

APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA LEAN CONSTRUCTION EN LA
VIVIENDA DE INTERES SOCIAL

OSWALDO ALEJANDRO GARCIA DIAZ

UNIVERSIDAD EAN
FACULTAD DE POSTGRADOS
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE PROYECTOS

BOGOTÁ

2012

APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA LEAN CONSTRUCTION EN LA
VIVIENDA DE INTERES SOCIAL

DIRIGIDO POR:

CARLOS HERNANDO ORAMAS LEURO

UNIVERSIDAD EAN

FACULTAD DE POSTGRADOS

ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE PROYECTOS

BOGOTÁ, 2012

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi familia, mi novia Johana Benavides que con su amor y comprensión ha sido un apoyo constante en todo este proceso, a Arsenio García y Yolanda Galindo quienes han sido como mis padres y siempre me han impulsado a alcanzar mis propósitos, a mis padres Carmen Rosa Díaz y Luis Alejandro García por darme la vida y su amor, a mis hermanos Guillermo y Adriana García por siempre estar ahí cuando los he necesitado y a toda mi familia pero en especial a mis tías Esperanza y Blanca García porque son el motor de toda la familia y siempre nos han impulsado a ser mejores personas y profesionales. A todos gracias por su apoyo incondicional.

Oswaldo Alejandro García Díaz

AGRADECIMIENTO

A Dios, porque sin su guía sería imposible alcanzar las metas que nos proponemos y al ingeniero Carlos Oramas por su guía en la elaboración de este proyecto.

Oswaldo Alejandro García Díaz

CONTENIDO

GLOSARIO	7
TABLA DE FIGURAS.....	8
RESUMEN	10
INTRODUCCIÓN	11
JUSTIFICACIÓN	12
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	13
2. OBJETIVOS	14
2.1 GENERAL.....	14
2.2 ESPECIFICOS.....	14
3. METODOLOGÍA.....	15
4. MARCO TEÓRICO	16
4.1 DEFINICIÓN VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL.....	16
4.2 LEAN CONSTRUCTION.....	17
4.2.1 Reseña histórica	17
4.2.2 La mala planificación	18
4.2.3 Pérdidas.....	20
4.2.4 Cadena de Valor	24
4.2.5 Logística	24
4.2.6 Mediciones.....	28
4.2.7 El Último Planificador (Last Planner)	31
4.2.7.1 Plan maestro.....	35
4.2.7.2 Programa de fase.....	36
4.2.7.3 Programación intermedia.....	36
4.2.7.4 Programación semanal.....	37

4.3	LEAN CONSTRUCTION EN EL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PROYECTOS DE VIVIENDA DE INTERES SOCIAL.....	38
4.3.1	Fase de planeación.....	38
4.3.2	Fase de diseño.....	41
4.3.3	Fase de construcción.....	44
4.3.4	Fase de entrega y liquidación	47
4.4	VENTAJAS DE LA APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA LEAN CONSTRUCTION EN LA VIVIENDA DE INTERES SOCIAL	50
4.4.1	Durante la estructuración del Trabajo.....	51
4.4.2	Durante el diseño	52
4.4.2.1	Definición del proyecto	52
4.4.2.2	Diseño	55
4.4.2.3	Suministro.....	57
4.4.3	Durante la construcción	59
4.4.3.1	Ensamblaje.....	60
4.4.4	Durante la entrega y liquidación.....	64
4.4.4.1	Uso	65
4.4.5	Control de producción	66
4.4.5.1	Formatos empleados para aplicar el último planificador.....	67
4.4.6	Ciclo de aprendizaje	72
	CONCLUSIONES	73
	BIBLIOGRAFÍA	74

GLOSARIO

Lean construction: También conocida como construcción sin pérdidas, es una metodología de construcción basada en los principios de Lean Manufacturing de la Toyota.

Vivienda de interés social: Tipo de vivienda destinada a satisfacer las necesidades de los estratos menos favorecidos y cuyo valor no debe superar los 135 salarios mínimos mensuales legales vigentes.

Porcentaje de actividades completadas (PAC): Medición de las tareas de la programación semanal completadas.

Programación intermedia: Programación que se hace de las actividades con una anticipación de seis a doce semanas.

Lean project delivery system (LPDS): Secuencia de elaboración de actividades o tareas dentro de Lean Construction.

Último planificador: Control que se hace durante la ejecución de las actividades semanalmente de acuerdo a la programación intermedia.

