

TOOLS FOR DESIGN MANAGEMENT IN BUILDING PROJECTS

Pablo Orihuela¹, Jorge Orihuela², Karem Ulloa³

ABSTRACT

Lean Construction philosophy is increasingly being used by construction companies to improve their production; however, in this industry, such applications are most frequently in the construction phase than in the design phase.

The purpose of this paper is to propose the necessary and customised tools for applying Lean concepts to the building project design management.

As a guide, this paper uses the steps recommended in the Project Definition and Lean Design phases, based on the Lean Project Delivery System™. It adapts each module application and selects some tools regarded as the most appropriated.

These tools have been gradually implemented in the authors' office – same that design and execute building projects - with encouraging results. Application of such simple tools has helped us to eliminate wastes and prevent redesign.

Good design management improves building project productivity and quality in other phases of the project; thus it benefits design and construction companies, as well as consumers who purchase these products. However, we consider that one of the biggest challenges is to align designers with these principles and commit these professionals to apply them.

KEY WORDS

Design management, lean project delivery system, project definition, lean design

INTRODUCTION

The Lean philosophy is being promoted and applied more often to construction projects; although, at least in our country, it is more widely applied to the construction phase than to the design phase.

The 1/10/100 rule proposed by Crosby (1979) is completely applicable to construction projects. A change or improvement in the Project Definition phase can have an impact as 1; however, in the Design phase this impact may be extended up to 10, in the Construction phase up to 100, and even in the Usage phase, it may reach 1,000 (Tilley 2005).

The current paper presents some tools for developing the Project Definition and Lean Design phases proposed by the Lean Project Delivery System. Such tools are

¹ M.D.I., Senior Lecturer, Pontificia Universidad Católica del Perú, General Manager, Motiva S.A., Lima, Peru, Phone: 0051/4224932, porihuela@motiva.com.pe

² Lecturer, Pontificia Universidad Católica del Perú, Architect, Motiva S.A., Lima, Peru, Phone: 0051/4224932, jorihuela@motiva.com.pe

³ Civil Engineer, Project Coordinator, Motiva S.A., Lima, Peru, Phone: 0051/4224932, kulloa@motiva.com.pe

presented with the aim of improving design efficiency of building projects regarding cost, quality and time.

PROJECT DEFINITION

The Project Definition phase consists of three modules with the following objectives: to determine Needs and Values, to translate them into Design Criteria, and turn them into Design Concepts (Ballard 2000).

Ballard and Zabelle (2000) rename the first module of Needs and Values and call it "Purposes". Later, Ballard (2006 and 2008) renames the second module of Design Criteria and calls it "Constraints", keeping the name of the third module as Design Concepts.

Before discussing these three modules, it is important to clarify some aspects concerning the stakeholders and the design team.

THE STAKEHOLDERS

A building project is conceived from a group of needs, which initially may seem contrasting, but after some time of analysis and adjustments, these must complement each other in a balanced way, generating benefits for all the involved parties.

The stakeholders are defined "as being those who can influence the activities and final results of the project, whose lives or environment are positively or negatively affected by the project, and who can receive direct and indirect benefit from it." (Takim, 2009).

Among these stakeholders, there are owners, promoters or developers, for instance, who make possible the performance and financing of the project. On the other hand, there are final users who are the reason for the project and who are going to enjoy the product, directly (families in case of housing projects) or indirectly (owners in case of resale or renting).

Governmental or private entities are also considered as stakeholders. They pronounce rules and regulations; and regulate licenses and authorizations. Finally, the design team, headed by the Project Manager, who is in charge of satisfying the needs and values, respecting the constraints and delivering a design that minimises losses for owners, promoters or developers; and generates value for the customer.

THE DESIGN TEAM

The Design team is composed of designers, main suppliers, and the project manager. This multidisciplinary team is responsible for the development of the project and the capture of needs and values of the main acting parties, as well as their materialization into constraints which together with the regulating requirements and site conditions, will serve as basis to propose design concepts.

Selection of the Design Team

The selection of the Design Team is generally performed by the project manager, the project owner and the architect, who is generally the first member of the team and is also the project manager especially in small projects.

Besides the professional fee rates demanded by every designer, it is much more important to select the design team considering some qualitative criteria to which we could apply a multi-criteria evaluation (Orihuela and Ulloa 2009).

Table 1 shows a matrix for selection of the design team taking in consideration qualitative criteria.

Table 1: Matrix for selection of the Design Team

Speciality	Names	Professional Fee Rate	QUALITATIVE CRITERIA WEIGHTING (1 to 5)							Total score	Selection
			Knowledge	Experience	Availability	Image	Flexibility	Delivery time			
			4	5	3	1	2	5			
			Performance								
Structural Engineering	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		

Communication of the Design Team





In the design team, there are professionals from different fields; the relationship is less hierarchical and more horizontal. The team has mainly intracluster interaction (Hamzeh et al. 2009). In most cases, professionals do not work for the same company. Each professional works in his own office, managing his own schedule. They have sporadic meetings because of the project. Therefore, we could say that a design team is much more complex than a production team.

All this involves greater communication to minimise negative interactions, Bølviken (2010) proposes a tool called Dialogue Matrix; however, this is applicable when the group members of the design team, work together in the same place.

Table 2 shows a On Line Logbook Design, which allows for registration and concentration of all communications among the design team members; each team member has got the authority to communicate with everyone, to address to another team member, to attach any other file, or to ask for a requirement or consultation, in which case there is a check box waiting for an answer.

