

Desarrollo de una herramienta de planificación del tiempo y aseguramiento de la calidad para la construcción de un edificio habitacional, en la Empresa Constructora Edificar S.A.



CONDominio
TORRES
DE VELARDE
APARTAMENTOS

Abstract

This practice was developed in Torres de Flared, which consists of a residential building nine levels, each consisting of four apartments. The scope of the construction company contemplates gray work, electromechanical, metal finishing facilities and skies.

This project will provide a solution to the problem of time and execution by the development of this work, which has an extensive workload within range, however budget within a very short period of time, which gives us the task of developing a tool to fulfill all activities at the deadline and hand with practices of high quality standards.

Within the content is two main stages, the first sample much of the logistics of the project, in planning the execution time and site design. The second stage is shaped the development of tools based on external and internal company Build, allowing assess compliance with quality standards regulations.

The development of these tools is to fill a need within the project Torres de Velarde, where for the first stage the critical or key implementation activities were determined and together with logistics site developed an initial strategic planning runtime, which led to weekly work programs that enable compliance with the milestones. Added to this assessment contemplate these weekly activities and these results has managed to define needs and strengths of the project, promoting the ideology of continuous improvement.

Following that, in the second stage was wont to strengthen another important parameter in implementing the project, which is developing practices with high quality standards. For this major regulations governing the assessment of quality in projects of this size were investigated. With this information tools that facilitate the

Resumen

Esta práctica profesional fue realizada en el proyecto Torres de Velarde, el cual consiste en un edificio habitacional de nueve niveles, cada uno compuesto de cuatro apartamentos. El alcance de la empresa constructora contempla obra gris, instalaciones electromecánicas, metálicas y acabados de cielos.

Este proyecto permite dar una solución en el problema de plazo y ejecución que presenta el desarrollo de esta obra, la cual cuenta con un volumen extenso de trabajo dentro de su alcance, sin embargo se presupuesto dentro de un periodo de tiempo muy corto, lo que nos da a la tarea de desarrollar una herramienta que permita el cumplimiento de todas las actividades en ese plazo establecido y de la mano con prácticas de altos estándares de calidad.

Dentro del contenido se encuentra dos etapas principales, la primera muestra gran parte de la logística del proyecto, en cuanto a planificación del tiempo de ejecución y diseño del sitio. La segunda etapa se conforma del desarrollo de herramientas con base en las normativas externas e internas de la empresa Edificar, que permiten evaluar el cumplimiento de altos estándares de calidad.

El desarrollo de estas herramientas viene a llenar una necesidad dentro del proyecto Torres de Velarde, donde para la primera etapa se determinaron las actividades críticas o fundamentales de ejecución y en conjunto con la logística de sitio de desarrolló una planificación estratégica inicial del tiempo de ejecución, lo cual dio paso a programas semanales de trabajo que permitieran el cumplimiento de los hitos. Sumado a esto se contemplo la evaluación de estas actividades semanales y con dichos resultados se ha logrado definir necesidades y fortalezas del proyecto, fomentando la ideología de mejora continua.

assessment of quality in major construction processes were created.

Product of the analysis of this information, some recommendations that the Construction Build can be used to improve the remaining processes of the final stage of the project were made.

Keywords: Lean Philosophy, Last Planner, Planning time, quality assurance, site design, manufacturing strategy, strategic planning, intermediate Planning, weekly planning, Causes of non-compliance, quality control, finishing of concrete.

Seguido a eso, en la segunda etapa se planteo fortalecer otro parámetro importante en la ejecución del proyecto, el cual es el desarrollo de prácticas con altos estándares de calidad. Para esto se investigaron las principales normativas que rigen la evaluación de la calidad en proyectos de esta envergadura. Con esta información se crearon herramientas que facilitan la evaluación de la calidad en los principales procesos constructivos.

Producto del análisis de esta información, se formularon algunas recomendaciones que la Constructora Edificar puede emplear para mejorar los procesos restantes de la etapa final del proyecto.

Palabras Clave: Filosofía Lean, Last Planner, Planificación del tiempo, Aseguramiento de calidad, Diseño de sitio, Estrategia constructiva, Planificación estratégica, Planificación intermedia, planificación semanal, Causas de no cumplimiento, Control de calidad, Acabado del concreto.

Desarrollo de una herramienta de planificación del tiempo y aseguramiento de la calidad para la construcción de un edificio habitacional, en la Empresa Constructora Edificar S.A.

MARCO ZAMORA FEDULLO

Proyecto final de graduación para optar por el grado de
Licenciatura en Ingeniería en Construcción

Diciembre del 2014

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
ESCUELA DE INGENIERÍA EN CONSTRUCCIÓN

Contenido

Prefacio.....	1
Resumen	3
ejecutivo.....	3
Marco teórico	5
Introducción	16
Objetivos	20
Metodología	21
Resultados	23
Análisis de resultados.....	50
Conclusiones	54
Recomendaciones.....	55
Apéndices	56
Anexos.....	59
Referencias	61

Prefacio

La construcción de obras de gran dimensión se basa en un estricto cumplimiento de los objetivos de alcance, plazo, costo y calidad. Es por esta razón que el descuido de uno de estos parámetros en el desarrollo de un proyecto de construcción, puede generar el fracaso de esta tetralogía de la administración y complicar la entrega de un producto final conforme.

En la empresa constructora Edificar S.A. se cuenta con el compromiso de entregar al cliente el resultado de un desarrollo constructivo, con el cumplimiento estricto de estos parámetros. Es por ello que esta Compañía se ha convertido en una de las constructoras de mayor garantía para entregar un valor agregado al cliente, lo cual no se podría avalar sin una relación estrecha de esta tetralogía.

En el caso del proyecto Torres de Velarde el mayor compromiso es brindar la satisfacción al cliente, sin embargo esta obra cuenta con una particularidad que despierta el interés de velar por el desarrollo de procesos constructivos eficientes. El proyecto tiene un periodo de tiempo muy estrecho para el desarrollo de un alto volumen de trabajo, sumado a condiciones como el cumplimiento de horarios reducidos, acatar reglamentos de condominio, áreas densas de trabajo y llevarse a cabo en una época lluviosa, hacen de este un proyecto complejo que genera un reto para la entrega de un producto final conforme.

Para el cumplimiento de los parámetros del éxito de la administración y el desarrollo del proyecto de construcción, se encuentra la aplicación de una forma de trabajo basada en la eficiencia y no solo en la eficacia. “Lean Construction” es una metodología de trabajo especialmente útil en proyectos complejos, inciertos y de alta velocidad, que permite desarrollar mayor calidad y mayor velocidad sin generar un costo adicional.

Basado en esta premisa se plantea una herramienta para afrontar uno de los retos de ejecución del proyecto, desarrollar el edificio de nueve niveles y 6000m² de área de construcción, en un plazo de 5 meses. Se trata de un proyecto con un alto volumen de trabajo, en el cual se debe velar por mantener un ritmo elevado y constante de labores diarias y en un lapso muy breve, lo que obligaba a tener un margen de error ínfimo para el cumplimiento del plazo. Posteriormente a ese primer gran reto, la incógnita se vuelca en entregar un producto final de alta calidad y conformidad con lo solicitado, es por esto que en el desarrollo del proyecto otra meta es velar por el cumplimiento de los estándares de calidad definidos en el alcance. Así este proceso va garantizar no incurrir en gastos o retrabajos por un producto no conforme.

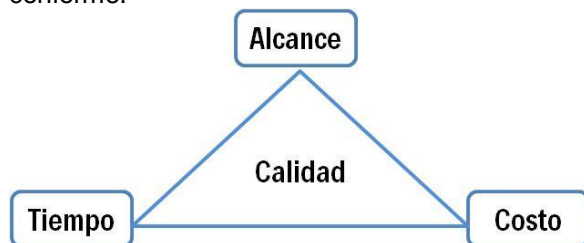


Figura 1. Tetralogía de éxito de la administración. Fuente: Elaboración Propia.

Agradecimiento

Agradezco a las personas que asistieron y participaron en la ejecución de este proyecto, a la Escuela de Ingeniería en Construcción por la formación brindada, a todos los profesores en el proceso de enseñanza, a mi profesor guía Gustavo Rojas y al profesor lector Juan Carlos Coghi por la colaboración en este informe.

Agradezco también a la empresa constructora Edificar, por brindarme la oportunidad de ampliar y aplicar mis conocimientos en el desarrollo de este proyecto de graduación, a los ingenieros Jairo Calvo y Alejandro Porras por la colaboración brindada y a todas las personas que han depositado en mí su confianza.

Agradezco inmensamente a mi padre Carlos Zamora por su esfuerzo y a mi madre Leticia Fedullo por su apoyo incondicional, a quienes dedico este logro, a mi hermano por su ejemplo y sabio consejo, a mi familia y a Dios por guiar mis pasos en este camino.

Resumen ejecutivo

Edificar es una empresa constructora de amplio desarrollo en la industria de la construcción a nivel nacional, cuenta con vasta experiencia en proyectos de edificaciones verticales pero más aun cuenta con premisas internas que exigen a sus equipos de trabajo un producto final con una primera justificación, la satisfacción del cliente. Esta satisfacción del cliente conlleva un cumplimiento estricto en los principales espacios del desarrollo de un proyecto de construcción, de la mano con un producto final de alta calidad.

Es por esto que uno de los aspectos de suma importancia para el cumplimiento eficiente de sus proyectos de construcción, es la finalización de las obras en el plazo establecido en el compromiso con el cliente, de la mano con la entrega de un producto final conforme. Es aquí donde surge la iniciativa del aporte a este proyecto.

Por esta razón los objetivos de la práctica profesional dirigida se orientaron a satisfacer las necesidades de planificación del tiempo y aseguramiento de la calidad en el proyecto habitacional Torres de Velarde.

Los objetivos específicos planteados fueron los siguientes:

- Elaborar la planificación del tiempo en la ejecución del proyecto Torres de Velarde, según la herramienta "Last Planner".
- Constituir mediante el diseño de sitio y la estrategia constructiva, la logística del espacio de trabajo del proyecto Torres de Velarde.
- Diseñar una herramienta que facilite el aseguramiento de la calidad de los procesos constructivos del proyecto.
- Realizar el aseguramiento y control de la calidad de una muestra aleatoria del

proceso constructivo del acabado del concreto.

En el desarrollo del proyecto se realizaron los siguientes pasos:

- Se evaluaron todos los requerimientos de espacio que exigía cada actividad crítica y proceso constructivo, considerando áreas, accesos, transportes, movilidad y zonas de alto riesgo para generar el grafico de organización de las áreas, buscando una adecuada logística de sitio.
- Se definió una propuesta de estrategia constructiva, para lo cual se basó en una relación de plazo y actividades críticas del proyecto, complementándolo con un estudio realizado de otros proyectos con la misma implantación de formaleta Forsa.
- Se elaboró un programa de trabajo basado en hitos de cumplimiento, partiendo de este programa de trabajo, se procedió a aplicar las herramientas de la filosofía Lean.
- Se generó inicialmente la herramienta de planificación estratégica, esta primera herramienta es el hilo conductor de la planificación intermedia y semanal,
- Se realizó una evaluación del uso de las herramientas mencionadas, para lo cual se define un alcance de 15 de las 20 semanas del proyecto Torres de Velarde.
- Se realizó un estudio minucioso de las especificaciones técnicas y documentación importante del proyecto
- Se investigó acerca de la reglamentación y estándares internos de la empresa Edificar en temas de cumplimiento de la calidad.
- Se realizó un procedimiento detallado de la implantación de un Sistema de Aseguramiento de la Calidad en el proyecto Torres de Velarde.

- Por último, se evaluó una muestra aleatoria de la actividad del acabado del concreto, que permitiera tener un parámetro del resultado de los procesos constructivos del concreto.

El desarrollo de este proyecto permitió al equipo de trabajo de Torres de Velarde y a la empresa Edificar obtener conclusiones que alimentan la experiencia y desarrollo de proyectos de esta índole, tales como:

- La utilidad de aplicación de la filosofía Lean en la programación del plazo, en proyectos ininteligibles de alta velocidad.
- Obtener una base de información para el modelo de la estrategia constructiva que se desarrolló.
- El diseño de la logística de sitio planteada es fundamental para el cumplimiento de los plazos de los procesos constructivos del proyecto, ya que de acuerdo con los requerimientos del espacio de la obra permite la organización necesaria para su desarrollo.
- Se demostró la funcionalidad de la herramienta “Last Planner” en la planificación del programa de trabajo, además de desarrollar una mejora continua mediante la evaluación de requerimientos y desempeño de cada actividad.
- La implementación de las herramientas Lean permitió determinar la principal causa de no cumplimiento de actividades, la cual fue la falta de personal por parte de los subcontratistas, con un 40%.
- Se determinó como la causa de mayor problema en el acabado del concreto el inadecuado diseño de la mezcla del concreto autocompactable, lo que generó retrabajos importantes en el desarrollo del proyecto.

Marco teórico

Implementación de Construcción Lean

“Lean Construction” abarca la aplicación de los principios y herramientas Lean al proceso completo de un proyecto, desde su concepción hasta su ejecución y puesta en servicio. La filosofía Lean es una ideología de trabajo que busca la excelencia de una empresa, por lo tanto, sus principios pueden aplicarse en todas las fases de un proyecto: diseño, pre-comercialización, mercadeo, ventas, ejecución, atención al cliente, puesta en marcha, mantenimiento del edificio, administración, logística y una adecuada relación con la cadena de suministro.

Según el Instituto de Construcción Lean (LCI, por sus siglas en inglés) el concepto de Lean Construction se define como “Un enfoque basado en la gestión de la producción para la entrega de un proyecto como una nueva manera de diseñar y construir edificios e infraestructuras”. La gestión de la producción Lean ha provocado una revolución en el diseño, suministro y montaje del sector industrial. Aplicado a la gestión integral de proyectos, desde su diseño hasta su entrega, Lean cambia la forma como se realiza el trabajo a través de todo el proceso de entrega. Lean Construction se extiende desde los objetivos de un sistema de producción ajustada, como maximizar el valor y minimizar los desperdicios, hasta las técnicas específicas y las aplica en un nuevo proceso de entrega y ejecución del proyecto.

Según Leandro “en el proceso de aplicación Lean se pueden obtener resultados como:

- La edificación y su entrega son diseñadas juntas para mostrar y apoyar mejor los propósitos de los clientes.
- El trabajo se estructura en todo el proceso para maximizar el valor y reducir

los desperdicios a nivel de ejecución de los proyectos.

- Los esfuerzos para gestionar y mejorar el rendimiento están destinados a optimizar el rendimiento total del proyecto, pues esto es más importante que la reducción de los costes o el aumento de la velocidad de ninguna actividad aislada.
- El Control se redefine como pasar de “monitorear los resultados” a “hacer que las cosas sucedan”. Los rendimientos de los sistemas de planificación y control se miden y se mejoran.
- La notificación fiable del trabajo entre especialistas en diseño, suministro y ejecución asegura que se entregue valor al cliente y se reduzcan los desperdicios.” (Leandro, A. 2012)

Logística de sitio

La filosofía de Construcción Lean propone el principio de que la eficiencia de la construcción es un criterio importante en la organización, tanto de las instalaciones permanentes como de las temporales. Una eficiente instalación en sitio puede facilitar las actividades de construcción, reducir las pérdidas de productividad y los costos en muchas formas, como por ejemplo:

- Facilitar el acceso de equipos, material y personal.
- Proveer un espacio adecuado para almacenamiento y talleres de trabajo, una apropiada localización de estos en relación con el sitio de trabajo
- Prevenir los requerimientos de espacio que demande cada una de las actividades del proyecto.
- Implantar soluciones económicas para evitar opciones de construcción complejas y de alto costo.
- Utilizar las obras permanentes para usos temporales de construcción.

- Considerar la distancia del lugar de suministros al punto de trabajo, ubicándolo cercano a la ejecución de la obra.
- Considerar las necesidades potenciales de accesos y evaluación de emergencias.

El objetivo de la logística de sitio, según Serpell, consiste en “asegurar la planificación adecuada de los aspectos relacionados con las condiciones de infraestructura provisional y de flujos de personal, materiales y equipo en el proyecto, de modo que se den de la forma más eficiente, en línea con la estrategia constructiva definida”. (Serpell, A. 2003)

Lo mínimo que se debe considerar para conseguir el adecuado funcionamiento dentro del proyecto es lo siguiente:

- Distribución de accesos y sentidos de circulación durante la construcción
- Distribución de instalaciones provisionales y cerramientos.
- Planos electromecánicos, alturas de líneas eléctricas.
- La ubicación de los elementos de apoyo como las grúas torre o plumas.
- Control de escorrentía de aguas pluviales y control de erosión.
- Lugares de acopio de basura y de materiales.
- Lugares de producción de concreto, y talleres y ubicación de sistemas de bombeo.
- Instalaciones provisionales para el personal

Plan estratégico de ejecución

El plan de ejecución de un proyecto se realiza en la etapa de preconstrucción, este plan es un programa integrado y coordinado, destinado a completar todas las actividades y cumplir los objetivos del proyecto. Incluye la organización, los procedimientos operativos, el programa, el presupuesto y la estrategia del proyecto. La presencia de un plan de ejecución es importante ya que marca la ruta y los lapsos de desarrollo del proyecto, sin él los ejecutores hacen sus propios métodos y tiempos de entrega, considerando únicamente sus beneficios

individuales y acomodándolos a su interés de trabajo.

Planificación del programa de construcción

Como lo menciona Sydney M, 1997, “para el desarrollo de un programa de planificación de un proyecto de construcción se deben considerar los siguientes aspectos:

- La secuencia de las principales actividades de construcción y subcontratos.
- El establecimiento de tiempos reales para las actividades de construcción. Con base en rendimientos para situaciones similares.
- El impacto de las condiciones climáticas y las condiciones de sitio en las actividades de la construcción.
- El tiempo de adelanto necesario para el envío de los principales ítems de equipos, bajo diferentes adquisiciones.
- La asignación de tiempos suficiente para el proceso de contratación y subcontratación.” (Sydney M. 1997).

Los programas de constructibilidad contribuyen a la efectiva ejecución de un proyecto en los siguientes aspectos:

- Ayudando a establecer las metas y objetivos del proyecto. Las metas de ingeniería y construcción deben ser consistentes con todas las metas del proyecto, evitando así el peligro de la suboptimización.
- Aportando una manera lógica y sistemática de integrar diseño y construcción. El problema consiste en combinar gente (diseñadores y constructores), con culturas, metas y potenciales diferentes, para que trabajen en conjunto de manera efectiva. Un programa de constructibilidad puede proveer los mecanismos para integrar eficientemente diseño y construcción.
- Proveyendo un mecanismo para obtener experiencias en construcción a medida que se necesita. Los problemas o posibilidades que involucran métodos o técnicas, materiales y equipos, pueden ser resultados antes que el diseño sea finalizado, como

una manera de reducir los costos en terreno sin impactar los costos de diseño.

- Mejorando la comprensión del diseño por parte del personal de construcción. De esta forma se mejora la comunicación y el respeto mutuo, y se previenen en sitio cambios que aparentemente son pequeños, pero que pueden provocar un problema de diseño y construcción importantes.

Planificación de procesos constructivos

La planificación puede ser definida como “la determinación de la metodología o camino que se va a utilizar para el cumplimiento de un objetivo específico” (Sydney M. 1997). Una buena planificación asegura que cada tarea tenga la oportunidad de ser ejecutada correctamente, en el lugar apropiado y en el momento oportuno. Es decir, la planificación tiene como propósito principal lograr el cumplimiento de un objetivo con la mínima interferencia producida por eventos que puedan retrasar o detener el logro.

Definición de actividades críticas

Por actividad crítica debe entenderse aquella que, por su función para el proceso constructivo y avance del proyecto es indispensable para poder

continuar con otros trabajos, debido a la dependencia que esta actividad les genera a otras actividades es que se vuelve crítica para el proyecto.

El último planificador (Last Planner)

Con base en la filosofía “Lean Construction” (Balard, H y Howell, G. 2007) se desarrolla una herramienta integrada de planificación tomando en cuenta la gran cantidad de variables que puede sufrir un proyecto de construcción. En el proceso de ejecución del proyecto, la planificación inicial estratégica se puede ver afectada por aspectos que retrasan su cumplimiento, es por esto que los autores se basan en la teoría de programar las tareas que no solo han de ser hechas, sino que también puedan ser hechas y se harán.

Es en este punto donde entra en juego la segunda herramienta, “Planificación intermedia”, que fundamentalmente evalúa las restricciones que tiene una actividad para ser realizada, dando como resultado un filtro de actividades que pueden ser programadas en un último planificador llamado “Last Planner”, al evaluar el cumplimiento de las actividades que se harán semanalmente. En la Figura 2 Botero y Álvarez resumen de manera esquemática los pasos por seguir para planificar una obra con este sistema.

