

APLICACIONES DEL LEAN DESIGN A PROYECTOS INMOBILIARIOS DE VIVIENDA

Pablo Orihuela A. y Jorge Orihuela A.

Motiva S.A.

RESUMEN

Las pérdidas que se originan en la construcción de edificaciones tienen diferentes causas, una de los más importantes radica en la elaboración no optimizada de proyectos.

El desarrollo de este tema, presenta en primer lugar algunos casos reales de proyectos de viviendas, donde se demuestra que estas pérdidas son muy frecuentes y que tienen un impacto económico significativo; en segundo lugar, se expone muy resumidamente las recomendaciones y los pasos a seguir que sugiere el Instituto del Lean Construction en las dos primeras fases de su “Sistema de entrega de proyectos sin pérdidas. (LPDS)” consistentes en la Definición del Proyecto y en el Diseño sin Pérdidas. Finalmente se proponen y presentan algunas aplicaciones prácticas de estas recomendaciones a proyectos inmobiliarios de vivienda.

1. INTRODUCCION

En nuestro país como en muchos otros países, el diseño y la construcción de un proyecto se realizan en dos etapas bien diferenciadas y muy poco coordinadas entre sí, esto se da debido a: Bajos niveles de comunicación entre los involucrados, falta de aplicación del concepto de constructabilidad en la etapa de diseño, falta de herramientas de coordinación y de visualización de los procesos y en general a la costumbre muy arraigada de ir solucionando las cosas conforme se vayan presentando. Todo esto hace que los costos de construcción de aquello que se concibe en los planos, no sea realizado de la forma más óptima posible.

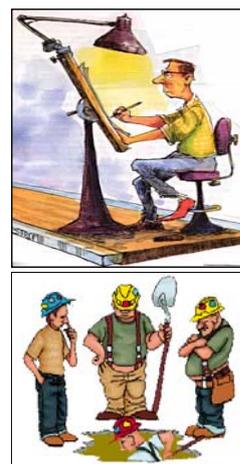


Figura 1: Desfase diseño / construcción

Flavio Picchi (1,993), en su tesis doctoral nos muestra unas estimaciones de los desperdicios generados en proyectos de edificación en Sao Paulo, donde podemos ver que existe un 30% del costo total de la obra compuestos por desperdicios, esto quiere decir que si tuviéramos por ejemplo un proyecto de 3

torres de departamentos, la tercera de ellas la podríamos construir con los desperdicios de las otras dos.

La figura 2 nos muestra un cuadro presentado en su tesis, donde podemos ver que dentro de las 8 grandes causas identificadas de desperdicios en obras, la de mayor incidencia es la de los Proyectos no Optimizados.

ESTIMADO DE DESPERDICIO EN OBRAS DE EDIFICACIONES		
(% del costo total de obra)		
ITEM	DESCRPCIÓN	%
Restos de material	Restos de mortero Restos de ladrillo Restos de madera Limpieza Retirada de material	5.0%
Espesores adicionales de mortero	Tarrajeo de techos Tarrajeo de paredes internas Tarrajeo de paredes externas Contrapisos	5.0%
Dosificaciones no optimizadas	Concreto Mortero de tarrajeo de techos Mortero de tarrajeo de paredes Mortero de contrapisos Mortero de revestimientos	2.0%
Reparaciones y re-trabajos no computados en el resto de materiales	Repintado Retoques Corrección de otros servicios	2.0%
Proyectos no optimizados	Arquitectura Estructuras Instalaciones sanitarias Instalaciones eléctricas	6.0%
Pérdidas de productividad debidas a problemas de calidad	Parada y operaciones adicionales por falta de calidad de los materiales y servicios anteriores.	3.5%
Costos debidos a atrasos	Pérdidas financieras por atrasos de las obras y costos adicionales de administración, equipos y multas.	1.5%
Costos en obras entregadas	Reparo de patologías ocurridas después de la entrega de obra.	5.0%
TOTAL		30.0%

Figura 2: Estimación de desperdicios en obras de edificación, Sao Paulo-Brasil. Picchi 1993

Alarcón y Mardones (1,998), en un estudio realizado en 4 proyectos de una empresa constructora chilena, identificaron los diferentes problemas presentados en la interfase diseño – construcción, llegando a la conclusión que los más frecuentes eran los relativos a la falta de detalles, especialmente en los planos de estructuras, planos de arquitectura y a la incompatibilidad entre las mismas.

La figura 3, nos muestra el resumen de estas estimaciones, lo cual refleja un bajo nivel de comunicación entre los proyectistas y poco conocimiento de los procesos constructivos.

N°	DEFECTOS DE DISEÑO	%
1	Escaso detalle de los elementos estructurales	13.97
2	Falta de planos detallados de arquitectura	12.78
3	Incompatibilidad entre las diferentes especialidades	11.59
4	Cruce de información incorrecto con estructuras.	8.17
5	Falta de definición de elementos de arquitectura.	6.54
6	Modificaciones en los planos de estructura	6.39
7	Falta de dimensiones de arquitectura.	6.24
8	Falta de identif. y ubicación de los elementos de arq.	5.65
9	Materiales de acabados que requieren muestras.	4.75
10	Problemas con los ejes.	4.46
11	Defectos de diseño en el desagüe	4.16
12	Cruce de información incorrecto con arquitectura.	3.12
13	Cambios de diseño de propietario.	3.12
14	Defectos de diseño eléctrico.	2.97
15	Se entregan tarde los planos de arquitectura.	1.93
16	Defectos en los diseños A.C	1.49
17	Problemas con los equipos eléctricos.	0.89
18	Estructura de los equipos.	0.59
19	Problemas con los materiales en el mercado.	0.45
20	Convención de símbolos.	0.45
21	Defectos en los diseños de gas.	0.30
TOTAL		100%

Figura 3: Clasificación de defectos, Santiago de Chile (Alarcón y Mardones, 1,998)

En entrevistas realizadas en 65 obras de edificación de viviendas a ingenieros residentes y maestros de obras en Lima, en una tesis de la PUCP actualmente en proceso, se concluye que el 73% de los entrevistados percibe que el diseño tiene una gran influencia en la productividad de la obra y el 66% de los Ing. Residentes califican el grado de eficiencia de los proyectos que actualmente se realizan en Lima, como de regular a deficiente (J. Carlos Vásquez 2005).

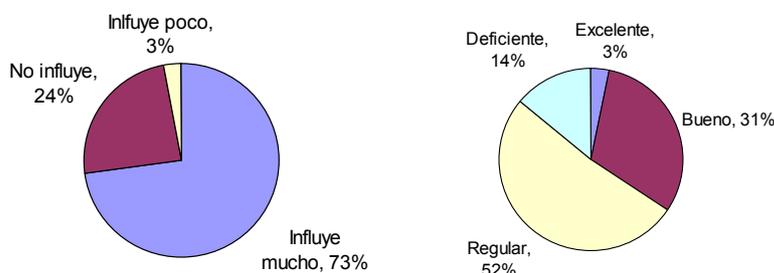


Figura 4. Influencia del diseño en la productividad y grado de eficiencia de los proyectos (J. Carlos Vásquez, 2,005).

Así mismo, la figura 5 nos muestra que dentro de las principales deficiencias, el primer lugar lo ocupa las incompatibilidades de planos entre especialidades

que dan origen a esperas, replanteos, desperdicios y reprocesos (J. Carlos Vásquez 2,005, Tesis en proceso).