Table 2: On Line Logbook Design

Viewing Items: 1 to 4 (25 total)

Item	From	To	Date	Subject	Description	File	RFI
4	Arch. Ramirez	Eng. Lazo	04/04/2010	Arquitectural Project	I'm attaching the architectural project. Please, verify the section beams.		<input type="checkbox"/>
3	Arch. Salas	Eng. Gomez	15/02/2010	Stairs redesign	I'm attaching a new stair design. The structural group has to present a redesing		<input checked="" type="checkbox"/>
2	Eng. Gomez	All	25/01/2010	Meeting with the architectural group	There was a meeting to define the type of brick walls and slab. I'm attaching a document with the definitions		
1	Arch. Ramirez	All	12/01/2010	Meeting with the owner	There was a meeting with the owner to define the type of finishes		

THE THREE MODULES OF PROJECT DEFINITION

The analysis of purposes (needs and values), both of owners and final users are very important for a good project definition (Figure 1).

Waste of time is frequent because the needs and values or other constraints are not clear enough, are not available, or are wrongly assumed. One unmet demand for the owner, one solution that does not meet the user; one unknown rule or regulations; or any unconsidered site condition, will not make viable the proposed design, resulting in a major re-design.

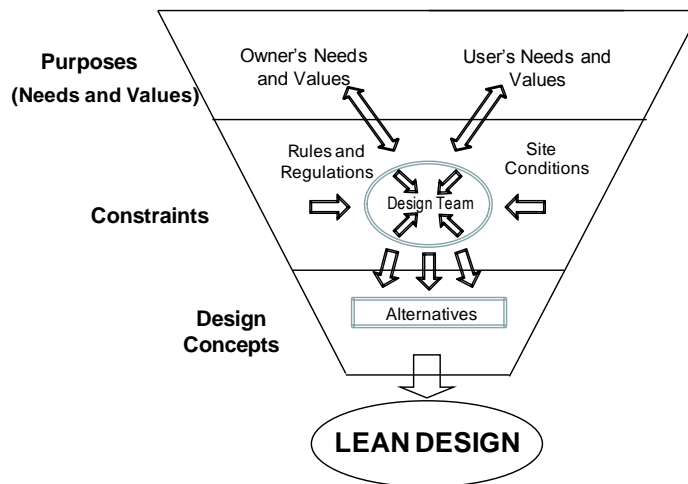


Figure 1: Modules in the Project Definition Phase (Own Source)

PURPOSES

The purposes of a project are to satisfy the needs and values of its main acting parties, who are the Owners of the projects and the Users of the product. These needs and values are not usually clear and explicit. According to Ballard (2008), clients often start by dictating means rather than revealing purpose, and rarely reveal what they are able and willing to spend to get the means for realizing their purposes.

Owners' Needs and Values

Owners, promoters or developers, who can be natural individuals, private companies or banking entities, called "*Developer*" (Ballard 2008), have got financial profitability purposes, which implies knowing maximum and minimum funds that they intend to invest, and the minimum acceptable income on their capital. The way to make their demands tangible is using the Target Cost.

This need of profitability can be measured with indicators, such as the project's Internal Rate of Return (IRR), which will have to be higher than the Minimum Attractive Rate of Return (MARR); and we can also use the Net Present Value (NPV), or the Profit Margins.

Besides the profit, owners can have other needs and desires; for example, their image inside the sector, their positioning in the market, their social responsibility, their reputation, etc. In many cases they can even be willing to sacrifice some profitability in order to comply with some of these purposes.

Table 3 presents a matrix that helps to clarify and formalise the needs and values of the project owner.

Table 3: Owners' Needs and Values

	NEED	INDICATOR	METRIC	WEIGHTING
OWNER	Profiability	Fund amount	US \$ 2'000,000	5
		Term investments	18 month	
		Minimum Rate of Return	24%	
		Minimum utility	15000000%	
		Risk level	Tolerable	
		Minimum margin	15%	
	Image	Positioning	N	3
		Social Responsibility	Y	
		Reputation	Y	

Users' Needs and Values

To translate the users' needs and values, it is important to know the nature of their purchasing motivations in depth. For instance, a middle class user's need to purchase a house might not necessarily be shelter or comfort. His main need might be acquiring higher social status.

As in the case of owners, table 4 proposes a matrix based on multi-criteria analysis (Roche and Vejo, 2005) used to identify and weight the user's needs and values.

Table 4: Users' Needs and Values

	NEED	INDICATOR	METRIC	WEIGHTING
FINAL USER (Home buyer)	Price	Purchase amount	US \$ 90,000	4
		Financing	40-60%	
	Confort	Zone	Quiet	5
		View	Outward	
		Lighting	Good	
		Ventilation	Good	
		Acoustic insulation	Medium	
		Finish bathrooms/ kitchens	Medium	
		Area	65 a 80 m2	
		N° bedrooms	3	
	Aesthetics	Exterior aesthetics	Brick exterior	3
		Interior aesthetics	Plaster/wallpaper	
		Finish bathrooms/ kitchens	Standard	
	Security	Structural design	Verifiable	4
		Materials	Guarantee marks	
		Construction process	Quality controls	
	Warranty	Support	All the time	3
After-sale service		Quickly		

This information will be complemented with post occupation evaluations performed in previous projects.

CONSTRAINTS

Rules and Regulations

Designs must adjust to a series of Laws, rules, and regulations, which are administered and controlled by state or private entities, and may change according to the context, the time, and the geographical location of the project. To have them as a restriction, the design team must have them available and know them in depth.

In our country, the rules and regulations change frequently, and each local government sets its own decisions, modifying them at any time.

A good practice is to have an update list with all the legal provisions and regulations of each government entity, classifying them in active and revoked. This simple option eliminates waste of time, which many times is caused by the gathering of information from different design team members; and other times, rework caused by the use of regulations that have been changed. Having this list online, available for the entire design team, we can eliminate many of these wastes.