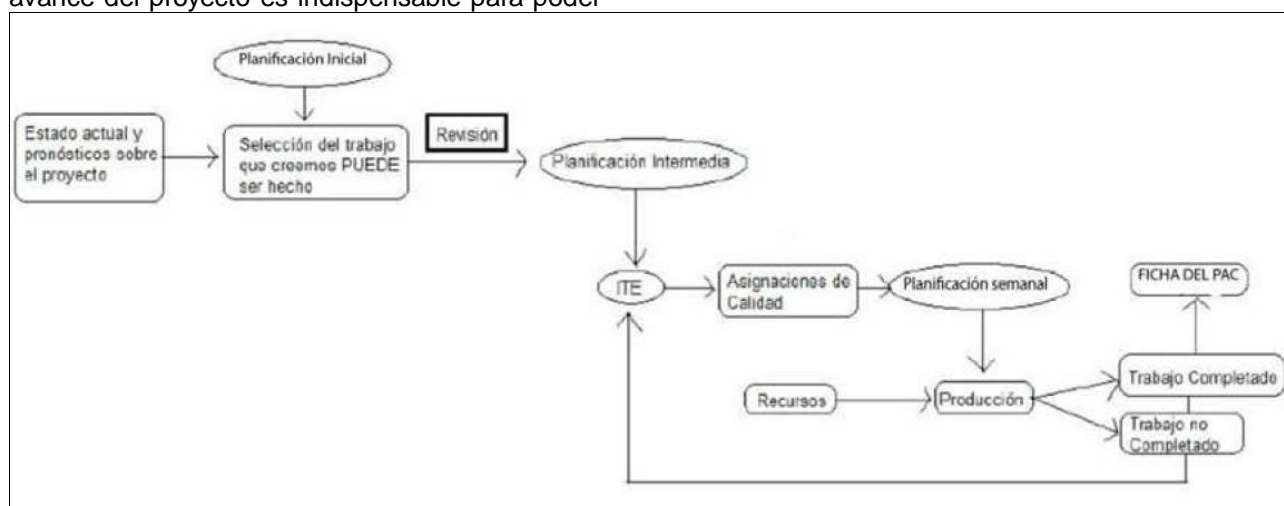


Figura 2. Esquema de desarrollo de planificación (Botero y Álvarez, 2005)

Planificación estratégica inicial

En la fase previa de preconstrucción se desarrollan los objetivos generales para el cumplimiento del proyecto. Con base en esto se elabora una planificación inicial estratégica introduciendo los hitos (acontecimientos puntuales y significativos que marcan un momento importante en el desarrollo del proceso) y fechas en que se deben desempeñar. Esta planificación inicial parte del supuesto de los ejes de desarrollo de un proyecto de construcción, que como se muestra en la Figura 3 un proyecto de construcción se divide en tres etapas principales.



Figura 3. Ejes principales de un proyecto de construcción. Fuente: Coghi, J. 2013.

Planificación intermedia

La planificación intermedia es desarrollada para poner fechas a las actividades que se producirán en un futuro próximo, alrededor de seis semanas, con base en las actividades por ejecutar en un futuro próximo, se toman acciones en el presente que eliminen las restricciones de las actividades venideras, tales como problemas con: el diseño, los proveedores, la mano de obra, la información o el diseño.

Las funciones primordiales de la planificación intermedia son:

- Equilibrar la carga de trabajo con la capacidad: la carga es la cantidad de trabajo esperado para una unidad de producción en un cierto tiempo, mientras que la capacidad se refiere a la cantidad de trabajo que una cierta unidad de producción puede lograr en un cierto

tiempo. Así pues lo ideal es que a cada unidad de producción se le asigne una carga igual que su capacidad para un determinado tiempo, o sea que la unidad de producción tenga asignado un volumen de trabajo que sea igual a su máximo rendimiento ni más ni menos.

- Revisar la secuencia de las actividades: aunque la planificación inicial ya tiene en cuenta este objetivo. Es importante también verificarlo en esta fase. Así mismo se debe tomar en cuenta el orden de las actividades, que no se tengan dos grupos diferentes trabajando en la misma zona o todos los grupos de trabajadores con los materiales necesarios.
- Desarrollar detalladamente los métodos de ejecución: cuanto más se detalle la forma como se ejecutarán las actividades programadas, más fácil será ver los posibles errores que haya o los posibles inconvenientes que puedan surgir en el terreno en el futuro.
- Mantener un listado de actividades listas para ejecutar: el resultado de la revisión de todas las actividades, da como fruto un conjunto de asignaciones (actividades que no tienen restricciones), estas asignaciones se incluyen dentro del "Inventario de Trabajo Ejecutable" (ITE). La idea es que este inventario sea lo suficientemente amplio para que si una actividad no pueda ser ejecutada, sea cual sea el motivo, la unidad de producción pueda realizar otra actividad y no se detenga.

Según Botero y Álvarez, 2005, la elaboración de adecuada planificación intermedia debe considerar una serie de pasos:

1. Determinar el periodo que abarcará la planificación intermedia, aproximadamente seis semanas, aunque lo ideal es abarcar tantas semanas como tiempo de respuesta tienen los proveedores, así pues el tiempo abarcado depende de cada proyecto.
2. Con base en el número de semanas que se quiere abarcar en la planificación intermedia, se debe desglosar la planificación inicial y determinar las actividades que se harán durante cada periodo.

- Posteriormente definir las restricciones o factores que impiden que se pueda realizar la actividad para considerarlos y ejecutarlos. (Botero y Álvarez, 2005)

La revisión consiste en examinar las diferentes restricciones y determinar el estado de cada actividad, según Botero y Álvarez, 2005, “solo se deben introducir en la planificación intermedia

aquellas actividades que tengan un alto porcentaje de poder llevarse a cabo” (Botero y Álvarez, 2005). Generalmente a cada actividad se le asigna una persona encargada de la ejecución y a otra encargada del seguimiento, ambas han de eliminar las restricciones de una actividad para que ésta pueda ser ejecutada según lo programado. En la Figura 4 se propone un formato de planificación intermedia.

SEMANA	ACTIVIDADES	FECHAS		RESTRICCIONES						RESPONSABLE	
		INICIO	TERMINO	CANCHA	MATERIAL	DISEÑO	LISTA DE CHEQUEO	REVISIÓN Y	EJECUCIÓN	SEGUIMIENTO	
1 (04 al 03 de junio)	Hormigón muros y pilares piso 1 sector B	30/05/07	05/06/07	✓	✓	✓	✓	✓	✓	HC	HC
	Moldaje vigas y losa piso 1 sector B	05/06/07	08/06/07	✓	✓	✓	✓	✓	✓	HC	FG
	Fierro vigas y losa piso 1 sector B	05/06/07	08/06/07	x	✓	✓	✓	✓	✓	HC	FG
	Hormigón vigas y losa piso 1 sector D	00/06/07	11/06/07	x	✓	✓	✓	✓	✓	HC	FG
	Trazados y niveles generales edificio C-D	04/06/07	08/06/07	✓	✓	✓	✓	✓	✓	RA	HC
	Excavaciones fundaciones edificio C	04/06/07	15/06/07	✓	x	✓	✓	✓	✓	HC	FG
	Fierro muros y pilares piso 2 sector A	08/06/07	11/06/07	x	✓	✓	✓	✓	✓	RA	HC
Instalaciones provisionales: Alcantarillado	09/04/07	13/06/07	✓	✓	✓	✓	✓	✓	HC	FG	

Figura 4. Formato de Planificación Intermedia (Botero y Álvarez, 2005)

Planificación semanal

La planificación semanal tiene como función primordial controlar a la unidad de producción, progresando en la calidad de las asignaciones gracias al aprendizaje continuo y a las acciones correctivas. El control de la unidad de producción depende en gran parte de la calidad de las asignaciones hechas por el último planificador. Según Botero y Álvarez “una asignación es considerada como alta calidad si tiene las siguientes características:

- Las actividades han de estar bien definidas, para lo cual las asignaciones serán muy específicas en su descripción.
- La secuencia de trabajo ha de ser lógica, las asignaciones se harán en orden de prioridad y ejecución.
- La cantidad de trabajo asignada a una unidad productiva será asumible por ésta.
- Las actividades que precedían a la asignación tienen que estar finalizadas, la unidad de producción ha de tener todo lo que necesita.” (Botero y Álvarez, 2005)

Con base en el Inventario de Trabajos Ejecutables (ITE) la planificación semanal selecciona las actividades que pueden ser realizadas, de esta manera se evita que haya incertidumbres en el flujo de producción fomentando la confianza en la unidad que ejecutará el plan de trabajo y en las unidades que posteriormente realizarán actividades que tienen a ésta como precedente.

Porcentaje de actividades completas o terminadas (PAC)

Es un medidor que califica según el número de actividades completas que fueron programadas dividido por el número total de actividades programadas, este evaluador permite mejorar los motivos por los cuales no se cumplen los plazos establecidos, en la próxima planificación. Esto se resume en una aplicación de las bases de la filosofía Lean, como lo es el Kaizen o mejora continua en los procesos, mediante el último

planificador se puede lograr una realimentación en cada ejecución. En la Figura 5 Botero y Álvarez proponen un formato de elaboración de Last Planner.

		PROGRAMACIÓN OBRA GRUESA										
		Semana del 5 al 11 de junio										
Nº	ACTIVIDAD	MARTES 5	MARTES 5	MIÉRCOLES 6	MIÉRCOLES 6	JUEVES 7	JUEVES 7	VIERNES 8	VIERNES 8	LUNES 11	LUNES 11	PAC
1	Fierro vigas y losa piso 1 sector A	x	x									1
2	Hormigón vigas y losa piso 1 sector A	x	x									1
3	Moldaje muros y pilares piso 1 sector B	x	x	x	x							1
4	Hormigón muros y pilares piso 1 sector B	x	x	x	x							1
5	Moldaje vigas y losa piso 1 sector B	x	x	x	x	x	x	x	x			1
6	Fierro vigas y losa piso 1 sector B			x	x	x	x	x	x	x	x	1
7	Hormigón vigas y losa piso 1 sector B									x	x	1
8	Fierro muros y pilares piso 2 sector A							x	x	x	x	1
9	Moldaje muros y pilares piso 2 sector A									x	x	1
10	Hormigón muros y pilares piso 2 sector A									x	x	1
11	Trazados y niveles generales edificio C-D	x	x	x	x	x	x	x	x			1
12	Excavaciones fundaciones edificio C	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	1
13	Emplantillado edificio C									x	x	1
14	Excavaciones fundaciones edificio D			x	x	x	x	x	x	x	x	1
15	Instalaciones provisionarias: Electricidad	x	x	x	x	x	x	x	x			1
16	Instalaciones provisionarias: Alcantarillado	x	x	x	x	x	x	x	x			0
17	Instalaciones provisionarias: Agua potable	x	x	x	x	x	x	x	x			0
18	Cierres provisionarios	x	x	x	x	x	x	x	x			1
											PAC [%]	89

Figura 5. Formato de Planificación Semanal (Botero y Álvarez, 2005)

Programa de trabajo

Para cualquier tipo de proyecto, en donde se necesite pasar de un estado real a un estado deseado, es necesario un programa de trabajo que refleje, de la mejor forma, todos los pasos que se tienen que dar para lograr alcanzar el objetivo. De igual forma, la construcción no escapa de esa realidad y más bien es en ella donde un programa de trabajo se vuelve sumamente útil para lograr alcanzar el objetivo final, dando de esta forma la seguridad de que el proyecto, en términos de avance, está siendo bien administrado.

Para un profesional, el programa de trabajo es una herramienta que le permite comparar el trabajo realizado contra lo planificado, lograr detectar retrasos en las actividades en el momento justo, para poder plantear estrategias de recuperación con el fin de alcanzar las metas propuestas, obtener información con el fin de analizarla y comprender la duración de las

actividades. De esta forma el programa es dinámico, todos los días se mueve, se transforma y ante todo comunica en una manera gráfica la realidad del proyecto.

Entre las principales características de un programa está la respuesta en función de la información con la que se realiza, por lo tanto para plantear un buen programa de trabajo, es necesario contar con información correcta y tener bien definido la estrategia constructiva del proyecto, siendo ésta la que nos la dirección para la elaboración final del programa.

Según Chamoun Y, 2002, "un buen programa de trabajo deberá cumplir los siguientes requisitos:

- Planear las actividades que se ejecutarán para el proyecto.
- Coordinar a los responsables de ejecutar las actividades.
- Controlar el avance del proyecto.

- En caso de retrasos, implantar medidas correctivas a tiempo para el cumplimiento de los plazos.
- Dejar documentado el avance del proyecto.
- Comunicar el planeamiento y avance a clientes, inspectores, ingenieros, subcontratistas, etc.” (Chamoun, Y. 2002)

Para su desarrollo deberán definirse los siguientes parámetros:

- Fecha de inicio del proyecto
- Duración del proyecto
- Fecha de terminación del proyecto
- Los hitos o fechas relevantes que pueden ser establecidos por el cliente o que sean actividades importantes (se recomienda que los hitos se separen entre sí al menos aproximadamente un 25% del tiempo total del proyecto)
- Calendario con los feriados
- Jornada laboral

También se recomienda tener en cuenta aspectos como que las actividades deberán agruparse por especialidad, por ejemplo Arquitectónica, Civil, Mecánica y Eléctrica, se deberá mostrar la ruta crítica o un diagrama de las actividades maestras, el programa deberá ser revisado en conjunto con los subcontratistas y contener la aprobación del cliente. En caso de que este no esté de acuerdo, se deberá reprogramar para satisfacer las necesidades planteadas. Una vez aprobado será comunicado a los subcontratistas, se comenzará a dar seguimiento al programa por medio de inspecciones de campo y con reportes de avance que los subcontratistas deberán presentar una vez por semana. Si existieran retrasos en los trabajos, el subcontratista involucrado deberá ofrecer un plan de recuperación.

La programación es un concepto mucho más amplio que la construcción y seguimiento de una red, es el proceso de planeamiento que involucra la definición de una estrategia y un conjunto de tácticas, que marcan la ruta del proyecto y el uso de los recursos. La programación involucra el planteamiento y asignación de las actividades y los recursos en una unidad de tiempo, considerando los insumos del proyecto.

Métodos comunes de programación

- Diagrama de barras.
- Método de la ruta crítica.
- Método PERT
- Gráficos de cadena de tiempo. (Coghi, 2013)

Restricciones de actividades

Un gran número de factores puede afectar el costo y plazo de la construcción, los que pueden ser omitidos involuntariamente durante la etapa de planificación conceptual. Algunos de ellos son:

- Disponibilidad de materiales.
- Disponibilidad de servicios.
- Disponibilidad de mano de obra.
- Costo de la mano de obra.
- Capacidad de proveedores.

Causas de no cumplimiento

Con base en la planificación semanal y los resultados de las actividades que fueron programadas pero no completadas, se procede a identificar las causas del no cumplimiento, normalmente como causas que pueden explicar el no cumplimiento de lo programado se encuentran las siguientes:

- Error en la información, considerar que una actividad no tenía restricciones cuando sí las presentaba.
- Considerar que la unidad de producción era más productiva de lo que realmente era.
- Tener que asignar muchos recursos a otra actividad que era más urgente y no estaba prevista.

Sea cual sea el motivo del incumplimiento es importante estudiarlo para que este no se repita o al menos que sea predecible para no considerar la actividad que ha retrasado la obra como asignación la próxima vez.

Kaizen

Una de las frases que más se escucha en las empresas Toyota es “La manera como nosotros trabajamos, que es un poco mejor cada día”. La frase ejemplifica todo lo que la palabra Kaizen significa; es un concepto japonés que se puede definir como la mejora de la calidad de forma continua mediante pasos muy pequeños. Para conseguirlo se ha de mejorar la calidad en tres niveles diferentes: gestión, equipos e individuos. La gestión tiene que mejorar el sistema y los diferentes procesos que se han de cumplir para fabricar el producto final. Los equipos han de mejorar los procesos de producción y los valores de la organización y finalmente los individuos intentarán mejorar su lugar de trabajo.

Por otro lado, el Kaizen también se fija en la calidad de los empleados versus la producción. Según Almeida J, 2005, “La medición de la calidad de los empleados es un factor muy importante si una empresa quiere mejorar, ya que un empleado entusiasmado, habilidoso y con iniciativa siempre producirá más que uno que no lo esté”. (Almeida, J. 2002)

Uno de los objetivos primordiales que busca el Kaizen es la participación de todos los empleados, desde el más importante de los directivos hasta el último de los empleados tienen que estar involucrados en el proceso de mejora continua. Extrapolando, se pueden encontrar hasta 10 principios pertenecientes al Kaizen que se aplican en la filosofía Lean:

- 1) Trabajar siempre con la máxima seguridad y bajo las leyes que regulen el empleo.
- 2) Considerar los problemas como tesoros pues son posibilidades para mejorar.
- 3) Ir a buscar la información de algo donde este algo pase.
- 4) Considerar todos los factores.
- 5) Saber responder siempre a: Cómo, Cuándo, Dónde, Qué, Por qué y Quién.
- 6) Planificar el trabajo de forma correcta
- 7) 3 x Mu: eliminar desperdicios (Muda), controlar lo que no se puede controlar (Mura) y gestionar los sobreesfuerzos (Muri).

- 8) 5 x S: Seiriti, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke : Mantener limpio y ordenado el puesto de trabajo
- 9) Disciplina: Hay que hacer lo que se ha prometido
- 10) Hacerlo: Trabajar según estas premisas dadas. (Ohno Taiichi 1988)

Gestión de calidad

Dentro de la filosofía de Construcción Lean se maneja un concepto importante de eficiencia, la cual busca conseguir el objetivo final con el uso mínimo de los medios, con base en lo anterior la gestión de calidad busca un aseguramiento en prevenir la gran cantidad de desperdicios que se presentan en la construcción, dentro de los cuales se encuentra el retrabajo.

Para evitar todas estas consecuencias negativas, es necesario incorporar en los proyectos de construcción la gestión de calidad, la cual tiene como objetivo lograr la calidad en todos los ámbitos del funcionamiento de una empresa, así como en sus productos y servicios. Según Bonnefoy C, 2005, “los principales conceptos asociados a la gestión de calidad total son los siguientes:

- La gestión de calidad es crucial para la sobrevivencia de una empresa y merece la atención y compromiso de la administración superior.
- La principal responsabilidad sobre la calidad debe recaer en aquellos que realizan el trabajo, el control por inspección es de valor limitado.
- Para que los grupos de producción acepten la responsabilidad por la calidad, la administración debe establecer sistemas para el control y verificación del trabajo, así como educar a la fuerza laboral en la aplicación.
- Los gastos de educación y capacitación para la calidad y cualquier otro costo que se deba incurrir, será recuperado muchas veces por medio de una mayor producción, menos pérdidas y una mejor calidad de productos y mayores utilidades.” (Bonnefoy, C 2005)

Definiciones de calidad

Algunas definiciones de calidad según varios autores:

- “La calidad se define como el cumplimiento de los requerimientos”. (McDonald, P. 1993)
- “Es la totalidad de las propiedades y características de un producto o servicio que tiene relación con su aptitud para satisfacer las necesidades manifiestas o implícitas (Crosby, P. 1998)
- “La calidad corresponde a la adecuabilidad para el uso de un producto”(British Standard 4778, ISO 9000)
- “Calidad es el resultado de la constancia en los propósitos y de un continuo mejoramiento de los productos y los servicios que se ofrecen, es una característica del trabajo de cada uno. (Juran, J. 1998)

Normas y estándares

Para poder implantar un sistema de aseguramiento y control de calidad, se requiere contar con estándares y normas, estos deben proporcionar la guía necesaria para establecer un modelo de aseguramiento y control de la calidad para un proyecto determinado. La misión del plan es proveer las herramientas y procedimientos para que la ejecución de los trabajos pueda ser asegurada y controlada.

Tanto en EE.UU. como en Europa y Japón, se han desarrollado estándares especiales que tratan el tema de Aseguramiento y Control de la Calidad, siendo las normas ISO (International Standards Organization) de la serie 9000.

- ISO 9000 Normas de gestión de calidad y aseguramiento de calidad- Guía para la selección y uso.
- ISO 9001 Sistema de calidad-Modelo de aseguramiento de la calidad en el diseño, desarrollo, producción, instalación y servicio.
- ISO 9002 Sistema de calidad-Modelo de aseguramiento de la calidad en la producción e instalación.
- ISO 9003 Sistemas de calidad-Modelo de aseguramiento de la calidad en la inspección y ensayos finales.

- ISO 9004 Gestión de calidad y elementos del sistema de calidad-Guías.

Gestión de calidad en la construcción

En la construcción, el problema de calidad se ha manejado preferentemente a través de los sistemas de inspección. Lamentablemente, al igual que en otros sectores, la inspección no ha aportado resultados positivos como mecanismo para lograr el aseguramiento de la calidad de los proyectos, ya que la inspección se orienta principalmente en detectar problemas, no a prevenirlos.

Es por ello que la calidad debe prevenirse, es decir, se debe trabajar para lograrla desde el primer día en que se da inicio el proyecto. Para ello, se requiere la participación de todos los que trabajan en el proyecto, volviendo sobre los detalles en caso necesario para lograr la calidad y no descansar en la inspección posconstrucción. También se requiere crear una atmósfera cooperativa en el proyecto, en que todos se ayuden mutuamente para resolver los problemas, reducir pérdidas y mejoramiento de los procesos y operaciones de construcción.

Según Bonnefoy C, 2005, la idea de la gestión de calidad es “desintegrar los procesos de construcción a los diferentes niveles que los componen, comenzando en el ámbito de proyecto, e identificando los diferentes factores y subfactores que tienen influencia en el resultado o producto final. Se deben analizar estos factores con el objeto de identificar aquellos que tienen mayor influencia en el resultado del proceso.

Posteriormente, se pueden establecer las acciones necesarias para evitar las situaciones negativas para que puedan producir en los factores críticos, asegurando de este modo, el objetivo perseguido para el proceso”. (Bonnefoy, C 2005)

Etapas de la gestión de calidad aplicada a la construcción

El desarrollo de cualquier actividad de construcción nace de un punto de interés por parte del propietario, ya sea público o privado, es evidente que todos estos intereses se traducen en nuevos proyectos de construcción. Es por esto que se debe deducir la importancia de ejecutar procesos de calidad que cumplan con los altos estándares definidos y esperados para el producto final.

