros temas pendientes de mayor plazo, deberán tocarse para encaminar su resolución oportuna.

El formato de la Agenda de Reunión está en el **Anexo 10**.

Es importante que se tenga identificado al menos a un responsable para cada punto, y es muy importante anotar la fecha en que apareció por primera vez cada punto en la Agenda. De esta forma, si un tema no se trata y es dejado pendiente, en todas las reuniones subsiguientes aparecerá que ya viene acumulando tiempo y el responsable no lo resuelve, lo cual genera presión porque permite a todo el equipo ver quién está generando un posible retraso.

Debajo de cada punto de la Agenda, el encargado de llevar la reunión anotará lo acordado, con un nivel de detalle suficiente para que el documento se convierta en un Acta de Reunión que será enviada a todo el equipo al terminar la reunión. Esta Acta debe dejar constancia de todo lo definido y ofrecido por los participantes de la reunión, por lo que se agregará al final, si es necesario, un subtítulo de OTROS ACUERDOS para no omitir temas adicionales a los de la Agenda que pudieran haberse tratado.

El Acta de Reunión será enviada al equipo de proyecto al día siguiente de la reunión, junto con la Agenda de Tareas (previamente explicada), para que cada responsable tenga claro todo lo que se definió y no olvide aquello que le corresponde resolver para seguir avanzando. La Agenda de Tareas, entonces, contiene todos los pendientes de cada responsable e incorpora los puntos de la reunión para dar una vista rápida de la cantidad de trabajo que tiene pendiente cada miembro del equipo.

Para que las comunicaciones fluyan y las decisiones sean acertadas y oportunas, es necesario que la visión que todos los miembros del equipo tienen del proyecto esté alineada. En un primer momento, esto es responsabilidad de la gerencia de proyecto, al presentar el proyecto a los potenciales responsables para armar el equipo. Luego, durante la ejecución, para mantener la visión alineada, es necesario que todos los involucrados estén al tanto del estado de avance del proyecto. Es decir, es necesario que todos tengan conocimiento macro del proyecto, durante todas sus etapas.

Se debe intentar que la mayor cantidad de responsables participe de las reuniones semanales del equipo de proyecto, pero esto puede resultar impráctico dado que el nivel de participación de cada uno a lo largo de la construcción puede ser variable. Por ejemplo, los subcontratistas de Instalaciones Electromecánicas podrían estar en la etapa más atareada de su instalación, pero el subcontratista de Carpintería de puertas podría no haber empezado todavía. Entonces, para optimizar el tiempo de los involucrados, es ideal contar con una forma

no presencial de cumplir con el propósito de tener a todos actualizados sobre el estado del proyecto.

Esto se hará a través de un informe del estado de avance del proyecto que el encargado de obra (Contratista General) enviará periódicamente a todos los responsables. Será un documento simple que incluya lo siguiente:

1. Breve comentario de razones de buen o mal desempeño del proyecto (cumplimiento de la planificación).
2. Fotos con descripciones de los avances de la semana.
3. Breve resumen de los temas pendientes más importantes (principales amenazas al flujo de trabajo).
4. Breve resumen de la planificación de las siguientes semanas.

5.2.11 Actualización de la información:

Se manejará el formato de Registro de la Información Actualizada del proyecto que está en el **Anexo 11**.

Este formato servirá para mantener a todos los actores al tanto de las actualizaciones de los documentos del proyecto. Esto es muy importante dado que un problema común en obra es la ejecución de trabajos bajo especificaciones que habían perdido vigencia porque esto no fue comunicado adecuadamente a todo el equipo. Esto también debería agilizar el intercambio de información entre las distintas especialidades porque todos sabrán exactamente a qué cambios estar atentos y qué versión de los planos deben usar para buscar la información y hacer las consultas.

5.2.12 Análisis de Constructabilidad:

Previo al inicio de la construcción, se analizará la constructabilidad del diseño de la edificación en cuestión. Cualquiera sea el formato de presentación de la información del proyecto que se decida usar:

- Planos tradicionales en 2D
- Modelos virtuales en 3D

- Maquetas físicas

Este trabajo debe hacerse en equipo, involucrando a todos los especialistas responsables. La participación de un equipo multidisciplinario al momento de hacer el análisis permitirá al Contratista General conocer la dificultad y las reales implicancias de la tarea que tiene por realizar. De esta forma, será posible hacer consultas, proponer mejoras y tomar cualquier otra decisión estratégica con anticipación y sin haber entrado en pérdida.

Para mantenerse competitivo, a través de la eficiencia, el Contratista General debe aprovechar las ventajas de las nuevas herramientas tecnológicas para optimizar sus procedimientos. Para el caso de los análisis de constructabilidad, la metodología BIM (Building Information Modeling) es una herramienta potente. Se recomienda adoptar esta práctica como medio para perseguir los ideales de Lean Construction.

Dado que es una práctica relativamente nueva y poco común en el Perú, es probable que se encuentre resistencia contra su uso por parte de algunos actores del equipo de proyecto que se sienten cómodos trabajando de manera tradicional. Esto puede ser un problema particularmente con los inversionistas o clientes, ya que no les gusta la idea de invertir más al inicio del proyecto en gestión BIM. Sin embargo, el Contratista General debe procurar desarrollar una presentación que exponga claramente las ventajas para todos los involucrados, y empezar así a cambiar los conceptos desactualizados que, como se vio en el diagnóstico, son una fuente importante de problemas para las obras.

Más aún, un buen procedimiento de análisis de constructabilidad es necesario durante la construcción, ya que suelen hacerse modificaciones a los proyectos. Es sabido que las modificaciones se hacen con la intención de solucionar problemas o mejorar el resultado final, pero suelen traer complicaciones. El problema es que identificar los problemas potenciales de una cierta modificación puede ser una tarea muy compleja. Es frecuente que se haga un análisis rápido y previendo las consecuencias inmediatas, y se opte por proceder con el cambio. Luego, en una etapa posterior de la obra puede surgir un problema mayor al que se logró solucionar inicialmente, que nadie supo identificar a tiempo. Entonces, el equipo de proyecto debe contar con herramientas que le permitan evaluar si es que una cierta modificación es conveniente o no. Los modelos BIM deberían ser de gran utilidad para esto.