Site Conditions

Designs must also adjust to the conditions of the place where the project will be located; for example, the urban profile, the acoustics, the field topography, the removal of immovable elements (trees, posts, drain boxes), real property lines, feasibility of public services, information about neighbors, characteristics of foundation soils, among others.

A simple tool is to have a standard check list to ensure that all this information has been taken on the site, and then make sure that has been made available to the entire design team. This simple practice will help us to eliminate rework caused by lack of this information.

DESIGN CONCEPTS

A Lean Design, in addition to complying with the restrictions, requires the choice of the best alternative. This will be the design concept that best aligned with the needs and values of Project Owners and Users of the product.

Table 5 presents a tool made up of a matrix to evaluate the degree of alignment of the purposes that each Design Concept achieves.

Table 5: Matrix of Alignment of Purposes

PURPOSE ALIGNMENT MATRIX						
		NEED	VALUE WEIGHTING	PERFORMANCE OF DESIGN CONCEPTS (1 to 5)		
				Alternative 1	Alternative 2	Alternative N
OWNER	Profiability		5	2	5	3
	Image		3	5	3	4
	DEGREE OF ALIGNMENT			25	34	27
USERS	Price		4	5	2	3
	Confort		5	5	2	4
	Aesthetics		3	4	5	3
	Security		4	5	5	5
	Warranty		3	4	4	4
	DEGREE OF ALIGNMENT			89	65	73

LEAN DESIGN

The Lean Design phase begins once Project Definition has aligned purposes, constraints and design concepts. It ends when product and process design have been produced and themselves brought into alignment with the Project Definition elements. (Ballard and Zabelle 2000).

PRODUCT AND PROCESS DESIGN

Even though these two concepts have already been incipiently considered in the design concepts generation, it is during the Lean Design phase when they reach their highest level of importance.

Knowledge of procedures that will imply the construction of a building design is of great importance in this phase, this concept is called "constructability". Therefore, the whole design team should know their tasks, be aware of their responsibilities, and be in constant communication to avoid isolated advancements that could give rise to negative interactions, and, therefore, a waste of time, cost, and quality.

STRUCTURING DESIGN TASKS

In the authors' experience, in the design phase, the necessary tasks and resources to implement them are not well defined and the necessary time is not easily to estimate. Therefore, programming and control processes are usually very informal or simply not implemented. In order to structure work in the design phase, we have identified the different tasks that should be carried out during the Project Definition and the Lean Design phases, and we have elaborated some flow diagrams that signal the task sequence for the whole design team (Figure 2).

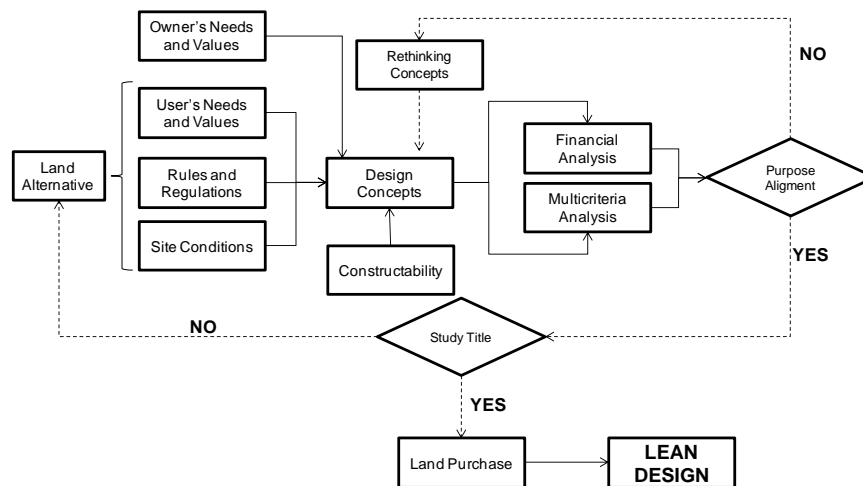


Figure 2: Structuring Design Tasks

In addition, we have found convenient to classify these design tasks in three types, using the theory of TFV (Transformation, Flow and Value) proposed by Koskela (2000):

- Internal Operational Tasks: These are in charge of the design team and their resources and times can easily be estimated. For example, data

collection regarding Site Conditions. These tasks can be regarded as flow activities.

- **Internal Creative Tasks:** Tasks that are the design team's responsibility, but whose times are more difficult to estimate due to their own creative nature. For example, the Design Concepts generation. These tasks can be regarded as value-generating activities.
- **External Tasks:** Tasks which are not part of the design team's responsibilities and whose times are variable since they are made by external individuals or entities. For example, approval of the structures project by the municipal entity. These tasks can be regarded as transformation activities.

Such classification will help us to make a better estimation of time and more effective and fair control and follow up. It will also reduce conflicts that may arise due to lack of precision to meet deadlines, both within the design team cluster and between the design team and the owners.

MATRIX OF RESPONSIBILITIES

Once the design tasks and their sequences are identified, it is convenient to formalise the assignment of responsibilities for each member of the design team; a visually friendly way to do this is through a Matrix of Responsibilities. For this purpose we recommend the model proposed by Tzortzopoulos and Formoso (1999), where the design tasks are visualised on the left and the other members of the design team are shown at the top, making the assignment clear and concise. In this way, all tasks are someone's responsibility (Table 6).

