

## Smart Construction®

7 Principios de planificación y control de proyectos de infraestructura.





4	Prefacio
5	Introducción
7	Framework de Smart Construction
8	Principios y Acciones de Smart Construction
8	• Fase de planificación
12	• Fase de evaluación
14	• Fase de diseño
18	• Fase de licitación
20	• Fase de construcción
22	Sobre el autor
23	Referencias



# PREFACIO

Los proyectos de infraestructura tienen la reputación de ser terminados con atrasos y con sobre costos importantes. Los mandantes han tratado de mejorar éstos resultados a través de la implementación de tecnologías de información como la modelación BIM y también con herramientas colaborativas de trabajo con las constructoras. Sin embargo, estas tendencias no han tenido un resultado contundente en cuanto a revertir la baja productividad y la incertidumbre de los proyectos. Lo anterior ha hecho más frecuente los conflictos contractuales entre los mandantes y contratistas tanto en el mercado internacional como en el chileno. La guía metodológica Smart Construction es una alternativa para romper con el status quo de la industria de la construcción a través de una estructura de planificación y control capaz de transformar el ciclo de vida de los proyectos en relación al cumplimiento de los plazos, los costos y de la calidad pero más importante aún en términos de la predictibilidad de los resultados. Hago un llamado tanto a los mandantes del sector público como del privado a ser parte de esta iniciativa y comenzar a aplicar la metodología Smart Construction en sus proyectos o portafolios para aumentar el valor de éstos. Adicionalmente quisiera agradecer a todos los colegas que he conocido a lo largo de mi carrera profesional y que han contribuido a los principios y acciones que aquí se presentan.

Mauricio Tapia A.  
Fundador de Logikplan

## INTRODUCCIÓN

Los proyectos de infraestructura han alcanzado un punto de tensión en el cual la efectividad de las metodologías tradicionales de gestión de proyectos ha sido puesta en duda.

Es sabido que los proyectos de infraestructura son más riesgosos por su complejidad e incertidumbre. Casos internacionales como la autopista Big Dig construida en Boston han reportado sobre costos del orden de un 220%. Así también atrasos en proyectos ferroviarios como Cross Rail en el Reino Unido pueden producir pérdidas del orden de 3.3 millones de dólares por cada día de desviación en su puesta en marcha. La evidencia indica que uno de cada mil megaproyectos termina cumpliendo exitosamente con el plazo, el presupuesto y entregando los beneficios esperados simultáneamente<sup>1</sup>.

Las causas más frecuentes enunciadas de por qué fracasan algunos proyectos y contratos son las siguientes<sup>2</sup> :

- Deficiente formulación del proyecto.
- Insuficiente o errada información básica.
- Los equipos de personas y su liderazgo.
- Definición incompleta o deficiente del proyecto.
- Estrategias de contratación inadecuadas.
- Pobre control de los riesgos durante su ejecución.

El panorama en Chile no es distinto al internacional y más aún la proyección no se ve favorable si se continúa haciendo más de lo mismo. Este escenario está generando una mayor frecuencia de situaciones de disputa entre los mandantes y las constructoras a nivel nacional. En este sentido los conflictos por causa del plazo de los proyectos se destaca como el factor más relevante en un reclamo o Claim, el cual después explica los incrementos de costos<sup>3</sup>. Estadísticas del año 2016 realizadas por el Centro de Arbitraje y Mediación (CAM) de la Cámara de Comercio de Santiago indican que el sector de Construcción y Obras de Ingeniería concentró el 19% de los arbitrajes, mientras que el Inmobiliario un 14%, sumando ambos un 33% del total<sup>4</sup>.

La metodológica Smart Construction ha sido desarrollada como una guía para hacer frente a estos desafíos de la industria de la ingeniería y construcción. El factor innovador de la metodología Smart Construction radica en que sus siete principios derivan de las lecciones aprendidas de 15 proyectos ejecutados en distintas industrias en conjunto con la aplicación de las mejores prácticas de gestión de proyectos a nivel global. Las prácticas consideradas son la guía metodológica del Project Management Institute y los principios de la visión Lean Construction.

Ambas prácticas de gestión normalmente han sido aplicadas de forma aislada por lo que la integración y compatibilización de ambas en estos siete principios ofrece una nueva forma de afrontar las dificultades y la incertidumbre de los proyectos de infraestructura.



Conceptualmente se ha apuntado a estructurar una metodología que tenga como objetivo principal mantener una velocidad y un flujo continuo de las actividades del proyecto además de priorizar la asignación correcta de las responsabilidades durante todas las fases del proyecto.

En Logikplan creemos firmemente que los mandantes y los contratistas pueden verse ambos beneficiados de la aplicación de los principios y acciones de esta metodología tanto para minimizar los riesgos de llegar a una controversia contractual como también para aumentar la predictibilidad de los plazos. Los siguientes siete principios componen esta guía metodológica:



**Principio 1:** Comprenda el alcance del proyecto.



**Principio 2:** Aumente el compromiso de la organización durante la fase de diseño.



**Principio 3:** Analice el proyecto como un sistema abierto



**Principio 4:** Ejecute la fase de diseño consistentemente con la fase de construcción



**Principio 5:** Controle el progreso y la calidad de la documentación técnica.



**Principio 6:** Defina las metas y transparente los riesgos del contrato.



**Principio 7:** Incorpore metodologías ágiles de gestión y control de la producción en el contrato.

# FRAMEWORK DE SMART CONSTRUCTION

La Tabla 1 representa la correspondencia entre los 7 principios de la metodología Smart Construction y las 14 acciones propuestas a implementar durante cada una de las fases del desarrollo de un proyecto de infraestructura.