5.2.13 Proceso de diseño y control de la planificación según el Sistema Last Planner:

La planificación de la etapa de acabados y equipamiento tendrá los siguientes niveles:

1. Cronograma General
2. Cronogramas de Fases
3. Lookahead
4. Plan semanal
5. Lecciones aprendidas

A medida que se pase de un nivel al siguiente, aumentará el detalle, pero es crucial que todos los niveles puedan relacionarse directamente. Sólo de esa forma se puede asegurar que se está haciendo el trabajo necesario para generar avance del proyecto con respecto al Cronograma General. “No es suficiente hacer las cosas correctamente, se debe procurar hacer las cosas correctas” (Goldratt, 1999).

I. Cronograma General

El Cronograma General, al igual que los demás niveles de planificación, se hará partiendo del hito final y hacia atrás. Esta manera de programar debería brindar al menos dos ventajas:

1. Reducir desperdicios de la planificación que suelen existir porque el planificador, por inercia de las prácticas tradicionales o por no tener una idea clara de la meta, puede programar actividades que al final de la fase se verá que en realidad fueron innecesarias y sólo generaron desperdicio.
2. Diseñar una secuencia de ejecución más factible. Porque al trabajar empezando por el final, será necesario hacer un mayor esfuerzo de visualización de los resultados esperados. Esto permitirá definir con mayor precisión el proceso necesario para llegar a dicho resultado, ya que el ejercicio de visualización hará saltar a la vista las partes de la cadena de actividades que carezcan de sentido.

El plazo total del Cronograma General estará dictado en buena medida por la magnitud y el alcance del proyecto, y las necesidades del cliente, y se ajustará según el análisis del constructor. Para producir la planificación de este nivel, el constructor debe haber estudiado en profundidad toda la información disponible del proyecto, en coordinación con el equipo de

proyecto (todos los subcontratistas y otros especialistas deberían ya estar contratados), para definir al menos lo siguiente:

1. Cuantificación del trabajo (metrados)
2. Procesos constructivos a emplear (rendimientos)
3. Disponibilidad de recursos y mano de obra (considerar tiempos de importación)
4. Tiempos para resolver restricciones externas, tales como definiciones pendientes (diseño), obtención de permisos y esperas debido a condiciones naturales adversas.

En esta etapa, previa al inicio de la construcción, debería ponerse énfasis en la compatibilización de los proyectos y en la definición de todos los detalles, así como en hacer un completo análisis de constructabilidad de todo el proyecto.

II. ÍNDICE DE CUENTAS DE CONSTRUCCIÓN (Taxonomía de costos):

Para poder hacer lo anterior, y para que el Cronograma General sea fácil de relacionar con los siguientes niveles de planificación, se debe identificar las cuentas y las partidas de la etapa de construcción. Las cuentas no son otra cosa que una forma arbitraria de agrupar todas las distintas partidas que se ejecutarán durante la construcción, tanto por el Contratista General (personal de casa), como por los subcontratistas. La agrupación debe hacerse de tal manera que agilice las demás funciones del constructor, incluyendo:

- Control de presupuesto y metrados
- Control de producción
- Gestión de responsables (control de subcontratistas y otros)
- Control de abastecimiento de recursos (compras e inventarios)

Las cuentas deben definirse también con el objetivo de permanecer iguales en todos los proyectos de la empresa, como parte de un procedimiento estandarizado. De esa forma, servirán para almacenar información histórica en un formato que permite aplicación práctica y rápida para hacer análisis y proyecciones valiosos.

El **Anexo 12** muestra el Índice de Cuentas para el proyecto en cuestión.

Usualmente, se usa menor cantidad de cuentas de construcción, agrupando mayor número de partidas dentro de cada cuenta. Esto puede tener ventajas al momento de cargar costos en

cierto tipo de proyectos, pero cuando se trata de proyectos relativamente complejos, una lista detallada también cumple el propósito de recordatorio para no omitir trabajos (funciona como un checklist al momento de presupuestar y planificar). Además, esta subdivisión más detallada debería permitir generar información histórica más precisa y de más fácil aplicación en proyectos futuros.

Entonces, el nivel de detalle del Cronograma General será el de cuentas de construcción, pero es necesario haber estudiado las partidas agrupadas dentro de cada cuenta para estimar los plazos. Se usará como unidades de tiempo los meses o semanas, según el plazo total del proyecto. También deben estar delimitadas las Fases de la ejecución (hitos), para luego poder elaborar los Cronogramas de Fases correspondientes a cada una.

III. CRONOGRAMA DE FASE

El Cronograma de Fase para la etapa de acabados y equipamiento se hará tomando la porción del Cronograma General delimitada por el inicio de la primera cuenta de trabajos de acabados y equipamiento y el fin de la última cuenta de trabajos de acabados y equipamiento, y aumentando su nivel de detalle.

Para aumentar el nivel de detalle, se expandirá las cuentas para mostrar todas las partidas que contienen y se diseñará la secuencia lógica de su ejecución. La unidad temporal para este nivel de planificación será la semana y se seguirá la metodología de programación de “Reverse Phase Scheduling”.

La expansión de las cuentas de construcción en sus partidas y sub-partidas se muestra en el **Anexo 12**.

Al entrar en este nivel de planificación, se definirá el número de semanas que se usará como ventana de tiempo para el proceso de Lookahead (siguiente nivel de planificación). Esto es importante porque permitirá identificar las restricciones con tiempos de solución particularmente largos y mayores al lapso de la ventana de tiempo del Lookahead. Estas restricciones deberán ser atacadas de manera especial, dado que deben identificarse y empezar a resolverse antes de haber pasado por los filtros del Lookahead.

Para definir el número de semanas de la ventana de Lookahead, se debe considerar un tiempo que permita, de manera confiable, solucionar la gran mayoría de restricciones de las actividades de la Fase. Según lo recomendado por el sistema Last Planner, no se usará menos de 3 ni más de 12 semanas.