Dentro del ciclo de gestión de calidad se establecen tres etapas o procesos que marcan el desarrollo de un proyecto de construcción con el cumplimiento de altos estándares de calidad. Estos procesos, mostrados en la siguiente figura, permiten asegurar que traigan importantes beneficios a las empresas o entidades públicas que decidan aplicarlos.



Figura 6. Etapas de la gestión de calidad en proyectos de construcción. (Bernard, F. 2003)

1. Planificación de Calidad: es la identificación de los estándares, normas, reglamentos y códigos que son aplicables a los proyectos de construcción, además de analizar la forma de organización del

equipo de proyecto para poder atender tales requerimientos.

2. Realizar el aseguramiento de calidad: implica que el equipo de proyecto plasme los métodos de trabajo, asegurando durante el desarrollo del proyecto la ejecución del total de procesos que garanticen el cumplimiento de los estándares identificados en el proceso anterior.
3. Realizar control de calidad: hacer todas las comprobaciones necesarias para demostrar objetivamente el cumplimiento de los procedimientos documentados (desarrollados como resultado del proceso anterior) y complementariamente definir los correctivos, para el pleno cumplimiento de los estándares contractuales.

Estándares relacionados con el concreto y la construcción

Los muestreos, hechuras, curados y pruebas de resistencia a la compresión deben de ser hechas de acuerdo con la Sociedad Americana de Pruebas y Materiales, ASTM o su equivalente, algunas de sus normas son:

- ASTM C-31 Curado de las muestras de concreto.
- ASTM C-39 Pruebas de compresión.
- ASTM C-94 Pruebas al mismo tiempo, concretera e ingeniero.
- ASTM C-301 Responsabilidad de resistencias.
- ASTM C-318 Especificaciones de concretos estructurales.
- ASTM C-309 Especificaciones para compuestos de curado para concreto líquidos que forman membranas.
- ASTM C-348 Resistencia a la flexión.
- ASTM C-672 Resistencia al desconchamiento.
- ASTM C-779 Resistencia a la abrasión.
- ASTM C-1151 Evaluación del curado del concreto.

Control Estadístico de la Calidad

Consiste en el acopio, análisis e interpretación de datos para su uso en el control de la calidad. Dos elementos importantes del CEC son el Control Estadístico de Procesos (CEP) y el Muestreo de Aceptación. Tal como se observa en el diagrama a continuación se podrá observar que ambos elementos cuentan con atributos y variables

propias, siendo los más empleados los gráficos de control, los cuales se utilizan como herramienta estadística para detectar variaciones en la calidad de un producto en cierta fase de su proceso de fabricación. También son bien conocidos en el análisis de la calidad los diagramas de flujo, diagramas de Pareto, histogramas, los diagramas causa- efecto, las hojas de registro de datos y los diagramas de dispersión y análisis de correlación.

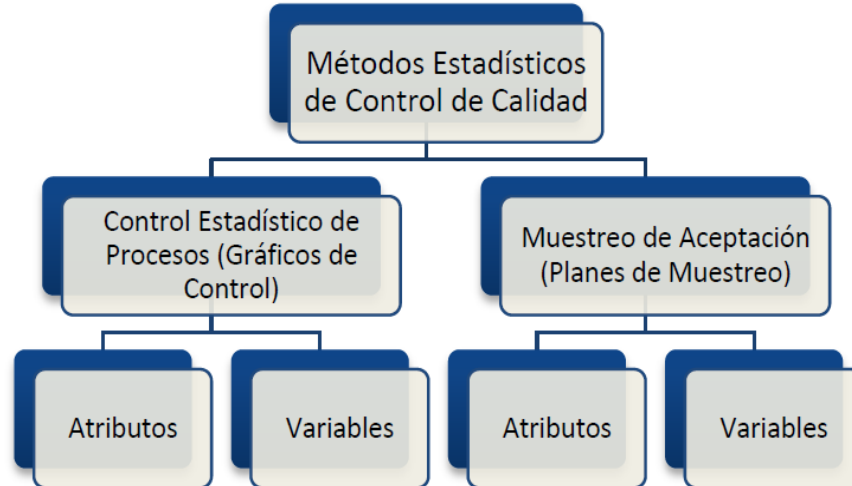


Figura 7. Esquema de Métodos Estadísticos para el Control de Calidad. (Bonneyoy, C. 2005)

Introducción

Dentro de las obras de construcción, la planificación y gestión de proyectos ha sido tema de varios estudios, presentados en la literatura (Caldas; 1990, Araujo y Meira; 1998, Machado; 2003). Esos estudios están principalmente dirigidos para grandes construcciones y grandes empresas, siendo así la industria de la construcción quien tiene características propias en cuanto a la elaboración de sus productos; este hecho la diferencia de otros segmentos industriales.

Estas diferencias han sido durante mucho tiempo utilizadas como motivo para que no se haya tratado implantar nuevas condiciones de gestión, a las tradicionales metodologías empleadas en el sector. Después de analizar las características intrínsecas de esta industria, se puede entender mejor sus dificultades, tales como que el producto es producido en el propio local donde será utilizado, emplea intensamente recursos humanos, está expuesta a la intemperie y a las variaciones atmosféricas y los flujos de producción tienden a ser convergentes.

Es por esto que se requiere concebir la planificación de un proyecto de construcción como el proceso de definir, coordinar y determinar el orden en que deben realizarse las actividades, para así lograr la más eficiente y económica utilización de los equipos, elementos y recursos que se disponen y en forma paralela eliminar diversificaciones innecesarias de los esfuerzos. Este proceso se debe establecer en un plan de trabajo, el cual debe ser controlado a lo largo del desarrollo de la obra para saber si se está cumpliendo o si debe ser sometido a una revisión o modificación, a fin de que se pueda cumplir con el objetivo final fijado. Por otro lado, es necesario ejecutar el control estricto en el desarrollo de una obra, colaborando en nivelar la toma de decisión empresarial, a lo largo del período de ejecución de la obra a través de la

identificación de los desvíos ocurridos en relación con la planificación inicial.

Considerando la importancia de establecer controles de avance y de calidad de los procesos de constructivos de este proyecto, se desarrolla e implanta una serie de herramientas para que la empresa Edificar pueda llevar un mejor control de actividades, ya que el mayor reto de la Empresa es brindar satisfacción al cliente. Esta necesidad se da mediante el acatamiento de los estándares de calidad, cumplimiento del alcance con el tiempo y costo estipulados.

El proyecto se desarrolló como parte de la Práctica Profesional Dirigida y su objetivo principal se basó en analizar el proyecto Torres de Velarde para buscar el desarrollo identificando las actividades críticas y su planificación a lo largo del plazo establecido, además proponiendo en conjunto un control de los estándares de calidad esperados en el producto de entrega final.

Se realizó la implementación de este sistema de planificación y aseguramiento de la calidad, en el Proyecto Torres de Velarde debido a la estrechez de su plazo en relación con el alto contenido de trabajo. También las condiciones que rondan el desarrollo de este proyecto dificultan más aun su avance y bien la falta de control en esta etapa puede ocasionar pérdidas millonarias en una empresa. Por estas condiciones, se considera que este proyecto es idóneo para la aplicación de la filosofía de producción Lean y el desarrollo de los objetivos propuestos en este informe.

Para desarrollar un sistema de planificación hay que caracterizar la industria de la construcción de la empresa. Después de caracterizada la especificidad de la industria, deben ser abordados los modelos de planificación dirigidos para la reducción de pérdidas y optimización de los procesos

productivos, posibles de aplicar en obras de corta duración. Se desarrollara un modelo de planificación y control que permita una mejoría en

Descripción del Proyecto

El proyecto consiste de una de las dos torres de condominios llamadas Condominio Residencial Torres de Velarde, ubicado en Ulloa de Heredia. El desarrollador y cliente, Desarrollos Urbanísticos La Lillyana, cuenta con su equipo de trabajo dentro del proyecto, lo cual agiliza en gran cantidad la toma de decisiones de su interés. La obra consiste de un área de construcción de aproximadamente 6000m² solo para la primera torre, con nueve niveles en un plazo de veinte semanas.

El alcance de la primera torre consiste en obra gris completa; fundaciones, columnas, muros, vigas, sobrelosas y contrapiso de concreto, instalaciones electromecánicas, estructura de techo, acabados parciales; tales como cielos y estructuras livianas. También para el inicio de la construcción se requiere el descabece de los pilotes para su unión con las vigas de nervaduras, los cuales son entregados por el cliente. Luego de las vigas de fundación, las paredes y losas son coladas monolíticamente mediante un sistema de formaleta autosoportante que permite esta práctica y favorece el avance de la obra, mientras que para la cubierta de techos se utiliza estructura metálica.

Dentro de los elementos no contemplados en la obra se encuentra el movimiento de tierras, así como la construcción de los pilotes y la mayoría de los acabados, los cuales el cliente por ser desarrollador los elabora con su equipo de trabajo.

El proyecto cuenta con aspectos innovadores o de interés especial, se utiliza un colocador mecánico de concreto lo que facilita mucho la principal actividad, como es la colocación de concreto. Dentro de los lapsos y las contrataciones contar con una bomba y colocador para concreto propios en el proyecto agiliza los tiempos de colocación del concreto. También se tiene la ventaja de contar con formaleta propia de

la gestión de la producción y un óptimo cumplimiento de los plazos de entrega de la obra.

la empresa en el proyecto, esta formaleta cumple la función de trabajar de forma autosoportante entre los muros y la losa, lo cual permite un colado monolítico de concreto en toda la estructura



Figura 8: Fotografías Proyecto Torres de Velarde. Fuente: Desarrolladora La Lillyana



Figura 9. Ubicación Geográfica. Fuente: Google Maps

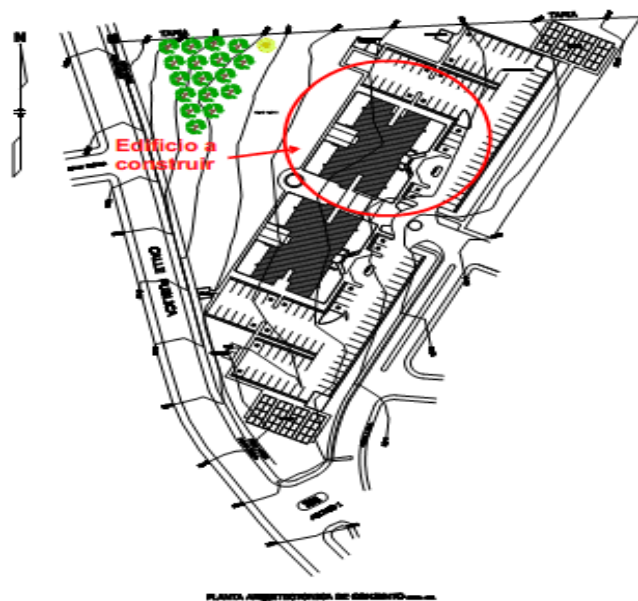


Figura 10. Plano de conjunto. Fuente: Planos arquitectónicos Proyecto Torres de Velarde



Figura 12: Distribución arquitectónica en planta. Fuente: Planos arquitectónicos Proyecto Torres de Velarde

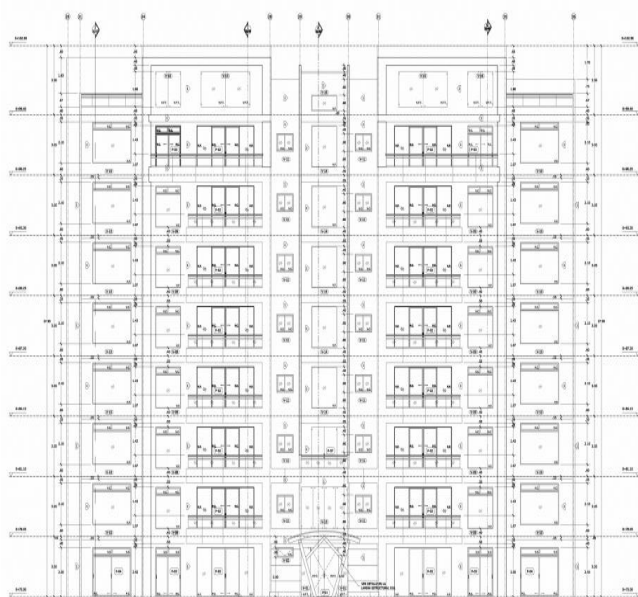


Figura 11: Fachada principal T.Velarde. Fuente: Planos arquitectónicos Proyecto Torres de Velarde



Figura 13: Distribución arquitectónica de azotea. Fuente: Planos arquitectónicos Proyecto Torres de Velarde

Desarrollo de una herramienta de planificación del tiempo y aseguramiento de la calidad para la construcción de un edificio habitacional, en la Empresa Constructora Edificar S.A.



Figura 14: Colocador mecánico de concreto. Fuente: Elaboración propia



Figura 15: Fotografías antes y después del proyecto. Elaboración propia.

Desarrollo de una herramienta de planificación del tiempo y aseguramiento de la calidad para la construcción de un edificio habitacional, en la Empresa Constructora Edificar S.A.

Objetivos

El proyecto se desarrolló con respecto a los siguientes objetivos:

General

- Desarrollar bajo la filosofía Lean, una herramienta de planificación del tiempo y aseguramiento de la calidad, en la construcción del edificio habitacional Torres de Velarde.

Específicos

- Elaborar la planificación del tiempo en la ejecución del proyecto Torres de Velarde, según la herramienta "Last Planner".
- Constituir mediante el diseño de sitio y la estrategia constructiva, la logística del espacio de trabajo del proyecto Torres de Velarde.
- Diseñar una herramienta que facilite el aseguramiento de la calidad de los procesos constructivos del proyecto.
- Realizar el aseguramiento y control de la calidad de una muestra aleatoria del proceso constructivo del acabado del concreto.

Alcance

- Planificación de tiempo del proyecto.
- Estrategia de la construcción de formaleta y concreto.
- Diseño del sitio.
- Desarrollo de etapas de calidad: planificación y aseguramiento.

Limitaciones

- No se contempla planificación de costos, seguridad, comunicación ni roles de equipos de trabajo en el proyecto.
- No se incluye la tercera y última etapa de control de calidad.

Metodología

Con base en el cumplimiento de los objetivos que se propusieron para la práctica profesional, se desarrollaron en una secuencia lógica actividades para explicar en los siguientes párrafos de la presente sección, con el fin de llegar al producto esperado del trabajo.

Como se mencionó en la descripción, el proyecto realizado en Torres de Velarde constituyó el edificio habitacional, realizado en concreto reforzado en todos sus muros, con un área total por piso de 6.000m² aproximadamente. Cada piso está compuesto de cuatro apartamentos configurados con dos o tres dormitorios, estudio, dos servicios sanitarios, vestíbulo, sala, comedor, cocina y cuarto de pilas.

El principal proceso constructivo contempla el uso de la formaleta autosoportante Forsa, la cual es un elemento de sumo interés ya que favorece en el cumplimiento del plazo del proyecto, siendo una formaleta versátil que permite la construcción de un piso por semana. El concreto utilizado para los muros es un concreto autocompactable de resistencia $f_c=250 \text{ kg/cm}^2$, mientras que para la losa se utilizó un concreto de agregado fino con $f_c=280 \text{ kg/cm}^2$.

Antes de iniciar la obra se buscó comunicar a los equipos de trabajo los beneficios de la implementación de la filosofía de Construcción Lean en el proyecto, se inició con una capacitación introductoria de las aplicaciones Lean en procesos constructivos, para la cual se convocó a los principales subcontratistas y se compartió el material de exposición adecuado para generar el interés de aplicar esta filosofía.

Continuando en la fase de preconstrucción, se evaluaron todos los requerimientos de espacio que exigía cada actividad crítica y proceso constructivo, considerando áreas, accesos, transportes, movilidad y zonas de alto riesgo

principalmente para generar una lista de criterios de diseño del sitio. Posteriormente a eso, se continuó con el uso de un programa de dibujo para generar el gráfico de organización de las áreas, buscando una adecuada logística de sitio. Esta fase previa a la construcción del proyecto se completó con la propuesta de una estrategia constructiva, para lo cual se basó en una relación de plazo y actividades críticas del proyecto, complementándolo con un estudio realizado de otros proyectos con la misma implantación de formaleta Forsa. Este análisis comparativo permitió la propuesta de la cantidad de frentes de trabajo y de la secuencia de actividades por piso, como se muestra en la Figura 16, donde el color amarillo representa la actividad de armadura; la cual es la primera en iniciar, posteriormente el color azul muestra las actividades de previstas electromecánicas de paredes y por último en el día respectivo a la colada de esa zona, el color gris representa la actividad de formaleta y colocación de concreto.

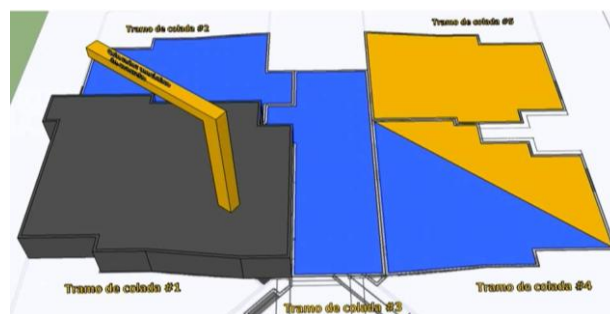


Figura 16. Secuencia de actividades en un piso por día.
Fuente: Elaboración propia.

Con respecto de la especificación de plazo que define el cartel de licitación del proyecto se elaboró un programa de trabajo basado en hitos de cumplimiento, partiendo de este programa de trabajo, se procedió a aplicar las herramientas de la filosofía Lean. Con el uso de Microsoft Office Excel (Excel: Microsoft Corporation) se generó

inicialmente la herramienta de planificación estratégica, esta primera herramienta es el hilo conductor de la planificación intermedia y semanal, las cuales permiten realizar una evaluación de restricciones, así como la programación semanal y el cumplimiento y causas de cada actividad. El cierre de esta primera etapa de planificación se realiza con la evaluación del uso de las herramientas mencionadas, para lo cual se define un alcance de 15 de las 20 semanas del proyecto Torres de Velarde.

Con respecto de la segunda etapa de esta investigación, se realizó un estudio minucioso de las especificaciones técnicas y documentación importante del proyecto, también se inquirió acerca de la reglamentación y estándares internos de la empresa Edificar en temas de cumplimiento de la calidad. Este análisis inicial en conjunto con la definición de las normas externas que rigen el diseño y construcción en Costa Rica, permitieron realizar un procedimiento detallado de la implantación de un Sistema de Aseguramiento de la Calidad en el proyecto Torres de Velarde.

El alcance del procedimiento para esta investigación se define en desarrollar dos de las tres etapas correspondientes a la Planificación y el Aseguramiento de la Calidad, dejando por fuera el Control de la Calidad, por términos de plazo. Sin embargo, se desarrollaron todas las herramientas necesarias para considerar el Control de Calidad en los procesos constructivos de las actividades críticas del proyecto. Para esta última elaboración se tomaron en cuenta todos los requerimientos del cumplimiento de calidad evaluados en las primeras etapas del procedimiento planteado.

Por último, se evaluó una muestra aleatoria de la actividad del acabado del concreto, que permitiera tener un parámetro del resultado de los procesos constructivos del concreto. Se inspeccionó un nivel completo de la edificación con el uso de la herramienta de Control, elaborada en la etapa anterior del procedimiento y con el uso de niveles, plomos y cordales se evaluó el acabado de las paredes y losa de dicho nivel.

Resultados

A continuación se presentan los resultados obtenidos durante la ejecución del proyecto. Estos resultados provienen de las herramientas desarrolladas para la planificación del tiempo y

aseguramiento de la calidad en un edificio habitacional. Debido a la temática principal de los objetivos, los resultados se presentarán en dos etapas para una mejor organización.

I Etapa

Logística de sitio

En esta fase previa del proyecto, se diseñó el espacio de sitio idóneo para la ejecución de las labores de construcción, de acuerdo con los objetivos específicos uno y dos. En el Anexo 1 se muestra el estado inicial del sitio, el cual posee las ventajas de ser un lugar amplio y con facilidad del reacomodo de los diferentes espacios de

trabajo. La figura E1.1 muestra el diseño de sitio realizado en AutoCad, donde se puede observar plasmado los requerimientos contemplados como área exclusiva para armadura y formaleta, circunferencia de alcance de la grúa y ruta de salida de materiales. Estos requerimientos se definen en el Cuadro E1.1.