TABLA DE FIGURAS

Figura 1 Proceso clásico de conversión de una entrada en una salida	19
Figura 2 Modulación muro.....	22
Figura 3 Corte y almacenamiento de material	23
Figura 4 Colocación y distribución de materiales en el lugar de trabajo	23
Figura 5 Tiempos de Trabajo completado (TC) y trabajo planeado (TP).....	24
Figura 6 “Layout” proceso de producción concreto	26
Figura 7 Ejemplo de simulación BIM.....	28
Figura 8 Filosofía de la planificación usual	32
Figura 9 Planificación según Lean Construction	33
Figura 10 Sistema del Último Planificador.....	34
Figura 11 Formato programación intermedia	37
Figura 12 Gráfico de Pareto, causas de no cumplimiento.....	38
Figura 13 WBS (Work Breakdown Structure).....	40
Figura 14 Ejemplo de modelación BIM.....	43
Figura 15 Ciclo de modelación BIM.....	43
Figura 16 Modelo LPDS (Lean Project Delivery System)	51
Figura 17 Secuencia de programación	52
Figura 18 Etapa de definición del proyecto	53
Figura 19 Formato de evaluación QFD.....	54
Figura 20 Etapa de diseño	55
Figura 21 Pantallazo Bluebeam software.....	56
Figura 22 Etapa de suministro	57
Figura 23 Etapa de ensamblaje	60
Figura 24 Layout de obra	61

Figura 25 Manejo de información en Lean Consttuction	62
Figura 26 Modulaci3n instalaciones hidrosanitarias.....	63
Figura 27 Etapa de uso	65
Figura 28 Formato programaci3n intermedia	67
Figura 29 Formato de registro de planificaci3n semanal	69
Figura 30 Formato registro causas de no cumplimiento	70
Figura 31 Formato tabulaci3n causas de no cumplimiento.....	70
Figura 32 Formato PAC (Porcentaje de actividades Completadas).....	71

RESUMEN

Este trabajo describe los principios de la metodología Lean Construction y su aplicación a la vivienda de interés social en Colombia. Lo que se pretende es mostrar una guía para la aplicación de Lean Construction desde la concepción hasta la liquidación de un proyecto empleando el LPDS (Lean Project Delivery System), el cual se encuentra inmerso dentro de la construcción sin pérdidas. Toda la metodología Lean Construction tiene sus fundamentos en el sistema de producción de la Toyota cuyo objetivo fundamental es eliminar todas aquellas actividades que no agregan valor al sistema productivo, son principios de administración aplicados a la construcción. Mediante el empleo de técnicas sencillas de control como el sistema del último planificador, lo que se pretende es hacer que el proceso constructivo sea un poco más industrializado creando productos de mejor calidad y que satisfagan las necesidades de los clientes.

Palabras clave: Lean manufacturing, lean construction, vivienda de interés social, porcentaje de actividades completadas, last planner.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad muchas empresas constructoras de vivienda de interés social en Colombia están implementando una nueva metodología llamada Lean Construction o construcción sin pérdidas, pero debido al secreto corporativo que se maneja no ha sido posible que se difunda ampliamente esta práctica, solamente la universidad EAFIT de Medellín ha intentado crear una base de datos de las empresas que la aplican y mediante cursos de capacitación dictados en asocio con CAMACOL se ha logrado un avance en cuanto a su popularización.

Este trabajo pretende, primero hacer una presentación de la metodología, explicando en qué consiste, cuáles son las herramientas que se emplean y tomando como ejemplo una empresa del gremio, mostrar qué mejoras se han logrado con su aplicación en las obras y a partir de esto exponer cómo se puede aplicar en la construcción de vivienda de interés social y que beneficios puede traer al gremio de la construcción.

Debido a que Lean Construction promueve las buenas prácticas en la construcción, no se cierra a un modelo riguroso de aplicación de sus principios, por el contrario incentiva a la generación de nuevas ideas que ayuden a que durante las fases de vida de un proyecto se eliminen los tiempos y actividades no productivas, es por esto que se quiere mostrar cómo en cada una de estas se puede implementar esta metodología desde la concepción de un proyecto hasta su liquidación

JUSTIFICACIÓN

Actualmente los proyectos de vivienda interés social han tomado fuerza en gran parte del territorio nacional, esto debido a que la situación económica del país ha venido mejorando los últimos años lo que ha incentivado a muchas personas a adquirir techo en lugar de pagar arriendo, esta motivación ha hecho que las empresas constructoras se interesen cada vez más por desarrollar este tipo de proyectos ya que su ejecución es relativamente sencilla debido a la eliminación de los acabados lo que los hace mucho más rentables.

