

# HERRAMIENTAS PARA LA GESTIÓN DEL DISEÑO EN PROYECTOS DE EDIFICACIÓN

Pablo Orihuela<sup>1</sup>, Jorge Orihuela<sup>2</sup>, Karem Ulloa<sup>3</sup>

## INTRODUCCIÓN

La filosofía Lean se viene promoviendo y aplicando cada vez más en los proyectos de construcción, sin embargo su aplicación está bastante extendida en la etapa de Construcción, no tanto así en la etapa de Diseño.

El proceso de diseño tiene algunas características diferentes al proceso constructivo, numerosas investigaciones al respecto tales como las realizadas por Koskela (2000), Ballard (2000), Bølviken et al. (2010) y Tommelein (2010), llegan a diversas conclusiones, algunas de ellas son: La variabilidad no es deseada en la construcción, en cambio en el diseño si, porque es un medio para añadir valor; el diseño tiene más incertidumbre; durante el proceso de diseño los requisitos cambian a menudo; el diseño es una tarea siempre expandible ya que siempre puede haber una mejor solución.

Los diseños se están volviendo más complejos y cada vez se requieren de mayores consideraciones y cuidados, se exige mayores condiciones de seguridad para los usuarios, se exigen menores impactos contra el medio ambiente, se exige evitar la utilización de recursos no renovables, se exige el ahorro de energía, etc., todo esto implica una mayor participación de especialistas y por ende un mayor tiempo en su desarrollo. Contrariamente, el proceso constructivo cada vez incorpora mayor tecnología y esta hace posible la disminución de sus plazos de ejecución. Bajo esta situación en algunos proyectos el tiempo de desarrollo del diseño ya es prácticamente igual a su plazo de construcción.

El presente resumen del artículo presentado en el 19avo Congreso Internacional del Lean Construction (disponible en [www.motiva.com.pe](http://www.motiva.com.pe)), presenta unas herramientas dentro de un sistema integrado de gestión creada por la empresa MOTIVA S.A y desarrolla las fases de Definición del Proyecto, Diseño Lean y Control de Producción concerniente a la Gestión del Diseño; fases que son propuestas por el Lean Project Delivery System (LPDS™) con la finalidad de mejorar la eficiencia de los diseños tanto en calidad, costo y tiempo. Este sistema cuenta con un soporte informático en línea, ensamblado dentro de la Intranet de la empresa MOTIVA S.A.

## LA DEFINICIÓN DEL PROYECTO

La fase de Definición del Proyecto consiste en tres módulos cuyos objetivos son determinar las Necesidades y Valores de los involucrados, traducirlas en Criterios de Diseño, y convertirlos en Conceptos de Diseño (Ballard 2000).

### Los Involucrados

Al desarrollar un proyecto se encuentran muchos involucrados, como por ejemplo, los inversionistas, promotores o desarrolladores, quienes hacen posible la realización y el financiamiento del proyecto. Del otro lado están los usuarios finales quienes son la razón de ser del proyecto y son los que van a hacer uso del producto.

También cuentan como involucrados las entidades gubernamentales o privadas, que dictaminan los reglamentos y normas, y finalmente está el equipo de diseño,

### El Equipo de Diseño

Este equipo multidisciplinario tiene la responsabilidad de capturar las necesidades y valores de los actores principales, los cuales conjuntamente con las normativas y las condiciones de sitio, les

---

<sup>1</sup> Profesor principal, PUCP, Ing. Civil M.D.I., Motiva S.A., , [porihuela@motiva.com.pe](mailto:porihuela@motiva.com.pe)

<sup>2</sup> Profesor TPA, PUCP, Arq. Proyectista, Motiva S.A., [jorihuela@motiva.com.pe](mailto:jorihuela@motiva.com.pe)

<sup>3</sup> Ing. Civil, Coordinadora de Proyectos, Motiva S.A., [kulloa@motiva.com.pe](mailto:kulloa@motiva.com.pe)

servirán de base para proponer conceptos de diseño. El mejor concepto de diseño servirá de base para desarrollar un diseño Lean.

### La selección del Equipo de Diseño

Para elegir el equipo de diseño, además de considerar sus tarifas profesionales es muy importante considerar también algunos criterios cualitativos (Tabla 1). A continuación se propone la aplicación de una evaluación multicriterio (Orihuela y Ulloa 2009).