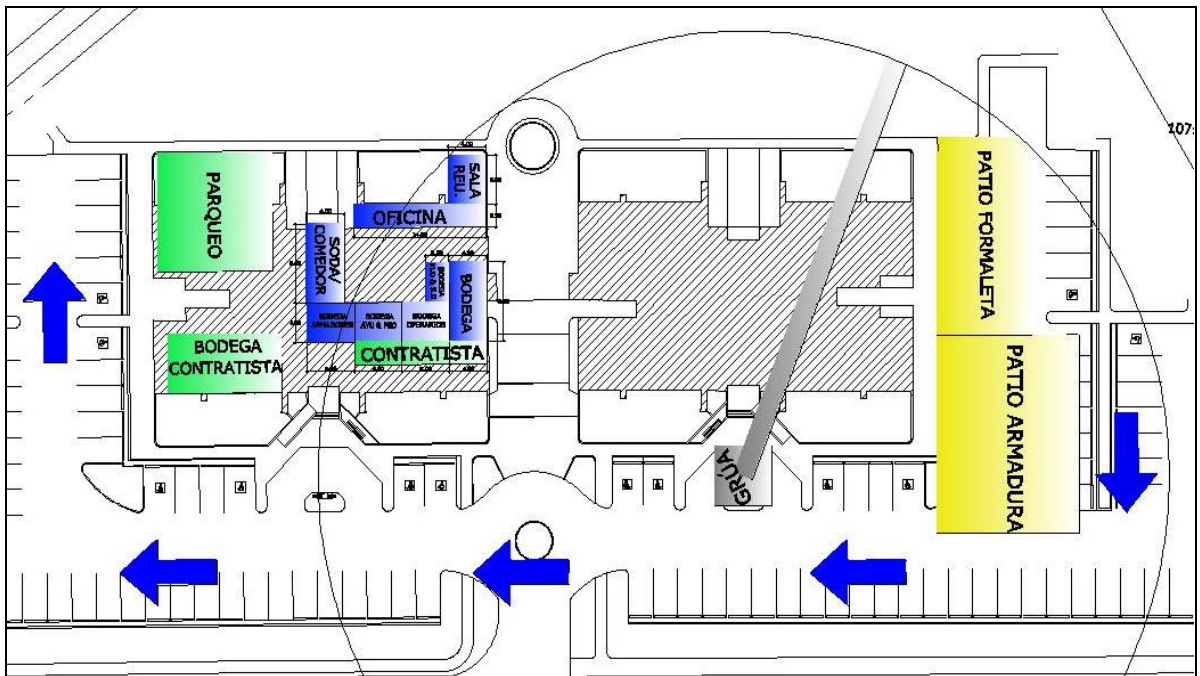


Figura E1.1. Diseño de Sitio Proyecto Torres de Velarde. Fuente: Elaboración propia. 2014

Para dimensionar cada espacio de trabajo se consideraron las condiciones necesarias que permitieran un funcionamiento en conjunto con la menor pérdida de tiempo por desplazamientos innecesarios. Los requerimientos de diseño se muestran en el cuadro E1.1.

CUADRO E1.1. REQUERIMIENTOS DE DISEÑO DE SITIO	
Diseño	Requerimiento
Diseño de espacios y cerramientos	<p>Se revisaron las características y requerimientos de espacio de las siguientes instalaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Oficinas para ingenieros, reuniones, personal administrativo y maestro de obras. • Bodegas: materiales menores, de alto valor, varilla, cemento, equipo, madera, subcontratistas y laboratorio de materiales. • Áreas para uso de personal, tales como vestidores, comedores y servicios sanitarios. • Talleres de formaleta, armadura y electromecánicos. • Caseta de guarda y vigilancia. • Cerramientos. • Zonas de estacionamiento.
Diseño de accesos y circulación	<p>Se definieron los accesos para el personal, materiales y equipo considerando:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cantidad y tamaño de equipo que entra y sale del proyecto. • Características de soporte del terreno. • Condiciones de visibilidad y espacio. • Minimizar el tránsito en zonas de maniobra. • Acceso directo a bodegas, sin recorridos por zonas de grúas o excavaciones. • Recorrido máximo de manejo manual de cargas menor o igual a 70 metros.

Fuente: Elaboración propia. 2014

Con base en los requerimientos de diseño, se proyectó la infraestructura provisional del sitio las áreas de alto riesgo, las áreas de circulación, las áreas de comedor, vestidores y servicios sanitarios. Las condiciones evaluadas para generar el plano de sitio de construcción se muestran en el cuadro E1.2.

CUADRO E1.2. CONDICIONES DE INFRAESTRUCTURA PROVISIONAL DE SITIO	
SITIO	CONDICIONES
1. Comedores	Ubicados fuera del área de construcción.
	Poseer mesas y asientos suficientes para la cantidad de trabajadores por turno de comida establecido.
	La instalación electromecánica deberá contar con la aprobación del Ingeniero Residente e inspectores de calidad.
2. Vestidores y baños	Ubicados fuera del área de construcción con el fin de asegurarse que todo trabajador que ingrese al proyecto, venga vestido con la indumentaria de trabajo.
	Poseer espacios para ubicación de la ropa.
	Los vestidores de operarios y peones deben estar separados.
3. Áreas de fumado	No se dispondrá de ningún área para el fumado dentro del proyecto.
4. Servicios sanitarios	Cantidad de servicios sanitarios equivalente a uno por cada veinte trabajadores
	Ubicados en una área a no menos de siete metros de las áreas de trabajo.
	Acceso de los camiones de limpieza séptica.
5. Duchas y lavamanos	Una ducha y lavamanos por cada quince trabajadores distribuidos en el área cercana a los servicios sanitarios, a los vestidores y al comedor.
6. Espacio primeros auxilios	Área mínima de 3 m ² y espacio mínimo para atención de una persona.
7. Infraestructura electromecánica	Instalaciones de: <ul style="list-style-type: none"> • Agua potable. • Disposición de aguas negras. • Disposición de aguas pluviales. • Eléctricos generales: iluminación y potencia. • Eléctricas especiales: para equipos especiales y grúas • Telefónicas y cómputo.
8. Equipo especial	Puntos de izaje y peso de los elementos por mover.
	Servicios electromecánicos requeridos.
	Tipo de fundación por utilizar.
	Condiciones de seguridad ocupacional.
	Metodología y posibilidad real de montaje y desmontaje.

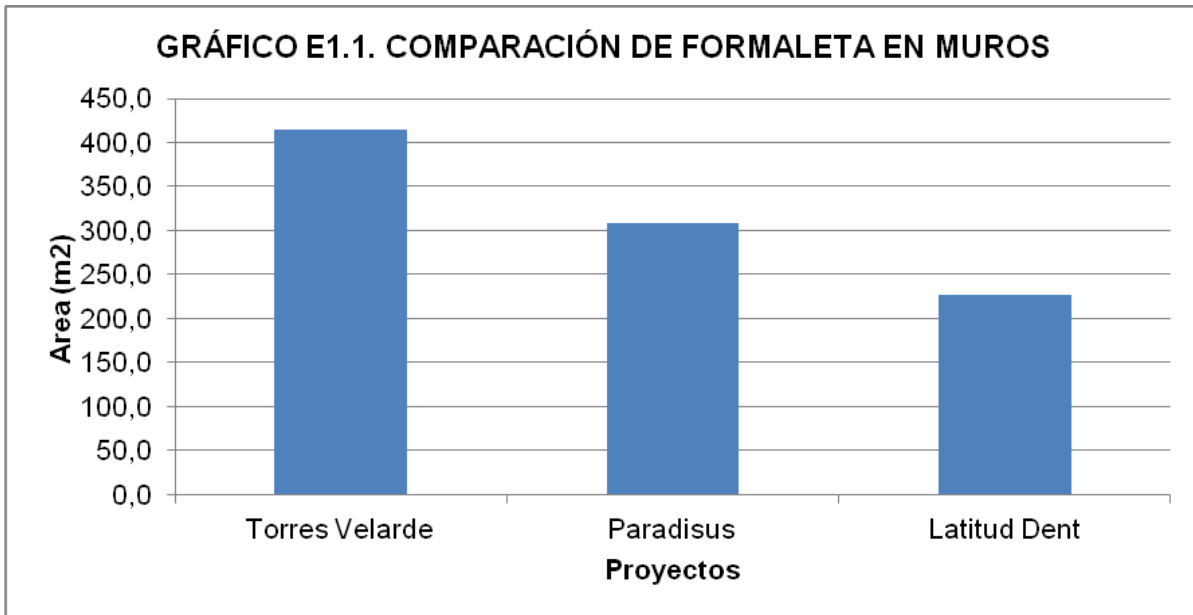
Fuente: Elaboración propia. 2014

Estrategia constructiva

Para proyectar el desempeño requerido en los principales procesos constructivos de la formaleta Forsa, se consideraron las referencias que tiene la Empresa en el desarrollo de proyectos con el mismo tipo de encofrado. Las diferencias de cantidades requeridas por proyecto se muestran en los gráficos E1.1 al E1.3, las cuales se evaluaron bajo el mismo parámetro de tiempo que el Proyecto Torres de Velarde, para un lapso de 20 semanas.

CUADRO E1.3. COMPARACIÓN DE FORMALETA EN MUROS			
Proyecto	Área (m²)	Diferencia	% Diferencia
Torres Velarde	414,0	0,0	0,00%
Paradisus	308,0	-106,0	-25,60%
Latitud Dent	227,0	-187,0	-45,17%

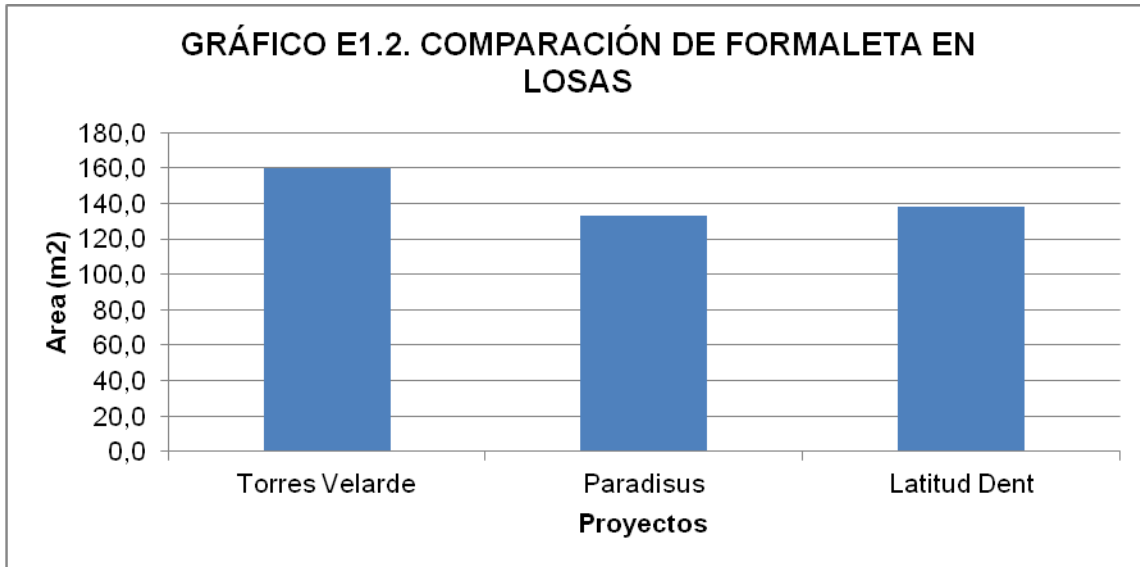
Fuente: Elaboración propia. 2014



Fuente: Elaboración propia. 2014

CUADRO E1.4. COMPARACIÓN DE FORMALETA EN LOSAS.			
Proyecto	Área (m²)	Diferencia	% Diferencia
Torres Velarde	160,0	0,0	0,00%
Paradisus	133,0	-27,0	-16,88%
Latitud Dent	138,0	-22,0	-13,75%

Fuente: Elaboración propia. 2014

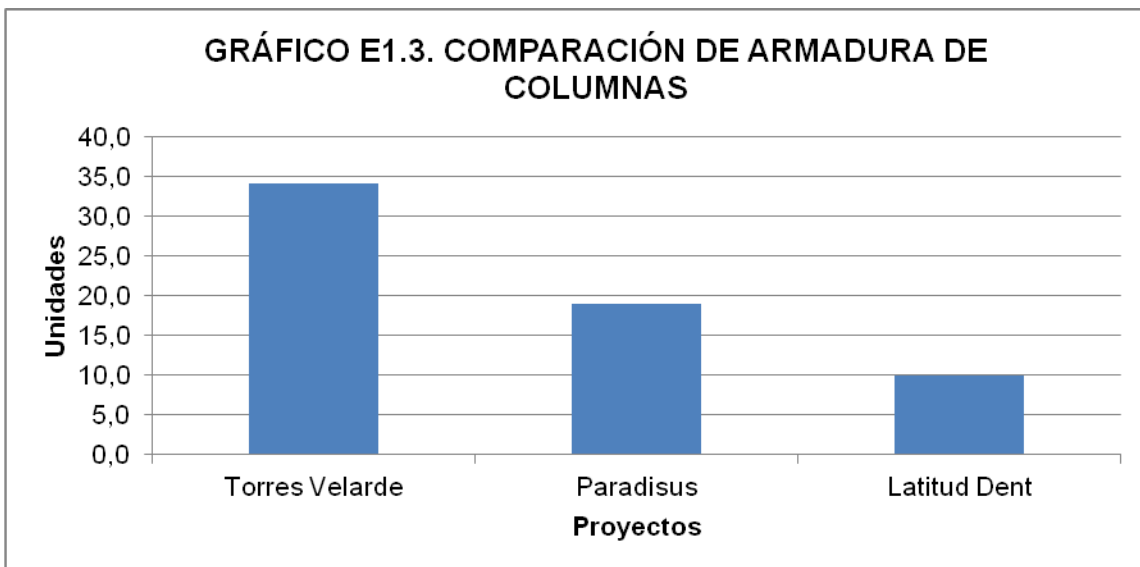


Fuente: Elaboración propia. 2014

CUADRO E1.5. COMPARACIÓN DE ARMADURA EN COLUMNAS

Proyecto	Unidades	Diferencia	% Diferencia
Torres Velarde	34,0	0,0	0,00%
Paradisus	19,0	-15,0	-44,12%
Latitud Dent	10,0	-24,0	-70,59%

Fuente: Elaboración propia. 2014



Fuente: Elaboración propia. 2014

Estrategia constructiva de áreas y frentes de trabajo por piso y apartamento.

Con base en los datos obtenidos de la comparación de proyectos que utilizaron la Formaleta Forsa y con la asignación de plazo para cada piso en el programa de trabajo se presentó la estrategia constructiva de dividir el área de colada en cinco sectores, logrando una sección por día y por consecuente manejar dos frentes de trabajo por cada área de colada, esto debido a la comparación de personal obtenida según los dos proyectos evaluados en la comparación anterior, como se muestra en la Figura E1.2.

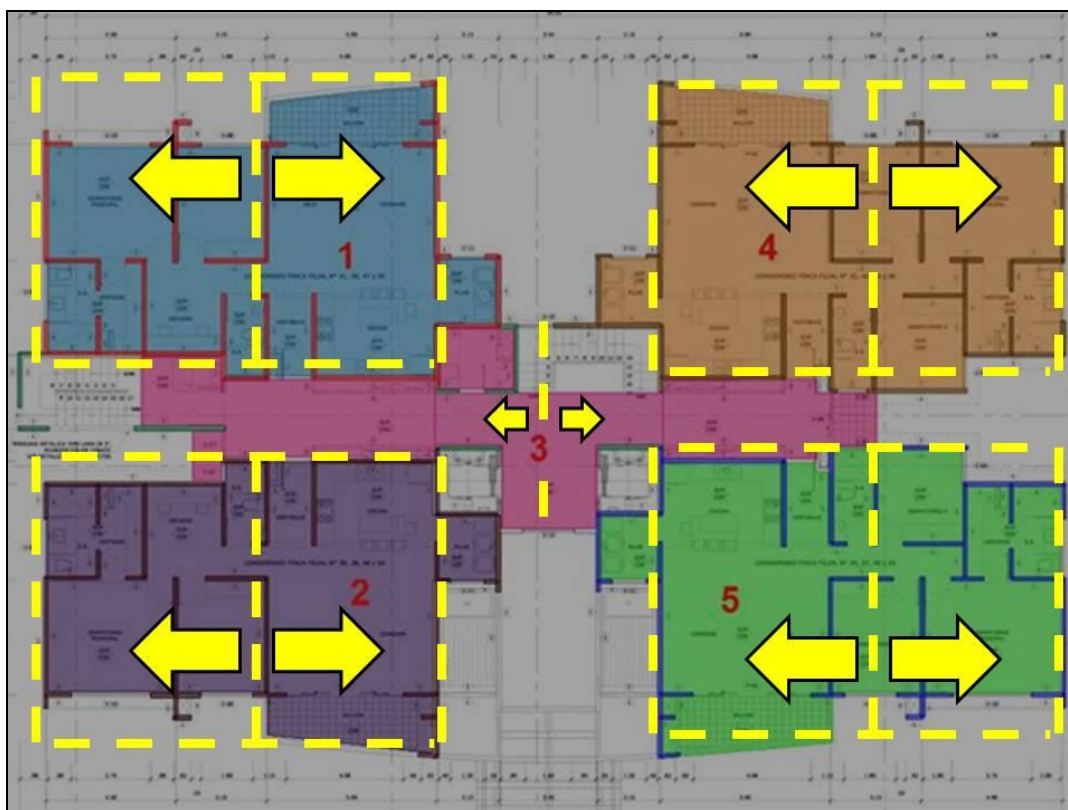


Figura E1.2. División de áreas y frentes de trabajo por piso. Fuente: Elaboración Propia.

Estrategia constructiva de actividades críticas por piso.

Posteriormente se presentó la siguiente estrategia de construcción de las actividades críticas, donde el sector amarillo representa la actividad que inicia el ciclo, la armadura, posteriormente esta se pasa al sector dos para dar paso a la colocación de previstas electromecánicas, representadas en azul y luego de estar lista esta instalación, se inicia con el proceso de coladas por piso. Este proceso se pone en marcha en el día uno, en el cual se formaletea y se cola un sector, para el siguiente día se inicia con la actividad de desmontar el encofrado y realizar el mismo proceso sucesivamente, para lo cual el ciclo lo marca el avance de la armadura, que siempre debe ir adelantada.

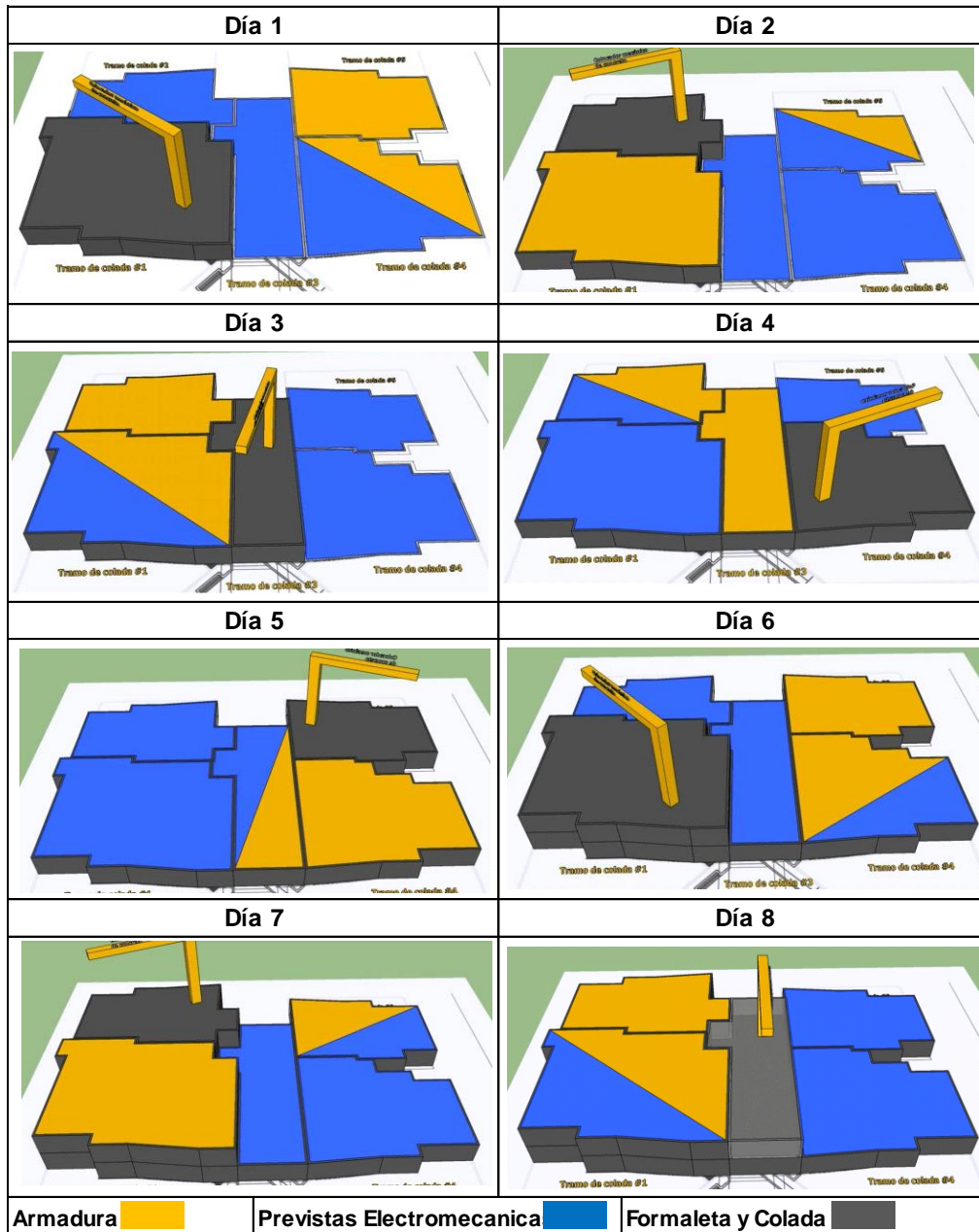


Figura E1.3. Secuencia de actividades críticas por piso. Fuente: Elaboración Propia.

Segunda estrategia constructiva de áreas y frentes de trabajo por piso y apartamento

La siguiente figura muestra una segunda estrategia constructiva implantada para mejorar el rendimiento de los sectores de formaleta y colada sin tener que variar el plazo de esta actividad.