Table 6: Matrix of Responsibilities (adapted from Tzortzopoulos and Formoso 1999)

Design Task	Type of Task	Design Team								
		Project Manager	Owner	Local government	Architec	Surveyor	Structural enginee	Electrical engineer	Supplier of elevato	Sanitary engineer
Feseability of electric power	EX							R		
Checking of the boundaries	INO					E				
Design of pre project	INC				E					
Pre project approval by owner	INO	C	R							
Pre project approval by municipality	EX			E						
Selecting the type of elevators	INO	C	C		R				C	
Sizing of cistern	INO				C					E
Type of pumping	INO	C								R
Type of roof slab	INO	C					R			

EX = External Tasks

INO = Internal Operational Tasks

INC = Internal Creative Tasks

R = Reponsible

E = Ejecuting

C = Co-operating

EARLY IDENTIFICATION OF MATERIALS AND COMPONENTS

Even though many of the materials and components used to build the project are frequently defined only in the construction phase, its early selection will avoid losses and re-processes. For example, architectural plans can consider a certain thickness of brick walls that have got no relation with the thickness of the unit masonry that will actually be used in the building work. Therefore, architectural dimensions and details of the confined columns will later have to be adjusted. Similarly, because of this indefiniteness, the structural design will probably consider the most critical situation, in other words, the heavier unit masonry.

The same occurs with the incorporation of some construction components. For example, due to the lack of precision about the type of lightweight slab to be used, the structural design will probably assume the calculus with beams poured on site, and if we are going to use precast beams, these slabs will have to be re-calculated which, as its name suggests, is a double work.

Checklists with the different alternatives of those materials and components that will be necessary define before start the design, help to make the best choices and prevent future redesigns.

In order to choose the best alternative, a multi-criterion evaluation could also be used (Orihuela and Ulloa, 2009.)

CONCLUSIONS

This paper provides some customised tools to manage building project design and develop each one of the modules of the Project Definition and Lean Design phases, based on the Lean Project Delivery System.

The paper proposes simple tools to improve the selection of members of the design team and the communication among them. It introduces matrices to identify and assess the needs and values of project owners and product users, and proposes a way to choose the best design concept that aligns with their primary purposes.

It recommends the use of a checklist to obtain field data, thus preventing redesign. It also recommends the use of array of responsibilities and the use of a flow chart in order to formalise the tasks and to engage the design team.

With the aim to differentiate responsibilities and improve time estimation, a design task classification is also proposed: creative internal task, operational internal task and external task.

Finally, the use of a checklist is recommended to facilitate the choice of materials and building components, which must be defined before beginning the design, thus preventing future redesigns.

BIBLIOGRAPHY

- Ballard, G. (2000). "Lean Project Delivery System". White Paper # 8, Lean Construction Institute, September 23, 2000, 7 pp. (available in "Readings" www.leanconstruction.org).
- Ballard, G and Zabelle, T. (2000). "Project Definition". White Paper # 9, Lean Construction Institute, October 20, 2000, 10 pp. (available in "Readings" www.leanconstruction.org).

- Ballard, G and Zabelle, T. (2000). "Lean Design: Process, Tools and Techniques". White Paper # 10, Lean Construction Institute, October 20, 2000, 15 pp. (available in "Readings" www.leanconstruction.org)
- Ballard, G. (2006). "Rethinking Project Definition in Terms of Target Costing". *Proceedings of the 14 th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, IGLC 14, 25 -27 July, Santiago, Chile, pp. 77- 89.
- 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, 352 pp.
- 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. (available at <http://www.leanconstruction.org>)
- Orihuela, P. and Ulloa, K. (2009). "Metodología para Promover la Ingeniería Basada en Múltiples Alternativas". *Proceedings of the 3rd Latin-American Conference on Construction Management and Economics*, ELAGEC 3, 9-11 September, Bogotá, Colombia, pp. 295-307. (available at http://elagec3.uniandes.edu.co/memorias_elagec_III.pdf)
- Roche H. and Vejo, C. (2005). "Análisis Multicriterio en la Toma de Decisiones" (available at <http://www.ccee.edu.uy/ensenian/catmetad/material/MdA-Scoring-AHP.pdf>)
- Takim, R. (2009). "The Management of Stakeholders' Needs and Expectations in the Development of Construction Project in Malaysia". *Modern Applied Science Journal*, Vol. 3 N° 5, May Issue, pp. 167-175.(available at <http://www.ccsenet.org/journal/index.php/mas>)
- 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 Internation Group for Lean Construction*, IGLC 13, 18-20 July, Sydney, Australia, pp. 283-295.
- Tzortzopoulos, P. and Formoso, C. (1999). "Consideration on Application of Lean Construction Principles to Design Management". *Proceedings of the 7th Annual Conference of the Internation Group of Lean Construction*, IGLC 7, 26-28 July, Berkeley, California, USA, pp. 335-344.

HERRAMIENTAS PARA LA GESTION DEL DISEÑO EN PROYECTOS DE EDIFICACIÓN (*)

Pablo Orihuela¹, Jorge Orihuela², Karem Ulloa³

(*) Traducción de la versión original en inglés. Disponible en: <http://iglc.net/Papers/Details/1142>

RESUMEN

Cada vez mas empresas están usando la filosofía del Lean Construction para mejorar sus procesos, sin embargo, estas aplicaciones generalmente se emplean en la etapa de construcción, mas no es usual en la etapa de diseño.

El objetivo de este artículo es proponer las herramientas necesarias y personalizadas para la aplicación de los conceptos Lean en la gestión del diseño de proyectos inmobiliarios con énfasis en proyectos de vivienda.

Se toma como guía los pasos recomendados en las fases de Definición del Proyecto y de Diseño Lean, que propone el Lean Project Delivery System, se ha adaptado la aplicación de cada uno de sus módulos y selecciona las herramientas que se consideran más apropiadas para este tipo de proyectos.

Para el control del diseño, la aplicación del Last Planner™ System contempla algunas modificaciones debido a que el proceso de diseño tiene ciertas características diferentes al proceso de producción.