TABLA 1: Framework de Smart Construction

Principios	Acciones				
	Fase de Planificación	Fase de Evaluación	Fase de Diseño	Fase de Licitación	Fase de Construcción
1 Comprenda el alcance del proyecto.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Defina y entienda los límites físicos y sistémicos del proyecto.</li> <li>- Planifique hitos estratégicos para cada una de las fases del proyecto.</li> </ul>				
2 Aumente el compromiso de la organización durante la fase de diseño.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Integre al equipo interno y a los revisores externos lo antes posible.</li> <li>- Involucre a la organización en la definición de los criterios de diseño.</li> </ul>				
3 Analice el proyecto como un sistema abierto		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Considere el contexto y el entorno del proyecto.</li> <li>- Asigne correctamente los riesgos y la incertidumbre del proyecto.</li> </ul>			
4 Ejecute la fase de diseño consistentemente con la fase de construcción.			<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alinee la ejecución de la arquitectura a los requerimientos del plan de construcción.</li> <li>- Desarrolle las especialidades de ingeniería considerando la lógica de puesta en marcha de los sistemas.</li> </ul>		
5 Controle el progreso y la calidad de la documentación técnica.			<ul style="list-style-type: none"> <li>- Verifique periódicamente el nivel de avance del diseño de detalle.</li> <li>- Verifique la consistencia de la documentación técnica respecto al alcance del contrato.</li> </ul>		
6 Defina las metas y transparente los riesgos del contrato				<ul style="list-style-type: none"> <li>- Defina metas específicas para el contrato a partir de los hitos del proyecto.</li> <li>- Transparente los riesgos del contrato y el know-how requerido.</li> </ul>	
7 Incorpore metodologías ágiles de gestión y control de la producción en el contrato					<ul style="list-style-type: none"> <li>- Solicite un sistema de planificación ágil de la producción.</li> <li>- Incorpore una metodología robusta de control del progreso básico.</li> </ul>



# PRINCIPIOS Y ACCIONES DE SMART CONSTRUCTION

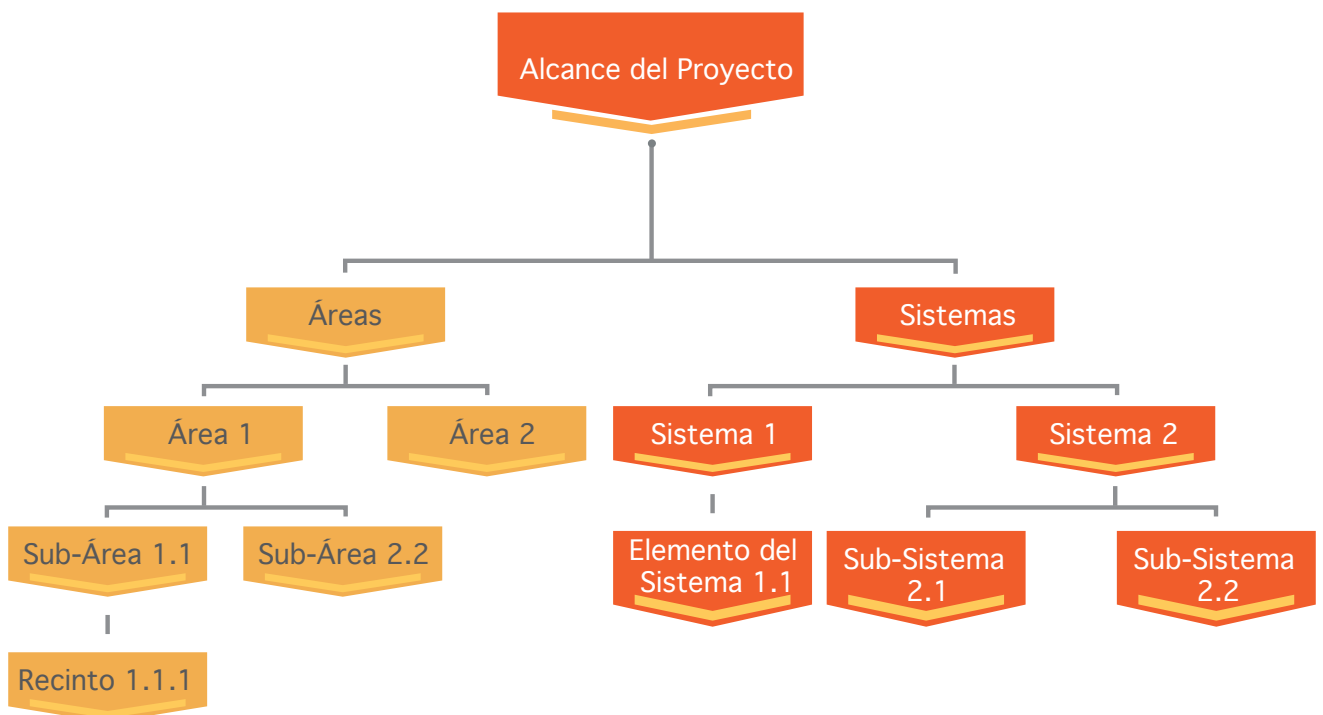
## FASE DE PLANIFICACIÓN

### Principio 1: Comprenda el alcance del proyecto

- Defina y entienda los límites físicos y sistémicos del proyecto

Este principio es sin duda alguna uno de los procesos claves para asegurar el éxito del proyecto y de los contratos asociados. Definir el alcance de un proyecto significa entender a cabalidad lo que se quiere construir y además el nivel de calidad requerido, el plazo disponible y el presupuesto destinado para lograrlo. También se debe identificar la forma de quebrar el proyecto para facilitar su posterior control. Parte de este análisis contempla detectar aquellos paquetes de trabajo que son indivisibles desde un punto de vista funcional. Por ejemplo existen sistemas que requieren una completitud para asegurar su funcionamiento y puesta en marcha. Para definir el alcance y el quiebre del alcance del proyecto es recomendable que el mandante aplique un criterio tanto por límite de superficie y adicionalmente mediante un análisis holístico de los sistemas de ingeniería involucrados (Ver Figura 1).

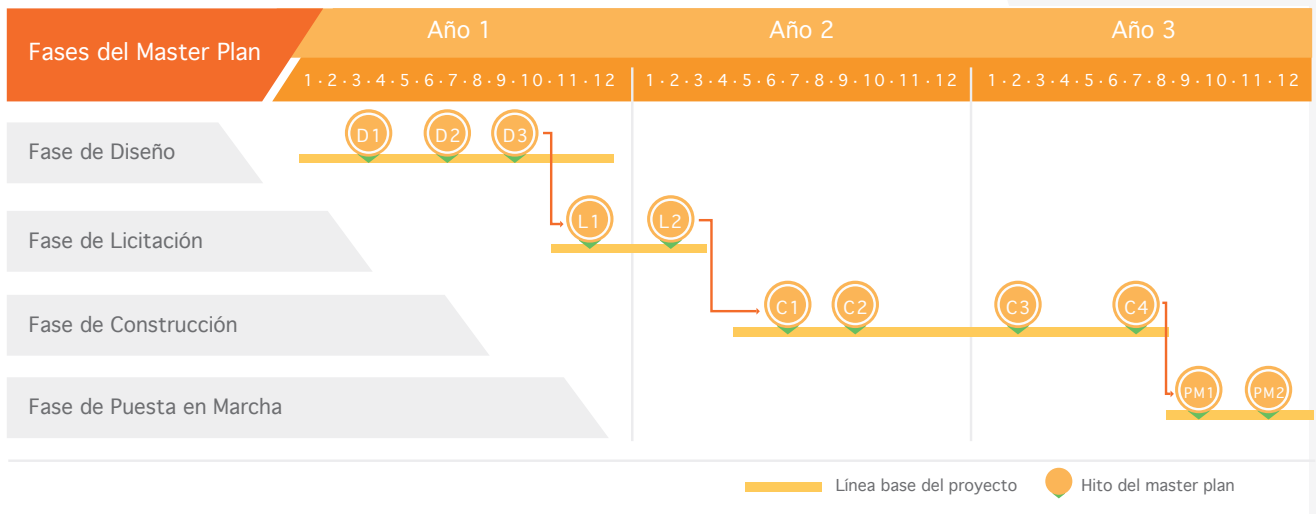
FIGURA 1: Quiebre del alcance del proyecto.