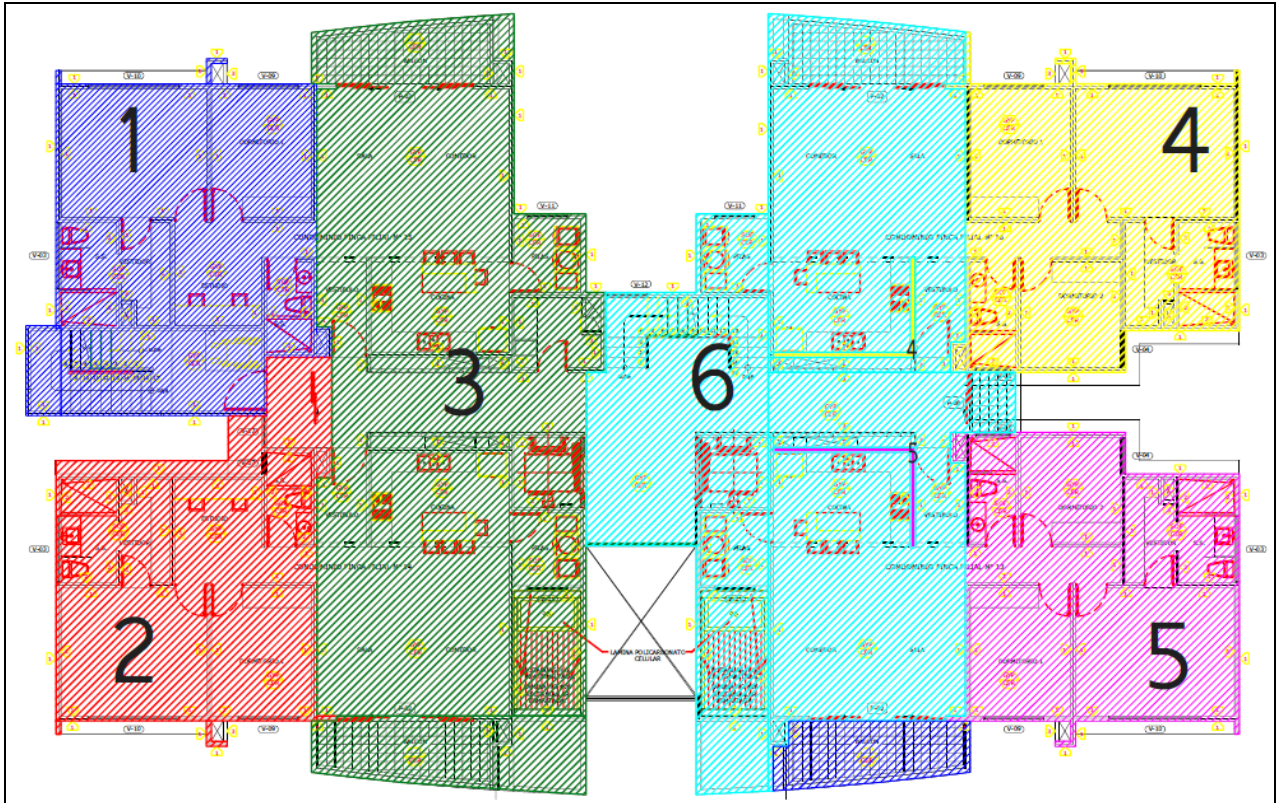


Figura E1.4. Segunda propuesta de división de áreas y frentes de trabajo por piso. Fuente: Equipo de trabajo Proyecto Torres de Velarde.

Planificación de tiempo del proyecto

En esta fase de preconstrucción, se definieron las actividades críticas del proyecto, se marcaron los hitos que permitieran el cumplimiento del plazo definido en el alcance y con base en la Filosofía Lean se implementó el uso de la herramienta “Last Planner” para generar una programación global y detallada de actividades por realizar. En las figuras E1.5 a la E1.9 y el cuadro E1.6 se detallan los pasos realizados para la construcción del programa.

CUADRO E1.6. HITOS DE PROGRAMACIÓN DEL PROYECTO			
Actividad	Duración (días efectivos)	Inicio	Fin
Fundaciones	18	15-jul-14	3-aug-14
Losa contrapiso	15	22-jul-14	7-aug-14
Paredes y losa piso 1	11	27-jul-14	8-aug-14
Paredes y losa piso 2	10	3-aug-14	14-aug-14
Paredes y losa piso 3	10	9-aug-14	20-aug-14
Hito #1			
Paredes y losa piso 4	10	15-aug-14	26-aug-14
Paredes y losa piso 5	10	21-aug-14	31-aug-14
Paredes y losa piso 6	10	27-aug-14	06-sep-14
Hito #2			
Paredes y losa piso 7	10	02-sep-14	12-sep-14
Paredes y losa piso 8	10	07-sep-14	18-sep-14
Paredes y losa piso 9 (azotea)	10	13-sep-14	24-sep-14
Acabados (cielos)	68	15-aug-14	01-nov-14
Estructura metálica principal	18	21-oct-14	10-nov-14
Estructura metálica secundaria	36	07-oct-14	14-nov-14
Cubierta Techo	18	28-oct-14	14-nov-14
Hito #3			

Fuente: Elaboración Propia. 2014

La siguiente figura muestra la planificación estratégica inicial realizada para el proyecto Torres de Velarde para un periodo de veinte semanas y ocho niveles, el diagrama presenta la secuencia que tienen las actividades principales del proyecto, la cual va permitir el cumplimiento del plazo establecido.

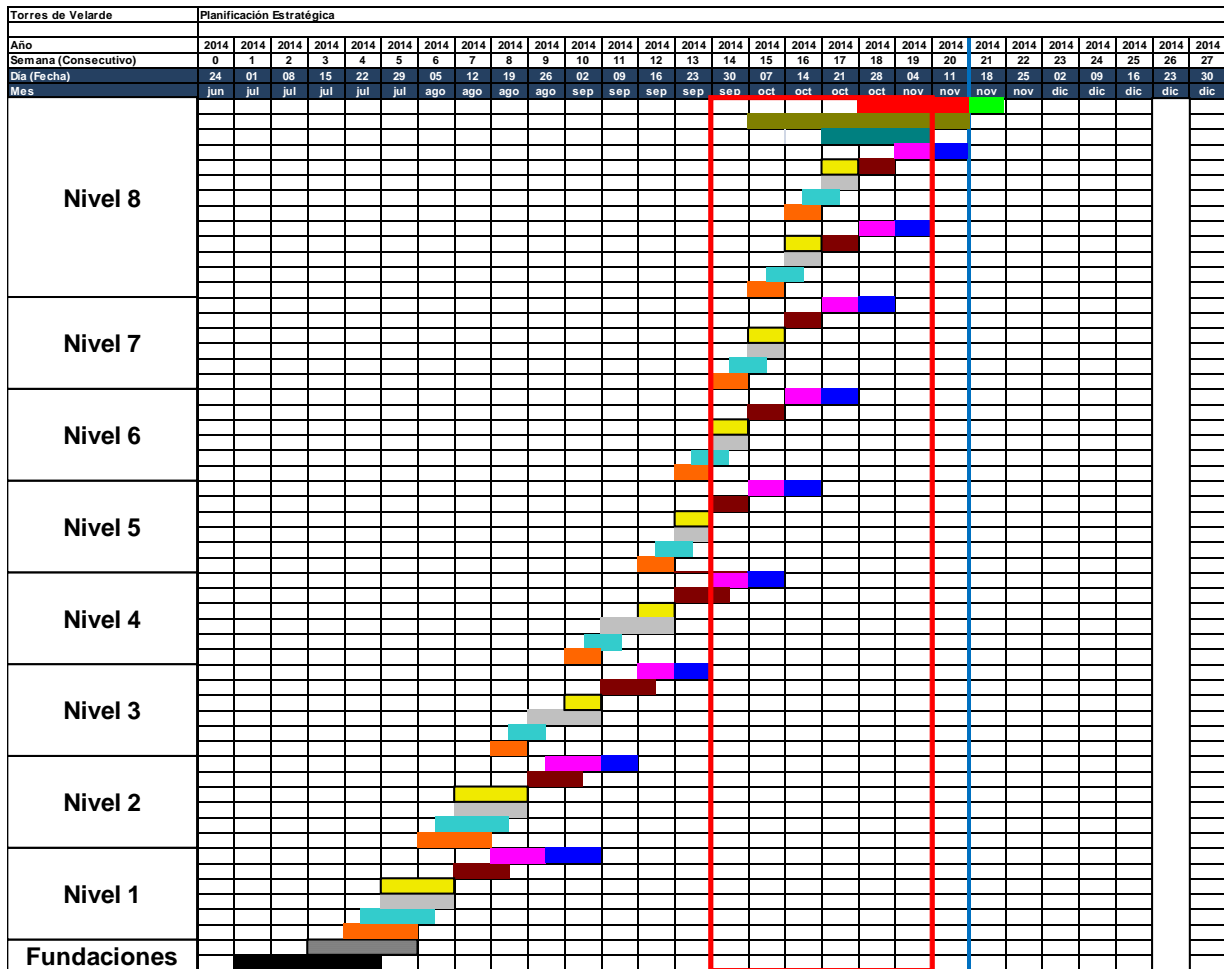


Figura E1.5. Planificación Inicial Estratégica del Proyecto. Fuente: Elaboración Propia.

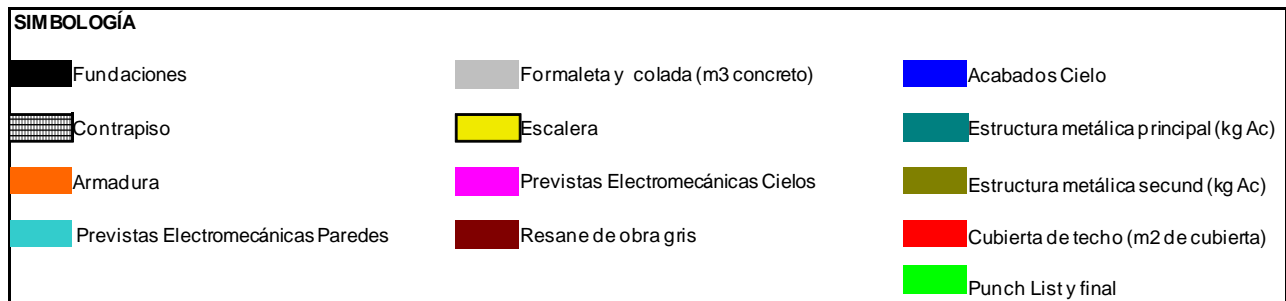


Figura E1.6. Simbología de actividades críticas del proyecto. Fuente: Elaboración Propia.

ID	Actividades	22-jul	29-jul	05-ago	12-ago	19-ago	26-ago	Diseño	Constructibilidad	Contrato	M . Obra	Materiales	Equipos y Herramientas	Laboratorio	Actividad Precedente	Condicion
6	Instalar Colocador Hidráulico	ok						ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	SIN RESTRICCIÓN
10	Fundaciones Ejes 11-18; A-J	ok						ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	SIN RESTRICCIÓN
12	Losa contrapiso Ejes 11-18; J-U	ok						ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	SIN RESTRICCIÓN
13	Losa contrapiso Ejes 1-11; A-J	ok	ok					ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	SIN RESTRICCIÓN
14	Losa contrapiso Ejes 11-18; A-J	ok						ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	SIN RESTRICCIÓN
15	Armadura Piso 1	ok	ok					ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	SIN RESTRICCIÓN
16	Previstas Electromecánicas Paredes Piso 1	ok	ok					ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	SIN RESTRICCIÓN
17	Formaleta y Colada Piso 1	ok	ok	ok				ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	SIN RESTRICCIÓN
18	Escaleras Piso 1		ok	ok				ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	SIN RESTRICCIÓN
19	Resane de Paredes Piso 1				ok	ok		ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	SIN RESTRICCIÓN
20	Previstas Electromecánicas Cielos Piso 1					ok		ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	SIN RESTRICCIÓN
21	Acabados Cielos Piso 1					ok	ok	ok	ok	ok	ok	p	p	ok	p	RESTRINGIDO
22	Armadura Piso 2			ok	ok			ok	ok	ok	ok	p	ok	ok	p	RESTRINGIDO
23	Previstas Electromecánicas Paredes Piso 2			ok	ok	ok		ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	SIN RESTRICCIÓN
24	Formaleta y Colada Piso 2					ok		ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	SIN RESTRICCIÓN
25	Escaleras Piso 2				ok	ok		ok	p	ok	ok	p	ok	ok	p	RESTRINGIDO
26	Resane de Paredes Piso 2					ok		ok	p	ok	ok	p	ok	ok	p	RESTRINGIDO
27	Previstas Electromecánicas Cielos Piso 2					ok		ok	p	ok	ok	ok	ok	ok	p	RESTRINGIDO
29	Armadura Piso 3					ok		ok	p	ok	ok	p	ok	ok	p	RESTRINGIDO
30	Previstas Electromecánicas Paredes Piso 3					ok		ok	p	ok	ok	ok	ok	ok	p	RESTRINGIDO
31	Formaleta y Colada Piso 3					ok		ok	p	ok	ok	p	ok	ok	p	RESTRINGIDO
32	Escaleras Piso 3					ok		ok	p	ok	ok	p	p	ok	p	RESTRINGIDO
36	Armadura Piso 4					ok		ok	p	ok	ok	p	ok	ok	p	RESTRINGIDO
37	Previstas Electromecánicas Paredes Piso 4					ok		ok	p	ok	ok	ok	ok	ok	p	RESTRINGIDO
74																

Figura E1.8. Planificación Intermedia de 3ª Semana del proyecto. Fuente: Elaboración propia. 2014

La siguiente figura muestra un extracto de las planificaciones semanales que se desarrollaron con base en la planificación estratégica inicial y su comprobación con la planificación intermedia. Esta planificación detallada semanal permite entregar un organigrama por semana a cada integrante de los principales equipos de trabajo, donde se muestra claramente los objetivos para ese periodo. En el apéndice 1 se puede observar la planificación semanal completa correspondiente a la semana 15.

ID	Actividad	Resp	Meta	Logro	Cal	K	M	J	V	S	D	L	Unid
Sector #1 - Piso 7													
666	Formaleta fuerza Sector #1 Piso 7	Juan Luis	100%		0				1				
667	Acero horizontal de entrepiso Sector #1 Piso 7	Fredy	100%		0				1				
668	Previstas mecánicas de entrepiso Sector #1 Piso 7	Oscar	100%		0				1				
669	Previstas electricas de entrepiso Sector #1 Piso 7	Arriola	100%		0				1				
670	Colar Paredes y losa Sector #1 Piso 7	Juan Luis	100%		0				1				
671	Desformaleteo Forza Sector #1 Piso 7	Juan Luis	100%		0					1			
Sector #2 - Piso 7													
673	Formaleta fuerza Sector #2 Piso 7	Juan Luis	100%		0							1	
674	Acero horizontal de entrepiso Sector #2 Piso 7	Fredy	100%		0							1	
675	Previstas mecánicas de entrepiso Sector #2 Piso 7	Oscar	100%		0							1	
676	Previstas electricas de entrepiso Sector #2 Piso 7	Arriola	100%		0							1	
677	Colar Paredes y losa Sector #2 Piso 7	Juan Luis	100%		0							1	
Sector #4 - Piso 7													
714	Previstas mecanicas en paredes Sector #4 - Piso 7	Oscar	100%		0	1							
715	Previstas electricas en paredes Sector #4 - Piso 7	Arriola	100%		0	1							
Sector #5 - Piso 7													
717	Acero Vertical de paredes Sector #5 - Piso 7	Fredy	100%		0	1	1						
718	Previstas mecanicas en paredes Sector #5 - Piso 7	Oscar	100%		0		1	1					
719	Previstas electricas en paredes Sector #5 - Piso 7	Arriola	100%		0		1	1					
Sector #6 - Piso 7													
721	Acero Vertical de paredes Sector #6 - Piso 7	Fredy	100%		0		1	1					
722	Previstas mecanicas en paredes Sector #6 - Piso 7	Oscar	100%		0			1	1				
723	Previstas electricas en paredes Sector #6 - Piso 7	Arriola	100%		0			1	1				
Sector #1 - Piso 7													
729	Acero Vertical de paredes Sector #1 - Piso 7	Fredy	80%		0					1		1	
730	Previstas mecanicas en paredes Sector #1 Piso 7	Oscar	50%		0							1	
731	Previstas electricas en paredes Sector #1 Piso 7	Arriola	50%		0							1	
Escaleras													
733	Formaleteo Escaleras Principales Niv. 3-4	Juan Luis	100%		0					1		1	
734	Armado de acero Escaleras Principales Niv. 2-3	Fredy	100%		0	1	1						
735	Colar Escaleras Principales Niv. 2-3	Juan Luis	100%		0			1	1				
736	Colar Escaleras de Emergencia Sitio Niv. 5-6	Juan Luis	100%		0		1						
737	Formaleta Escaleras de Emergencia Niv. 6-7	Juan Luis	100%		0		1	1					
738	Armadura Escaleras de Emergencia Niv. 6-7	Juan Luis	100%		0				1	1			
					0%								

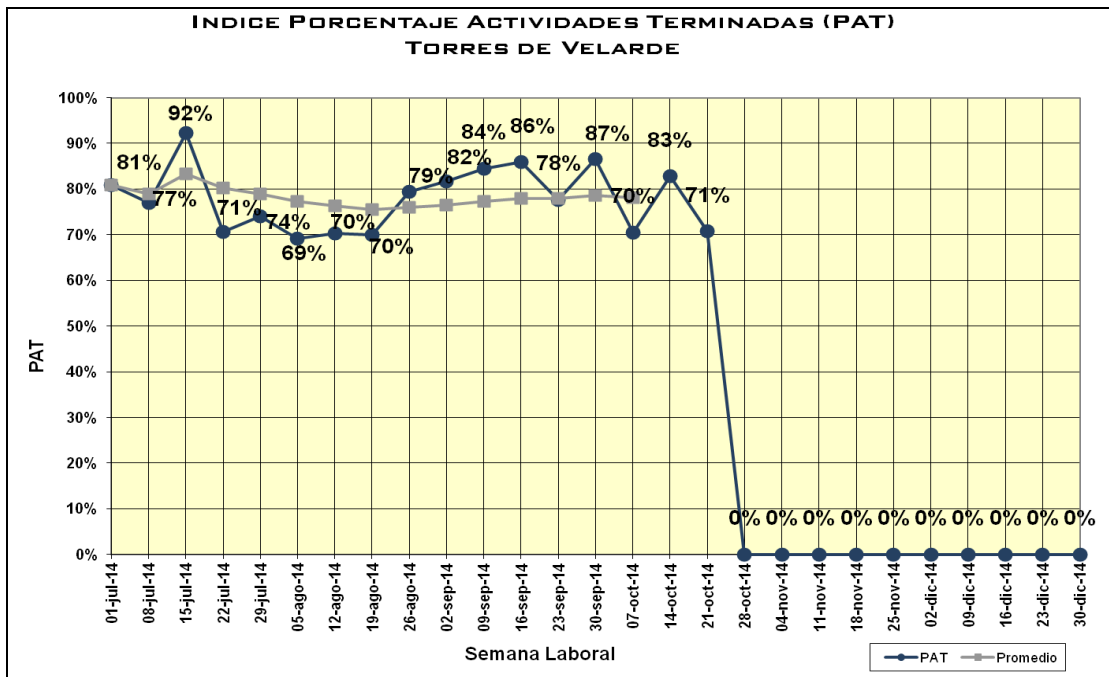
Figura E1.9. Extracto de Planificación Semana 14 del proyecto. Fuente: Elaboración propia. 2014

Aplicación Kaizen

Con base en la Filosofía Lean y la gestión de mejora continua Kaizen, se realizaron agendas semanales de reunión con el propósito principal de generar informes de evaluación del avance semanal del proyecto y del rendimiento individual de contratistas, así como las causas de no cumplimiento, ligadas a la no realización de actividades. En los cuadros E1.7 al E1.9 se muestran los resultados de estas evaluaciones.

CUADRO E1.7. PORCENTAJE DE ACTIVIDADES TERMINADAS		
Semana	PAT	Promedio
01-jul-14	81%	81%
08-jul-14	77%	79%
15-jul-14	92%	83%
22-jul-14	71%	80%
29-jul-14	74%	79%
05-ago-14	69%	77%
12-ago-14	70%	76%
19-ago-14	70%	76%
26-ago-14	79%	76%
02-sep-14	82%	77%
09-sep-14	84%	77%
16-sep-14	86%	78%
23-sep-14	78%	78%
30-sep-14	87%	79%
07-oct-14	70%	78%

Fuente: Elaboración propia. 2014



Desarrollo de una herramienta de planificación del tiempo y aseguramiento de la calidad para la construcción de un edificio habitacional, en la Empresa Constructora Edificar S.A.

Figura E1.10. Gráfico de porcentaje de actividades terminadas. Fuente: Elaboración propia. 2014

En las causas de no cumplimiento figura principalmente la falta de personal por parte del contratista, este aspecto se refiere a la falta de cumplimiento de actividades debido a una deficiencia de rendimiento o de ausencia de personal. También se presentaron justificaciones a una planificación muy pretenciosa, donde se proyectaba un trabajo muy elevado para alguna actividad. El resumen de las causas de no cumplimiento se detalla en el Cuadro E1.8.