Estas herramientas y aplicaciones se han ido implementando paulatinamente en nuestro estudio, donde se diseña y se construye proyectos para inversionistas inmobiliarios con resultados alentadores, la disminución de pérdidas y re-trabajos, así como la optimización de recursos son fácilmente verificables por todos los involucrados.

Una buena gestión del diseño, mejora la productividad y calidad de los productos inmobiliarios en todas sus fases, beneficiando así a las empresas que diseñan y construyen, y también a los usuarios que adquieren dichos productos. Sin embargo pensamos que uno de los mayores desafíos está en alinear y comprometer a los proyectistas para poner en práctica estos principios.

PALABRAS CLAVE

Design management, Lean Project Delivery System, Project Definition, Lean Design, Last Planner™ System.

¹ Profesor principal, Pontificia Universidad Católica del Perú, M.D.I. Ing. Civil, Gerente General, Motiva S.A., Lima, Perú, Teléfono: 0051/4224932, FAX: 0051/2211093, porihuela@motiva.com.pe

² Profesor TPA, Pontificia Universidad Católica del Perú, Arq. Proyectista, Motiva S.A., Lima, Perú, Teléfono: 0051/4224932, FAX: 0051/2211093, jorihuela@motiva.com.pe

³ Ing. Civil, Coordinadora de Proyectos, Motiva S.A., Lima, Perú, Teléfono: 0051/4224932, FAX: 0051/2211093, kulloa@motiva.com.pe

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.

La regla del 1/10/100 propuesta por Crosby (1979), es totalmente aplicable a los proyectos de construcción. Un cambio o mejora en la fase de Definición del Proyecto puede tener un impacto como 1, sin embargo en la fase de Diseño este impacto puede amplificarse como hasta 10, en la fase de Construcción como hasta 100 e incluso en la fase de Uso podría llegar como hasta 1,000 (Tilley 2005).

El proceso de diseño tiene algunas características diferentes al proceso constructivo, numerosas investigaciones al respecto tales como las realizadas por Reinertsen (1997), 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; el diseño no es un proceso repetitivo y es más iterativo; el costo de hacer cambios a todo el diseño crece exponencialmente.

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 trabajo 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 con la finalidad de mejorar la eficiencia de los diseños tanto en calidad y en tiempo. Las técnicas y herramientas presentadas en este trabajo cuentan con un soporte informático en línea, compuesta por una Intranet de Gestión, creada por los autores y aplicada en la empresa de los mismos.

LA DEFINICIÓN DEL PROYECTO

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

Ballard y Zabelle (2000), renombran al primer módulo de Necesidades y Valores llamándolo "Propósitos". Posteriormente Ballard (2006 y 2008), renombra el segundo módulo de Criterios de Diseño y los llama "Restricciones", manteniendo el nombre del tercer módulo como Conceptos de Diseño.

A continuación se proponen algunas personalizaciones de los conceptos, técnicas y herramientas para gestionar estos tres módulos en Proyectos Inmobiliarios, haciendo énfasis en proyectos inmobiliarios de vivienda de inversión privada.

LOS INVOLUCRADOS

Un proyecto inmobiliario nace de un conjunto de necesidades, las cuales inicialmente pueden parecer que se contraponen, pero que después de un periodo de análisis y ajustes deben llegar a complementarse de una forma equilibrada, generando beneficios para todos los involucrados. Estos involucrados en un proyecto inmobiliario son todas aquellas personas o instituciones que de una u otra manera participan de forma activa o pasiva en su desarrollo.

Dentro de estos involucrados se encuentran, 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 usufructo del producto, ya sea en forma directa (las familias en el caso de proyectos inmobiliarios de vivienda) o indirecta (los inversionistas para reventa o alquiler).

También cuentan como involucrados las entidades gubernamentales o privadas, que son las que dictaminan los reglamentos y normas, y que regulan los permisos y autorizaciones. Finalmente está el equipo de diseño, liderado por el Gerente de Proyectos y que tiene el encargo de satisfacer a las necesidades y valores, respetar las restricciones y entregar un diseño que minimice las pérdidas para los productores y genere valor para el cliente.

EL EQUIPO DE DISEÑO

Está constituido por los proyectistas, por algunos proveedores principales y por el gerente de proyecto, este equipo multidisciplinario tiene la responsabilidad de desarrollar el proyecto y de capturar las necesidades y valores de los actores principales y materializarlos en restricciones, las cuales conjuntamente con las exigencias normativas y las condiciones de sitio, les servirán de base para proponer conceptos de diseño.

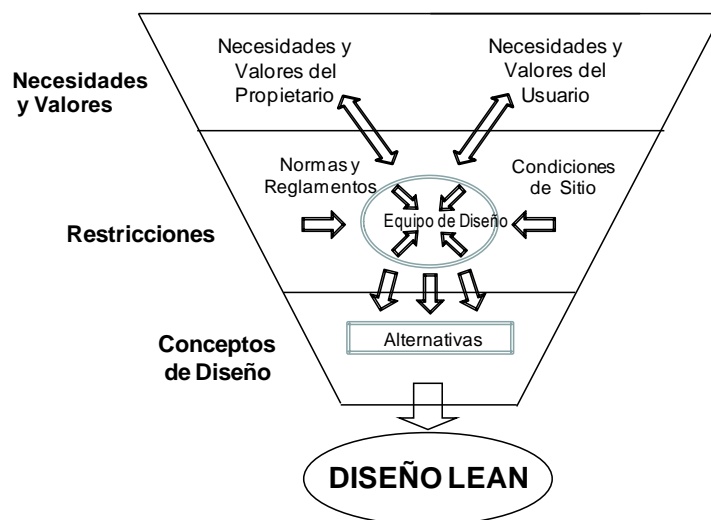


Figura 1: Fase de Definición del Proyecto (fuente propia)

El análisis de las necesidades, deseos y valores, tanto de los inversionistas como el de los usuarios finales empleando el Costo Objetivo (Ballard 2008) es muy importante para una buena definición del proyecto.