- Planifique hitos estratégicos para cada una de las fases del proyecto.

Con una comprensión adecuada del alcance del proyecto se debe estructurar el plan estratégico del proyecto. Aquí es fundamental lograr una visión transversal en la organización interna del mandante en cuanto a los objetivos de largo y mediano plazo, las metas y los plazos para lograrlas. Para llevar a cabo lo anterior se sugiere utilizar metodologías de planificación colaborativa para así lograr un entendimiento común de las expectativas y fomentar el alineamiento entre las partes en la fase de planificación del proyecto. Como resultado deben surgir los hitos estratégicos que representen la lógica deseada de las fases de diseño, licitación, construcción y puesta en marcha (Ver Figura 2). Este plan estratégico se convertirá en el “input” principal para definir la línea base de todos los contratos.

FIGURA 2: Planificación por fases e hitos.



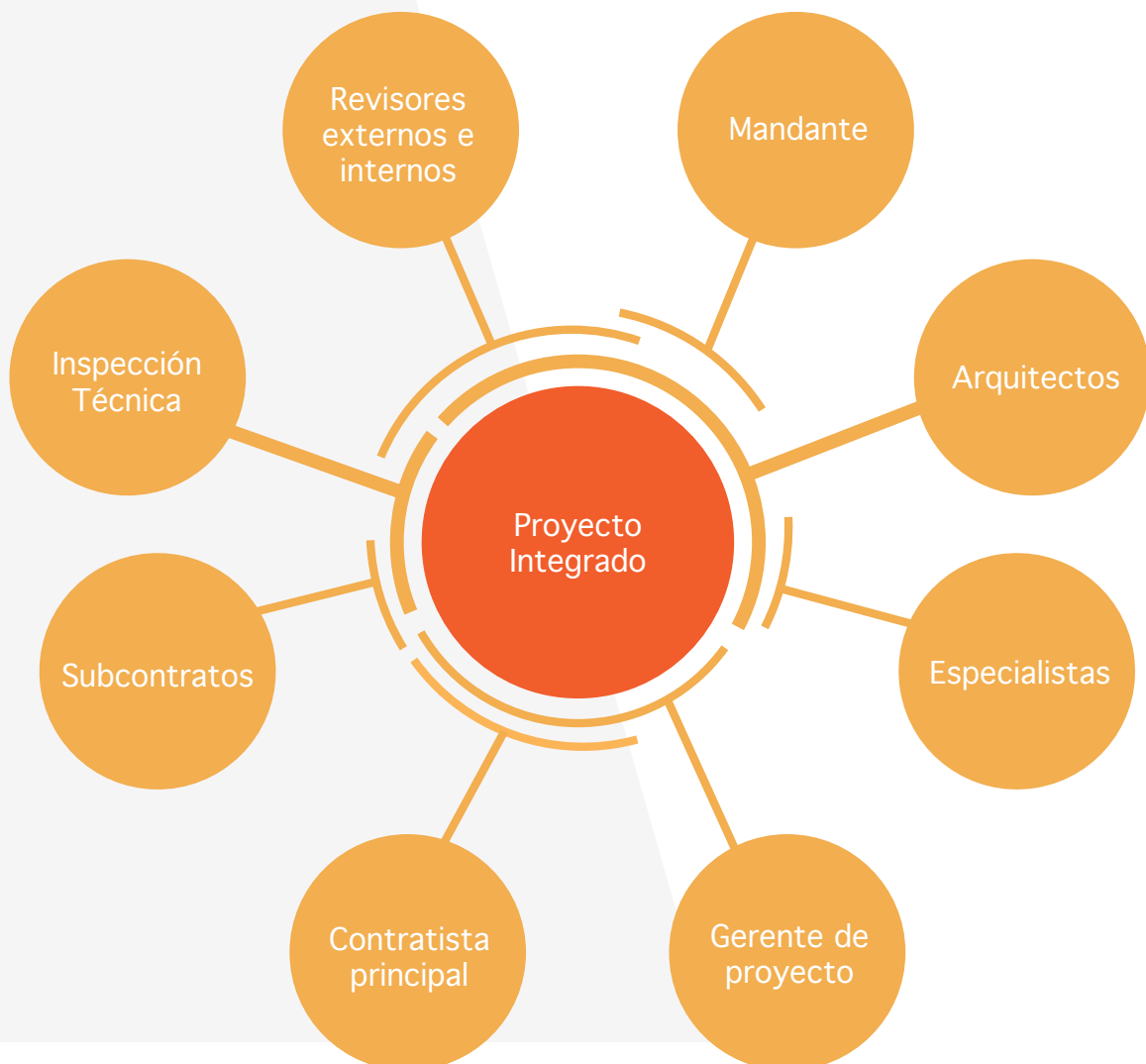


## Principio 2: Aumente el compromiso de la organización durante la fase de diseño.

- Integre al equipo interno y a los revisores externos lo antes posible.

Uno de los principales riesgos durante la fase de construcción son los constantes cambios a los cuales se ve sometido el diseño. Para minimizar este escenario caótico el mandante debe buscar aquellas personas de la organización y fuera de ésta que son capaces de agregar valor al diseño en etapas tempranas (Ver Figura 3). De esta forma se logra incorporar la visión funcional al diseño así como los estándares propios de la operación de cada mandante. Los revisores externos por su parte cumplen un rol relevante en visualizar las implicancias del marco regulatorio sobre el proyecto y también en la detección temprana de las restricciones impuestas al diseño por las diversas normativas vigentes. Lo ideal es que estas restricciones normalmente sean detectadas y abordadas durante la definición de los criterios de diseño previo a la fase de diseño de detalle.