CUADRO E1.8. CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO DE ACTIVIDADES PROGRAMADAS SEMANALMENTE										
Semana	Falta Materiales	Proveedor	Herramientas y Equipos	Falta de personal a causa del contratista	Mal tiempo	Actividad Precedente	Diseños CVT	Cambios de diseños	Inadecuada planificación	Otros
01-jul-14	1	0	0	0	0	0	0	0	2	2
08-jul-14	0	0	0	1	0	4	0	0	1	0
15-jul-14	1	0	0	0	0	0	0	0	2	0
22-jul-14	0	0	0	1	0	9	0	3	4	0
29-jul-14	0	0	0	2	1	0	0	0	3	0
05-ago-14	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2
12-ago-14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19-ago-14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
26-ago-14	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02-sep-14	0	0	0	13	0	0	0	0	9	1
09-sep-14	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
16-sep-14	0	0	0	3	0	0	0	0	12	0
23-sep-14	0	0	0	21	1	0	0	0	5	1
30-sep-14	0	0	0	2	0	0	0	1	11	0
07-oct-14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14-oct-14	0	0	0	10	0	10	0	0	1	0
% Total	4%	0%	0%	46%	2%	14%	0%	5%	23%	7%

Fuente: Elaboración propia. 2014

Para combatir las razones por las que no se estaba cumpliendo un rendimiento de actividades terminada, se busco el origen de las causas, generando informes de rendimientos por parte de contratistas (Falta de personal) y notificando a los jefes superiores de cada equipo. Este aspecto fue recurrente y se convirtió en una de las principales razones de no cumplimiento de actividades. Mientras que para mejorar una inadecuada planificación, se realizó una revisión más detallada previamente a la reunión de productividad, en conjunto con el Ingeniero Residente del proyecto.

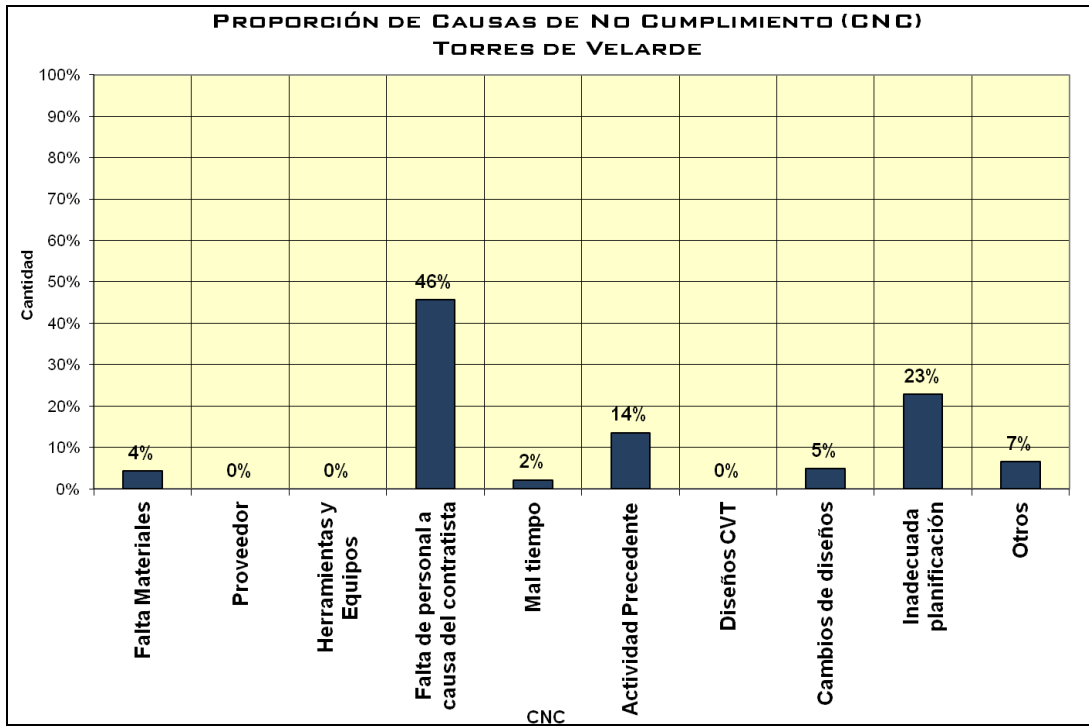
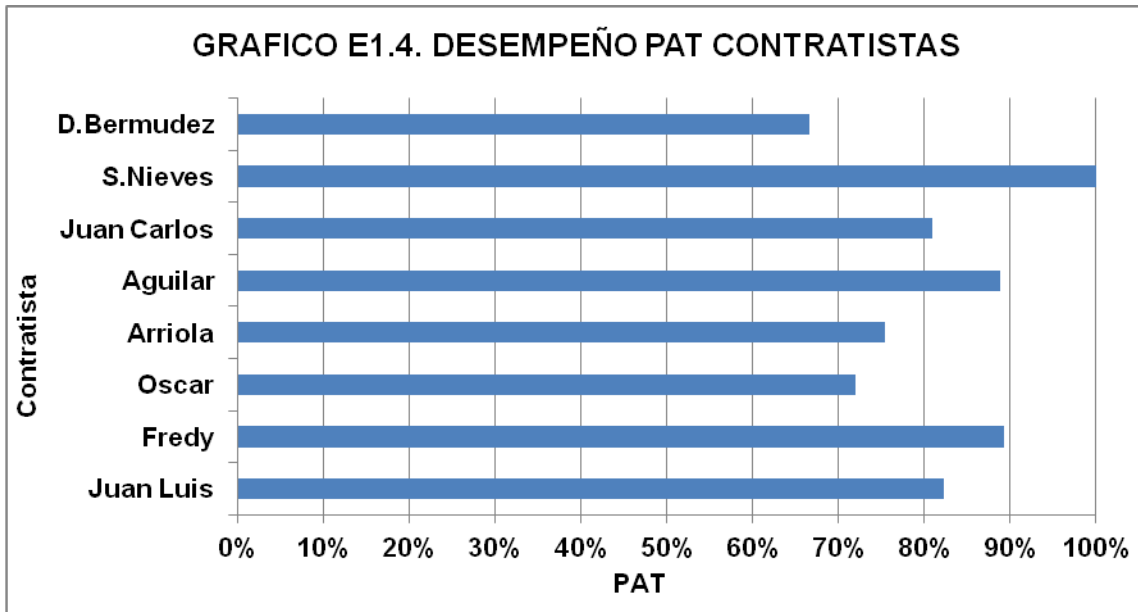


Figura E1.11. Gráfico de proporción de causas no cumplimiento. Fuente: Elaboración propia. 2014

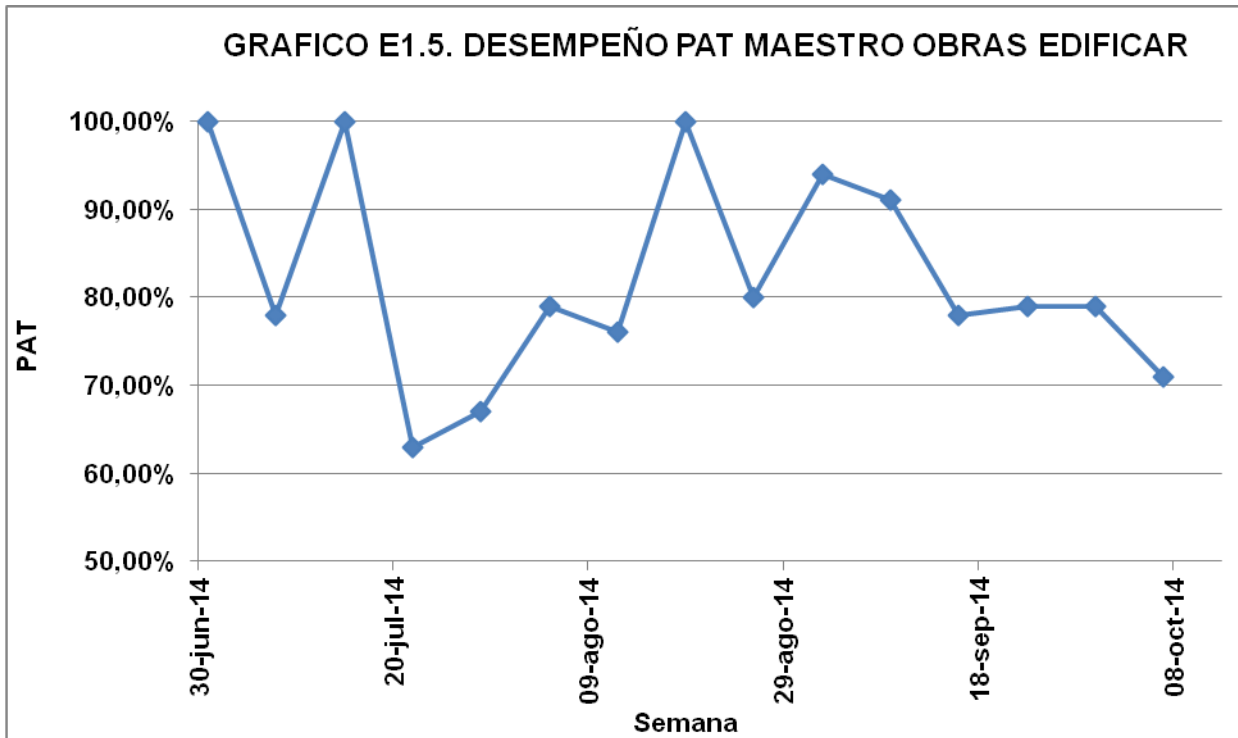
CUADRO E1.9. PORCENTAJES DE ACTIVIDADES TERMINADAS POR CONTRATISTA								
Contratista	M.O. Edificar	Armadura ELCOH	Mecánico Rottelmec	Eléctrico Rottelmec	I.C.A.S.	A.Ac. Multifrío	Estructuras Livianas	Estructuras Metálicas
Encargado	Juan Luis	Freddy	Oscar	Arriola	Aguilar	J. Carlos	S.Nieves	D.Bermúdez
01-jul-14	100%	100%	100%	100%	100%	-	-	-
08-jul-14	78%	100%	67%	67%	67%	-	-	-
15-jul-14	100%	100%	86%	100%	100%	-	-	-
22-jul-14	63%	54%	82%	75%	100%	-	-	-
29-jul-14	67%	78%	63%	64%	100%	-	-	-
05-ago-14	79%	79%	60%	53%	100%	-	-	-
12-ago-14	76%	82%	67%	54%	75%	-	-	-
19-ago-14	100%	62%	50%	86%	100%	-	-	-
26-ago-14	80%	100%	54%	81%	100%	50%	100%	-
02-sep-14	94%	100%	63%	63%	100%	100%	100%	-
09-sep-14	91%	100%	68%	70%	100%	100%	100%	-
16-sep-14	78%	100%	83%	88%	50%	100%	100%	-
23-sep-14	79%	93%	58%	78%	100%	100%	100%	0%
30-sep-14	79%	92%	100%	96%	80%	100%	100%	100%
07-oct-14	71%	100%	79%	57%	60%	17%	100%	100%
Promedio	82%	89%	72%	75%	89%	81%	100%	67%

Fuente: Elaboración propia. 2014

Los siguientes gráficos ejemplifican de una forma más clara el desempeño obtenido por parte de los principales contratistas en el proyecto, así como el desempeño del superintendente maestro de obras por parte de Edificar.



Fuente: Elaboración propia. 2014



Fuente: Elaboración propia. 2014

ETAPA II

Durante esta etapa se planteó la ruta para generar el control en términos de estándares de calidad, con base en los objetivos específicos tres y cuatro. Se enfocó únicamente en la implantación de las etapas de planificación y aseguramiento para obtener un producto final que facilite la posterior fase de control de calidad en los procesos constructivos del proyecto Torres de Velarde. En el cuadro E2.1 se muestra el procedimiento general para la implementación del sistema de calidad en los procesos constructivos del Proyecto Torres de Velarde.

Procedimiento general del sistema de evaluación de calidad propuesto

CUADRO E2.1. PROCEDIMIENTO GENERAL DEL SISTEMA DE CALIDAD.		
Etapa	Criterio	Acciones
1. Planificación del Sistema de Calidad	Requisitos del Proyecto Torres de Velarde.	Definir requisitos del proyecto Torres de Velarde. Determinar Normas externas e internas y tolerancias permitidas.
	Plan de operación	Establecer organización de calidad dentro del proyecto Torres de Velarde. Evaluar actividades críticas, subcontratistas y procesos asignados.
2. Aseguramiento de Calidad	Procedimientos de gestión instalados	Contemplar los procedimientos de gestión de la empresa EDIFICAR que son aplicables al sistema.
	Procedimientos de control de calidad	Definir los procedimientos de control de calidad en las actividades críticas del proyecto Torres de Velarde.
	Estructura de control de procedimientos constructivos	Definir el protocolo de inspección de estándares de calidad. Elaborar el control de los procedimientos constructivos específicos. Implantar el formato de registro de datos con base en las herramientas de control planteadas.
	Revisión de cumplimiento del sistema	Realizar auditoría de calidad dentro del proyecto Torres de Velarde y con el personal de la Empresa.
	Estructura documental de los registros	Gestionar documentos y certificaciones aplicables al sistema de calidad.
3. Control de Calidad	Procedimiento de control de calidad	Definir el cronograma de actividades de control de calidad con base en el programa del proyecto Torres de Velarde. Evaluar el cumplimiento de los estándares con base en los protocolos de inspección, verificación y validación de datos. Validar ensayos y pruebas realizadas a materiales. Evaluar el cumplimiento de estándares en trabajos subcontratados.
	Evaluación del sistema de calidad.	Analizar resultados del procedimiento de control. Evaluar registro de no conformidades del proyecto.

Fuente: Elaboración propia. 2014

Aseguramiento de calidad: Herramientas de inspección para la fase de control de calidad

Con base en las primeras dos fases del sistema de calidad, definidas en el Cuadro E2.1, se evaluaron las especificaciones establecidas para el proyecto y las normas externas e internas aplicables para el cumplimiento de los estándares de calidad. Posteriormente se elaboraron las herramientas necesarias que permiten la inspección en la fase de control de calidad. En las figuras E2.1 a la E2.11 se muestran extractos de las herramientas mencionadas.

Concreto Estructural

Actividad:	Concreto Estructural	Responsable de Revisión:						
Etapa:	Formaleta	Normas Referencia: ACI 318: Cap 6. ACI 347: Cap 2,3 y 4. ACI 117. Cap 3, 4 y 5.						
Ubicación:	Apartamento #1 Piso 1	Especificación Proyecto: Modulaci3n Formaleta Forza						
Fecha:		Equipo de inspecci3n:						
Registro de Resultados								
Tema	Cumplimiento (Tolerancia)	Sanitario D.	Vestidor	Dorm P.	Dorm 2	Dorm 1	S.Sanitario	Sala
Linea	Linea de Formaleta (12,7 mm en 6,0 m de long.)							
Plomo	Plomo de Formaleta (6,4mm en 3m)							
Desmoldante	Área cubierta 100% (- 5 % del área cubierta)							
Recubrimiento	2.5 cm en Muros, Vigas y Columnas ($\pm 0,3$ cm)							
Helados	Separaci3n @100cm (± 50 % de separaci3n)							
Dimensiones Muros	Según Planos (- 6mm / + 12 mm)							
Planicidad de Vigas	Cada 3,0 ml, 6,4 mm (Apuntalado)							

Figura E2.1. Extracto de herramienta de control de la calidad de la formaleta. Fuente: Elaboraci3n propia. 2014

Actividad:	Concreto Estructural	Responsable de Revisi3n:						
Etapa:	Armadura	Normas Referencia: ACI 318: Cap 7. ACI 315: Cap 4 y 5. ACI 117.						
Ubicaci3n:	Apartamento #1 Piso 1	Especificaci3n Proyecto: Planos Estructurales						
Fecha:		Equipo de inspecci3n:						
Registro de Resultados								
Tema	Cumplimiento (Tolerancia)	Sanitario D.	Vestidor	Dorm P.	Dorm 2	Dorm 1	S.Sanitario	
Colocaci3n varillas	Según Planos (Cotas Posici3n de acero ± 10 mm)							
Armadura Limpia	Libre de escamas, oxidaci3n avanzada, barro o grasa.							

Figura E2.2. Extracto de herramienta de control de la calidad de la armadura. Fuente: Elaboraci3n propia. 2014

Actividad:	Concreto Estructural	Responsable de Revisión:					
Etapa:	Colado Concreto Expuesto	Normas Referencia: ACI 318: Cap 3 y 5. ACI 303. ACI 302					
Ubicación:	Apartamento #1 Piso 1	Especificación Proyecto: -					
Fecha:		Equipo de medición:					
Registro de Resultados							
Tema	Cumplimiento (Tolerancia)	Sanitario D.	Vestidor	Dorm P.	Dorm 2	Dorm 1	S.Sanitario
Altura máximo de capas de colado	Capas de 60 cm						
Altura de colado	Máximo 3.0 m. Sino deben haber ventanas de inspección.						
Penetración de vibrador / capa	Mínimo 15 cm						

Figura E2.3. Extracto de herramienta de control de la calidad del colado de concreto. Fuente: Elaboración propia. 2014

Actividad:	Concreto Estructural	Responsable de Revisión:					
Etapa:	Acabado del Concreto	Normas Referencia: ACI 302, ACI 303					
Ubicación:	Apartamento #1 Piso 1	Especificación Proyecto: -					
Fecha:		Equipo de medición:					
Registro de Resultados							
Tema	Cumplimiento (Tolerancia)	Sanitario D.	Vestidor	Dorm P.	Dorm 2	Dorm 1	
Superficie Libre	Libre de ties, restos de madera y amarras de alambre						
Superficie uniforme	Ningún tipo de segregación						
Línea	Superficie alineada (± 5 mm en 3 m)						
Plomo	Superficie aplomada (± 5 mm en 3 m)						
Escuadra Esquina Pared	Angulo 90° (± 5 mm en 3 m)						
Planicidad	Planicidad de Losas Entrepiso (En cordal de 3,0 m): 6,4 mm)						
Ondulaciones	(± 5 mm en 3 m)						
Acabado	Superficie lisa libre de manchas; todas las anteriores						
Observaciones							

Figura E2.4. Extracto de herramienta de control de la calidad del acabado del concreto expuesto. Fuente: Elaboración propia. 2014

Sistemas Electromecánicos

Actividad:	Sistemas Electromecánicos	Responsable de Revisión:
Etapas:	Sistemas Mecánicos	Normas Referencia: CIHSE COD
Ubicación:	Apartamento #1 / #2 Piso 1	Especificación Proyecto: Plano
Fecha:		Equipo de medición:
Registro de Resultados Sistema Agua Potable		
Tema	Cumplimiento (Tolerancia)	Apartamento #1
Instalación de tubería	Diámetro (min 13mm), accesorios, alineamiento y separación de tuberías	
Presión de tubería	Presión hidrostática en tubería 70psi (\pm 5psi)	
Registro de Resultados Sistema Aguas Negras		
Tema	Cumplimiento (Tolerancia)	Apartamento #1
Instalación de tubería	Diámetro, material, accesorios y soportes	
Pendiente de tubería	Nivel en dirección de descarga, pendiente 1%	
Instalación de bandejas HG	Material, uniones, soportes y pendiente de descarga	
Presión de tubería	Presión por columna de agua	
Registro de Resultados Sistema Aguas Pluviales		
Tema	Cumplimiento (Tolerancia)	Apartamento #1
Instalación de tuberías	Diámetro, material, accesorios y espaciado de soportes.	
Presión de tubería	Presión por columna de agua	
Registro de Resultados Sistema Supresión de Incendio		
Tema	Cumplimiento (Tolerancia)	Apartamento #1
Instalación de tubería	Diámetro, material, accesorios y soportes	
Presión de tubería	Presión por columna de agua	
Rociadores	Ubicación y especificación de rociadores según planos	
Registro de Resultados Sistema de Extracción		
Tema	Cumplimiento (Tolerancia)	Apartamento #1
Ductos de extracción HG	Dimensiones, material HG24 y accesorios por nivel de edificio	
Soportes de ductos	Soportados con Pletina @1,20máx.	

Figura E2.5. Extracto de herramienta de control de la calidad de instalaciones electromecánicas. Fuente: Elaboración propia.

Actividad:	Previstas			Instalación: Ing. Daniel Chinchilla			
Ubicación:	Apto #2 Piso 3			Revisión: Ing. Marco Zamora F.			
Fecha:				Revisión La Lillyana			
Pared 1		SS		Pared 8		DORMITORIO P.	
Elemento(m)	Estado	1a Rev	2a Rev	Elemento(m)	Estado	1a Rev	2a Rev
TC: 1,80 (I)				TC: 1,48 (D)			
h: 1,05				h: 0,30			
IN: 0,45 (I)				DT: 1,68 (D)			
p: 0,30				h: 0,30			
in: 0,20 (I)				TV: 1,28 (D)			
h: 0,15				h: 0,30			
LV: 1,38 (I)				Pared 9		ESTUDIO	
lv: 1,38 (I)				Elemento(m)	Estado	1a Rev	2a Rev
h:1,15				AP: 0,35 (I)			
DU: 0,90 (D)				h: 1,20			
p: 0,10				Pared 10		ESTUDIO	
du: 0,50 (D)				Elemento(m)	Estado	1a Rev	2a Rev
h: 1,00				TC: 0,50 (I)			
Pared 2		SS		h: 0,30			
Elemento(m)	Estado	1a Rev	2a Rev	DT: 0,72 (I)			
AP: 0,15 (I)				h: 0,30			
h: 1,35				TC: 0,50 (D)			
PEX1:		PAN1:		h: 0,30			

Figura E2.6. Extracto de herramienta de control de la calidad de previstas electromecánicas. Fuente: Elaboración propia.