En la construcción proyectos tanto de interés social como de otro tipo se presentan altos índices de desperdicio de materiales y tiempo, lo cual se ve reflejado en sobrecostos, bajos niveles de productividad, retrasos en la programación de obra y reducción el margen de utilidad.

(Picchi, 1993) en su tesis doctoral llegó a demostrar que si se construyera un proyecto de vivienda de tres torres de apartamentos la tercera torre se haría con el desperdicio generado por las otras dos ya que este era tal que constituía un 30% del costo total, esto nos muestra la importancia de mostrar cómo se puede aplicar Lean Construction en el desarrollo de proyectos de vivienda de interés social.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

De la misma forma en que crece la demanda de vivienda de interés social las constructoras se ven obligadas a satisfacerla, lo cual hace más complejo el control de los proyectos ya que cada vez se busca hacerlos más grandes con el fin de obtener la mayor utilidad posible.

El tamaño es directamente proporcional a la complejidad y al incrementarlo se hace complicado su control y ejecución, esto se ve reflejado en cronogramas atrasados, desperdicios demasiado altos, incrementos en las cantidades inicialmente calculadas y presupuestadas, pago de horas extras para poder cumplir con los tiempos de entrega, reprocesos por diseños mal ejecutados y alta insatisfacción del personal por sus condiciones de trabajo y de los compradores al momento de recibir su inmueble, todo lo anterior impacta directamente en la utilidad del proyecto.

Debido a lo anterior existe la necesidad de mejorar el proceso de planificación de los proyectos y en la actualidad muchas empresas colombianas están aplicando una nueva metodología llamada Lean Construction en sus proyectos, pero es necesario mostrar cuáles son sus beneficios y como su aplicación puede impactar positivamente en la ejecución de los mismos, y por esta razón se quiere mostrar mediante la elaboración de este trabajo de grado cómo con algunas mejoras tendremos proyectos más rentables, colaboradores comprometidos y clientes satisfechos.

2. OBJETIVOS

2.1 GENERAL

Mostrar cómo se puede desarrollar un proyecto de vivienda de interés social bajo la metodología Lean Construction desde su fase de planeación hasta su liquidación, teniendo como base los documentos existentes y los lineamientos dados por el Lean Construction Institute.

2.2 ESPECIFICOS

- Definir en qué consiste la metodología Lean Construction para determinar los parámetros que se deben tener en cuenta al momento de su aplicación.
- Establecer cómo aplicar Lean Construction en el diseño y construcción de vivienda de interés social basados en los lineamientos del Lean Construction Institute.
- Determinar los beneficios de la aplicación de la metodología Lean Construction en el diseño y construcción de vivienda de interés social.

3. METODOLOGÍA

La implementación de Lean Construction dentro de las diferentes fases del desarrollo de un proyecto de vivienda de interés social debe pasar inicialmente por múltiples aprobaciones antes de lograr llevarse a feliz término en la realidad, es importante primero que todo hacer entender a todas aquellas personas que participarán en su implementación los beneficios que trae esta metodología para la empresa, y esto debe hacerse desde los gerentes quienes son los que finalmente dan su aprobación a todas aquellas ideas presentadas por sus colaboradores, siempre y cuando estas estén alineadas con las políticas y objetivos de la compañía.

Para conseguir que Lean Construction sea una realidad en todas las fases de un proyecto, es vital que se creen grupos de trabajo comprometidos y liderados por cada uno de los gerentes de las áreas de la empresa, cada gerente debe ser quien se encargue de tomar las ideas de sus colaboradores y unificarlas para luego crear un consenso con los procedimientos y documentación necesaria para poder hacer un control y ejecución efectivo de los proyectos, los líderes de cada proceso podrían reunirse con el fin de alinear procesos y documentos para así evitar que existan fallas a lo largo del ciclo de vida de un proyecto.

La aprobación final a las decisiones tomadas debe ser dada por la junta directiva y presentada por cada uno de los líderes de área quienes son los que realmente conocen y tienen una idea más general y clara de cómo se implementará dentro de cada área.

Es importante tener en cuenta las fases de un proyecto:

- Fase de planeación.
- Fase de diseño.
- Fase de Ejecución.
- Fase de liquidación.

Aunque el Lean Construction Institute no obliga a que se lleven formatos, existe un sistema llamado el último planificador que es casi de obligatoria aplicación dentro de la metodología Lean, este es de suma importancia dentro del control y manejo de tiempos, pero en general el instituto solo da algunas sugerencias de cómo emplear la metodología y pretende socializar todas aquellas buenas prácticas que se lleven a cabo en el sector de la construcción.