Figura 5. Mayores problemas que ocurren durante una obra debido a un mal diseño del proyecto. (J. Carlos Vásquez, 2,005).

2. LA INTERACCIÓN ENTRE LOS INVOLUCRADOS

En un proyecto existen muchos involucrados, los cuales no trabajan juntas, no son miembros de una misma empresa, ni necesariamente comparten los mismos puntos de vista, cada uno tiene sus propios intereses y lo que los une temporalmente es el “Proyecto”.

En un proyecto inmobiliario de vivienda, las personas involucradas no sólo son los profesionales encargados de elaborar los planos de las diferentes especialidades, llámese arquitectura, estructuras, sanitarios y eléctricas, lo son también, los inversionistas, los accionistas, los promotores, los futuros clientes, los constructores y ciertos proveedores.

A continuación vamos a presentar el caso real de un edificio de viviendas, mostraremos el seguimiento realizado durante la obra, con la finalidad de analizar el nivel de coordinación que se logra en la interfase diseño – construcción.

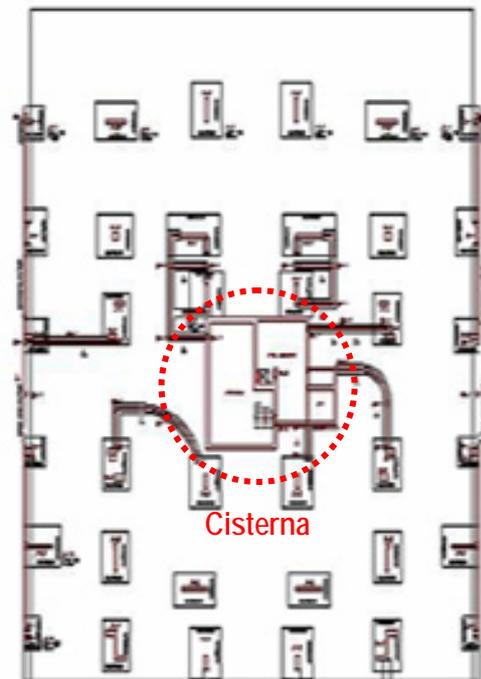
Para efecto de este artículo, vamos a restringirnos solamente al seguimiento hecho durante la construcción de la cisterna, la caja de ascensor y escaleras ubicadas sobre esta cisterna.

Se trata de un edificio de 7 pisos, ofertado dentro del Programa Mivivienda, la estructura contempla un sistema aporricado con “piso blando” debido a un primer nivel de estacionamientos y desplantado sobre una grava arenosa compacta por lo que su cimentación es en base a zapatas aisladas.

La figura 6, nos muestra una vista del edificio en construcción y el plano de cimentación, donde podemos ver que en la parte central se ubica la cisterna, el cuarto de bombas y el pit del ascensor. Sobre esta área se desarrolla la caja de escaleras y el ascensor, con una superestructura totalmente independizada por juntas de construcción a ambos lados.



Durante el diseño, el Arquitecto en su plano de arquitectura, ubicó y dimensionó la planta de la cisterna, la escalera y la caja de ascensor, con este plano, el Ingeniero Sanitario en función a la cantidad de dormitorios por departamento, calculó la dotación de agua para consumo y la dotación de agua adicional contra incendios; seguidamente, basándose en el área en planta especificada por el arquitecto, procedió a calcular la profundidad. Basándose en estos dos planos el Ingeniero Estructural diseñó y calculó sus elementos, emitiendo los respectivos planos.



Analizaremos algunos **critérios** que los proyectistas no tomaron en consideración cuando elaboraron estos planos y que al momento de ejecutar la obra fueron muy importantes:

Figura 6. Fachada y Plano de cimentación

LA EXCAVACION Y SU ESTABILIDAD

El volumen de agua calculado por el Ingeniero Sanitario fue de 72 m³ y los planos estructurales especificaban 4.85 m. de altura de cisterna, 0.15 m. de losa de techo, 0.25 m. de espesor de losa de piso y 0.40 m. de cimentación, por lo que la profundidad de excavación total llegaba a los 5.60 m.

Un dato muy importante para la seguridad de obra, es el cálculo de la altura crítica y la estabilidad al deslizamiento, sobre todo si se va a encofrar por una sola cara y se va a vaciar contra el terreno como estaba previsto hacerse en obra. En este caso la pobre estabilidad y la presencia de bolonería, generó un sobre espesor significativo en las paredes de la cisterna, lo cual generó un costo adicional de S/.660, además por seguridad se tuvo que reforzar con

malla y mortero para poder terminar la excavación y realizar los demás trabajos, lo que originó un costo de S/. 810 y un tiempo adicional.

¿El especialista en mecánica de suelos habrá proporcionado este dato en su informe?, ¿Alguno de los otros proyectistas habrá considerado una alternativa diferente de dimensiones para evitar estos inconvenientes?



Profundidad de excavación



Estabilización del talud con malla y mortero



Sobre excavación de la pared

LA MODULACION RESPECTO AL ENCOFRADO

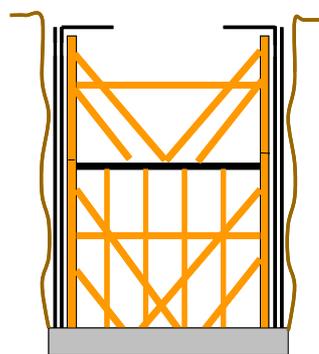
Sería deseable si las dimensiones de la cisterna se pudieran modular con las dimensiones de encofrado disponible, de tal manera de optimizar esta operación. ¿Alguno de los proyectistas habrá pensado en considerar este factor? y de querer considerarlo ¿ Habrá alguien que en la etapa de diseño le pueda precisar este tipo de información?.



Encofrado metálico modular

LA COLOCACION DEL CONCRETO Y LA SEGREGACION

Una altura apropiada de vaciado para no producir segregación ni excesiva presión al encofrado es del orden de 3.0 m., una altura mayor requiere hacer un solo encofrado dejando ventanas intermedias para realizar el vaciado, lo cual implicaría un apuntalamiento complicado y costoso, otra opción y es la que se escogió en obra fue hacer 2 tramos de encofrado y vaciado, lo que implicó armar un entablado intermedio, muy tedioso de colocar y retirar generando muchas actividades no productivas. El costo de armado y desarmado de este entablado fue de 38 hh y



Vaciado en dos etapas y entablado intermedio



el del apuntalamiento inferior de 25 hh sumando un total de S/. 550. ¿Estos criterios habrán sido discutidos durante la etapa de diseño?