Estructura metálica

Actividad:	Estructura Metálica		Responsable de Revisión:			
Etapa:	Estructura Metálica Principal		Normas Referencia: AWS D 1.1. AISC: Diseño y fabricación			
Ubicación:	Apartamento #1 Piso 1		Especificación Proyecto: Planos arquitectónicos			
Fecha:			Equipo de medición:			
Registro de Resultados						
Tema	Cumplimiento (Tolerancia)	Sanitario D.	Vestidor	Dorm P.	Dorm 2	Dorm 1
Bases de la estructura	Ubicación de anclajes: Placas o Pernos (Dimensiones ± 2 mm)					
Longitud de Elementos	Longitud según planos (± 1 cm)					
Pernos de anclaje	Verticalidad en plomo de pernos ($\pm 0,5$ mm)					
Plomo y línea de Estructura	Est. Aplomada y alineada (Longitud/500)					
Estado del metal	Metales sin oxidación avanzada ni perforaciones					
Pintura	Espesor mínimo de pintura final de 100 micras (± 5 micras)					
Soldadura	Aprobación visual uniforme, sin huecos ni escoria					

Figura E2.7. Extracto de herramienta de control de la calidad de instalación de estructura metálica principal. Fuente: Elaboración propia

Actividad:	Estructura Metálica		Responsable de Revisión:			
Etapa:	Cubierta de Techo		Normas Referencia: AWS D 1.1. AISC: Diseño y fabricación			
Ubicación:	Apartamento #1 Piso 1		Especificación Proyecto: Planos arquitectónicos			
Fecha:			Equipo de medición:			
Registro de Resultados						
Tema	Cumplimiento (Tolerancia)	Sanitario D.	Vestidor	Dorm P.	Dorm 2	Dorm 1
Traslapes de láminas	Impermeabilidad con traslapes @ 25cm (± 5 mm)					
Acabado de láminas	Láminas limpias y sin abolladuras ni rayones					
Pendiente de canoa	Pendiente mayor a 2%					
Arrizos de canoa	Colocados @ 50cm (± 5 mm)					
Fijación de bajantes	Elementos @ 50cm (± 5 mm)					
Boquillas del bajante	Selladas en toda la boquilla					
Láminas HG	Traslapes @ 25cm (± 5 mm)					
Uniones de láminas	Selladas en toda la unión					
Acab. Sellador para HG	2 manos de sellador especial para hierro galvanizado					
Acabado de Pintura	3 manos de pintura sobre toda la superficie					

Figura E2.8. Extracto de herramienta de control de la calidad de instalación de cubierta de techo. Fuente: Elaboración propia. 2014

Acabados

Actividad:	Acabados			Responsable de Revisión:		
Etapas:	Cielos de Gypsum			Normas Referencia: -		
Ubicación:	Apartamento #1 Piso 1			Especificación Proyecto: Planos arquitectónicos		
Fecha:				Equipo de medición:		
Registro de Resultados						
Tema	Cumplimiento (Tolerancia)	Sanitario D.	Vestidor	Dorm P.	Dorm 2	Dorm 1
Altura de nivel de cielo / NPT	Según indicación de planos (± 3 mm)					
Separación de tracks	Colocados @ 120cm (± 30 cm)					
Fijación de láminas	Tornillos @ 25.0cm (± 2 cm)					
Nivel	Laminadas niveladas (± 3 mm)					
Cintas de sello	Espesor de 2mm (± 1 mm)					
Juntas con pared concreto	A línea según detalle de planos					
Acabado de la pasta	Sin ondulaciones					
Acabado de láminas	Sin fisuras, rasgaduras ni grietas					

Figura E2.9. Extracto de herramienta de control de la calidad de cielos de gypsum. Fuente: Elaboración propia. 2014

Actividad:	Acabados			Responsable de Revisión:		
Etapas:	Estructuras de Laminas Livianas			Normas Referencia: -		
Ubicación:	Apartamento #1 Piso 1			Especificación Proyecto: Planos arquitectónicos		
Fecha:				Equipo de medición:		
Registro de Resultados						
Tema	Cumplimiento (Tolerancia)	Sanitario D.	Vestidor	Dorm P.	Dorm 2	Dorm 1
Tracks superiores e inf.	Colocados según planos (@ 61cm)					
Separación de studs	Según planos (max 40.5cm ± 5 mm)					
Refuerzos de madera	Según indicación de planos (± 25 mm)					
Aislante	Según indicación de planos					
Distancia entre lámina y piso	Luz de 10mm (± 5 mm)					
Juntas con pared concreto	A línea según detalle de planos					
Fijación de láminas	Tornillos @ 40.5cm (± 5 cm)					
Acabado de la pasta	Línea y plomo (± 5 mm en 3m)					

Figura E2.10. Extracto de herramienta de control de la calidad de estructuras de láminas livianas. Fuente: Elaboración propia. 2014

Actividad:	Acabados													Responsable de Revisión: Ing. Marco Zamora Fedullo
Etapas:	Buques Puertas y Ventanas													Normas Referencia: -
Ubicación:	Apartamento #1 Piso 3													Especificación Proyecto: Planos Arquitectónicos / Planos de taller
Fecha:														Equipo de medición: Cinta métrica, nivel, Plomo, Escuadra.
Registro de Resultados														
Tema	Cumplimiento	Dorm P.	Vestidor	Sanitario D.		Dorm P.	Dorm 1		S.Sanita	Sala	Pilas			
Buque	-	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		
Ancho (m)	Según Planos ($\pm 0,005$ m)	2,74	0,90	0,90	1,99	0,95	0,95	1,79	0,90	4,07	0,9	1,19		
Ancho sup (m)	Según Planos ($\pm 0,005$ m)													
Ancho inf (m)	Según Planos ($\pm 0,005$ m)													
Altura (m)	Según Planos ($\pm 0,005$ m)	2,49	2,14	2,14	0,49	2,14	2,14	2,49	2,14	2,49	2,14	0,89		
Altura izq (m)	Según Planos ($\pm 0,005$ m)													
Altura der (m)	Según Planos ($\pm 0,005$ m)													
Plomo	Superficie aplomada ($\pm 0,005$ m)													
Escuadra	Angulo 90° ($\pm 0,005$ m)													
Pendiente Banquina	Pendiente hacia el exterior													

Figura E2.11. Extracto de herramienta de control de la calidad de buques de puertas y ventanas. Fuente: Elaboración propia. 2014

Evaluación de calidad de acabado del concreto

Posteriormente en el desarrollo del Proyecto Torres de Velarde se está implantando el Sistema de Calidad planteado con las herramientas expuestas en la sección anterior, temática que no entra en el alcance de este proyecto de graduación. Sin embargo, se tomó una muestra aleatoria de la inspección del Acabado del Concreto, para evaluar el desempeño de la actividad. En el cuadro E2.2 se muestra los resultados de la primera inspección, realizada en los siguiente 4 días después de quitados los paneles de formaleta.

El cuadro E2.2. Se muestra en 2 partes.

CUADRO E2.2. CONTROL DE CALIDAD DEL ACABADO DEL CONCRETO. 1/2				
Actividad:	Concreto Estructural	Responsable de Revisión: Normas Referencia: Especificación Proyecto: Equipo de Medición:		
Etapas:	Acabado del Concreto			
Ubicación:	Apartamento #1 Piso 5			
Fecha:	10-sep			
Registro de Resultados				
Tema	Cumplimiento (Tolerancia)	Sanitario D.	Vestidor	Dorm P.
Superficie Libre	Libre de ties, restos de madera y amarras de alambre	NC T	OK	OK
Superficie uniforme	Ningún tipo de segregación	NC C	OK	NC S1
Línea	Superficie alineada (± 5 mm en 3 m)	OK	OK	+ 6mm
Plomo	Superficie aplomada (± 5 mm en 3 m)	OK	OK	OK
Escuadra Esquina Pared	Angulo 90° (± 5 mm en 3 m)	+ 8mm	OK	+ 7mm
Planicidad	Planicidad de Losas Entrepiso (En codal de 3,0 ml: 6,4 mm)	OK	OK	OK
Acabado	Superficie lisa libre de manchas; todas las anteriores	OK	OK	OK
Observaciones				

CUADRO E2.2. CONTROL DE CALIDAD DEL ACABADO DEL CONCRETO. 2/2						
Marco Zamora Fedullo ACI 302, ACI 303 - Codal 3m, Nivel y Escuadra.						
Dorm 2	Dorm 1	S.Sanitario	Sala	Comedor	Cocina	Pilas
NC T	OK	NC T	OK	OK	OK	NC M
OK	NC S1	NC S1 - C	NC S2	NC S1	OK	NC S2
OK	OK	OK	+ 8mm	OK	OK	+ 10mm
OK	OK	+ 8mm	+ 6mm	OK	OK	OK
+6mm	OK	+ 6mm	+ 8mm	OK	OK	+7mm
OK	OK	OK	+8mm	+10mm	OK	OK
OK	OK	P	P	OK	OK	OK

Fuente: Elaboración Propia

CUADRO E2.3. SIMBOLOGÍA DE EVALUACIÓN ACABADO DEL CONCRETO	
NC T:	No conformidad, contiene Ties de Formaleta
NC M:	No conformidad, contiene elementos de madera
NC A:	No conformidad, contiene alambres u otros.
NC S1:	No conformidad, concreto segregado puntual.
NC S2:	No conformidad, concreto segregado amplio.
NC C:	No conformidad, cajas no alineadas.
P:	Trabajo pendiente

Fuente: Elaboración Propia

Análisis de resultados

El presente análisis se basa en la interpretación de los resultados como respuesta a los objetivos originalmente planteados. Se discutirán las causas y efectos de los resultados utilizados para la evaluación de los objetivos.

Etapa I

El objetivo inicial de esta etapa se basó en aplicación de la ideología Lean en los procesos constructivos para lograr un desarrollo del proyecto de acuerdo con el plazo definido para la obra. Como se describió en las primeras secciones de este informe, el atractivo del proyecto constructivo Torres de Velarde se fundamentó en ser un proyecto complejo que requirió desarrollar un volumen de producción muy alto en un periodo muy breve. Estas características son poco comunes en el ámbito de la construcción, por tal razón este aspecto fue lo que impulsó el planteamiento de aplicar la filosofía Lean en la planificación de la obra.

Desarrollo de filosofía “Lean Construction”

En esta fase de pre construcción se desarrolló una capacitación introductoria a los principales subcontratistas para exponer la filosofía de producción Lean y la metodología por seguir en el desarrollo del proyecto. Las impresiones por parte de los participantes fueron de interés en los resultados que se planteaban obtener con esta ideología. Sin embargo, tal como lo comentaron algunos ingenieros residentes consultados en la Empresa, el mayor reto de implantar esta ideología de trabajo en los diferentes equipos y procesos constructivos del proyecto, fue plasmar la aplicación de la teoría en el campo. Por lo tanto, el presente fue un objetivo que se cumplió con la implantación de las

herramientas Lean y la comprobación de la funcionalidad de esta ideología en proyectos ininteligibles, que requieren de un alto flujo de trabajo, pero al mismo tiempo se verificó la dificultad de plasmar las acciones de la teoría Lean en la práctica.

Logística de sitio

Con base en la valoración de los requerimientos del sitio y la aplicación de la filosofía Lean en el manejo de recursos se presentó al ingeniero residente una propuesta de diseño del sitio plasmada en la Figura E1.1, para su evaluación y aprobación. El desarrollo de este objetivo permitió la organización del espacio del proyecto y el flujo y adecuado uso de los recursos, con modificaciones puntuales como el transporte de equipo y materiales (señalado con flechas azules) y la ubicación de los sitios de contratistas.

Tal como lo muestra el Cuadro E1.1., la secuencia para el diseño de la logística de sitio buscó en dos fases asegurar la planificación adecuada de las condiciones de infraestructura provisional y de flujos de personal, materiales y equipo, con el conjunto de requerimientos del proyecto. Posteriormente teniendo definidos los espacios de trabajo, accesos y circulación se definieron en el Cuadro E1.2, aspectos minuciosos que condicionaban el diseño del sitio.

Se diseñaron aspectos como accesos y circulación, donde se especificaron las vías para materiales, personal y equipo y se evaluaron las características del terreno, las condiciones de espacio, la cantidad de equipo y materiales de entrada, para obtener la mínima cantidad de cruces de zonas en el tránsito de los materiales.

También en el diseño de espacios, se definieron las necesidades y características de las instalaciones provisionales en coordinación

con los planos, que permitieron lograr una idónea colocación de elementos como las bodegas de materiales, las oficinas de reunión, los centros del personal administrativo, las áreas de uso personal, los centros de producción de elementos constructivos como armaduras y formaletas y las zonas techadas y de seguridad.

Por último, con las características de la infraestructura según el plano de sitio de construcción, se definieron las áreas de construcción, las áreas de alto riesgo así como las de seguridad, las áreas de circulación y las áreas fuera de la construcción, dándolo a conocer a todos los trabajadores dentro del proyecto.

Estrategia constructiva

Tal como se describe en la Figura 3 del Marco Teórico, un proyecto de construcción parte la organización en tres ejes principales de trabajo; Obra Gris, Instalaciones Electromecánicas y Acabados, se adoptó esta división para proveer una respuesta al objetivo de estrategia constructiva. Para el planteamiento de una estrategia se investigó acerca del uso de la formaleta auto soportante Forsa y sus aplicaciones en otros proyectos. Tal como se muestra en los cuadros E1.3 al E1.5, el proyecto Torres de Velarde tiene en general un flujo de trabajo mayor, conteniendo un 45% más que el proyecto Latitud Dent en formaleta Forsa de muros, un 17% más que el proyecto Paradisus en formaleta de Losa y hasta un 70% de diferencia de armadura de columnas. Estos datos impulsaron hacer una comparación de volumen de trabajo y plazo de tiempo que permitió tener referencia de los rendimientos esperados en Torres de Velarde.

Consecuentemente según la información anterior, se presentó una estrategia constructiva plasmada en la Figura E1.2, la cual tiene como ideas principales, la implantación de dos frentes de trabajo, desplazar horario de entrada, utilización de equipo para movilizar formaleta, cuadrillas especializadas en procesos estandarizados, asistir a contratistas principales y premiar a empleados de campo con bonificación por desempeño. En esta figura se visualiza la división de áreas realizada en apoyo con el programa de hitos presentado en la siguiente sección, donde el

planteamiento define la construcción de un piso por semana para el cumplimiento del plazo.

Esta estrategia permitió plantear una secuencia de trabajo semanal que se desarrolla en la Figura E1.3. Se partió del propósito de construir un piso semanalmente, para lo cual se previeron las actividades de armadura y previstas electromecánicas, adelantándolas en ese periodo semanal. Se estableció que para el día de coladas, se cuente con la armadura del concreto reforzado adelantada tres días (amarillo en la figura) y la instalación de previstas electromecánicas adelantado dos días en el programa (azul en la figura), este orden permitió el ingreso de la formaleta y colada de concreto en un mismo día, por cinco días para dar como resultado la construcción de un piso por semana. Sin embargo, los rendimientos bajos que se dieron posteriormente, validaron la implantación de una segunda propuesta diseñada por todo el equipo de trabajo. Esta solución alterna planteada en la Figura E1.4, se diseñó en conjunto con los ingenieros del proyecto y estableció una comparación más minuciosa de las áreas por piso, incluyendo un día más de colada con áreas menores y el cumplimiento inicial de un piso por semana.

Programa de trabajo e implantación del “Last Planner”.

Esta fase de ejecución del proyecto se basó en la definición de actividades críticas para la obra, se definieron actividades y se contempló la importancia de un proceso constructivo en conjunto con la dependencia que tienen estas en el avance. Sobre la base de lo anterior, se consideró que para la construcción de un edificio habitacional con las condiciones de constructibilidad que tiene el proyecto Torres de Velarde, se definirían las actividades críticas en la Figura E1.6.

Por ejemplo, una actividad definida como crítica, tal como Estructura Metálica Principal, es de vital importancia, ya que sin ella no se puede proceder a ejecutar los trabajos de cerramientos perimetrales, instalación de conducciones eléctricas y sistemas mecánicos, debido a que todos éstos necesitan la estructura para poder asirse de ella. Lo descrito anteriormente es el

argumento utilizado que permite calificar de igual manera las demás actividades críticas para la construcción del edificio.

Posteriormente contemplando las actividades definidas, la estrategia constructiva y el programa de hitos según el plazo del proyecto, se procedió a elaborar la planificación estratégica inicial por seguir para el desarrollo de la obra, mostrada en la Figura E1.5. Esta planificación es una herramienta derivada de la filosofía Lean y necesaria para el uso del “Last Planner”, la cual mostró la secuencia de actividades en el cronograma general estableciendo un orden por seguir y ejemplificando el concepto del Instituto de Construcción Lean (LCI por sus siglas en inglés) “Empezar y terminar justo cuando es necesario”. Además esta herramienta permitió evaluar el cumplimiento de los plazos por parte de los contratistas para cada actividad designada.

Considerando la planificación estratégica implantada, se elaboraron las herramientas de planificación intermedia y semanal (Last Planner) plasmadas en las figuras E1.7 a la E1.9, estas últimas permitieron un flujo de actividades programadas semanalmente, considerando un lapso previo de seis semanas para la evaluación de restricciones como falta de materiales, cambios en diseño o constructibilidad, que limitaban el desarrollo de una actividad en específico. Así como la asignación de tareas semanales y la evaluación detallada del cumplimiento de estas.

Evaluación de Last Planner

En esta fase de calificación del desempeño realizada en la primera etapa, se permitió evaluar todos los objetivos desarrollados anteriormente, ya que en conjunto aportan un flujo de trabajo que al final evaluó el cumplimiento del plazo del proyecto. Con el uso del “Last Planner” se obtuvo una calificación general del desempeño de los subcontratistas que fue evaluado dentro de las 15 primeras semanas definidas en el alcance de este proyecto y permitió obtener una nota de 78% de cumplimiento de actividades, como se muestra en el Cuadro E1.7. Según la filosofía Lean, esta nota se encuentra en un rango medio de calificación por debajo de una nota excelente y superando la calificación mínima, esto se ve

reflejado en el cumplimiento hasta la fecha de la planificación estratégica inicial y traducido en el cumplimiento del plazo del proyecto.

En la figura E1.10, correspondiente al gráfico del porcentaje de actividades terminadas, se muestra claramente el bajo desempeño por parte de los equipos de trabajo de la 4ª hasta la 8ª semana. Este lapso, donde se obtuvo el desempeño más bajo del proyecto, se relaciona principalmente con el inicio de los procesos de coladas de concreto y la generación de una curva de aprendizaje, la cual se observa de igual forma presentada en el Gráfico E1.5 del desempeño individual del Maestro de Obras de Edificar. Cabe destacar que este aspecto se contempló en la fase de preconstrucción y de acuerdo con la observación del Gerente del Proyecto, en la planificación estratégica del programa de trabajo, se le asignó un periodo de tiempo de dos semanas por colada al Piso 1 y 2, lo cual efectivamente se cumplió al tratarse de un proyecto tan complejo con volúmenes de trabajo altos.

En este apartado nace la aplicación de una de las herramientas de la filosofía Lean, la implantación del término “Kaizen”, que se explica como “mejora continua” por parte de los equipos de trabajo. Con el desarrollo del “Last Planner”, semanalmente se realizó una agenda de reunión semanal que tenía como objetivos evaluar el desempeño individual de cada subcontratista y fomentar la mejora continua en sus prácticas, viéndose plasmado en la mejora individual de las actividades.

Dentro de este proceso se evaluaron las causas que justificaban el no cumplimiento de las actividades asignadas, tal como lo muestra la Figura E1.11, la razón principal de los desempeños bajos fue la falta de personal por parte del contratista con un 46%, seguido por una inadecuada planificación (23%) y el factor de la actividad precedente (14%). La causa principal se define como el inadecuado uso del recurso por parte del contratista, o bien, un recurso de bajo rendimiento. En conjunto con las agendas de productividad, realizadas semanalmente, se complementó con elementos visuales de control tales como pizarras informativas, gráficos de aplicación de actividades y rutas de ejecución. En

el apéndice 1 se muestra la pizarra informativa de desempeño de contratistas del proyecto.

El desarrollo de las actividades mencionadas permitió proveer una respuesta al objetivo planteado en el proyecto, evaluando el desempeño individual de cada subcontratista. Como se observa en el cuadro E1.9, en el plazo de evaluación de este informe (15 semanas) el mejor desempeño por contratistas lo presentó Constructora ELCOH (82%) e Ingenieros Constructores Aguilar y Salas (89%), lo cual se traduce en el nivel de compromiso adquirido por estos contratistas.

Etapa II

El planteamiento de los objetivos referentes al control de calidad se basa en las exigencias del proyecto Torres de Velarde, donde el propósito ha sido entregar un producto final que conserve la trilogía fundamental de la administración de los proyectos de construcción; como lo es la armonía del plazo, calidad y costo. Por lo tanto, se examinan los resultados obtenidos con los objetivos del aseguramiento de calidad.

Con base en la teoría estipulada en el Marco Teórico, se definió según la Figura 5, la estructura de un sistema integrado de Control de la Calidad y según el Cuadro E2.1 se estableció un procedimiento general para llevar a cabo la implantación de un Sistema de Calidad para el proyecto Torres de Velarde. En la primera fase se definieron los criterios por evaluar en la planificación del sistema, tales como el Cartel, Especificaciones Técnicas, Aclaraciones, Modificaciones y Programa de Trabajo, los cuales dieron información de los estándares de calidad establecidos para el producto final y se comparan con las normas externas e internas propias de la Empresa. Esta información dentro de la primera fase, se relacionó con el programa de trabajo y las actividades principales para definir un plan de operación que se debe seguir con un cronograma de control de calidad.

El objetivo de esta información fue utilizarla en el desarrollo de la 2ª fase del procedimiento, definido en el Cuadro E2.1, donde se establecieron los protocolos, procedimientos y herramientas que en conjunto con los lineamientos que posee la Empresa. Se requieren

para la fase de Control de Calidad. En esta última etapa del Cuadro E2.1, se establecen las acciones para desarrollar la validación y control de la información que se obtiene en los recorridos. Cabe destacar que esta última fase no se encuentra dentro del alcance de este proyecto, por lo tanto, se llegó hasta la etapa de implantar un procedimiento y generar las herramientas necesarias para un futuro control y análisis de calidad.