Entonces, primero será necesario identificar todas las actividades de la Fase. Para esto, se deberá analizar los proyectos (planos, detalles, especificaciones y otros), usando como referencian una lista completa de cuentas, partidas y sub-partidas cargada con información histórica de la empresa. La lista servirá el propósito de un checklist, como se mencionó anteriormente, para reducir o evitar las omisiones. Paralelamente, se debe buscar identificar incompatibilidades y faltas de definición en los proyectos, ya que estas son restricciones importantes.

Una vez que se tiene completa la lista de actividades para la Fase (con el formato de cuentas, partidas y sub-partidas), se debe identificar los tipos de restricciones que tienen las actividades. Para esto, se evaluará sus requisitos, que son de los siguientes tipos:

1. Información
2. Recursos
3. Condiciones de campo

Esto debería dar al planificador una idea clara de lo que será necesario resolver rutinariamente para dar confiabilidad a los planes semanales.

Luego, para definir el número de semanas, se evaluará la información anterior en función a:

1. Lo ofrecido por los responsables involucrados en el proyecto (principalmente cliente y equipo de diseño) y lo estipulado en los contratos con respecto a los plazos de respuestas a consultas.
2. Lo ofrecido por los Subcontratistas que ejecutarán trabajos durante la Fase.
3. La experiencia del planificador sobre:
 - a. Los tiempos estándares de la industria.
 - b. Las experiencias de proyectos pasados.
4. Cuando se tenga dudas, lo más confiable será buscar asesoría de especialistas y proveedores especializados.

A raíz del anterior ejercicio, es muy probable que se identifique algunas restricciones con tiempo estimado de solución considerablemente mayor al del resto. Estas son las restricciones que superan el alcance de la ventana temporal del Lookahead. Deberán ser atacadas excepcionalmente, al margen de lo definido semanalmente en el proceso de Lookahead, para que el resto de la planificación pueda cumplirse.

IV. LOOKAHEAD

En base al Cronograma de Fase, se empezará a diseñar la planificación detallada usando el proceso de Lookahead. Se tomará una porción del Cronograma de Fase de duración igual al número de semanas definido previamente como ventana temporal del Lookahead. En este nivel de planificación, el nivel de detalle será de actividades y la unidad temporal será el día, porque su resultado será un Plan Semanal compuesto de planes diarios de trabajo.

El formato para la planificación Lookahead está en el **Anexo 14**.

Con la ayuda del formato, se elabora la planificación semanal de cada semana del Lookahead según el siguiente proceso lógico:

1. En cada semana se ingresan las partidas y sub-partidas que toca ejecutar según el Cronograma de Fase. Estas se expanden en sus actividades y se diseña la secuencia lógica de ejecución. Las actividades deben estar identificadas dentro del sistema de cuentas y partidas mediante código y descripción. También se señalará la ubicación para que la información sea más específica y comprensible para el personal de campo.
2. Cuando se tiene esbozada la secuencia, se ingresa el metrado total que debería ejecutarse durante la semana para cumplir con el avance necesario. Esta cantidad se definirá usando el metrado total de la actividad, su duración según el Cronograma de Fase, y los recursos que se cree que estarán disponibles en ese momento.
3. Se ingresan los datos de las cuadrillas:
 - a. Configuración de la cuadrilla típica (cantidad de personal según calificación)
 - b. Rendimiento unitario de la cuadrilla típica
4. Luego, en base al avance deseado y el rendimiento esperado, se define la cantidad de cuadrillas necesarias para ejecutar el trabajo.

Una vez completa esta primera iteración de la planificación detallada, se hará un Análisis de Restricciones de cada actividad programada en los planes semanales. Este análisis es necesario porque permitirá al proceso de Lookahead actuar como un “filtro” que sólo deja ingresar a la planificación semanal a las actividades que cumplen los requisitos de calidad.

V. ANÁLISIS DE RESTRICCIONES

El Análisis de Restricciones propuesto en este sistema será sistemático para que la calidad de sus resultados sea constante, y para que pueda ser evaluado objetivamente y sometido a un proceso de mejora continua. Se usarán los formatos de apoyo del **Anexo 13** para llevarlo a cabo. Se muestran los formatos sólo para seis de las cuentas de acabados y equipamiento. Con la experiencia y a medida que se analice otros tipos de trabajos, se debe generar los formatos de apoyo para las demás cuentas, para que el análisis de restricciones sea capaz de cubrir todas las tareas de obra con eficacia.

El procedimiento es el siguiente:

1. Entrar a uno de los planes semanas actualmente esbozado dentro del Lookahead.
2. Tomar una actividad e identificar a qué cuenta pertenece.
3. Tomar el formato de apoyo correspondiente a la cuenta en cuestión.
4. Verificar si se cuenta con todo lo listado.
5. Si se cuenta con todo, la actividad no tiene restricciones y pasa a la Reserva de Actividades Ejecutables (Workable Backlog).
6. Si no se cuenta con todo, se debe identificar al/los responsable(s) de resolver la(s) restricción(es), y definir con ellos el tiempo máximo para hacerlo.
7. Repetir el proceso para todas las actividades que están en la planificación detallada.

Hecho esto, será posible sincerar la planificación detallada para producir la iteración final. Se pospondrán las actividades que no se confía estarán libres de restricciones para su fecha programada, y en su reemplazo se adelantarán las actividades libres de restricciones o con restricciones que se confía pueden ser resueltas a tiempo.

Entonces, si el Análisis de Restricciones funciona, el proceso conseguirá los siguientes resultados:

1. Un Plan Semanal con actividades que cumplen con los criterios de calidad, según el sistema Last Planner,
2. Una segunda semana de Lookahead con actividades que, en el peor de los casos, tienen restricciones que confiablemente pueden ser resueltas en menos de una semana,
3. Una tercera semana de Lookahead con actividades que, en el peor de los casos, tienen restricciones que confiablemente pueden ser resueltas en menos de dos semanas,
4. Una n semana de Lookahead con actividades que, en el peor de los casos, tienen restricciones que confiablemente pueden ser resueltas en menos de n-1 semanas, y
5. Una Reserva de Actividades Ejecutables para no dejar de aprovechar capacidad productiva que pudiera sobrar.