EL TARRAJEO

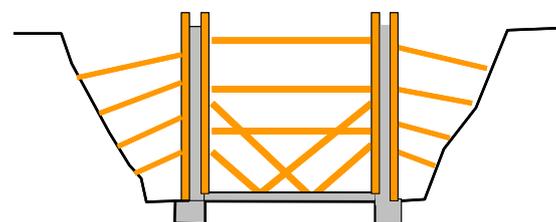
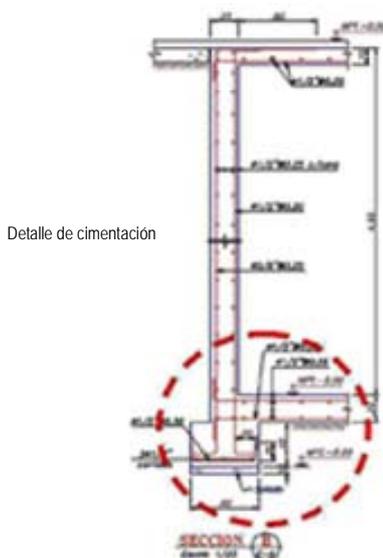
Igualmente, para realizar el tarrajeo impermeabilizante, con una altura mayor a 2.5 m. se requiere usar andamios, esto además del costo de alquiler de los mismos, implicó rendimientos de tarrajeo muy bajos sobre todo por el trabajo en espacios reducidos y difíciles de acceder. En la imagen se puede ver a 6 obreros trabajando en situaciones muy incómodas. ¿Los proyectistas habrán evaluado la alternativa de por ejemplo hacer una cisterna con más área y menos profundidad, o la alternativa de hacer 2 cisternas y evitar todas estas pérdidas?



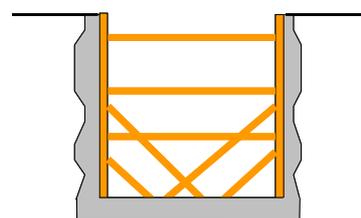
Tarrajeo con andamios

UNA UÑA EN LA CIMENTACION DE LA CISTERNA

Los planos estructurales indicaban que el cimiento corrido de la cisterna debía tener un ensanche de 17 cm. a ambos lados de la pared de la cisterna, lo cual obligaba a tener que excavar contra el pie del talud. Como esto era demasiado riesgoso, se consultó al calculista quien manifestó que había diseñado este ensanche pensando que el proceso constructivo se iba a hacer encofrando ambas caras, por lo que el ensanche serviría para apoyar el encofrado. Debido a que el acero era pre-dimensionado no quedó otra cosa que cortar y empalmar nuevamente los bastones de 40 varillas de 1/2" y 60 varillas de 5/8", el costo entre material y mano de obra de esta mala suposición fue de alrededor de S/. 510. La reflexión aquí es ¿Alguien le dijo al calculista como iba a ser el procedimiento de encofrado?, de no ser así ¿El calculista indicó de alguna forma sus supuestos?



Procedimiento supuesto por el ing. estructural



Procedimiento realizado en obra

LAS SUBZAPATAS Y LAS PRESIONES EN LA PARED DE LA CISTERNA

La cisterna estaba rodeada de 4 zapatas y los planos estructurales contemplaban una profundidad de desplante de - 1.50 m., sin embargo, se especificaba también un nivel de sub-zapata de - 5.00 m., este detalle es común y el objetivo es evitar que las presiones de la zapata afecten a la pared de la cisterna.

Hacer estas sub-zapatas, significó excavar un volumen de 20 m³. de tierra por cada zapata, dentro de un espacio muy reducido 2.05 m., x 2.75 m., lo cual tuvo que hacerse manualmente y en situaciones muy incómodas e inseguras, luego este material excavado y esponjado tuvo que ser eliminado y posteriormente estos 20 m³ tuvieron que ser llenados con concreto pobre.

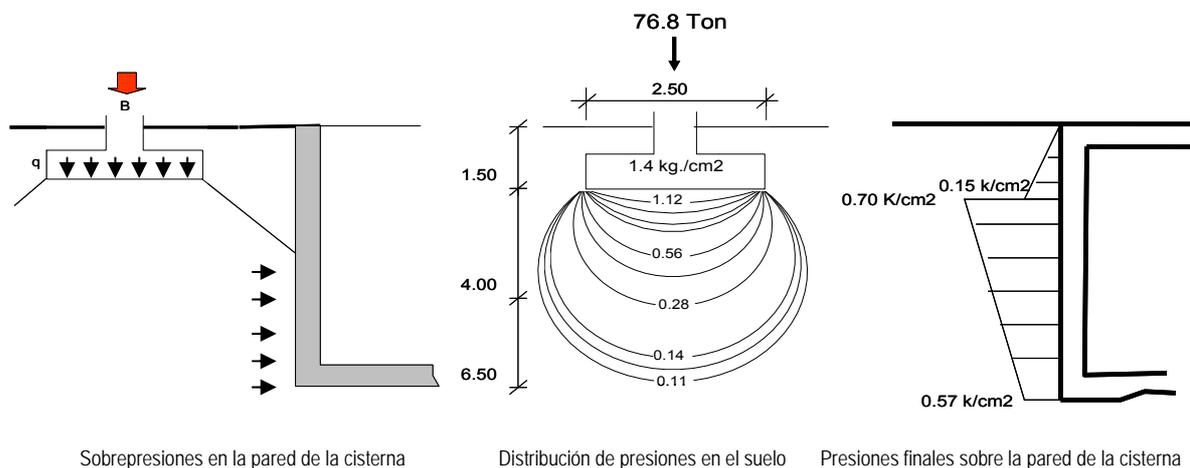


Excavación de subzapata

Entre materiales, mano de obra y equipo, estos trabajos para las 4 zapatas costaron alrededor de S/. 15,000.00.

Se entrevistó a varios ingenieros estructurales al respecto, pudiendo concluir que esta especificación no se basa en un análisis riguroso, si trabajáramos conjuntamente con el especialista de mecánica de suelos, podríamos ver que la distribución de presiones en una masa de suelo puede ser fácilmente calculada y que podría suministrarse la información necesaria al calculista, para que él diseñe un espesor de pared y una cuantía de acero que soporte esta sobre presión.

El criterio ingenieril nos dice que es muy probable que enfrentar esta sobre presión deberá ser mucho más barato, rápido y seguro que lo que se hace para tratar de evitarla. La reflexión aquí es ¿Qué se necesita para optimizar estos detalles en la etapa de construcción?, la respuesta es: “Mayor interacción entre los especialistas y mayor toma de conciencia de la importancia del diseño del proceso”.



LAS SUBIDAS DE AGUA

Los planos de instalaciones sanitarias indican unas subidas de agua a través de un supuesto muro ubicado en el perímetro de la escalera, este diseño fue hecho con una primera versión de los planos de arquitectura, los que en la versión final solo se convertían en la proyección de la viga.

Al final no hubo una adecuada compatibilización y una vez en obra, el gasfitero guiándose de los planos sanitarios, embebió sus tuberías y así fue vaciado el techo de la cisterna, posteriormente al darse cuenta del error dichas tuberías tuvieron que ser reubicadas, una de ellas era la tubería de agua contra incendio por lo que adicionalmente se tuvo que reubicar también el gabinete contra incendios.

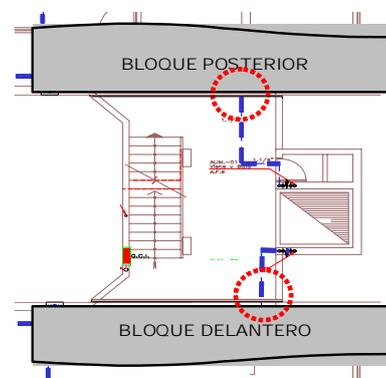
Para esta reubicación fue necesario levantar una mampostería adicional que no estuvo prevista a todo lo alto del edificio. Esto además de un costo de alrededor de S/. 950 originó re-trabajos y pérdidas de tiempo.