FIGURA 3: Integración del equipo de proyecto.



- **Involucre a la organización en la definición de los criterios de diseño.**

Para delinear los requerimientos técnico-funcionales del proyecto y luego efectuar un control de calidad sobre los entregables de la fase de diseño el mandante debe involucrarse activamente en la definición de los criterios de diseño de todas las disciplinas involucradas. Los criterios de diseño deben ser un reflejo de los grandes acuerdos a nivel organizacional respecto a las expectativas del proyecto. Estos criterios deben ser traspasados a los diseñadores para que sean incorporados en el desarrollo de las soluciones y de la documentación técnica (Ver Figura 4). Una correcta definición de los criterios de diseño es una forma eficiente para asegurar que los entregables de la fase de diseño de detalle estén alineados con las expectativas y las condiciones de operación específicas de cada proyecto evitando así cambios sustanciales al diseño en la fase de construcción.

FIGURA 4: Pasos de la fase de diseño.



## FASE DE EVALUACIÓN

Principio 3: Analice el proyecto como un sistema abierto.

- Considere el contexto y el entorno del proyecto.

Los proyectos de infraestructura, por su envergadura, normalmente están estrechamente relacionados con su entorno. Por tal razón es conveniente visualizar estos proyectos como “sistemas abiertos” en el sentido de considerar su interacción e interdependencia con el contexto del proyecto. Lo anterior incluye las condiciones medio ambientales, sociales, económicas, físicas, institucionales y también políticas (Ver Figura 5). En este sentido el mandante debe reconocer que considerar el contexto del proyecto es un factor relevante para el éxito del proceso de toma de decisión durante la fase de evaluación. Esto porque mientras antes se considere el contexto como un “input” del proyecto es mayor la información disponible de los riesgos y de la complejidad. Con esta información adicional se va disminuyendo la incertidumbre del proyecto y por lo tanto de la aprobación transversal del mismo. Adicionalmente los riesgos detectados deben ser claramente identificados por el mandante para así incluir los planes de mitigación necesarios como una parte más del alcance y por lo tanto del costo del proyecto.

FIGURA 5: Dimensiones y factores de evaluación multi-criterio<sup>5</sup>.



- **Asigne correctamente los riesgos y la incertidumbre del proyecto.**

Reconocer aquellos riesgos que no son transferibles a los contratistas es fundamental para evitar contratos extremadamente complejos que conlleven a desacuerdos de difícil resolución entre las partes durante la fase de licitación y/o construcción. El mandante debe ser capaz de diferenciar entre los riesgos de largo plazo y los riesgos de corto plazo así también como riesgos constructivos y operacionales antes de definir la estrategia de contratación (Ver Figura 6). Luego la asignación de estos riesgos del proyecto debe considerar quién de los participantes del proyecto está mejor situado para controlarlo. Mientras menos razonable sea la asignación de los riesgos del proyecto en los contratos, mayor es la incertidumbre respecto a que se produzcan controversias importantes durante la fase de construcción que conlleven a un arbitraje.

FIGURA 6: Clases y tipos de riesgos en un proyecto.



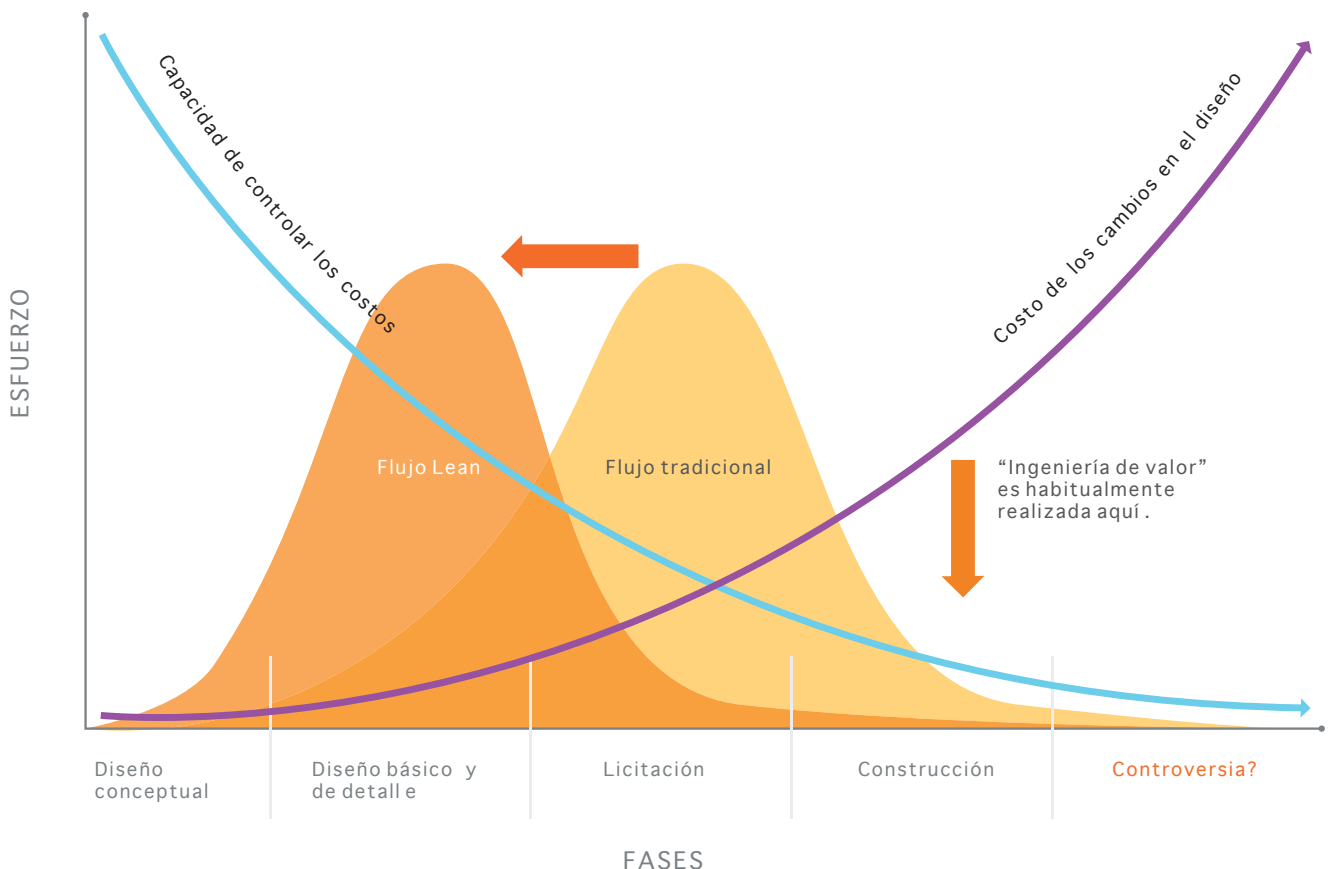
## FASE DE DISEÑO

Principio 4: Ejecute la fase de diseño consistentemente con la fase de construcción.