Por otro lado, cada vez que ocurra una falla en detección de restricciones, es importante analizar el error y usar lo aprendido para mejorar los formatos de apoyo. De esta forma, se irán perfeccionando y deberían volverse muy completas, ayudando a producir una planificación muy confiable, de manera sistemática.

Además de poner énfasis en un Análisis de Restricciones eficaz, es muy importante trabajar la planificación detallada de actividades tomando las siguientes consideraciones:

1. Los datos de las cuadrillas típicas y sus rendimientos unitarios, idealmente, provendrán de la base de conocimientos de la empresa, la cual debería tener la información producto del análisis de sus experiencias en proyectos anteriores. Si se trata de una empresa sin una base de conocimientos de ese tipo, o si se debe programar una actividad que no ha sido previamente analizada, se podrá hacer el ejercicio tradicional de análisis de precios unitarios (APU), o se consultará otras fuentes, como revistas de costos. Sin embargo, en adelante, es crucial que la empresa se preocupe siempre de desarrollar su propia base de conocimientos en base a resultados reales, porque son, finalmente, los más confiables.
2. Asignar una carga de trabajo ligeramente menor a la capacidad productiva esperada de cada cuadrilla, sobre todo durante las primeras semanas de uso del proceso

Lookahead. Al hacer esto, se aumenta la confiabilidad de toda la planificación detallada porque se trabaja con una reserva de capacidad productiva. Si se termina las tareas planificadas, se trabajará las de la Reserva de Actividades Ejecutables y se llevará a cabo pruebas de método de ejecución (First Run Studies) de trabajos particularmente complicados o nuevos para el equipo de producción. Es muy importante invertir en esto último para reducir la cantidad de desperdicios por trabajos rehechos, y para lograr un análisis de restricciones más completo y realista.

A medida que se logre, de manera sostenida, un alto índice de confiabilidad, se puede incrementar la carga de trabajo para acercarse más o igualar la capacidad productiva total de las cuadrillas.

3. El Análisis de Restricciones debe hacerse en coordinación directa con los responsables de la producción. Para esto, se tendrá las Reuniones Semanales de Planificación.

VI. ANÁLISIS DE INCUMPLIMIENTOS DE LA PLANIFICACIÓN

Se hará usando el formato que sigue a los de planificación Lookahead en el **Anexo 14**. La base de este análisis será el análisis de la semana de obra que acaba de terminar, que debe hacerse cada fin de semana.

El análisis de incumplimientos es crucial porque permite generar un registro de las razones de los errores, usando evidencia de campo. Luego, el equipo debe diseñar soluciones para no seguir fallando por estas razones. Además, el separar las distintas posibles razones en categorías permite identificar las principales causas de problemas, lo cual lleva a los principales responsables de generar problemas. De esta forma, será posible orientar mejor los esfuerzos de coordinación y mejora.

VII. CONTROL DE CALIDAD EN CAMPO

De la misma forma como los formatos de apoyo para el análisis de restricciones son una ayuda para el planificador, es necesario que los responsables del control de calidad de la producción en el campo cuenten con herramientas de apoyo para realizar su labor. Para esto,

se usará los formatos de apoyo para el control de calidad. En el **Anexo 15** está el formato de apoyo para la cuenta de Revestimientos y Enchapes.

Estos formatos de apoyo recopilan las indicaciones de las buenas prácticas y las recomendaciones de los expertos en cada materia de construcción sobre cómo debe ejecutarse el trabajo para asegurar su calidad. Deben ir formándose, a lo largo del tiempo, formatos para todos los tipos de actividades, y deben ser parte de la base de conocimientos de la empresa, a medida que esta acumula información que no debe ser olvidada o pasada por alto. Esto es necesario, ya que en la práctica los distintos ingenieros, maestros, proveedores, fabricantes, etc. Tienen distintas formas de hacer las cosas, y algunas son mejores que otras. Si se logra tomar los mejores “secretos” de cada uno y estandarizar su aplicación, la incidencia de las fallas de calidad debería reducirse.

Es importante resaltar un ejemplo de cómo la inercia de una solución durante la etapa de casco suele llevar a problemas en la etapa de acabados, y termina perjudicando el proyecto. Se trata de sub-optimización por descuidar la calidad para favorecer el ritmo de avance:

Es común que, en un esfuerzo de ganar tiempo en la etapa de casco para luego tener holgura en la etapa de acabados y equipamiento, que es más complicada, se ejecute los trabajos poniendo demasiado énfasis en el objetivo de cumplir con el cronograma a como dé lugar. Se presiona a las cuadrillas de colocación de acero de refuerzo, de instalaciones eléctricas y sanitarias y de encofrado, y se logra ejecutar los vaciados a tiempo. En este proceso suele descuidarse la calidad, pero los problemas no surgen inmediatamente y queda registrado que el progreso es bueno.

Sin embargo, luego, la reducida calidad de los productos de la etapa de casco afectará negativamente a los procesos siguientes: acabados y equipamiento, porque el trabajo que estos reciben vendrá cargado de deficiencias que se convierten en restricciones. Se tendrá que incluir trabajos de rectificación e incluso modificación, los cuales absorberán los colchones de tiempo y costo que se intentó generar en la etapa de casco y que se introdujeron como protección en el diseño de la planificación.

Esto contribuye a generar la tendencia observada recurrentemente: que se tenga buena confiabilidad de la planificación en la etapa de estructuras, pero que las últimas etapas de la obra se trabajen de manera sumamente ajustada e incierta. Para darle solución, es importante

manejar estándares de calidad adecuados en la etapa de casco y tener claro el objetivo (producto terminado) al cual se quiere llegar en la etapa de acabados.

VIII. REUNIONES DEL EQUIPO DE PRODUCCIÓN

A. Primera reunión en obra con cada subcontratista:

Deben participar, como mínimo:

- Responsable de producción de la empresa subcontratista asignado a la obra.
- Encargado de obra (representante del Contratista General)
- Maestro de obra (encargado de trabajo en campo)

Idealmente, se contará también con:

- Responsable a nivel técnico o de supervisión de la empresa subcontratista.