Sin embargo, en esta etapa también se tomó una muestra aleatoria del edificio, que permitiera evaluar la actividad del acabado del concreto expuesto en las paredes y losa del apartamento # 1 del Piso 5. Como se muestra en el Cuadro E2.2 se tomaron en cuenta siete criterios de evaluación desarrollados en la fase de aseguramiento, donde el aspecto de evaluación más crítico fue la revisión de una superficie homogénea en las paredes, calificando la aparición de concreto segregado en las paredes.

En este rubro se encontraron 4 de 10 dormitorios calificados como producto "No Conforme con Segregación 1" y 2 de 10 dormitorios como producto "No Conforme con Segregación 2". Estas no conformidades equivalen a 16 paredes con aparición hasta de un 15% de segregación en el concreto, mientras que ocho paredes contienen entre 15 y 30% del área con concreto segregado que se visualiza como un hormiguero de agregado fino. El desempeño de este acabado del concreto se debió a un problema que presentó el diseño de mezcla del concreto autocompactable utilizado en muros, por parte del proveedor de concreto, que al final equivale a 24 paredes en mal estado, de un total de 40 que posee un apartamento.

Conclusiones

- De acuerdo a los resultados obtenidos durante las primeras 15 semanas se demostró la utilidad de aplicación de la filosofía Lean en la programación del plazo, en proyectos ininteligibles de alta velocidad.
- Al comparar con proyectos similares dentro de la empresa, el proyecto Torres de Velarde requirió un 40% más de formaleta y un 70% más de armadura, lo que permitió obtener una base de información para el modelo de la estrategia constructiva que se desarrolló.
- El diseño de la logística de sitio planteada es fundamental para el cumplimiento de los plazos de los procesos constructivos del proyecto, ya que de acuerdo con los requerimientos del espacio de la obra permite la organización necesaria para su desarrollo.
- El avance de las primeras 15 semanas del proyecto es de un 77% lo cual permite demostrar la funcionalidad de la herramienta “Last Planner” en la planificación del programa de trabajo, además de desarrollar una mejora continua mediante la evaluación de requerimientos y desempeño de cada actividad.
- La implementación de las herramientas Lean permitió determinar la principal causa de no cumplimiento de actividades, la cual fue la falta de personal por parte de los subcontratistas, con un 40%.
- El desarrollo del control de calidad dentro del proyecto Torres de Velarde se compone de tres etapas principales que concluyen en la ejecución de las herramientas planteadas para la evaluación del cumplimiento de estándares de calidad.
- Se determinó como la causa de mayor problema en el acabado del concreto el inadecuado diseño de la mezcla del concreto autocompactable, lo que generó retrabajos importantes en el desarrollo del proyecto.

Recomendaciones

- Se considera importante la aplicación de otras herramientas de la filosofía de Construcción Lean con el fin de mejorar el rendimiento de cada equipo de trabajo.
- Se recomienda minimizar el área destinada a patios de armadura y formaleta dentro de la logística de sitio, este espacio se puede utilizar para algún área extra de otra actividad o depósito de nuevos materiales.
- Se recomienda considerar la complejidad del uso de formaleta autosoportante Forsa en proyectos con gran cantidad de divisiones interiores, a la hora de elaborar la estrategia constructiva.
- Seguir paso a paso la continuidad de la planificación estratégica inicial y proyectar las restricciones a las actividades críticas que continúan dentro de todo el programa del proyecto.
- Se recomienda proyectar una planificación semanal dentro de las semanas restantes categorizando cada actividad por piso y apartamento, lo cual facilita la organización del programa.
- Ejecutar la etapa final del sistema de calidad, correspondiente al control de calidad mediante la aplicación de inspecciones en campo del cumplimiento de los estándares.
- Se recomienda considerar las normas internas y externas implicadas en el tema de cada herramienta del proceso de aseguramiento de calidad, para el momento de la respectiva aplicación.
- Realizar un estudio más profundo del diseño de la mezcla del concreto autocompactable, o bien, considerar el cambio del proveedor de concreto debido a los retrabajos que genera el resane del concreto.
- Mantener un control minucioso del concreto mediante pruebas de resistencia a

compresión en laboratorio, debido a la sospecha de un mal diseño de mezcla, según el problema con el concreto expuesto.

Apéndices

Apéndice 1. Planificación Semanal de Semana 15 (7-Oct-14)

II	Actividad	Resp	Me	Log	C													
Pasillo - Piso 3																		
745	Demolicion de Losa para Ductos Pasillo P3	Juan Luis	100%	100%	1		1	1										
746	Armadura Dovelas de Losa para Ductos Pasillo P3	Fredy	100%	100%	1			1	1									
747	Colado de Losa en Ductos de Pasillo P3	Juan Luis	100%	0%	0				1									
Apartamento #1 - Piso 4																		
749	Resane de Paredes Apto#1 Piso 4	Juan Luis	100%	100%	1		1											
751	Instalación Estructura Cielos de Gypsum Apto#1 P4	S. Nieves	90%	90%	1		1	1										
Apartamento #2 - Piso 4																		
754	Instalación Estructura Cielos de Gypsum Apto#2 P4	S. Nieves	90%	90%	1			1	1									
Apartamento #3 - Piso 4																		
756	Resane de Paredes Apto#3 Piso 4	Juan Luis	100%	0%	0		1	1										
758	Instalación Estructura Cielos de Gypsum Apto#3 P4	S. Nieves	90%	90%	1				1	1								
Apartamento #4 - Piso 4																		
760	Resane de Paredes Apto#4 Piso 4	Juan Luis	100%	0%	0			1	1									
762	Instalación Estructura Cielos de Gypsum Apto#4 P4	S. Nieves	90%	90%	1					1	1							
Pasillo - Piso 4																		
764	Resane de Paredes Pasillo - Piso 4	Juan Luis	100%	50%	0				1	1								
765	Demolicion de Losa para Ductos Pasillo P4	Juan Luis	50%	50%	1				1	1								
766	Armadura Dovelas de Losa para Ductos Pasillo P4	Fredy	50%	50%	1					1	1							
768	Pasantes Verticales Extracción y A.Acondic. Pasillo	J.Carlos	100%	100%	1		1	1										
Apartamento #1 - Piso 5																		
770	Bandejas Prot. A.Negras Apto#1 Piso 5	Aguilar	100%	100%	1		1	1										
771	Resane de Paredes Apto#1 Piso 5	Juan Luis	100%	0%	0					1	1							
773	Instalación Estructura Cielos de Gypsum Apto#1 P5	S. Nieves	30%	30%	1													1
Apartamento #2 - Piso 5																		
776	Bandejas Prot. A.Negras Apto#2 Piso 5	Aguilar	100%	100%	1			1	1									
777	Resane de Paredes Apto#2 Piso 5	Juan Luis	100%	0%	0													1
Apartamento #3 - Piso 5																		
781	Bandejas Prot. A.Negras Apto#3 Piso 5	Aguilar	100%	0%	0				1	1								
782	Resane de Paredes Apto#3 Piso 5	Juan Luis	50%	0%	0													1
Apartamento #4 - Piso 5																		
786	Bandejas Prot. A.Negras Apto#4 Piso 5	Aguilar	100%	100%	1					1	1							
787	Resane de Paredes Apto#4 Piso 5	Juan Luis	50%	0%	0													1
Pasillo - Piso 5																		
791	Pasantes Verticales Extracción y A.Acondic. Pasillo	J.Carlos	75%	0%	0				1	1								
792	Previstas mecanicas de cielo Pasillo - Piso 5	Oscar	100%	100%	1				1									
793	Previstas electricas de cielo Pasillo - Piso 5	Arriola	100%	100%	1				1									
794	Previstas Detección de Incendio Pasillo P5	Arriola	100%	100%	1				1									
795	Previstas Supresión de Incendio Pasillo - Piso 5	Oscar	100%	50%	0				1									
Apartamento #1 - Piso 6																		
797	Bandejas Prot. A.Negras Apto#1 Piso 6	Aguilar	100%	0%	0													1
798	Previstas Extracción y A.Acondic. Apto #1 P6	J.Carlos	100%	0%	0				1	1								
799	Previstas mecanicas de cielo Apto#1 - Piso 6	Oscar	100%	100%	1					1	1							
800	Previstas electricas de cielo Apto#1 - Piso 6	Arriola	100%	100%	1					1	1							
801	Previstas Detección de Incendio Apto# 1 P6	Arriola	100%	100%	1					1	1							
802	Previstas Supresión de Incendio Apto#1 P6	Oscar	100%	100%	1					1	1							
803	Cableado electrico de cielo Apto #1 - Piso 6	Arriola	100%	0%	0					1	1							
Apartamento #2- Piso 6																		
805	Previstas Extracción y A.Acondic. Apto #2 P6	J.Carlos	100%	0%	0					1	1							
806	Previstas mecanicas de cielo Apto #2 - Piso 6	Oscar	100%	100%	1					1	1							
807	Previstas electricas de cielo Apto#2- Piso 6	Arriola	100%	50%	0					1	1							
808	Previstas Detección de Incendio Apto# 2 P6	Arriola	100%	50%	0					1	1							
809	Previstas Supresión de Incendio Apto#2 P6	Oscar	100%	50%	0					1	1							
810	Cableado electrico de cielo Apto#2 P6	Arriola	100%	0%	0					1	1							
Apartamento #3- Piso 6																		
812	Previstas Extracción y A.Acondic. Apto #3 P6	J.Carlos	100%	0%	0						1	1						
813	Previstas mecanicas de cielo Apto #3 P6	Oscar	100%	100%	1						1	1						
814	Previstas electricas de cielo Apto #3 P6	Arriola	100%	0%	0						1	1						
815	Previstas Detección de Incendio Apto# 3 P6	Arriola	100%	0%	0						1	1						
816	Previstas Supresión de Incendio Apto#3 P6	Oscar	100%	50%	0						1	1						
817	Cableado electrico de cielo Apto#3 P6	Arriola	100%	0%	0						1	1						
Apartamento #4- Piso 6																		
819	Previstas Extracción y A.Acondic. Apto #4 P6	J.Carlos	100%	0%	0							1	1					
820	Previstas mecanicas de cielo Apto #4 Piso 6	Oscar	100%	100%	1							1	1					1
821	Previstas electricas de cielo Apto #4 Piso 6	Arriola	100%	0%	0							1	1					1
822	Previstas Detección de Incendio Apto#4 P6	Arriola	100%	0%	0							1	1					1
823	Previstas Supresión de Incendio Apto#4 P6	Oscar	100%	50%	0							1	1					1
824	Cableado electrico de cielo Apto#4 P6	Arriola	75%	0%	0							1	1					1

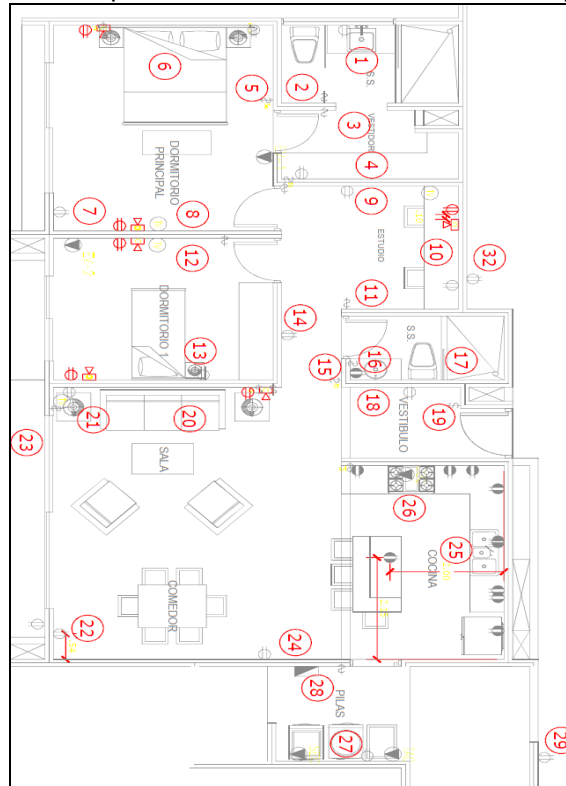
Desarrollo de una herramienta de planificación del tiempo y aseguramiento de la calidad para la construcción de un edificio habitacional, en la Empresa Constructora Edificar S.A.

Sector #5 - Piso 7										
826	Formaleta fuerza Sector #5 Piso 7	Juan Luis	100%	100%	1	1				
827	Acero horizontal de entrepiso Sector #5 Piso 7	Fredy	100%	100%	1	1				
828	Previstas mecánicas de entrepiso Sector #5 Piso 7	Oscar	100%	100%	1	1				
829	Previstas eléctricas de entrepiso Sector #5 Piso 7	Arriola	100%	100%	1	1				
830	Colar Paredes y losa Sector #5 Piso 7	Juan Luis	100%	100%	1	1				
831	Desformateo Forza Sector #5 Piso 7	Juan Luis	100%	100%	1	1				
Sector #6 - Piso 7										
833	Formaleta fuerza Sector #6 Piso 7	Juan Luis	100%	100%	1	1	1			
834	Acero horizontal de entrepiso Sector #6 Piso 7	Fredy	100%	100%	1	1	1			
835	Previstas mecánicas de entrepiso Sector #6 Piso 7	Oscar	100%	100%	1	1	1			
836	Previstas eléctricas de entrepiso Sector #6 Piso 7	Arriola	100%	100%	1	1	1			
837	Colar Paredes y losa Sector #6 Piso 7	Juan Luis	100%	100%	1	1	1			
838	Desformateo Forza Sector #6 Piso 7	Juan Luis	100%	100%	1	1	1	1		
Sector #3 - Piso 7										
840	Formaleta fuerza Sector #3 Piso 7	Juan Luis	100%	100%	1			1	1	
841	Acero horizontal de entrepiso Sector #3 Piso 7	Fredy	100%	100%	1			1	1	
842	Previstas mecánicas de entrepiso Sector #3 Piso 7	Oscar	100%	100%	1			1	1	
843	Previstas eléctricas de entrepiso Sector #3 Piso 7	Arriola	100%	100%	1			1	1	
844	Colar Paredes y losa Sector #3 Piso 7	Juan Luis	100%	100%	1			1	1	
845	Desformateo Forza Sector #3 Piso 7	Juan Luis	100%	100%	1			1		1
Sector #1 - Piso 8										
847	Acero Vertical de paredes Sector #1 - Piso 8	Fredy	100%	100%	1	1				
848	Previstas mecánicas en paredes Sector #1 Piso 8	Oscar	100%	100%	1	1	1			
849	Previstas eléctricas en paredes Sector #1 Piso 8	Arriola	100%	100%	1	1	1			
850	Formaleta fuerza Sector #1 Piso 8	Juan Luis	100%	100%	1					1
851	Acero horizontal de entrepiso Sector #1 Piso 8	Fredy	100%	100%	1					1
852	Previstas mecánicas de entrepiso Sector #1 Piso 8	Oscar	100%	100%	1					1
853	Previstas eléctricas de entrepiso Sector #1 Piso 8	Arriola	100%	100%	1					1
854	Colar Paredes y losa Sector #1 Piso 8	Juan Luis	100%	100%	1					1
Sector #2 - Piso 8										
856	Acero Vertical de paredes Sector #2 - Piso 8	Fredy	100%	100%	1	1	1			
857	Previstas mecánicas en paredes Sector #2 - Piso 8	Oscar	100%	100%	1	1	1			
858	Previstas eléctricas en paredes Sector #2 - Piso 8	Arriola	100%	100%	1	1	1			
Sector #4 - Piso 8										
860	Acero Vertical de paredes Sector #4 - Piso 8	Fredy	100%	100%	1		1	1		
861	Previstas mecánicas en paredes Sector #4 - Piso 8	Oscar	100%	100%	1		1	1	1	
862	Previstas eléctricas en paredes Sector #4 - Piso 8	Arriola	100%	100%	1		1	1	1	
Sector #5 - Piso 8										
864	Acero Vertical de paredes Sector #5 - Piso 8	Fredy	100%	100%	1		1	1		
865	Previstas mecánicas en paredes Sector #5 - Piso 8	Oscar	100%	100%	1		1	1		1
866	Previstas eléctricas en paredes Sector #5 - Piso 8	Arriola	100%	100%	1		1	1		1
Sector #6 - Piso 8										
868	Acero Vertical de paredes Sector #6 - Piso 8	Fredy	100%	100%	1			1		1
869	Previstas mecánicas en paredes Sector #6 - Piso 8	Oscar	50%	50%	1					1
870	Previstas eléctricas en paredes Sector #6 - Piso 8	Arriola	50%	50%	1					1
Sector #3 - Piso 8										
872	Acero Vertical de paredes Sector #3 - Piso 8	Fredy	50%	50%	1					1
Escaleras										
874	Formaleto Escaleras Principales Niv. 3-4	Juan Luis	100%	100%	1	1				
875	Armado de acero Escaleras Principales Niv. 3-4	Fredy	100%	100%	1	1	1			
876	Colar Escaleras Principales Niv. 3-4	Juan Luis	100%	100%	1		1			
877	Formaleta Escaleras de Emergencia Niv. 6-7	Juan Luis	100%	100%	1			1		
878	Armadura Escaleras de Emergencia Niv. 6-7	Juan Luis	100%	100%	1			1		1
879	Colar Escaleras de Emergencia Sitio Niv. 6-7	Juan Luis	100%	0%	0					1
Exteriores										
881	Barandas Metálicas Fachada Sur Nivel 1-2	D.Bermude	50%	0%	0	1	1	1	1	1
882	Resane Muros Fachada Oeste	Juan Luis	40%	40%	1	1	1	1	1	1
883	Resane Fachada Principal Este	Juan Luis	85%	85%	1	1	1	1	1	1
884	Armadura Contrapiso Tanque abastecimiento	Fredy	100%	100%	1	1	1			
885	Colada contrapiso Tanque abastecimiento	Juan Luis	100%	100%	1		1			
886	Acero paredes Tanque abastecimiento	Fredy	100%	100%	1		1	1		1
886	Formaleta paredes Altura H1 Tanque Abast.	Juan Luis	100%	100%	1					1
					70%					

Apéndice 2. Elementos gráficos informativos de la planificación semanal



Apéndice 3. Distribución numérica de paredes en herramienta de control de previstas electromecánicas



Anexos

Anexo 1. Imagen del estado inicial del sitio.



Anexo 2. Planta arquitectónica del nivel 2 al 8.



Anexo 3. Planta arquitectónica Proyecto Latitud Dent**Anexo 4.** Planta arquitectónica Proyecto Paradisus Complejo Residencial

Desarrollo de una herramienta de planificación del tiempo y aseguramiento de la calidad para la construcción de un edificio habitacional, en la Empresa Constructora Edificar S.A.

Referencias

Chamoun, Y. 2002. **ADMINISTRACIÓN PROFESIONAL DE PROYECTOS**. México: McGraw- Hill Interamericana.

Alarcón, L y Serpell, A. 2002. **PLANIFICACIÓN Y CONTROL DE PROYECTOS CIVILES**. Chile: Ediciones Universidad Católica de Chile, segunda edición.

Balard, H y Howell, G. 2007. **IMPLEMENTING LEAN CONSTRUCTION: STABILIZING WORK FLOW**. Chile: Segunda Conferencia Anual de Lean Construction.

Botero, L y Álvarez, M 2005. **LAST PLANNER UN AVANCE EN LA PLANIFICACION Y CONTROL DE PROYECTOS DE CONSTRUCCION**. México: McGraw-Hill Interamericana.

Sydney, M. 1997. **ADMINISTRACION DE PROYECTOS DE CONSTRUCCION**. México: McGraw-Hill.

Serpell, A. 2003. **ADMINISTRACIÓN DE OPERACIONES DE CONSTRUCCION**. Chile: Editorial Universidad Católica de Chile.

Bonnefoy, C. 2005. **INDICADORES DE GESTION DEL DESEMPEÑO Y EL CUADRO DE MANDO INTEGRAL**. Costa Rica: Editorial UNED.

Araujo, N. y Meira, G. 1998. **EL PAPEL DEL PLANEAMIENTO, LIGADO A UN CONTROL GERENCIAL, EN PEQUEÑAS EMPRESAS DE CONSTRUCCION CIVIL**. 18º Encuentro Nacional de Ingeniería en Producción ENEGEP

Caldas, C. 1990. **SISTEMA DE PLANEAMIENTO Y CONTROL OPERACIONAL DE EMPRENDIMIENTOS: UNA INTEGRACION DE TIEMPO, COSTO Y RECURSOS**. Presentación

de Maestría, Universidad Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

Canela, José. 2004 **LA GESTION POR CALIDAD TOTAL EN LA EMPRESA MODERNA**. España: Alfaomega Editorial.

Ohno Taiichi. 1988. **Toyota Production System**.

Leandro, A. 2013. *Notas del curso Diseño de Procesos Constructivos, impartido el I Semestre del 2013*. Escuela de Ingeniería en Construcción. **INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA**.

Coghi, J. 2012. *Notas del curso programación de Proyectos, impartido II semestre del 2012*. Escuela de Ingeniería en Construcción. **INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA**.

ISO 9000:2005, **Sistemas de Gestión de la Calidad: Fundamentos y Vocabulario**, Secretaría General de la International Organization for Standardization, Ginebra, 2008.

ISO 9001:2008, **Sistema de Gestión de la Calidad: Requisitos**, Cuarta Edición, Secretaría General de la International Organization for Standardization, Ginebra, 2008.

ISO 9004:2009, **Gestión para el éxito sostenido de una organización. Enfoque de gestión de la calidad**, Tercera Edición, Secretaría General de la International Organization for Standardization, Ginebra, 2009.