Es natural que exista resistencia al momento de proponer nuevas ideas, sobre todo en el sector de la construcción, donde en ocasiones se hacen las cosas sin mucha planificación dejando ver improvisación en los proyectos que se desarrollan, y en la parte de ejecución se debe poner especial atención ya que la mayoría de las personas son de un nivel educativo muy bajo, por esto es importante la sensibilización de la metodología al momento de ser implementada.

Cabe anotar que tal vez en el primer proyecto que se desarrolle bajo esta metodología se encuentre múltiples falencias tanto en la planeación como en su ejecución pero la metodología pretende retroalimentar el sistema cada vez que se culmine con el fin de afinar y reducir al mínimo las pérdidas.

4. MARCO TEÓRICO

4.1 DEFINICIÓN VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL

Con la ley 3 de enero de 1991 se creó el Sistema Nacional de Vivienda de Interés Social y se dio paso al INURBE, entidad encargada de liquidar el Instituto de Crédito Territorial, además se le dieron amplias facultades para incentivar y apoyar el desarrollo de proyectos de vivienda de interés social. Por otra parte se proporcionaron los lineamientos para el manejo y entrega de subsidios y recursos destinados para este tipo de proyectos, esto con el fin que fueran entregados a las familias que realmente lo necesitaba.

La ley 3 de 1991 define solución de vivienda pero no da una de vivienda de interés social como tal, esta es más clara en el artículo 91 de la ley 388 de 1997, el cual enuncia que la vivienda de interés social es aquella que va dirigida a suplir las necesidades de la población de bajos recursos, debe además asegurar ciertas condiciones de habitabilidad con estándares de calidad en su diseño urbanístico y arquitectónico y su valor no debe exceder los 135 SMMLV (Salarios Mínimos Mensuales Legales Vigentes); no debe confundirse con la VIP (Vivienda de Interés Prioritario) cuyo valor máximo es de 70 SMMLV.

4.2 LEAN CONSTRUCTION

4.2.1 Reseña histórica

A principios de 1950 en Japón se vislumbraron las primeras ideas de la filosofía Lean aplicadas por Toyota en su sistema de producción, estas ideas consistían en eliminar del sistema de producción todas aquellas actividades que no le agregaran valor al producto, y que, por lo tanto generaran retrasos en la línea de producción, además planteaba que debía existir una cooperación entre todos los entes involucrados en el proceso productivo con el fin de evitar retrasos.

Solo a inicio de los años ochenta se vino a conocer en el mundo occidental esta nueva filosofía y la mayoría de las fábricas en Europa y Norteamérica empezaron a adoptarla debido a que la línea de producción mostraba mejoras sustanciales con la aplicación de esta nueva metodología, es más, aparecieron autores que dedicaron textos completos a explicarla (Deming 1982, Schonberger 1982, Schonberger 1986, Henos 1988, O'Grady 1988, Garvin 1988, Berangér 1987, Edosomwan 1990). Luego de diez años de estudiarla e implementarla se le dieron varios nombres como “La fabricación de clase mundial” o “Producción Flexible” se le llegó a conocer hacia los años noventa como “Lean Production” y se observó que tenía un gran potencial para ser aplicada en otros campos, no solo se limitaba a la industria.

A la industria de las obras civiles llegó hacia 1997 cuando el finlandés Lauri Koskela planteó en su tesis de doctorado, “Application of the New Production Philosophy to Construction”, una nueva forma de administrar este tipo de proyectos tomando como base conceptos avanzados de la administración moderna (Benchmarking, Mejoramiento Continuo, Justo a Tiempo) y llevándolos a la construcción, a este nuevo enfoque se le conoció como “Lean Construction” o “Construcción sin pérdidas”.

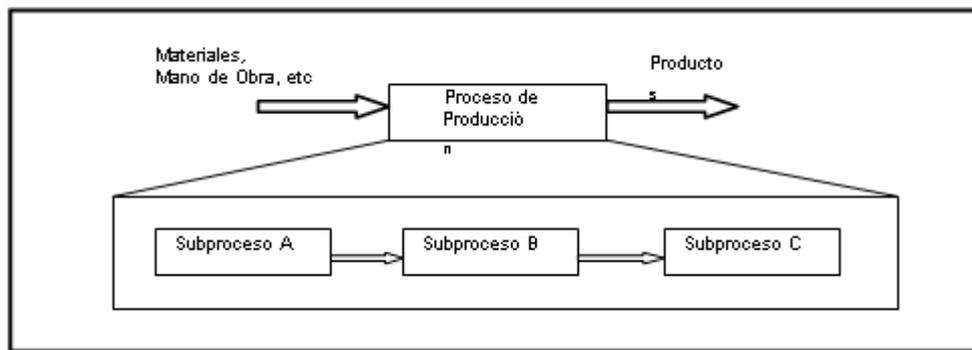
En el año 2000 apareció una herramienta muy importante que entró a complementar todas las ideas planteadas por el doctor Koskela, esta fue desarrollada en la tesis de doctorado de la Universidad de Birmingham por el profesor Glenn Ballard, llamada “Last Planner” o “Último planificador” se considera fundamental en la programación de los proyectos.