Además, dependiendo del trabajo en cuestión:

- Encargados de los procesos previos al trabajo del subcontratista en cuestión, según la secuencia lógica de ejecución.
- Encargados de los procesos clientes del trabajo del subcontratista en cuestión.

Los dos últimos pueden ser muy importantes para brindar especificaciones precisas sobre los requisitos que los trabajos a entregar deben cumplir para ser de completa utilidad para a los procesos clientes. Esto es crucial para reducir la cantidad de trabajos rehechos.

Primero, se verificará las zonas de trabajo en campo y luego se discutirá lo siguiente:

- Procedimiento de trabajo del Subcontratista:
 - Forma ideal de ejecutar los trabajos
 - Secuencia y duraciones
 - Rendimiento esperado y cantidad de personal que se pondrá en obra
 - Espacio de trabajo y de almacenamiento requerido
 - Adaptaciones que tendrá que hacerse para ejecutar los trabajos, dadas las condiciones de campo observadas.
- Requisitos para empezar el trabajo.
- Detalles finales de instalación (entregables).
- Relación de los trabajos del Subcontratista con otros procesos y su impacto global en el proyecto.

Documentos que debe entregar el Subcontratista (actualizados según lo observado en campo y lo discutido en la reunión):

- Procedimiento detallado de operación.
- Planos y/o especificaciones definitivos – los detalles que estaban indefinidos o que son nuevos e implican modificaciones al proyecto o la cotización, deben estar resueltos y actualizados.

Se recomienda que se lleve a cabo esta primera reunión con todos los responsables de los trabajos subcontratados (estandarizarla y sistematizarla), porque permite esclarecer gran cantidad de detalles que no podría ser anticipados de otra manera debido a la naturaleza variable de la construcción. Es especialmente importante, y se incluirá como una restricción en el Análisis de Restricciones del Proceso Lookahead, para aquellos subcontratos de especial complejidad o de gran magnitud de incidencia en el proyecto.

La “especial complejidad” será definida básicamente por dos factores:

- 1) Las lecciones aprendidas: hay que estar atento a ellas para identificar aquellos trabajos que suelen generar mayor cantidad de problemas y pérdidas debido a falta de coordinación con los demás responsables.
- 2) La falta de experiencia: determinar si se trata de un trabajo que la empresa nunca antes ha contratado, o uno que no es común en el medio (Por ejemplo: instalación de aisladores sísmicos). Vale la pena hacer un esfuerzo de coordinación adicional para disminuir la posibilidad de la ocurrencia de problemas durante la ejecución.

Lo revisado y discutido en esta primera reunión debería permitir:

Al Subcontratista:

- Observar y conocer los detalles de los trabajos sobre los cuales deberá trabajar y que afectarán su participación en el proyecto.
- Observar las condiciones de la obra y detectar restricciones (tanto de responsabilidad propia como del Contratista General u otro subcontratista), para encaminar su solución a tiempo y no tener que modificar la programación.
- Entender mejor la relación que su producción tiene con el avance y los objetivos globales del proyecto.

- Conocer exactamente cómo se espera que se entregue su trabajo en campo.
- Hacer precisiones sobre cómo quiere que el proceso anterior le entregue el trabajo.
- Hacer una primera coordinación con los encargados de procesos cercanamente relacionados al suyo.

Al Contratista General:

- Determinar todos los procesos o especialidades que se relacionarán con el Subcontratista en cuestión.
- Determinar si existe necesidad de llevar a cabo una reunión especial del equipo de producción para solucionar temas en base a la nueva información.
- Identificar todas las restricciones adicionales observadas por el subcontratista en campo, con anticipación a la fecha de inicio programada para sus trabajos.
- Aclarar dudas sobre detalles y especificaciones para hacer una última verificación de constructabilidad y compatibilidad del diseño.
- Hacer las coordinaciones respectivas con los demás responsables del proyecto, en base a información afinada.

Un paso siguiente en la estandarización de esta reunión sería identificar los puntos más importantes de esclarecer para cada tipo de actividad subcontratada, y generar un formato de apoyo para cada una. Luego, se usaría el formato durante la reunión para recoger todos los datos, sin dejar detalles importantes de lado. La identificación de estos puntos se hará en base a las Lecciones Aprendidas. En ellas, debe quedar registrado dónde es que cada tipo de subcontratista suele fallar o tener problemas durante la ejecución.

Por ejemplo, si se trata del subcontrato de muebles para cocinas, es especialmente importante que el encargado revise la posición real de las salidas eléctricas, de agua y desagüe, y de gas, así como las dimensiones de los equipos (cocina, horno, lavaplatos, etc.) que realmente se usará, si es que están definidos. Si no se hace esto, y simplemente se hacen las coordinaciones en cuanto a fechas de producción y entrega, se corre un alto riesgo de pasar por alto algún cambio que no se registró o comunicó adecuadamente al equipo del proyecto durante la construcción del casco. El resultado será la producción de un lote de muebles que no funcionan como deberían, obligando a realizar modificaciones, sea en las instalaciones o en los mismos muebles.

B. Reunión semanal del equipo de producción:

La reunión del equipo de producción servirá para negociar, entre todas las especialidades, el diseño de la planificación detallada. Se usará como base o guía la programación de niveles superiores propuesta por el Contratista General (Cronograma General y Cronogramas de Fases).

La dinámica de la reunión será la siguiente:

1. El encargado de obra (Contratista General) publicará los incumplimientos de la planificación de la semana en curso, para usar la técnica de los cinco porqués con el equipo y llegar a la causa raíz del incumplimiento. Se discutirá soluciones para solucionar los problemas y no repetir los errores.
2. El encargado de obra publicará la planificación semanal para la siguiente semana, según su proceso de Lookahead. El formato de la publicación debe permitir modificaciones. Al final de la reunión, la publicación modificada será el Plan Semanal revisado y definitivo. Puede usarse simplemente una hoja impresa sobre la cual se escribe a mano, o un papelógrafo si la cantidad de tareas a coordinar es mayor y lo exige.
3. Cada especialista o subcontratista expondrá brevemente al resto del equipo, de preferencia con ayudas visuales (planos, croquis, tablas), el estado de su avance y su producción esperada para la siguiente semana. Esto servirá para actualizar el alcance global de la obra de todos los participantes, y para que se hagan más evidentes las interdependencias entre actividades.
4. En base a lo expuesto, el equipo identificará las interferencias potenciales y señalará posibles mejoras al plan.
5. Se negociará, entre los responsables involucrados en las interferencias, la manera de superarlas para no dejar de cumplir con el avance esperado. La negociación será sobre aspectos tales como: uso de recursos compartidos de la obra (espacio, equipos), secuencia de ejecución más conveniente, apoyo entre especialidades, y otros. Lo acordado será publicado en el Plan Semanal como una modificación, para registrar los compromisos hechos.