Tuberías de agua por un muro Inexistente

LA JUNTA SISMICA Y LAS TUBERIAS DE LUZ Y AGUA

Por consideraciones sísmicas y por constructabilidad, el cálculo estructural consideró necesario independizar la caja de escaleras con dos juntas constructivas, este detalle también se definió en una versión posterior a los planos de arquitectura con los cuales trabajó el ingeniero sanitario y el ingeniero electricista, por tal motivo dichas tuberías cruzaban las juntas sísmicas sin ninguna consideración.



Junta sísmica en plano posterior

Posteriormente y ya en la etapa de obra, al comunicar esta modificación al ingeniero sanitario, él especificó una junta de expansión al parecer muy eficaz, sin embargo, era un producto que no se encontraba en ningún proveedor nacional, mientras tanto los vaciados tuvieron que continuar con cargo a rectificaciones posteriores, finalmente ya en la etapa de colocación de cerámicos al no encontrarse dicha junta de expansión, se especificó el acople de una tubería flexible para lo cual se tuvo que picar el concreto a ambos lados de la junta con un suficiente espacio como para poder hacer un buen acople. Entre el picado, el cual tiene que hacerse con mucho cuidado para no quebrar la tubería, el corte de la tubería y el ensamble de la tubería flexible en situaciones incómodas se empleó alrededor de 4 horas por junta, considerando que son 14 juntas, esto significó 56 hh lo que implicó un costo de unos S/. 560.

Nuevamente en estos dos casos se puede evidenciar que hizo falta una mayor calidad de comunicación entre los proyectistas, un desconocimiento de los productos existentes en el mercado y una falta de compatibilización de planos.



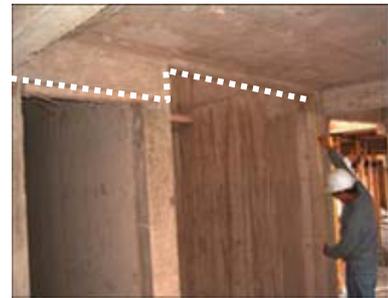
Pase de agua por junta sísmica definida en planos posteriores

Picado para colocar tubería flexible

Cerámico esperando por concluirse

EL ASCENSOR

Para el dimensionamiento de la caja de ascensor el arquitecto obtuvo información genérica sobre ascensores, sin embargo al momento de contactar con el proveedor definitivo no se efectuó a su debido tiempo una revisión minuciosa de algunos detalles, como por ejemplo, el rechequeo final de los vanos, por lo cual hubo que modificar la viga que pasaba por el umbral de la puerta y pedir el respectivo recálculo al ingeniero estructural cuando ya se estaba por vaciar la primera losa de la caja de ascensor, esto obviamente originó tiempos de espera y retrasos en la programación del avance de estos frentes, lo cual por constructabilidad estaba programado avanzarse dos pisos más adelante que el frente posterior.



Modificación del vano de la puerta del ascensor

OTROS DETALLES

Para que la entrega de la escalera al pasadizo que conduce a los departamentos tenga una mejor sensación de circulación, el arquitecto especificó un ochavo, esto generó un encuentro triangular que a la hora de vaciar el concreto fue muy fácil de encofrar, pero que después fue muy complicado desencofrar y sobre todo tarrajear. Este pequeño detalle implicó aproximadamente 2 horas de acabado por ochavo, siendo estos 4 por piso y al ser el edificio de 7 pisos, este pequeño detalle costó 48 hh es decir unos S/. 480, lo cual hubiera sido evitable si el plano estructural especificaba un ochavo ciego.



Forma muy incómoda para el tarrajeo

EL ESPESOR DE LOS CONTRAPASOS

Como es típico, el plano estructural especificaba un contrapaso de 15 cm. y así fue vaciada la escalera, en la etapa de acabados se colocaron unos pasos prefabricados que reciben al cerámico y que permiten un rodón en voladizo lo cual da una apariencia muy estética. Sin embargo, como este espesor de acabado no había sido contemplado en la etapa del diseño, se tuvo que rebajar 2.5 cm., a todos los pasos.



Acabado que requiere un menor contrapaso

El tiempo de picado por paso fue aproximadamente de 1 hora, esto implicó 105 hh, los cual ascendieron a S/. 850. Si el uso de estos pasos se hubiera previsto con anticipación, es decir, en la etapa de diseño, se hubiera evitado este retrabajo.

Hemos demostrado entonces que haciendo el seguimiento sólo a la cisterna, a la caja de ascensor y escaleras de un edificio, podemos evidenciar que si el diseño del producto se hubiese contemplado simultáneamente al proceso del producto, se hubiera podido mejorar significativamente la calidad y la productividad de la obra. Sumando los costos tangibles que hemos estimado, obtenemos un total de S/. 19,420, considerando que el costo del casco de la cisterna, la caja de escaleras y ascensor y el tanque alto, ascendió a S/. 91,850, podemos decir que las optimizaciones que se pudieron dar en el diseño pudieron ser del orden del 20%.

Quizás muchos puedan decir que éste es un caso aislado, contrariamente tenemos la convicción que esto es muy frecuente y no sólo en nuestro país; hemos visto estadísticas de estudios hechos en Brasil y Chile que demuestran que hay mucho por mejorar en la etapa de diseño. Claudio Lotz (1,999), en un artículo publicado por el LCI, nos describe un caso real muy simple, consistente en la definición del diámetro de unos agujeros para pasar tuberías por una viga de acero en una obra en Estado Unidos, donde luego de muchas interacciones infructuosas entre los proyectistas, al no tener una definición oportuna, el constructor que no podía esperar más, termina finalmente dimensionándolos de acuerdo a su propio criterio.

Terminaremos este acápite citando a Ballard y Zabelle (2,000) quienes nos dicen lo siguiente:

“Integrar el diseño del producto y el diseño del proceso, es todo un reto”.

3. LEAN PROJECT DELIVERY SYSTEM

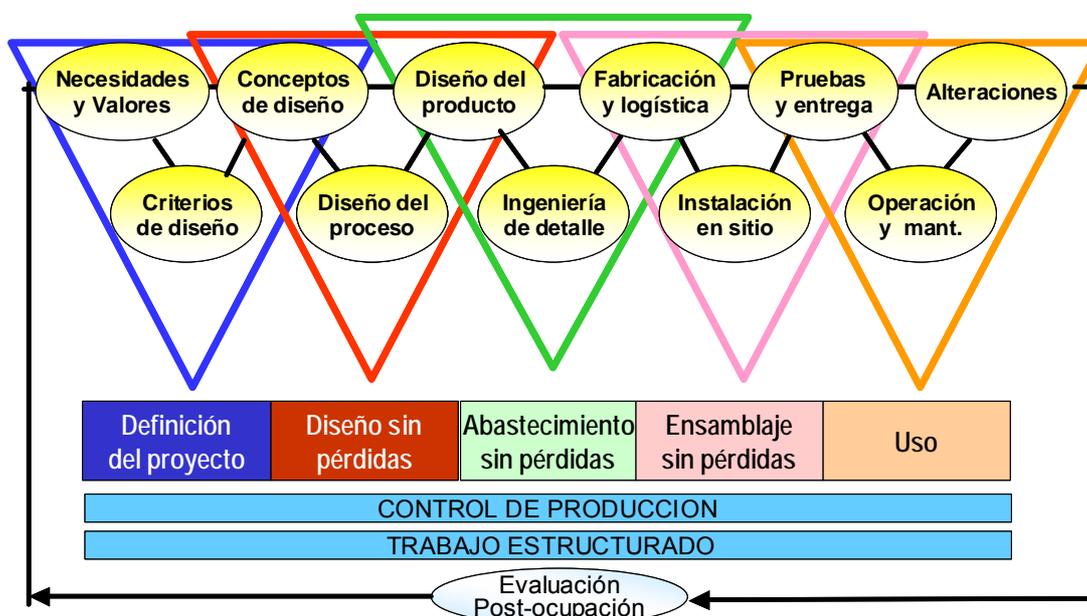
Habiendo demostrado que la fase de diseño debe ser mejorada, es natural entonces qué nos preguntemos “que hacer”. Muchos autores y grupos de investigadores han tratado el tema, uno de estos grupos es el Lean