Es muy frecuente el re-trabajo y las pérdidas de tiempo debido a que las necesidades y valores o las demás restricciones no quedaron lo suficientemente claras, no estaban disponibles, o se asumieron equivocadamente. Una exigencia no cumplida para el inversionista, una solución que no esté acorde con los principales valores del usuario, una ordenanza municipal que no se conocía, o alguna condición de sitio no tomada en consideración, harán que el concepto de diseño propuesto no sea viable, por lo tanto habrá que reiniciar el proceso nuevamente. Aquí es importante distinguir entre los re-trabajos en busca de una mejor alternativa, los cuales si son deseables debido a que el proceso de diseño tiene mucha variabilidad y ésta es la fuente de la creación de valor del diseño (Reinertsen 1997), y los re-trabajos por falta de eficiencia en el proceso, los cuales si hay que eliminar.

La selección del Equipo de Diseño

La selección del Equipo de Diseño es sumamente importante, generalmente esta actividad se realiza entre el gerente de proyecto, el propietario del proyecto y el arquitecto quien generalmente es el primer miembro del equipo, y muchas veces, sobre todo en proyectos pequeños, funge a la vez de gerente de proyectos.

Aparte de las tarifas por honorarios profesionales que cada proyectista exige, es mucho más importante elegirlos considerando algunos criterios cualitativos a los cuales podríamos aplicar 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). En la mayor parte de casos, los profesionales no pertenecen a una misma empresa y cada profesional trabaja desde su propia oficina, cada uno maneja sus propios tiempos, y lo que los une en forma temporal e intermitente es el proyecto.

Todo esto hace que se requiera de una mayor comunicación para minimizar las iteraciones negativas, Bølviken (2010) propone una interesante herramienta denominada Matriz de Diálogo, sin embargo esta es aplicable cuando los integrantes del equipo de diseño trabajan juntos.

A continuación se presenta una herramienta, denominada Cuaderno de Diseño en Línea, la cual está alojada dentro de una intranet y permite registrar y concentrar todas las comunicaciones de los integrantes del equipo de diseño, cada integrante del equipo tiene la potestad de comunicarse con todos, de dirigirse a otro miembro del equipo, de adjuntar algún archivo adjunto, o de solicitar un requerimiento o consulta, en cuyo caso aparece un check box esperando la respuesta.

Tabla 2: Cuaderno de Diseño

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 PROPÓSITOS

Los propósitos de un proyecto son satisfacer las necesidades y valores de sus actores principales, quienes son los Inversionistas y los Usuarios Finales.

Muchas veces estas necesidades y valores no están totalmente claras y explícitas al momento de que expresar sus demandas (Ballard 2008).

Los propósitos de los Inversionistas

Los inversionistas, promotores o desarrolladores, que pueden ser personas naturales, empresas privadas o entidades bancarias, denominados “*clientes Developer*” (Ballard 2008), tienen unos propósitos de rentabilidad financiera, la cual implica conocer los fondos máximos y mínimos que estarían dispuestos a invertir, así como los rendimientos mínimos aceptables sobre sus capitales. La forma de hacer tangibles sus demandas es usando el Costo Objetivo.

Esta necesidad de rentabilidad, se puede expresar en deseos que pueden medirse con indicadores como la Tasa Interna de Retorno (TIR) del proyecto, la cual tendrá que ser mayor a la Tasa Mínima Atractiva de Retorno (TMAR), también podremos usar el Valor Actual Neto (VAN), o los Márgenes de Rentabilidad, ya sea sobre las ventas, el costo, o la inversión. Complementando a estos deseos también sería importante conocer el nivel de riesgos al que estaría dispuesto a tomar.

Aparte de la rentabilidad, los inversionistas pueden tener otras necesidades y deseos como por ejemplo, su imagen dentro del sector, su posicionamiento en el mercado, su responsabilidad social, su reputación, etc., inclusive en muchos casos

pueden estar dispuestos a sacrificar algo de rentabilidad con la finalidad de cumplir con algunos de estos propósitos.

Para formalizar estas necesidades, deseos y demandas podemos usar una matriz, las cual pueden incluir una ponderación del valor.

Tabla 3: Propósitos de los Inversionistas

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

Los propósitos de los Usuarios Finales

Para traducir sus necesidades, deseos y demandas, es importante conocer a fondo la naturaleza de sus motivaciones de compra. Por ejemplo, la necesidad de un usuario de clase media al adquirir una vivienda no necesariamente puede ser la de abrigo, cobijo, o confort, sino quizás principalmente la de status.

Al igual que para los inversionistas, se propone una matriz para identificar y ponderar las necesidades del cliente.

Tabla 4: Propósitos de los Usuarios Finales

	NECESIDAD	INDICADOR	METRICA	PONDERACIÓN 1 a 5
USUARIO FINAL (Comprador de la Vivienda)	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	

Esta información debe ser complementada con las evaluaciones post ocupación realizadas en proyectos anteriores.

LAS RESTRICCIONES

Los Reglamentos y Normas

Los diseños deben ajustarse a una serie de Leyes, reglamentos (obligatorias) y normas (buenas prácticas), los cuales son administrados y controlados por entidades gubernamentales o privadas y que pueden variar de acuerdo al contexto, al tiempo y a la ubicación geográfica donde se encuentre el proyecto. Para tenerlas como una restricción el equipo de diseño debe disponer de ellas y conocerlas a profundidad.