6. Si es factible, se reprogramará según las mejoras propuestas para favorecer el desarrollo del proyecto. La factibilidad de hacerlo se evaluará en base a las nuevas restricciones suscitadas por el cambio propuesto.

El valor agregado que genera el reunir a los responsables de cada empresa Subcontratista para que negocien personalmente la programación es reforzar el compromiso que estos tienen con la obra. Esto se debe a que cada uno se ofrece a cumplir para que el resto del equipo pueda avanzar, poniendo en juego su reputación (Silvon et al., 2010).

La ausencia de este tipo de coordinación suele abrir la puerta a las siguientes fuentes de problemas:

- 1) El Contratista General diseñará una programación detallada, en base a su experiencia y la información (limitada) sobre los Subcontratistas que tiene en su poder, e intentará imponerla a las cuadrillas de trabajo. Surgirán interferencias debido a las suposiciones hechas para armar la planificación. Se tenderá a trabajar de manera reactiva ante los problemas.
- 2) El Contratista General coordinará con cada Subcontratista y cada especialista por separado. Luego, debe invertir una gran cantidad de tiempo y esfuerzo en hacer un buen trabajo de gestión de la información para que todos los datos lleguen a los interesados adecuados, en el momento justo. Esto es complicado de manejar y de todas formas suelen perderse detalles importantes.

Para que los Subcontratistas y especialistas estén dispuestos a participar de las reuniones y todo el esfuerzo de coordinación y comunicación que esta parte del sistema implica, será necesario incentivarlos resaltando los potenciales beneficios:

- Amplio frente de trabajo liberado – debe estar acompañado de un sistema efectivo de pago de valorizaciones.
- Producción ininterrumpida gracias a la generación de planificación factible.
- Especificaciones y directivas claras – reducida necesidad de consultas.
- Reducida necesidad de hacer suposiciones sobre el trabajo de los demás responsables.
- Clara delimitación de responsabilidades.
- Reducida cantidad de observaciones y trabajos rechazados, gracias a la coordinación de la calidad de los entregables entre especialistas.

Con el tiempo, todo el equipo de producción debería sentir que la reunión semanal es necesaria porque permite concentrar las coordinaciones. Al tener a todos los responsables juntos, las soluciones de planificación y de los problemas pueden ser abordados multidisciplinariamente en el momento. Esto permite hacer la mayor parte del trabajo necesario para optimizar y cuidar el flujo de trabajo en un solo momento, en lugar de tener que estar coordinando contra el tiempo durante la semana de ejecución.

Dado que cada proyecto es único y distinto del resto, teniendo información completa y de calidad, quienes conocen bien su trabajo pueden adecuarse para dar la solución más conveniente para el caso. De esta manera, se espera resolver muchos de los problemas (incompatibilidades, interferencias potenciales, errores en los proyectos, problemas de constructabilidad) en un momento previo al inicio de los trabajos, para que luego se pueda producir de manera óptima.

IX. LECCIONES APRENDIDAS (Aplicación de Five Why's Technique para implementar la mejora continua):

A. Con el equipo de producción del proyecto:

Se llevará a cabo en las reuniones semanales de obra con el equipo de producción para descubrir las causas detrás de los incumplimientos de la planificación. Se hará de la siguiente forma:

1. El encargado de obra, quien es en este caso encargado de organizar la reunión, expondrá el problema y preguntará al equipo por qué sucedió.
2. El encargado de obra repreguntará sobre la(s) respuesta(s) recibida(s) a la primera pregunta para ir ahondando en el problema. Se debe tener dos consideraciones importantes:
 - a. Exigir evidencia (sustento) cuando se reciba una respuesta aparentemente insatisfactoria.
 - b. Es importante tratar de seguir todos los caminos que se abren con las distintas respuestas, siempre que hayan sido razonablemente sustentadas, para llegar a todas las causas.

3. Se continuará repreguntando hasta llegar a respuestas que resalten fallas a nivel de los procedimientos. Debe buscarse llegar a los procedimientos tanto de la obra, como de las empresas involucradas en el equipo.
4. Finalmente, se propondrá cambios que pueden hacerse a nivel operativo para que no se repitan los problemas. Se registrará los compromisos hechos por los responsables para ayudar a que las mejoras se materialicen, a través de la presión social del equipo.

B. Para mejorar la organización interna de la empresa Contratista General:

La técnica se usará para hallar las causas de los problemas y orientar el proceso de mejora continua de los procedimientos de la empresa Contratista General. Para esto, será necesario organizar reuniones periódicas que incluyan a representantes de todas las áreas de la empresa:

- Gerencia
 - Administración
 - Oficina técnica
 - Personal de obra
- 1) Los problemas identificados por cada área serán expuestos por sus respectivos representantes.
 - 2) Idealmente, el Gerente General será el encargado de la reunión. Hará las preguntas para llegar al fondo de los asuntos, con la ayuda de los demás presentes.
 - 3) Una vez identificada una causa a nivel de procedimientos, se discutirá una solución y se modificará el procedimiento escrito.
 - 4) Se implementarán las modificaciones, entrando estas en un período de prueba, para revisar sus resultados antes de que sean definitivas.

Dado que la técnica de los cinco porqués funciona para estudiar los problemas identificados, será crucial guiarse por el procedimiento propuesto por la Teoría de Restricciones, Five Steps of Focusing (Goldratt, 1999), para asegurar que se escoja los problemas correctos:

- 1) Tal como se hizo para identificar los problemas que este sistema debía atacar, escoger aquellos que generan las restricciones que limitan de manera más importante el desempeño de la empresa. De seguro se podrá encontrar muchos problemas, pero es

crucial poder ordenarlos en orden de prioridad para empezar a solucionar aquellos que tendrán un impacto mayor.