Construction Institute (LCI), quienes en su visión global del Lean Project Management (LPM) proponen su modelo del Lean Project Delivery System (LPDS), que contempla 5 fases compuestas por: La Definición de Proyecto, el Proyecto “Lean”, el Abastecimiento “Lean”, el Ensamblaje “Lean” y el Uso. Cada una de estas fases está compuesta por una triada de módulos que se traslapan al cambiar de fase, siendo en total 13 módulos, 2 de los cuales se extienden a lo largo de todas las fases.

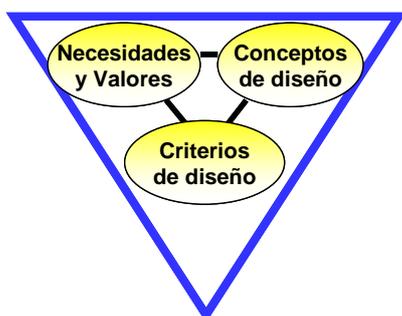
En este artículo vamos a tratar acerca de la aplicación de las dos primeras fases consistentes en la Definición del Proyecto y el Diseño “Lean”.

Lean Project Management (LPM)

Lean Project Delivery System (LPDS)



DEFINICION DEL PROYECTO



La fase de Definición del Proyecto está conformada por tres módulos: Las Necesidades y Valores, los Criterios de Diseño y los Conceptos de Diseño, estos son tres consideraciones muy importantes, los cuales tienen que analizarse y alinearse antes de comenzar el trabajo de diseño propiamente dicho.

NECESIDADES Y VALORES

Este primer módulo es el que analiza y estudia las necesidades y valores de los clientes finales y las expectativas de los inversionistas y promotores inmobiliarios, a este módulo también se le conoce como Los propósitos del proyecto.

Una necesidad es el estado de privación que siente un individuo (Kotler 1,989), esta necesidad se materializa en un deseo, el cual depende de factores tales como los estilos de vida, la condición social, la condición cultural, la conformación familiar, los gustos, las preferencias, etc., este deseo acompañado de un determinado poder adquisitivo se convierte en una demanda de mercado. Los valores por otro lado, son los atributos o aptitudes que los clientes perciben de nuestros productos y que pueden satisfacer en mayor o menor grado sus necesidades.

Para un producto inmobiliario de vivienda, las necesidades y valores dependerán del segmento de mercado al cual nos queramos dirigir, pudiendo ser por ejemplo, condiciones que tienen que ver con la ubicación, la distribución, las condiciones estructurales, el equipamiento, las instalaciones y los acabados.

CRITERIOS DE DISEÑO

Los criterios de diseño son las pautas que se toman en cuenta para la concepción de una idea o concepto, las cuales provienen de la experiencia y conocimiento de los temas relacionados a esta idea o concepto.

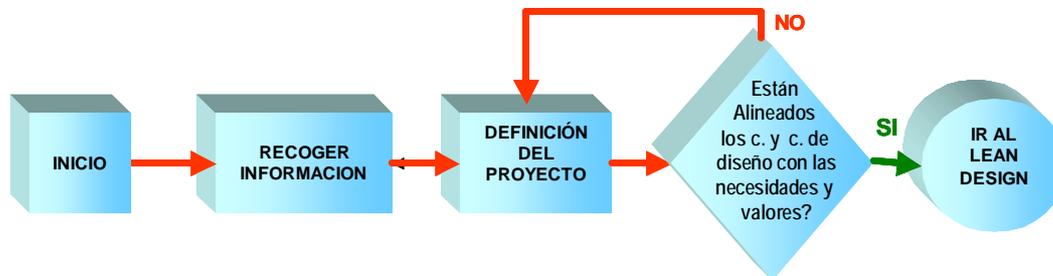
Los criterios técnicos para la concepción de un producto inmobiliario de vivienda se basan por ejemplo, en el Reglamento Nacional de Construcciones, en las Normas Técnicas Peruanas, en el Reglamento de Zonificación, en las Ordenanzas Municipales, en las tecnologías existentes, en los recursos disponibles en el mercado y en la experiencia de los proyectistas, constructores, proveedores y demás involucrados.

CONCEPTOS DE DISEÑO

Una vez que se han considerado las necesidades y valores de los clientes, las expectativas de los inversionistas o promotores y los reglamentos y normas existentes; comienzan a surgir las primeras alternativas o ideas que se plasman en esquemas, bocetos o anteproyectos; a estas diferentes alternativas se les denomina conceptos de diseño o diseños conceptuales.

Estos tres módulos, no son consecutivos ni secuenciales, todo lo contrario deben ser muy dinámicos e interactivos y el objetivo de esta fase, es hacer que los diferentes intereses de los involucrados tengan un alto grado de convergencia, para luego recién pasar a la etapa de diseño propiamente dicha.

El LCI recomienda los siguientes pasos a seguir durante esta fase:



Inicio - Comienza con la identificación de la oportunidad de mercado, luego de lo cual habrá que elaborar un perfil que nos dé una idea de la viabilidad del negocio y después se debe pasar a definir el equipo del proyecto.

Recopilación de información – Por un lado implica estudiar lo que los inversionistas o promotores esperan del proyecto, por otro lado es necesario investigar el perfil de los clientes de nuestro mercado meta y entender los intereses y puntos de vista de todos los involucrados, así también, es imprescindible obtener la reglamentación y normativa aplicable a la ubicación del proyecto y las condiciones del sitio, no solo las físicas como el tipo de suelo, la topografía o las cimentaciones vecinas, sino también las condiciones socioeconómicas del sector, el equipamiento urbano adyacente, la tendencia futura de la zona, etc.

Preparación y Reunión sobre la Definición del Proyecto – En la preparación, se debe contar con algunos criterios de diseño preliminares y con el desarrollo de diferentes alternativas a través de esquemas o bocetos de diseño acompañados con algunos presupuestos y cronogramas tentativos. En las reuniones, en las cuales deben participar activamente los proyectistas y demás involucrados, se debe desarrollar una perspectiva de trabajo en equipo para alinear los conceptos de diseño.

Alineación de las necesidades, criterios y conceptos de diseño – Este es un punto clave para concluir con esta fase, si los tres módulos tienen un buen grado de alineación, entonces podemos pasar a la etapa del Diseño “Lean”.