Tabla 1: Selección del Equipo de Diseño

Especialidad	Nombres	Tasa de Costo Profesional	PONDERACIÓN DE CRITERIOS CUALITATIVOS (1 a 5)						Puntaje Total	Selección
			Conocimiento	Experiencia	Disponibilidad	Imagen	Flexibilidad	Tiempo de Ent		
			4	5	3	1	2	5		
Desempeño										
Ingeniero Estructural	Jhon Stevens	\$ 1.6	2	2	3	1	3	4	54	
	Paul Solano	\$ 1.6	5	4	2	3	2	3	68	✓
	Kenji Tanaka	\$ 1.4	3	2	1	4	2	2	43	

### La comunicación del equipo multidisciplinario

Un equipo de diseño es mucho más complejo que un equipo de producción, hay mayor cantidad de profesionales de distintas disciplinas, la relación es menos jerárquica y más horizontal, la interacción del equipo es del tipo intra-cluster (Hamzeh et al. 2009). Generalmente, los profesionales no pertenecen a una misma empresa y cada profesional trabaja en su propia oficina, cada uno maneja sus propios tiempos, y lo que los une en forma temporal e intermitente es el proyecto.

La Tabla 2, presenta una herramienta, consistente en un Cuaderno de Diseño en Línea (análogo al cuaderno de obra), la cual permite concentrar todas las comunicaciones de los proyectistas, su implantación es mucho más eficiente que el uso de los correos electrónicos.

Tabla 2: Cuaderno de Diseño en línea

Item	De	Para	Fecha	Asunto	Descripción	Archivo	Respuesta
4	Arq. Ramirez	Ing. Lazo	04/04/2010	Proyecto Arquitectónico	Adjunto el proyecto de arquitectura, por favor revisar las secciones de		<input type="checkbox"/>
3	Arq. Salas	Ing. Gómez	15/02/2010	Rediseño	Adjunto un nuevo diseño de escalera, al estructural por favor recalcular		<input checked="" type="checkbox"/>
2	Ing. Gómez	Todos	25/01/2010	Reunión del grupo de arquitectura	Se requiere definición del tipo de ladrillos y de losas de techo, adjunto información.		
1	Arq. Ramirez	Todos	12/01/2010	Reunión con el propietario	Habrà una reunión con el propietario para definir los acabados.		

### LOS TRES MÓDULOS DE LA DEFINICIÓN DEL PROYECTO

Son muy frecuentes las pérdidas y los re-procesos debido a que las necesidades y valores ya sea de los propietarios del proyecto (inversionistas) o de los usuarios finales, no están totalmente

claras; o porque existen restricciones como normas, reglamentos o condiciones de sitio, que no se conocen a su debido tiempo o que fueron asumidas erróneamente.

Por estas razones una buena Definición del Proyecto conduce a un Diseño Lean (ver figura 1).

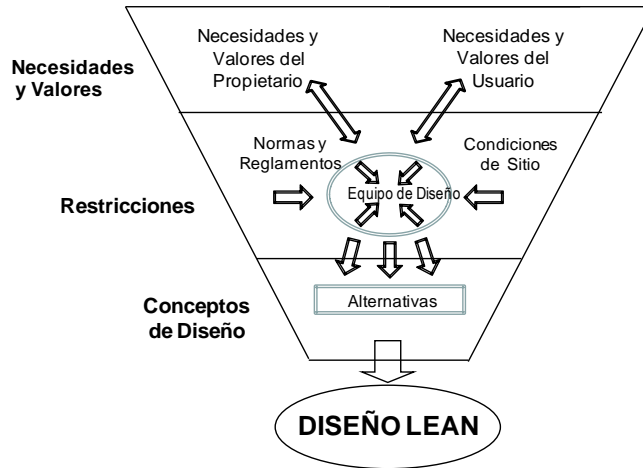


Figura 1: Fase de Definición del Proyecto (fuente propia)

### Necesidades y Valores de los Inversionistas

Los inversionistas, promotores o desarrolladores denominados “*clientes Developer*” (Ballard 2008), buscan una rentabilidad financiera, lo cual implica conocer los fondos máximos y mínimos que estarían dispuesto a invertir, así como los rendimientos mínimos aceptables sobre sus capitales. Para formalizar estas necesidades se propone una matriz ponderada (Tabla 3).

Tabla 3: Propósitos de los Inversionistas

	Necesidades y Valores	Indicador	Métrica	Ponderación 1 a 5
INVERSIONISTA	Rentabilidad	Fondos	US \$ 2'000,000	5
		Plazo de inversión	18 mounth	
		Tasa de Rentabilidad Mí	24%	
		Utilidad Mínima	15000000%	
		Nivel de Riesgo	Tolerable	
		Margen Mínimo	15%	
	Imagen	Posicionamiento	N	3
		Responsabilidad Social	S	
		Reputación	S	

### Necesidades y Valores de los Usuarios Finales

Al igual que para los inversionistas, en la tabla 4 se propone una matriz para identificar y ponderar las necesidades de los clientes o usuarios finales.