- 2) Decidir cómo optimizar el desempeño del proceso que tiene el problema.
- 3) Orientar todos los procesos que no son limitantes para apoyar al que está generando la mayor limitación.
- 4) Elevar la restricción. Es decir, optimizarla y darle apoyo con los demás procesos, hasta que deje de ser una restricción.
- 5) Cuando se “rompa” una restricción, volver al primer paso para atacar otra.

Luego, en las reuniones de la empresa para idear las soluciones a los problemas, será útil seguir el otro método propuesto por la Teoría de Restricciones: Evaporating Clouds. Esto consiste en empezar por verbalizar todo lo que solemos asumir o dar por sentado, para lograr una mejor comunicación dentro del equipo de trabajo, y eliminar fuentes de confusión que de lo contrario permanecerían ocultas. Con esto, se consigue una mejor definición de los problemas, lo cual es importante para empezar a darles solución. Una vez despejado el panorama, se usa la intuición natural para crear soluciones que no comprometan un beneficio por un perjuicio. Finalmente, y es muy importante, se debe idear una forma de implementar la solución. Para hacerlo, y poder superar la resistencia natural del resto del equipo, se usa el enfoque Socrático, el cual se basa en inducir a la persona correcta a tener la idea que queremos.

Para que todo lo anterior sea posible, es fundamental tener procedimientos claros como referencia. Los procedimientos de la empresa se crearán según este esquema básico:

- 1) Definir los objetivos globales de la empresa.
- 2) Definir las necesidades que haya que satisfacer para que la empresa pueda alcanzar sus objetivos globales.
- 3) Definir las áreas u organismos de la empresa, delimitando sus propósitos, y por ende sus responsabilidades, para satisfacer las necesidades identificadas en el punto anterior. Poner énfasis en evitar redundancias y potenciales fuentes de conflictos de responsabilidades.
- 4) Diseñar los procedimientos que cada área u organismo debe seguir para enfrentar sus responsabilidades y cumplir con su propósito, y difundirlos asegurando que su aplicación sea estandarizada a nivel de la empresa.

Luego, para llevar a cabo el proceso de mejora continua:

- 5) Implementar un procedimiento de implementación de mejora continua. Este también habrá sido diseñado en el paso anterior.
- 6) Durante la operación, aplicar el procedimiento de mejora continua para identificar y registrar los problemas de cada área. Estos serán básicamente las desviaciones con respecto a los resultados esperados.
- 7) Cada área identificará y registrará las dificultades que experimenta para cumplir con sus responsabilidades. Esto se hará según el procedimiento de retroalimentación de los usuarios de los procedimientos estandarizados de la empresa, el cual es de vital importancia para mantener la utilidad y la vigencia de los procedimientos.
- 8) Durante las reuniones internas, se ahondará en los problemas y las dificultades de las áreas, usando la técnica de los cinco porqués.
- 9) Se propondrá mejoras a nivel de procedimientos que apunten a eliminar las causas identificadas.
- 10) Se analizará las mejoras propuestas en función al propósito de cada área, y, más importantemente, en función al objetivo global de la empresa.

Como señala La Teoría de Restricciones (Goldratt, 1999): “Lo que queremos implementar es un Proceso de Mejora Continua, donde el cambio no es una excepción, sino la norma. Donde el cambio es constante, debemos ser mucho más metódicos en nuestro enfoque hacia el proceso de mejora en sí, de lo contrario será sólo cuestión de tiempo hasta que nos demos por vencidos y la organización vuelva a estancarse.”²⁸

Es por lo anterior que es importante partir de procedimientos estandarizados y manejar herramientas específicas (técnica de cinco porqués) para conducir el proceso de mejora continua. Los procesos estandarizados documentados permiten modificaciones puntuales que pueden ponerse a prueba. Si una prueba no resultara, se puede regresar y repetir el proceso de manera sistemática, contando siempre con una referencia para no tener que hacer suposiciones sobre lo observado.

²⁸ Cita traducida. Texto original en inglés.

5.3 Conclusiones y recomendaciones:

Las conclusiones del diagnóstico de problemas en la etapa de construcción de acabados y equipamiento son las causas raíz de los problemas recurrentes hallados en las obras visitadas:

1. Falta de implementación de un procedimiento que permita a todos los miembros del equipo de proyecto comunicarse de manera eficiente y eficaz.
2. Falta de conocimiento de las operaciones de los Subcontratistas y Proveedores, por parte del Contratista General, y contratación de especialistas en base a la oferta más baja.
3. Falta de adecuación, por parte de Contratistas Generales, al importante incremento de complejidad de los proyectos y los materiales.
4. Falta de planificación y control.
5. Gerencia de empresas Contratistas Generales desasociada de las operaciones de la obra.
6. Falta de énfasis en la mejora continua por parte de las empresas constructoras.
7. Conceptos desactualizados de los inversionistas o clientes.
8. Deficiencias en el diseño de la planificación.
9. Falta de herramientas de apoyo para control de calidad de la producción.
10. Falta de detalle en la planificación.
11. Falta de capacidad de trabajo de los equipos de obra.
12. Forma rápida o explosiva en que se ha desarrollado la industria de la construcción en el Perú, a causa del “boom”.

Adicionalmente, a partir del estudio realizado y del desarrollo de la guía de implementación, se pueden hacer las siguientes recomendaciones con respecto a cómo se maneja el proceso de mejora continua en las empresas constructoras:

En primer lugar, reconocer el valor de una supervisión externa: si bien es cierto que muchas veces la relación entre constructor y supervisor se vuelve antagónica y parece dificultar la tarea del constructor, en teoría el trabajo de una buena supervisión debería beneficiar no sólo al cliente sino también al constructor. Debería beneficiar a este último porque se encargaría de señalar los errores en sus procedimientos y procesos, para que estos puedan corregirse. Por lo tanto, si un constructor aprende de una buena experiencia de supervisión, sus siguientes obras deberían funcionar mejor, y debería llevarse cada vez mejor con las supervisiones en general.