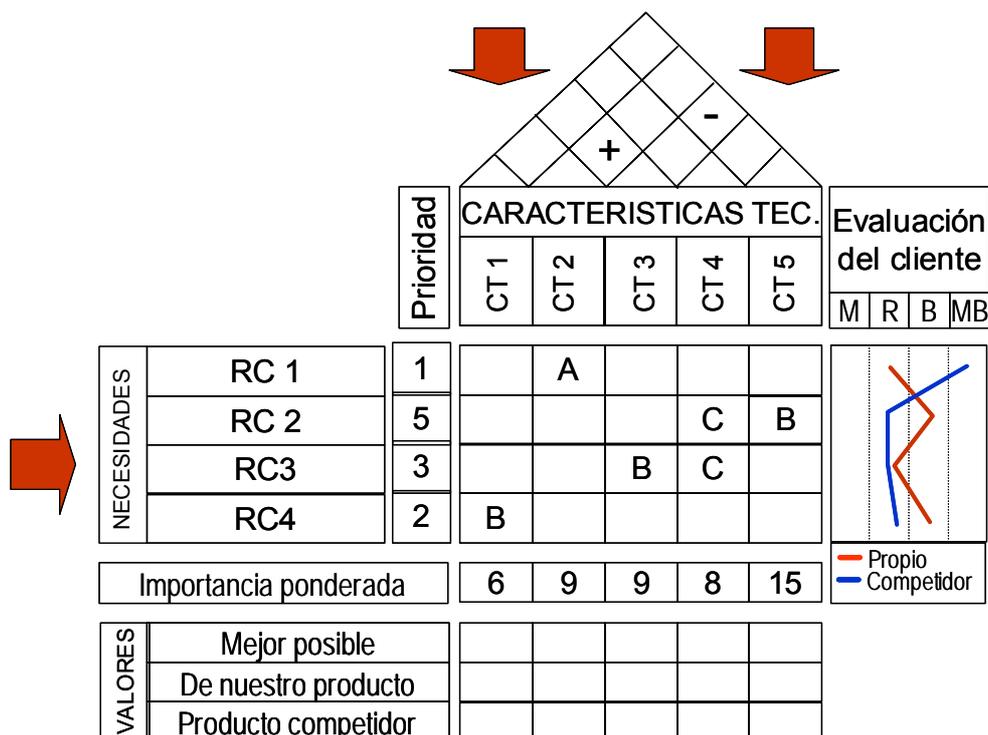
HERRAMIENTA 1: EL QFD

El QFD (Quality Function Deployment) es una herramienta que nos puede servir para mejorar la fase de Definición del Proyecto, fue desarrollada en Japón en 1960 por Yoshi Akao y después fue adoptado por empresas industriales como la Toyota.

La traducción occidental del término japonés "Hin-Shitsu Ki No Ten Kai" (Hin-Shitsu = calidad, características, Ki No = función, metodología, Ten Kai =despliegue, desarrollo), como "Despliegue de la Función de Calidad" en español, no es muy orientadora, pensamos que algo como "Metodología para el desarrollo de las características de los productos" sería más descriptivo.

El QFD traduce la voz del cliente en las pautas de diseño necesarias para que los proyectistas orienten y optimicen los esfuerzos para satisfacer sus necesidades.

El QFD se basa en una matriz, que considera los Requerimientos de los Clientes (RC) por un lado y los relaciona con las Características Técnicas (CT) necesarias para satisfacerlos por el otro; asociada a esta matriz, existen unas cuantificaciones numéricas respecto a la prioridad de estas necesidades, al valor deseado de cada característica, al grado de correlación entre las CT y los RC, a la evaluación comparativa entre nuestro producto y el producto de nuestros competidores y finalmente nos ofrece una selección ponderada de las CT a las cuales habrá de prestar la mayor atención.



HERRAMIENTA 2: UN INVENTARIO DE ALTERNATIVAS DE RECURSOS

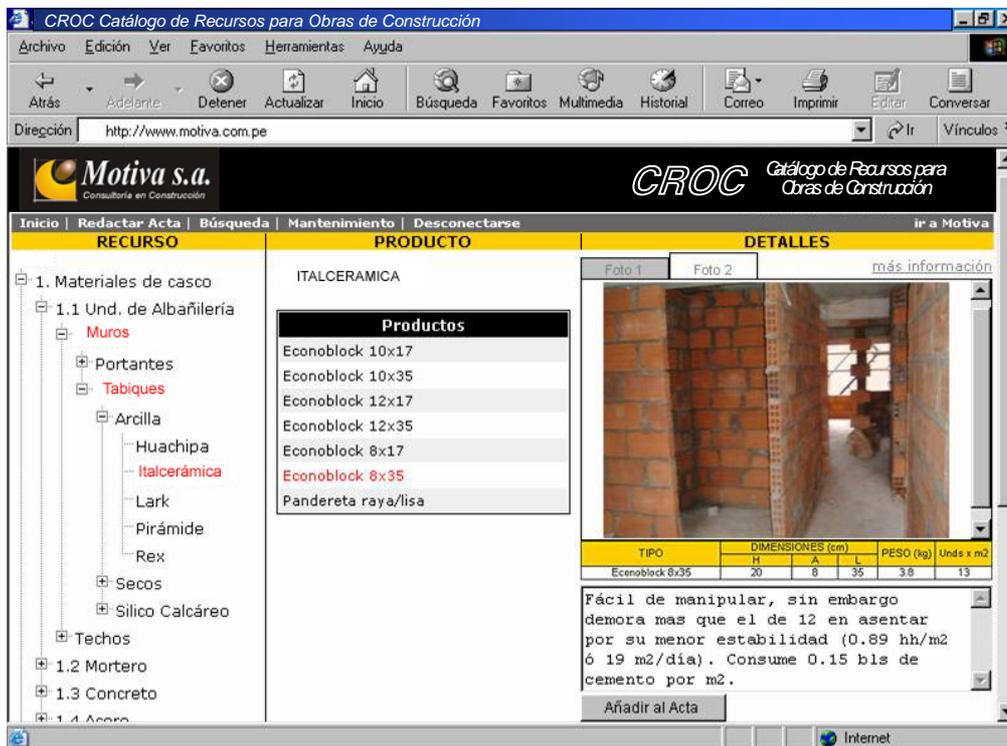
La empresa Motiva S.A. para mejorar su fase de Definición del Proyecto, ha diseñado un programa que clasifica y muestra visualmente los diferentes productos y servicios que ofrece el mercado, muchos de los cuales ha usado y probado en diferentes obras. Estos productos han sido clasificados respecto al

estado de la tecnología en materiales, equipos y herramientas para la construcción de edificaciones, el cual puede ser consultado y actualizado vía internet por todos los involucrados en un determinado proyecto.

El objetivo de este programa es compartir información entre el equipo de diseño y gestionar en cierto grado el conocimiento, la experiencia y la información respecto a las especificaciones técnicas, a los comentarios y al uso de los diferentes productos y servicios existentes en el mercado.