Tabla 4: Propósitos del usuario final

	NECESIDAD	INDICADOR	METRICA	PONDERACIÓN 1 a 5
<b>USUARIO FINAL (Comprador de la Vivienda)</b>	Precio	Precio de compra	US \$ 90,000	4
		Financiamiento	40-60%	
	Confort	Zona	Tranquila	5
		Vista	Hacia el exterior	
		Iluminación	Buena	
		Ventilación	Buena	
		Aislamiento acústico	Mediano	
		Baños/cocinas acabados	Mediano	
		Area	65 a 80 m2	
	Estética	Nº de dormitorios	3	3
		Estética exterior	Exterior de ladrillo	
		Estética interior	Enchapado/empapelado	
	Seguridad	Baños/cocinas acabados	Estandar	4
		Diseño estructural	Verificable	
		Material	Marcas de garantía	
	Garantía	Proceso constructivo	Controles de calidad	3
		Soporte	Todo el tiempo	
Servicio de post-venta		Rápido		

### Restricciones de parte de los Reglamentos y Normas

Nuestra Intranet de Gestión dispone de un listado actualizado de todas las disposiciones legales y reglamentos nacionales, por cada entidad municipal, disponible para todo el equipo de diseño.. Esta opción tan sencilla elimina las pérdidas de tiempo que muchas veces toma la recopilación de información a los diferentes miembros de equipo de diseño y otras veces el re-trabajo por alguna actualización normativa que no se conocía.

### Restricciones de parte de las Condiciones de Sitio

Los diseños también deben ajustarse a las condiciones del sitio donde se ubica el proyecto, entre ellas están por ejemplo, el perfil urbano, la acústica del lugar, la topografía, el levantamiento de elementos inamovibles (árboles, postes, buzones); los linderos reales, la factibilidad de los servicios, la información sobre los vecinos, el suelo de cimentación, etc. Nuestro Sistema de Gestión cuenta con un check list para el levantamiento de esta información y con un repositorio para su almacenamiento, de esta manera queda disponible en línea para todo el equipo de diseño.

### Los Conceptos de Diseño

Un Diseño Lean requiere contar con diferentes alternativas. Para elegir la mejor opción, se propone una herramienta compuesta por una matriz (Ver Tabla 5), con la cual se puede evaluar el grado de alineación de los propósitos que alcanza cada uno de los Conceptos de Diseño.

Tabla 5: Matriz de Alineación de Propósitos

	Necesidades y Valores	VALOR DE PONDERACIÓN (1 a 5)	DESEMPEÑO DE LOS CONCEPTOS DE DISEÑO (1 a 5)		
			Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa N
<b>DUEÑO</b>	Rentabilidad	5	2	5	3
	Imagen	3	5	3	4
	<b>GRADO DE ALINEAMIENTO</b>		<b>25</b>	<b>34</b>	<b>27</b>
<b>USUARIOS</b>	Precio	4	5	2	3
	Confort	5	5	2	4
	Estética	3	4	5	3
	Seguridad	4	5	5	5
	Garantía	3	4	4	4
	<b>GRADO DE ALINEAMIENTO</b>		<b>89</b>	<b>65</b>	<b>73</b>

## **EL DISEÑO LEAN**

Una vez que se han decidido las mejores alternativas entre los conceptos de diseño, recién podemos iniciar un Diseño Lean, que consiste en desarrollar el diseño del producto y el diseño del proceso, los cuales finalmente deben alinearse con lo establecido en la fase de Definición del Proyecto (Ballard y Zabelle 2000).

### **El diseño del Proceso y del Producto**

Si bien estos dos conceptos ya tienen que haberse considerado en forma incipiente en la generación de los conceptos de diseño, es durante la fase del Diseño Lean cuando toman su mayor importancia. El conocimiento de los procedimientos que implicará la construcción de una determinada solución de diseño, concepto conocido como "Constructabilidad", es de suma importancia en esta fase. Para desarrollar un Diseño Lean es necesario que todo el equipo de diseño conozca sus tareas, sea consciente de sus responsabilidades y estén continuamente comunicados para evitar hacer avances aislados que originen iteraciones negativas que generan pérdidas de tiempo, costo y calidad.

### **La Estructuración de las Tareas de Diseño**

En la etapa de construcción las tareas (partidas de obra) están bien definidas, cada una de ellas tiene unos recursos definidos, unos rendimientos estándares, una cantidad de insumos y una secuencia bastante clara. En base a esta información se hace la programación maestra de la obra y luego se ejerce el control mediante el Last Planner™.