En segundo lugar, aumentar los esfuerzos por retroalimentarse de las experiencias de los usuarios internos de los procedimientos: si no se hace, significa oportunidades de mejora desperdiciadas. Para no dejar de sacarle provecho a esto, se recomienda trabajar usando la guía propuesta, evaluar los resultados mediante la retroalimentación de los usuarios, y contar con la supervisión y asesoría de un supervisor externo.

La retroalimentación de los usuarios debería servir para:

- Identificar fallas en los procedimientos del sistema.
- Identificar fuentes de dificultad para implementar los procedimientos.
- Identificar los problemas solucionados por el sistema.
- Identificar los problemas creados por el sistema.
- Cuantificar los cambios en carga de trabajo y carga emocional del equipo producidos por la implementación del sistema.

Luego, se recomienda que se tenga a un supervisor externo monitoreando el funcionamiento de las operaciones bajo el sistema indicado en la guía. De esa forma se sabrá si el producto está consiguiendo satisfacer al cliente y se asegura que las operaciones sean de calidad realmente competitiva a nivel del mercado. Además, contar con un consultor externo ayudaría aún más. Este debería ser alguien que entienda la lógica detrás de la concepción del sistema, pero que no trabaje directamente para el proyecto al cual se está aplicando, para que ningún tipo de interés comprometa su objetividad.

El consultor externo debería evaluar los siguientes aspectos:

- Grado en que cada miembro del equipo que participa del sistema comprende los objetivos de sus funciones.
- Grado en que los procedimientos propuestos por el sistema ayudan o dificultan la ejecución del trabajo que permite alcanzar los objetivos.
- Efecto en carga de trabajo y carga emocional del usuario.

Entonces, se recomienda que la retroalimentación de los usuarios sea la fuente primaria de información para mejorar el sistema de manera continua, pero que también se usen las conclusiones obtenidas por el consultor externo para confirmar o descartar dicha información. Además, el análisis externo debería permitir también conseguir nuevas propuestas de mejora

que los miembros del equipo que trabaja dentro del sistema no conseguirían idear debido a que su percepción es distinta porque viene desde dentro del sistema.

Por otro lado, queda pendiente la tarea de terminar de definir los parámetros o criterios de calidad para el uso correcto del sistema propuesto. En la descripción del sistema se detalla cada parte del mismo, y la secuencia lógica de su aplicación. También se explica cómo usar los formatos y herramientas, pero falta detallar las características que deben tener algunos de los entregables o productos. Se recomienda poner el sistema en práctica para completar esto. El proceso de aplicarlo, o hacerlo pasar por un ciclo de mejora continua, debería ser la forma más eficiente de identificar sus carencias para corregirlas y mejorar el sistema.

Finalmente, para complementar y aclarar las ideas expuestas en este trabajo, se recomienda que se diagnostiquen, encuesten o investiguen los siguientes temas:

1. Grado de éxito de los proyectos de construcción con respecto a:

- Plazo
- Precio
- Calidad

Y según las expectativas iniciales de:

- Propietario o inversionistas
- Constructor
- Cliente final

2. ¿Cómo reaccionan las empresas ante desviaciones de sus expectativas – éxitos o pérdidas – a nivel de proyecto?:

- ¿Qué analizan?
- ¿Aplican cambios?
- ¿Repiten sus errores?

3. Cuantificación de diferencias en los resultados obtenidos por empresas constructoras y gestoras de la construcción que aplican procedimientos estandarizados en comparación con empresas que no lo hacen.

BIBLIOGRAFÍA

Ballard, Glenn

2000 "The Last Planner System of Production Control"

CAÑA, Cristhian

2012 "Metodología de Integración de Subcontratos a un Sistema de Gestión Basado en la Aplicación de Lean Construction: Aplicación y Mejoras Propuestas". *Portal de Ingeniería*. Lima, 2013.www.portaldeingenieria.com

TOMMELEIN, Iris D. y BALLARD, Glenn

1998 "Coordinating Specialists". *Lean Construction Institute*. Enero 2013.www.leanconstruction.org

BALLARD, Glenn y HOWELL, Gregory

1998 "Shielding Production: An Essential Step in Production Control". *Journal of Construction Engineering and Management*. Enero/Febrero 1998, Vol 124, No. 1, pp. 11-17

BALLARD, Glenn

1999 "Improving Work Flow Reliability". *Lean Construction Institute*. Enero 2013.www.leanconstruction.org

SEPPÄNEN, Olli; BALLARD, Glenn y PESONEN, Sakari

2010 "The combination of Last Planner System and Location-Based Management System". *Lean Construction Journal*. 2010, pp. 43-54.www.leanconstructionjournal.org

SILVON, Christine; HOWELL, Gregory; KOSKELA, Lauri y ROOKE, John

2010 "Social Construction: Understanding Construction in a Human Context". *Lean Construction Journal*. 2010, pp. 66-75.www.leanconstructionjournal.com

- HAMZEH, Farook; BALLARD, Glenn; TOMMELEIN, Iris
2012 "Rethinking Lookahead Planning to Optimize Construction Workflow". Lean Construction Journal. 2012 pp. 15-34
www.leanconstructionjournal.org
- SIMONSSON, Peter; BJÖRNFOT, Andres; ERIKSHAMMAR, Jarkko y OLOFSSON, Thomas
2012 "Learning to See' the Effects of Improved Workflow in Civil Engineering Projects". Lean Construction Journal. 2012, pp. 35-48
www.leanconstructionjournal.org
- MATTHEWS, Owen y HOWELL, Gregory
2005 "Integrated Project Delivery An Example Of Relational Contracting". Lean Construction Journal. Abril de 2005, vol 2 #1
www.leanconstructionjournal.org
- STRICKLAND, John
2010 "Competition and Collaboration are not mutually exclusive". Lean Construction Journal. 2010, pp. 76-85
www.leanconstructionjournal.org
- Goldratt, Eliyahu M.
Diciembre 1999 "Theory of Constraints"