- Alinee la ejecución de la arquitectura a los requerimientos del plan de construcción.

El mandante debe asegurarse que la producción del diseño arquitectónico y estructural este en sintonía con la secuencia de construcción. Lo anterior implica que el mandante deberá “tirar” la secuencia de producción de los entregables del diseño en base al plan de hitos de construcción del proyecto. De esta forma se evita el uso innecesario de recursos limitados del mandante y de los diseñadores en revisar y aprobar información que no se requiere en una cierta ventana de tiempo. Esto en la perspectiva de la gestión Lean Thinking es conocido como PULL PLANNING. Es decir “tirar” el diseño a partir de los requerimientos de construcción y no empujar la construcción como una consecuencia de la elaboración del diseño (Ver Figura 7). Este principio de producción favorece la eficiencia del proceso constructivo disminuyendo las pérdidas por tiempos de espera por falta de un diseño apto para construcción.

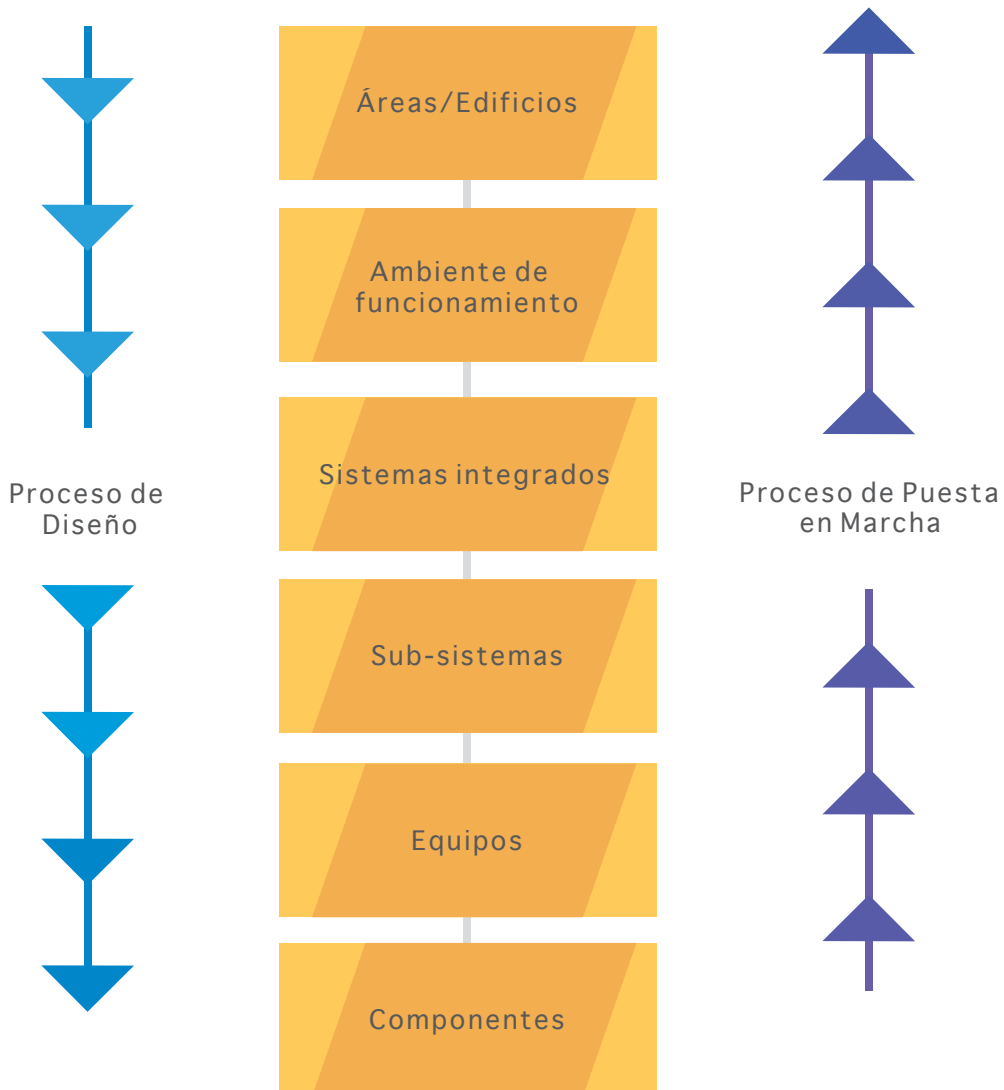
FIGURA 7: Flujo de diseño Lean versus tradicional<sup>6</sup>.



- Desarrolle las especialidades de ingeniería considerando la lógica de puesta en marcha de los sistemas.

En proyectos de infraestructura las especialidades de ingeniería tienen un rol predominante en términos de la cantidad de sistemas concurrentes y de la relación entre ellos para lograr que el proyecto funcione en la fase de puesta en marcha de acuerdo a los criterios de diseño definidos en la fase de planificación. Contar entonces con un diseño pensado para facilitar la puesta en marcha del sistema eléctrico, mecánico, etc., es crítico para aumentar la probabilidad del cumplimiento de los objetivos estratégicos de la entrega al usuario final. Esta visión de “System Thinking” implica asegurarse que cada especialidad funciona por si sola y también que todas funcionan en forma conjunta para lograr los objetivos del proyecto como un todo en cuanto al inicio de la operación (Ver Figura 8).

FIGURA 8: Lógica de diseño de sistemas versus puesta en marcha.







## Principio 5: Controle el progreso y la calidad de la documentación técnica.

- Verifique periódicamente el nivel de avance del diseño de detalle.

La decisión del tipo de contrato a utilizar está estrictamente ligada al nivel de desarrollo del diseño con el cual se cuenta. Lo anterior dado que la principal restricción para el proceso constructivo es la disponibilidad del diseño de detalle. Es un error asumir que es el contratista quien debe resolver los problemas graves o inconsistencias del diseño en un contrato de construcción a menos que sea transparentada tal responsabilidad. En el caso que sea estrictamente necesario iniciar la fase de construcción sin un diseño acabado, eso implicará un tiempo adicional de esperas que tendrá un costo asociado para el mandante tarde o temprano. En este sentido el mandante debe considerar que el plazo es uno de los factores más relevantes a considerar en un reclamo contractual. Para asegurar un nivel de diseño que disminuya el riesgo del contrato es clave contar con un proceso de control del avance de los entregables durante la fase de diseño (Ver Figura 9).