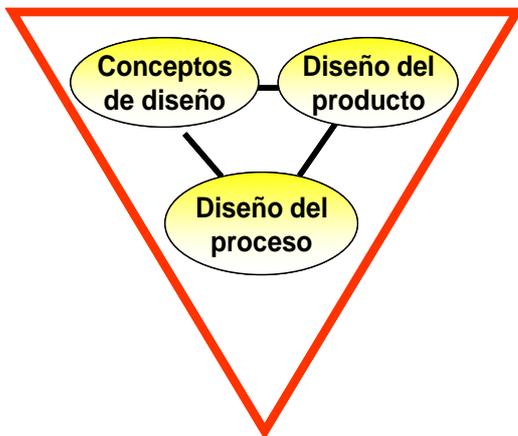
Ahora más que nunca, salen día a día a la venta nuevos productos y servicios y debemos acumular información respecto a su uso, a sus ventajas o desventajas. A lo largo de nuestra experiencia vamos recopilando esta información, ya sea directamente por haberla usado, por cotizaciones, por información de nuestros clientes o proveedores, revistas especializadas, internet, ferias a las que asistimos, eventos, etc., todos estos datos los podemos concentrar en este programa en línea de tal forma que al tenerla disponible podemos uniformizar información y criterios con el equipo de proyectistas durante la realización de un proyecto.

Si es que en una reunión de trabajo vamos a definir el empleo de uno u otro producto en nuestro proyecto, el programa nos puede servir como un check list visual, permitiéndonos aperturar un acta, donde podemos ir cargando los productos a usar; al terminar la reunión podemos imprimir esta acta quedando un registro de nuestros acuerdos.



Catálogo en Línea de materiales, equipos y herramientas para obras de edificación

DISEÑO “LEAN”



Esta segunda fase también está compuesta por 3 módulos, uno compartido con la fase anterior que es el Concepto del Diseño y dos más que son el Diseño del Proceso y el Diseño del Producto. Al igual que en la fase anterior donde una de las condiciones claves era alinear los intereses de los involucrados con los criterios y conceptos de diseño, una de las condiciones claves en esta segunda fase es diseñar pensando no solo en el producto sino también en su proceso en forma simultánea.

DISEÑO DEL PROCESO

Es la secuencia de pasos y el desarrollo de procedimientos concretos para lograr la fabricación de un producto.

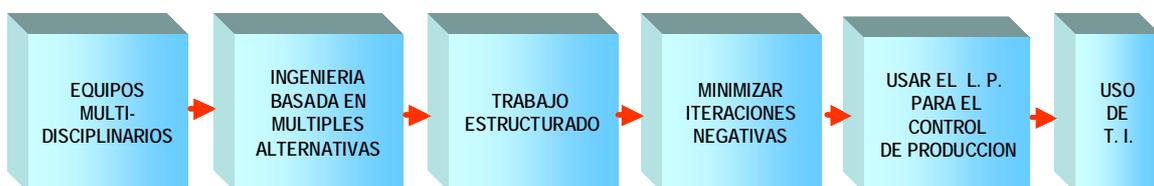
En nuestro caso esto implica que los proyectistas además de los conocimientos propios de su especialidad, conozcan también los procesos constructivos de aquello que están diseñando, de tal manera que sus planos y especificaciones sean los más óptimos para lograr la forma más fácil de construirlos, por ejemplo, refiriéndonos a los casos descritos anteriormente, un ingeniero estructural al momento de diseñar una subzapata debe conocer todos los detalles que implicará su proceso constructivo, o un ingeniero sanitario debe saber que aquella junta de expansión que está especificando, está disponible en el mercado.

DISEÑO DEL PRODUCTO

Es el paso previo a la producción y consiste en estructurar coordinadamente las diferentes actividades de los diseñadores para obtener como resultado, un conjunto de especificaciones que nos digan como va a ser el producto.

En nuestro caso, es la ingeniería de detalle expresada en los planos y especificaciones de las diferentes especialidades, que nos describen las características técnicas y geométricas de como será la edificación.

Los pasos recomendados a seguir según el LCI en esta fase son:



Organizar equipos multidisciplinarios – Esto implica evitar que los proyectistas trabajen aisladamente, diseñando los planos de su especialidad sin tener en cuenta su relación con los demás integrantes del equipo, para esto es necesario comprometerlos a tomar decisiones e interactuar en diferentes etapas y direcciones.

Contemplar múltiples alternativas – En este paso, la base es la innovación, esto implica que el equipo busque y encuentre las oportunidades de proponer nuevas alternativas que generen valor a los clientes y beneficios a la empresa. Para esto es necesario que el equipo comparta su información y evite la costumbre de decidir por la única alternativa, por la más conocida o por la de siempre, esto es muy cómodo y frecuente, en esta etapa es necesario tener en cuenta que los re-trabajos que hubieran que hacer por el hecho de considerar una nueva alternativa, no deben ser considerados como “perdida” sino todo lo contrario. La decisión final debe tomar el tiempo necesario para ser muy bien evaluada y debe ser hecha en el último momento posible.

Trabajar en forma Estructurada – El trabajo estructurado implica la consideración de todas las etapas e involucrados en el proyecto, tales como la logística, las compras, la construcción, los fabricantes, los instaladores, los usuarios, etc., por lo que es necesaria la presencia de un coordinador y la existencia de una especie de protocolo entre los involucrados, de tal manera que el diseño del producto se haga conjuntamente con el diseño del proceso.

Minimizar las iteraciones negativas – Como ya hemos dicho, no todo re-trabajo en la etapa de diseño es una iteración negativa, por ejemplo, si volvemos a revisar los detalles de una losa baja con el ingeniero estructural con la finalidad de optimizar su espesor, porque hemos optimizado el pase de las tuberías de desagüe y esto implica un recálculo, este re-trabajo no sería una iteración negativa, pero si tenemos que reajustar los ejes de todos los planos porque cuando ya estaban listos recién se nos ocurrió chequear los linderos del terreno, esa si es una iteración negativa y esas son las que se deben de evitar.

Si consideramos a la etapa de diseño como a un proceso productivo cualquiera, entonces podemos planificarlo considerando el criterio de “jalar” la producción, esto nos permitirá hacer que esta planificación se cumpla. Igualmente el LCI recomienda el uso de la matriz estructurada de diseño DSM, la cual nos permite ver el secuenciamiento y las dependencias entre las diferentes actividades.

Usar el sistema del Ultimo Planificador – Al igual que en la etapa de obra, el último planificador puede ser el residente o el maestro de obra, en el diseño puede ser el coordinador del proyecto, este por ejemplo puede haber previsto que no se inicie el anteproyecto mientras no se tenga el certificado de parámetros urbanísticos, el cual debería haber salido en tal fecha, a partir de la cual, el arquitecto dispondría de 10 días para entregar el primer anteproyecto al ingeniero estructural.

Al igual que en una obra, si tenemos una planificación de la etapa de diseño, entonces podremos medir el nivel de su cumplimiento haciendo uso del PPC, lo cual nos permitirá ver porqué no se está cumpliendo nuestra programación y hacer los correctivos a su debido tiempo.

Usar Tecnologías que faciliten el Diseño "Lean" – Actualmente están cada vez más disponibles diferentes tecnologías de información que nos permiten visualizaciones en 3D y 4D, como por ejemplo el Archicad, o de sistemas mas avanzados como el Smart Plan en combinación con el Primavera, o en general el uso de cualquier sistema y tecnología de información a través del internet . El usar estas tecnologías nos facilitarán la posibilidad de conseguir con mayor facilidad y eficacia el Diseño "Lean".