En cambio en la etapa de diseño, las tareas no están muy definidas y los tiempos requeridos no son muy fáciles de estimar; por esta razón generalmente los procesos de programación y control son muy informales o simplemente no se hacen, para ello hemos desarrollado unos procesos que identifican, secuencian y asignan responsabilidades formalmente.

Adicionalmente hemos creído conveniente clasificar estas tareas de diseño en tres: Tareas Internas Operativas, Tareas Internas Creativas y Tareas Externas, esta clasificación nos permitirá hacer una mejor estimación de tiempos, un control y seguimiento más justo y efectivo.

### **La Matriz de Responsabilidades**

Una manera visualmente amigable de hacer la asignación de responsabilidades, es mediante una matriz como la propuesta por Tzortzopoulos y Formoso (1999), en donde se visualizan las tareas de diseño, los integrantes del equipo de diseño y su tipo de asignación.

### **La Definición Temprana de materiales y componentes**

Es frecuente que muchos de los materiales y componentes a usarse para construir el proyecto se definan recién en la etapa de obra, sin embargo su temprana elección evitará pérdidas y re-procesos.

Nuestro sistema de gestión contempla unas listas de chequeo de aquellos materiales y componentes que afectan al cálculo y al diseño y un catálogo en línea con información sobre alternativas de materiales y componentes disponibles en nuestro mercado.

## **CONCLUSIONES**

El presente trabajo presenta parte del sistema integrado que ha sido desarrollado por la empresa Motiva S.A. para su propia gestión de proyectos de edificación, en este artículo se desarrolla las fases de Definición del Proyecto y de Diseño Lean según el Lean Project Delivery System.

Proporciona unas matrices ponderadas para la identificación de las necesidades y valores de los Inversionistas y los Usuarios, y propone una matriz de alineación de propósitos

Respecto al equipo de diseño, se propone una selección de los integrantes mediante una evaluación multicriterio. Para mejorar la comunicación del equipo se propone un cuaderno de

diseño en línea, y para mejorar los compromisos se presenta una matriz de responsabilidades con asignación de tareas.

Se propone también una clasificación de las tareas de diseño en: Tareas Internas Creativas, Tareas Internas Operativas y Tareas Externas.

Para el diseño del proceso se propone un check list que nos ayuda a realizar una asignación temprana de materiales y componentes que afectan directamente a las decisiones de diseño.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- Ballard, G. (2000). "Lean Project Delivery System". White Paper # 8, Lean Construction Institute, September 23, 2000, 7 pp.
- Ballard, G y Zabelle, T. (2000). "Lean Design: Process, Tools and Techniques". White Paper # 10, Lean Construction Institute, October 20, 2000, 15 pp.
- Ballard, G. (2008). "The Lean Project Delivery System: An Update". *Lean Construction Journal*, pp. 1-19.
- Bølviken, T., Gullbrekken, B. y Nyseth, K. (2010). "Collaborative Design Management". *Proceedings of the 18 th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, IGLC 18, 14 - 16 July, Haifa, Israel, pp. 103- 112.
- Crosby, P.B. (1979), *Quality is Free: The Art of Making Quality Certain*, New American Library, New York.
- Hamzeh, F., Ballard, G. y Tommelien, I. (2009). "Is The Last Planner System Applicable to Design? A Case Study". *Proceedings of the 17 th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, IGLC 17, 13 -19 July, Taipei, Taiwan, pp. 165-176.
- Koskela, L. (2000). "An Exploration towards a Production Theory and its Application to Construction". PhD Dissertation, VTT Building Technology, Espoo, Finland. 296 pp., VTT Publications: 408, ISBN 951-38-5565-1; 951-38-5566-X.
- Orihuela, P. y Ulloa, K. (2009). "Metodología para Promover la Ingeniería Basada en Múltiples Alternativas". *Anales del 3er Encuentro Latinoamericano de Economía y Gestión en la Construcción*, ELAGEC III, 9-11 Septiembre, Bogotá, Colombia, pp. 295-307.
- Tilley, P. (2005). "Lean Design Management – A New Paradigm for Managing the Design and Documentation Process to Improve Quality?". *Proceedings of the 13 th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, IGLC 13, 18-20 July, Sydney, Australia, pp. 283-295.
- Tzortzopoulos, P. y Formoso, C. (1999). "Consideration on Application of Lean Construction Principles to Design Management". *Proceedings of the 7th Annual Conference of the International Group of Lean Construction*, IGLC 7, 26-28 July, Berkley, California, USA, pp. 335-344.