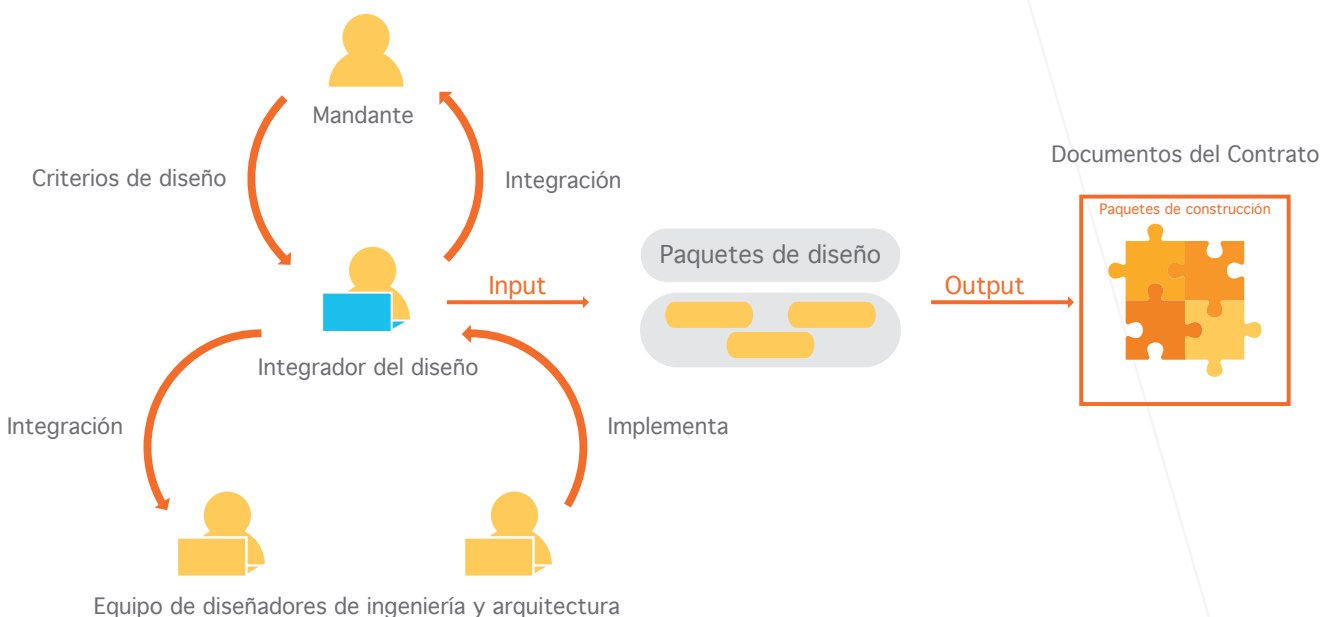
FIGURA 9: Relación entre pasos del diseño y avance físico.



- Verifique la consistencia de la documentación técnica respecto al alcance del contrato.

El alcance del contrato debe ser representado fielmente en los documentos técnicos para evitar interpretaciones y posteriores conflictos a la hora de diferenciar la tipología de los cambios del contrato respecto al alcance original. Mientras mayor es la facilidad de interpretación de los límites físicos y sistémicos a licitar menor es el riesgo de contingencias por disputas de alcance del contrato. En este sentido es un riesgo pretender que la constructora comprenda los límites de su responsabilidad si no está claramente especificado en los documentos técnicos. En licitaciones por etapas o por “paquetes de licitación” es fundamental generar documentación técnica específica para cada sub-alcance. Esta información surge desde el diseño general del proyecto pero incluye las indicaciones gráficas y escritas que acotan el alcance específico de cada paquete de licitación (Ver Figura 10).

FIGURA 10: Flujo de desarrollo de paquetes de diseño y documentos del contrato<sup>7</sup>.



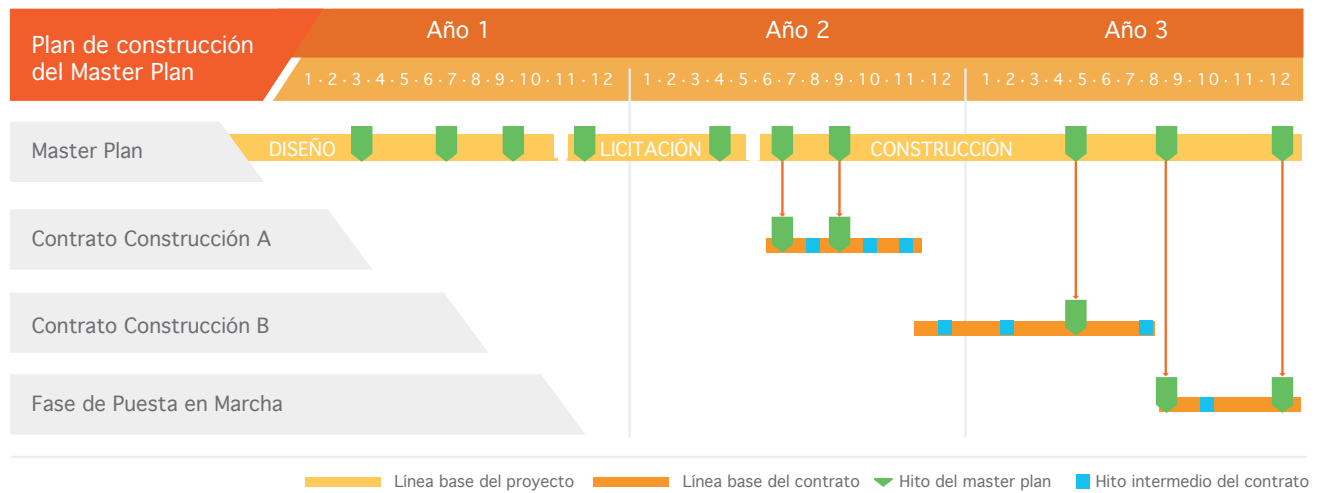
## FASE DE LICITACIÓN

Principio 6: Defina las metas y transparente los riesgos del contrato.

- Defina metas específicas del contrato a partir de los hitos del proyecto.