HERRAMIENTA 3: UNA INTRANET DE COORDINACION ENTRE LOS INVOLUCRADOS

Los proyectistas son un grupo de profesionales con diferentes especialidades, conocimientos, formación, puntos de vista e intereses, los cuales normalmente trabajan separados en sus propias oficinas y coordinan temporalmente para lograr un proyecto.

Bajo este esquema, es entonces entendible que su grado de interacción no sea muy óptimo, realizar reuniones de coordinación se vuelve complicado y generalmente no se logran reuniones integrales, porque cada uno maneja agendas complicadas; en encuestas realizadas al respecto, podemos ver que los medios de comunicación que actualmente se emplean con mayor frecuencia entre nuestros proyectistas son el teléfono y el correo electrónico (J. Carlos Vásquez, 2005), es en este sentido que la empresa Motiva S.A. ha diseñado una intranet para gestionar con mayor eficiencia la coordinación de los proyectistas.

La utilización de esta intranet es muy simple: Una vez que se designa al equipo de proyectistas, se condicionará su participación en el proyecto a que todas sus comunicaciones las deberán hacer no por un correo electrónico normal sino a través de la intranet, para lo cual se les otorga un password.

Esta intranet dispone de información general sobre el proyecto, una relación de los proyectistas y demás involucrados, una relación de tareas con sus respectivos responsables y plazos para cumplirlas, una pestaña donde se pueden ver todas las comunicaciones enviadas y recibidas acerca del proyecto, otra para ver los diferentes documentos, planos y especificaciones enviadas, corregidas y comentadas por cada uno de los integrantes y una final para enviar las fotografías e imágenes pertinentes.

Proyectos Usuarios

Proyectos: Editar

Generales Integrantes Tareas Comunicaciones Documentos/Planos Foto

Grabar

* Nombre Proyecto: Edificio Multifamiliar Las Magnolias

Propietario del Proyecto: Rodolfo Escala Smith

Ubicacion del Proyecto: San Miguel

Descripción Proyecto: Edificio de 45 departamentos, con una zona de estacionamientos y otra de recreación.

Altura Máxima: 15 m.

Lote Normativo: 450 m2.

Frete Normativo: 15 m.

* Fecha Inicio: 02/03/2005 (dd/mm/aaaa)

* Fecha Fin: 15/03/2006 (dd/mm/aaaa)

Area Terreno: 500 m2.

Area Techada: 4500 m2.

Coefficiente Edificación: 4

Area Libre: 150 m2

Numero Estacionamientos: 40

* Responsable: Jorge Felix Galindo

Estado: En Proceso

Grabar

Pestaña de información general sobre el proyecto

Esta intranet es administrada por el coordinador del proyecto, pudiendo además participar determinados proveedores, constructores, contratistas, fabricantes, instaladores e inversionistas o promotores que quieran ver el desarrollo del diseño, a quienes se les podría asignar un determinado nivel de participación.

Proyectos Usuarios

Tareas << Regresar

Generales Integrantes Tareas Comunicaciones Documentos/Planos Foto

Agregar Posición: Al final

Nombre: Edificio Multifamiliar Las Magnolias

Borrar	Editar	Nro	Tareas	Responsable	Avance	Inicio	Fin	Estado
		1	Revisar parámetros urbanísticos	Arq. Raúl Villacrés.	40%	01/01/2005	01/02/2005	En Proceso
		2	Definir altura del semisótano.	Arq. Gerardo Ramírez	0%	12/10/2005	15/12/2004	Registrado
		3	Compatibilizar Arquitectura con Estructuras	Ing. Luis Pérez	20%	12/10/2005	12/12/2005	Registrado
		4	Pedir detalles de ascensor al proveedor	Ing. Martín Lugo	0%	02/02/2005	03/06/2005	En Proceso
		5	Coordinar Ing. Estructural el espesor de losa	Ing. Juan Carlos Ayala	20%	02/02/2005	03/06/2005	En Proceso
		6	Verificar los requisitos municipales.	Arq. Luisa Velarde.	20%	01/01/2005	01/02/2004	En Proceso

Pestaña de tareas: Actividades, responsables, cronograma y control de avance del diseño

Cualquier comunicación nueva que se genere dentro de la intranet, automáticamente genera correos a todos los involucrados informándoles el autor de la comunicación y el tipo de comunicación o envío.



Pestaña de Fotos e Imágenes: Vista del terreno

Pensamos que el simple hecho de concentrar toda la información del diseño de un proyecto en un solo lugar, tenerla ordenada y poder dar acceso a todos los involucrados, incluyendo a constructores y demás integrantes del proceso constructivo, ayudará mucho a mejorar su eficiencia tanto en la etapa de diseño como en la etapa de construcción.

CONCLUSIONES

En este artículo hemos querido evidenciar que las etapas de Diseño y Construcción en nuestro país, al igual que en muchos países, todavía se desarrollan secuencialmente y no simultáneamente, siendo este uno de los factores que más originan pérdidas durante el proceso constructivo.

Para mejorar esta etapa de diseño el Instituto del Lean Construction propone un modelo que comienza con la identificación de las necesidades y valores de los clientes, continúa con los criterios y conceptos de diseño y recomienda que cuando estos estén alineados, recién se pase a la etapa de diseño del producto y del proceso los cuales deben desarrollarse simultáneamente.

Para un mejor desarrollo de la etapa de Diseño, se presentan tres herramientas: El QFD como una herramienta muy usada en industrias, que traduce la voz del cliente en las características del producto y que puede ser aplicada a proyectos inmobiliarios, un programa propio denominado CROC que es un Catálogo de Recursos para Obras de Construcción y una intranet también propia para la coordinación en línea de los proyectistas y demás involucrados en la etapa de diseño.

REFERENCIAS

Alarcón, Luis F.; Mardones, Daniel A. 1998. "Improving the design-construction interface". Proceedings IGLC. Guaruja, Brazil.

Ballard, Glenn; Zabelle, Todd. 2000. "Project Definition". LCI White Paper N°9.

Ballard, Glenn; Zabelle, Todd. 2000. "Lean Design: Process, Tools, & Techniques". LCI White Paper N° 10.

Kotler, Philip. 1993. "Mercadotecnia". 3ra. Edición. Editorial Prentice Hall Hispanoamericana. Mexico D.F.

Lottaz, Claudio; Climent, Denis E.; Faltings, Boi V.; Smith, Ian F. C. 1999. "Constraint-based Support for Collaboration in design Construction". Journal of Computing in Civil Engineering, ASCE, New York.

Orihuela, Pablo, Orihuela, Jorge. 2003. "Constructabilidad en pequeños proyectos inmobiliarios". VII Congreso Iberoamericano de Construcción y Desarrollo Inmobiliario M.D.I Perú.

Picchi, Flávio A. 1993. "Sistemas de qualidade: uso em empresas de construção de edificios". Tesis para optar el grado de Doctor en Ingeniería. São Paulo, Brazil.

Vásquez, Juan C. 2005. "Aplicación del Lean Design en proyectos de edificación" Tesis PUCP en proceso para optar el grado de Ingeniero civil.

Yacuzzi, Enrique; Martín, Fernando. 2004. "QFD: Conceptos, aplicaciones y nuevos desarrollos". Documento publicado en Cema.edu.ar. Universidad del CEMA. Argentina.