La Intranet de Gestión dispone en línea de un listado actualizado de todas las disposiciones legales y reglamentos nacionales, por cada entidad municipal, clasificándolas además por activas y derogadas. 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.

Las Condiciones de Sitio

Los diseños también deben ajustarse a las condiciones del sitio donde se va a ubicar el proyecto, entre estas están por ejemplo, el perfil urbano, la acústica del lugar, la topografía del terreno, el levantamiento de elementos inamovibles (árboles, postes, buzones); los linderos reales, la factibilidad de los servicios, información sobre los vecinos y el suelo de cimentación.

La Intranet 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

Antes de pasar al Diseño Lean es necesario contar con diferentes alternativas de conceptos de diseño, las cuales deben presentar un buen grado de alineación de los propósitos y un buen cumplimiento con las restricciones. En la práctica este alineamiento nunca es perfecto, ya que frecuentemente muchos de los deseos son contrapuestos, entonces los diseñadores por tratar de satisfacer mejor a algunos de ellos empeoran a otros, tal como lo conceptualiza el QFD en la parte superior de su matriz de calidad (Akao 1990).

Se propone una herramienta compuesta por una matriz, con la cual se puede evaluar el grado de alineación de los propósitos que alcanza cada uno de los

Conceptos de Diseño, esto nos ayudará a tomar decisiones antes de pasar al Diseño Lean.

Table 4: 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
DUEÑO	Rentabilidad	5	2	5	3
	Imagen	3	5	3	4
	GRADO DE ALINEAMIENTO		25	34	27
USUARIOS	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
	GRADO DE ALINEAMIENTO		89	65	73

EL DISEÑO LEAN

Una vez que se han decidido las mejores alternativas entre los conceptos de diseño, recién debemos pasar a la etapa de Diseño Lean, esta fase termina cuando se ha realizado el diseño del producto y del proceso y estos se ponen en línea con lo establecido en la 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 implicarán la construcción de una determinada solución de diseño, concepto conocido como “constructabilidad”, es de suma importancia en esta fase. Para ello 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 interacciones negativas generando pérdidas de tiempo, costo y calidad.

LA ESTRUCTURACIÓN DE LAS TAREAS DE DISEÑO

En la etapa de construcción las tareas están bien definidas y desarrolladas, cada una de ellas tiene una codificación, unos recursos definidos, unos rendimientos estándares, una cantidad de insumos y costos, 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 y los recursos necesarios para llevarlas a cabo 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 efectuar una estructuración del trabajo en la etapa de diseño, hemos identificado las diferentes tareas que deben ser realizadas durante las fases de la Definición del Proyecto y del Diseño Lean y hemos desarrollado unos diagramas de flujo que indican a todo el equipo de diseño las secuencias de sus tareas.

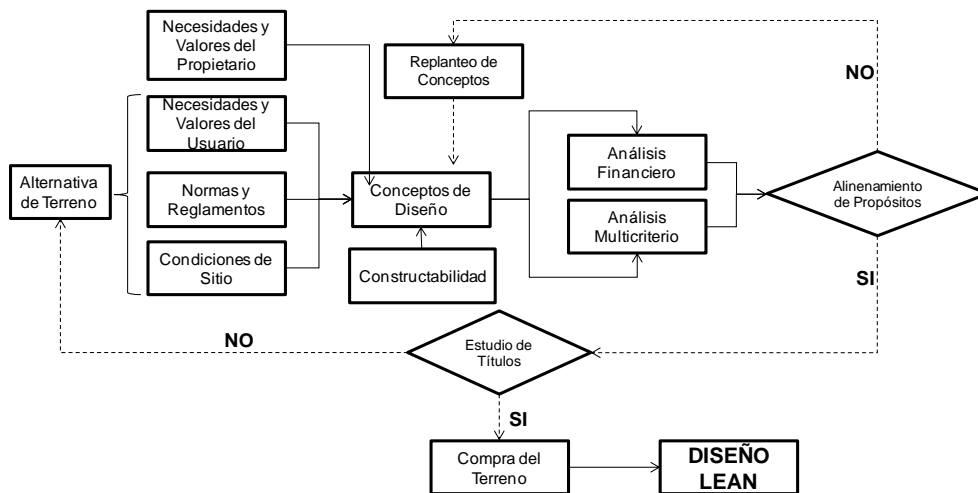


Figura 4: Estructuración de las Tareas de Diseño

Adicionalmente hemos creído conveniente clasificar estas tareas de diseño en tres:

- **Tareas Internas Operativas:** Aquellas que están a cargo del equipo de diseño y cuyos recursos y tiempos pueden ser fácilmente estimados. Por ejemplo, la recopilación de información de las Condiciones de Sitio. Estas tareas pueden ser consideradas como actividades de flujo.
- **Tareas Internas Creativas:** Aquellas que son de responsabilidad del equipo de diseño, pero cuyos tiempos son más difíciles de estimar debido a su propia naturaleza creativa. Por ejemplo, la generación de los Conceptos de Diseño. Estas tareas pueden ser consideradas como actividades de generación de valor.
- **Tareas Externas:** Aquellas que escapan a la responsabilidad del equipo de diseño y cuyos tiempos son muy relativos ya que son realizadas por personas o entidades externas. Por ejemplo, la aprobación del proyecto de estructuras por la entidad municipal. Estas pueden ser consideradas como de actividades de conversión.

Esta clasificación nos permitirá hacer una mejor estimación de tiempos, y un control y seguimiento más justo y efectivo; también disminuirá los conflictos que se puedan generar por lo difuso en el cumplimiento de los plazos tanto dentro de los cluster del equipo de diseño, como entre el grupo de diseño y los inversionistas.