Para lograr un contrato con una secuencia constructiva acorde a las expectativas del plan maestro del proyecto es aconsejable no externalizar en la constructora el 100% de la estrategia de construcción. Para ello es necesario realizar con el equipo interno del mandante un estudio de la lógica de ejecución del proyecto para establecer los hitos intermedios del contrato de forma consistente con el plan de hitos del proyecto (Ver Figura 11). La secuencia constructiva de las actividades entre tales hitos intermedios es el valor agregado de la constructora en el sentido de establecer una secuencia de ejecución que permita factibilizar y materializar el plan estratégico. La cantidad de hitos intermedios a definir dependerá de la duración del contrato y de su alcance.

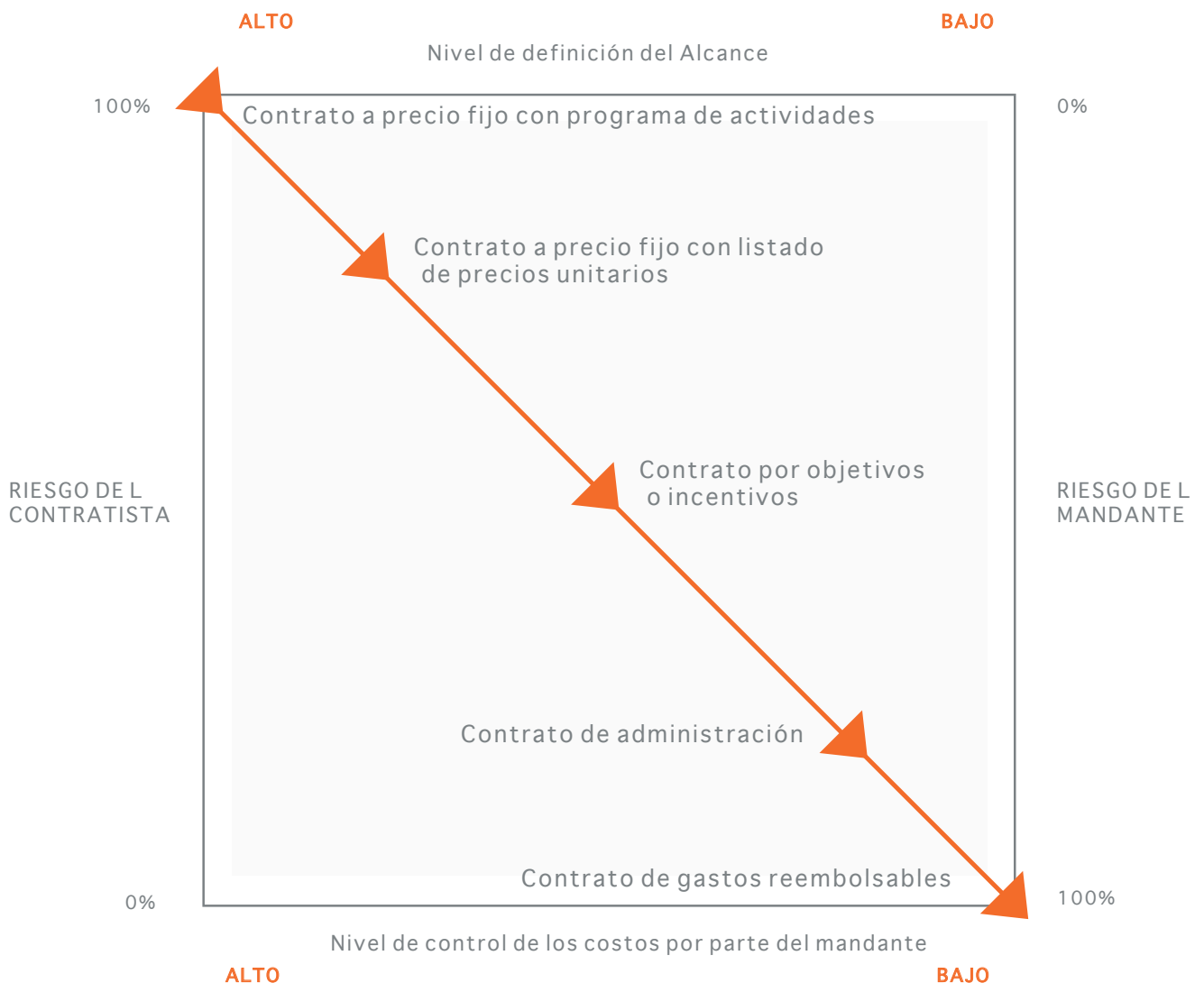
FIGURA 11: Relación entre la planificación del proyecto y los hitos contractuales.



- Transparente los riesgos del contrato y el know-how requerido.

Un proceso constructivo con interrupciones tiene consecuencias en los plazos y en los costos. La temporalidad de los trabajos tiene una relación directa con la eficiencia del proceso constructivo por lo que es conveniente estructurar uno o varios contratos en caso que se adviertan problemas para garantizar la continuidad del proceso constructivo en el mediano o largo plazo (Ver Figura 12). A su vez se deben considerar aquellas cláusulas en el contrato o en las bases técnicas que reflejen y transparenten el traspaso de los riesgos operacionales y externos que hayan sido identificados durante la fase de evaluación y que pudiesen llevar a aumentos de plazos y costos en el contrato. El objetivo es que el contrato sea adaptable y que sea valorizable de acuerdo a las singularidades del proyecto. Finalmente la selección de la empresa contratista debe estar acorde al know-how requerido y a la capacidad técnico-económica para hacer frente a los riesgos transferidos.

FIGURA 12: Tipos de contratos versus distribución de riesgos<sup>8</sup>.



## FASE DE CONSTRUCCIÓN

Principio 7: Incorpore metodologías ágiles de gestión y de control de la producción en el contrato.

- Solicite un sistema de planificación ágil de la producción.

Incorporar nuevas tendencias ágiles de planificación en los contratos permite mantener un foco en reducir los tiempos muertos y agregar mayor valor. Además se potencia la coordinación entre la inspección técnica, la constructora, los subcontratos y el mandante al mantener un flujo continuo de información. Consecuentemente se reduce la incertidumbre del proceso constructivo como un todo ya que se disminuyen los tiempos de espera entre las actividades productivas. Los sistemas ágiles de planificación adicionalmente permiten mantener una coherencia entre el plan maestro (nivel estratégico), la secuencia constructiva (nivel táctico) y las actividades semanales (nivel operacional) con lo cual se aumenta la probabilidad para el mandante del cumplir con sus objetivos estratégicos (Ver Figura 13). Con la implementación de este proceso el mandante se asegura que se lleva a cabo una gestión de riesgos que incorpora el análisis constante de la Carta Gantt del contrato.

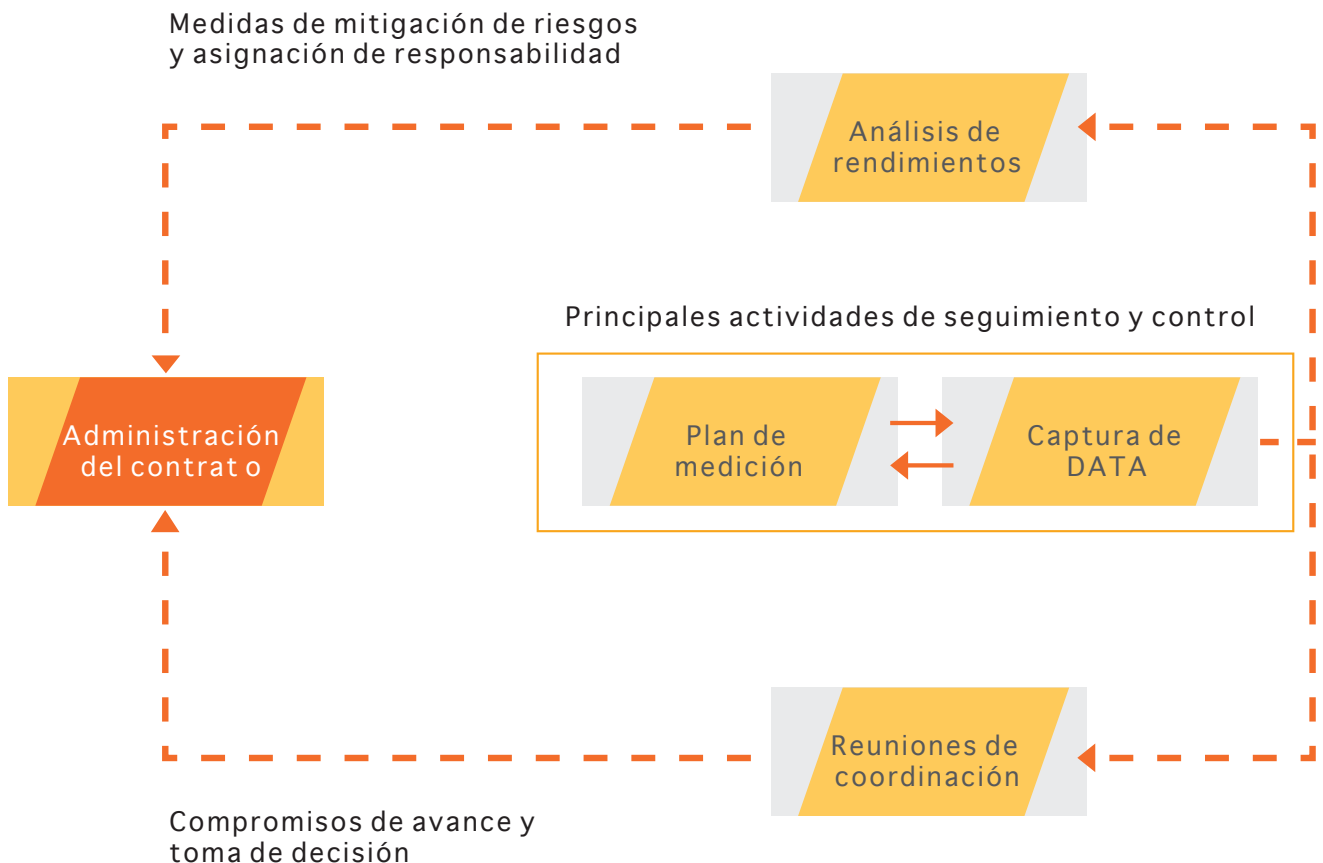
FIGURA 13: Metodología de planificación ágil<sup>9</sup>.



- **Incorpore una metodología robusta de control del progreso físico.**

Establecer una metodología de monitoreo y control de avance físico del contrato permite verificar que se está agregando valor sistemáticamente al proyecto (Ver Figura 14). A partir de la recolección de la data y posterior análisis en reuniones de avance de obra es posible tomar decisiones adecuadas y oportunas que mantengan el desempeño del contrato lo más cercano posible a lo planificado. A su vez la agregación de la data le entrega al mandante la información para determinar el desempeño real del contrato y solicitar formalmente las medidas de mitigación respectivas. El conocimiento del avance físico permite además visualizar si los subcontratos a nivel operacional están alineados con las decisiones tomadas a nivel táctico por el contrato principal. De la misma forma la transparencia del avance fomenta a que el contratista comunique oportunamente al mandante cuando el cronograma requiere ajustes evitando controversias por aumentos de plazo en el cierre del contrato. Adicionalmente el progreso físico es el principal “input” de información para proyectar de forma robusta el cumplimiento o retraso de los hitos estratégicos del plan maestro.

FIGURA 14: Metodología de control del progreso físico.



## SOBRE EL AUTOR



Mauricio Tapia  
mtapia@logikplan.cl

Mauricio es fundador de Logikplan®, consultora especializada en servicios de planificación y control de proyecto de infraestructura tanto del sector público como privado.

## REFERENCIAS

1. <https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1409/1409.0003.pdf>
2. <http://cec.ec/inversionInstitutedelIngenierosdeChile.pdf>
3. [http://www.construccionminera.cl/wpcontent/uploads/2013/08ConstruccionMinera\\_3.pdf](http://www.construccionminera.cl/wpcontent/uploads/2013/08ConstruccionMinera_3.pdf)
4. <http://impresa.elmercurio.com/Pages/NewsDetail.aspx?dt=2017-01-11&dtB=21-03-2017%200:00:00&Paginald=12&bodyid=2>
5. <http://www.omegacentre.bartlett.ucl.ac.uk/wpcontent/uploads/2014/10/OMEGA-3-Draft-chapter-for-RAMP-handbook.pdf>
6. [https://info.aia.org/SiteObjects/files/IPD\\_Guide\\_2007.pdf](https://info.aia.org/SiteObjects/files/IPD_Guide_2007.pdf)
7. [http://sebokwiki.org/w/downloads/SEBoKv1.3\\_full.pdf](http://sebokwiki.org/w/downloads/SEBoKv1.3_full.pdf)
8. <http://www.logikalprojects.com/dev/wp-content/uploads/2016/03/Presentation-Programing-Aspects-of-NEC3-Contracts.pdf>
9. <http://etheses.bham.ac.uk/4789/1/Ballard00PhD.pdf>







LOGIK PLAN®