LA MATRIZ DE RESPONSABILIDADES

Una vez que se tienen identificadas las tareas de diseño y sus secuencias es conveniente formalizar la asignación de responsabilidades de cada uno de los integrantes del equipo de diseño; una manera visualmente amigable de hacerlo es mediante una Matriz de Responsabilidades. Para ello se ha tomado el modelo propuesto por Tzortzopoulos y Formoso (1999), en donde se visualizan las tareas de diseño en el lado izquierdo y los integrantes del equipo de diseño en la parte superior, de tal forma que la asignación es muy clara y concisa. Esta herramienta también está disponible en la Intranet de Gestión.

Tareas de Diseño	Tipo de Tarea	Equipo de Diseño								
		Gerente de Proyecto	Dueño	Gobierno Local	Arquitecto	Topógrafo	Ingeniero Estructural	Ingeniero Eléctrico	Proveedor de Elevador	Ingeniero Sanitario
Viabilidad de la energía eléctrica	TE							R		
Revisión de linderos	TIO					E				
Diseño de anteproyecto	TIC				E					
Anteproyecto aprobado por el dueño	TIO	C	R							
Anteproyecto aprobado por la municipalidad	TE			E						
Elección del tipo de elevador	TIO	C	C		R				C	
Tamaño de cisterna	TIO				C					E
Tipo de bombeo	TIO	C								R
Tipo de losa de techo	TIO	C					R			

TE = Tareas Externas

TIO = Tareas Internas Operacionales

TIC = Tareas Internas Creativas

R = Responsable

E = Ejecutor

C = Colaborador

Figure

5:

Asignación de Responsabilidades dentro del Equipo de Diseño

De esta forma no queda ninguna tarea sin un responsable y la aplicación del control mediante el sistema del Last Planner™ será más fácil de realizar.

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. Por ejemplo, los planos arquitectónicos pueden contemplar un determinado espesor de muros de tabique que no guardan relación con los espesores de las unidades de albañilería que realmente se van a usar en la obra, por lo que posteriormente habrá que ajustar sus dimensiones arquitectónicas, así como el detalle de las columnas de confinamiento, ante esta indefinición, el diseño estructural contemplará la situación más crítica, es decir la unidad de albañilería más pesada.

Igualmente sucede con la incorporación de algunos componentes constructivos. Por ejemplo, a falta de definición sobre el tipo de losa aligerada a usar, el diseño estructural probablemente asumirá el cálculo con viguetas vaciadas en sitio, y si en obra vamos a usar viguetas prefabricadas, estas losas tendrán que ser re-calculadas lo cual como su propio nombre lo indica es un re-trabajo.

Nuestra Intranet de Gestión contempla unas listas de chequeo y un catálogo e línea con información sobre alternativas de materiales y componentes disponibles en el mercado, lo cual contribuye a distribuir de forma más eficiente la información a todo el equipo de diseño. Para la selección de la mejor alternativa, también se puede utilizar la evaluación multicriterio (Orihuela y Ulloa, 2006).

CONCLUSIONES

El presente trabajo proporciona algunas herramientas personalizadas para gestionar el diseño de proyectos inmobiliarios, para ello desarrolla las fases de Definición del Proyecto y de Diseño Lean según el Lean Project Delivery System.

Proporciona unas matrices para la identificación de propósitos de los Inversionistas y los Usuarios, en las cuales se detallan sus necesidades y deseos y además se pueden ponderar sus valores. Igualmente se muestra un detalle de la

organización de la normativa urbana y de las condiciones de sitio que deben tomarse como restricciones.

Propone una matriz de alineación de propósitos, en la cual se puede ponderar los valores de los clientes y compararlos contra el desempeño logrado en cada alternativa, esto nos da una orientación del grado de alineación de los diferentes conceptos de diseño antes del pasar al Diseño Lean.

Respecto al equipo de diseño, se propone una selección de los integrantes mediante una evaluación multicriterio, para lo cual se sugieren unos criterios cualitativos. 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 para considerar los conceptos de constructabilidad y realizar una asignación temprana de materiales y componentes que afectan directamente a las decisiones de diseño.

BIBLIOGRAFÍA

- Ballard, G. (1999). "Work Structuring". White Paper # 5, Lean Construction Institute, September, 1999, 15 pp. (Avaliable in "Readings" www.leanconstruction.org).
- Ballard, G. (2000). "Lean Project Delivery System". White Paper # 8, Lean Construction Institute, September 23, 2000, 7 pp. (available in "Readings" www.leanconstruction.org).
- Ballard, G y Zabelle, T. (2000). "Project Definition". White Paper # 9, Lean Construction Institute, October 20, 2000, 10 pp. (available in "Readings" www.leanconstruction.org).
- Ballard, G y Zabelle, T. (2000). "Lean Design: Process, Tools and Techniques". White Paper # 10, Lean Construction Institute, October 20, 2000, 15 pp. (available in "Readings" www.leanconstruction.org).
- 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. (available in "Readings" www.leanconstruction.org)
- Kotler P. y Armstrong G. (1995). "The Principles of Marketing". 7th edition. Prentice-Hall, New Jersey, USA, 816 pp.
- Orihuela, P. y Ulloa, K. (2009). "Metodología para Promover la Ingeniería Basada en Múltiples Alternativas". *Proceedings of the 3rd Latinoamerican Conference on*

- Construction Management and Economics*, ELAGEC 3, 9-11 September, Bogotá, Colombia, pp. 295-307. (available at http://elagec3.uniandes.edu.co/memorias_elagec_III.pdf)
- Reinestern, D.G. (1997). "Managing the Design Factory". The Free Press, New York NY, USA.
- Tilley, P. (2005). "Lean Design Management – A New Paradigm for Managing the Design and Documentation Process to Improve Quality?". *Proceedings of the 13th 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.