Actualmente Estados Unidos y la mayor parte de los países de Europa aplican la metodología Lean Construction, en Suramérica los países que muestran más avance en el tema Lean son Brasil y Chile. En Colombia, aunque incipiente aún, se están dando grandes pasos en la aplicación de la filosofía Lean, empresas como Urbansa S.A., Coninsa Ramon H, C.A.S.A., A.I.A., Concreto, Edicreto entre otras, en conjunto con la Universidad EAFIT de Medellín están avanzando en el proyecto de creación de una asociación Lean Construction Colombia y Camacol se encarga de dictar cursos con el fin de difundir el uso de esta valiosa herramienta.

4.2.2 La mala planificación

Según (Vera, 2005) en la industria de la construcción se le dedica poco tiempo a proceso de planeación de las obras, generalmente esta se basa en el modelo tradicional (Figura 1), el cual consiste en tomar materias primas (entradas) y convertirlas o transformarlas en productos (salidas) que responde a un modelo conocido como Modelo de Producción

Figura 1 Proceso clásico de conversión de una entrada en una salida



Fuente: (Vera, 2005)

Creación del autor

La mala planeación se ve reflejada luego en incumplimientos de los contratistas debido a que los tiempos establecidos para la ejecución de las actividades no son los adecuados lo cual genera retrasos en otras tareas que dependen de sus predecesoras para continuar, además de los tiempos, el presupuesto también se ve afectado puesto que este se proyecta de acuerdo a la duración establecida previamente y un atraso en la programación genera sobrecostos.

Otro problema de la mala planificación es que puede generar reprocesos, esto quiere decir que debo hacer cosas que ya estaban hechas porque olvide algún paso en el momento de la planificación. Por ejemplo, en el proceso de construcción de un muro en bloque el proceso normal sería levantar el muro, hacer las regatas para colocar la tubería de cableado e hidrosanitaria y luego pañetar y darle el acabado, pero muchas veces se olvida u omite algún punto hidráulico o eléctrico y luego de pañetado toca romper el muro para colocar la tubería, esto genera un sobrecosto en el pañete.

Existen inconvenientes además en los tiempos de desplazamiento y logística de las obras, muchas veces los lugares de acopio de material se ubican en sitios no adecuados, demasiado retirados o en condiciones que no son óptimas para su conservación, además al no

tener un cronograma de compras y contrataciones ajustado a la programación se generan retrasos en la adquisición de los insumos y la mano de obra para ejecutar las actividades.

La mala señalización y falta de exigencia en los elementos de seguridad industrial también son algunas de las grandes falencias del sistema tradicional, no importa cómo se haga una actividad, lo importante es entregarla a tiempo “plazo es plazo”, muchos accidentes ocurren porque el personal en obra no utiliza elementos de seguridad que salvaguarden su integridad física y esto añadido a la falta de educación es un detonante para que se incremente la accidentalidad.

Para poder aplicar la filosofía Lean en los proyectos de vivienda de interés social es necesario tener claros algunos conceptos y como estos influyen en los costos y el rendimiento de los proyectos.

4.2.3 Pérdidas

(Ohno, 1988) define pérdida como todo lo que sea distinto de la cantidad mínima de equipos, materiales, piezas, y tiempo laboral absolutamente esenciales para la producción y esta es aceptada en la filosofía de Construcción sin Pérdidas o Lean Construction.

En obra las pérdidas se dan por ciertos factores pero Borcharding en 1986 propuso un modelo cualitativo que permite identificar cinco grandes causas de la reducción de la productividad:

1. Pérdidas por esperas.
2. Pérdidas por traslados.
3. Pérdidas por trabajo lento.
4. Pérdidas por trabajo inefectivo.
5. Pérdidas por trabajo rehecho.

Con el fin de eliminar todas estas demoras se hace necesario identificar las actividades que no agregan valor al producto y todas aquellas que si lo hacen, esto con el fin de incrementar las segundas y tratar de eliminar las primeras.

Lo anterior se logra mediante mediciones de diferentes actividades, encuestas con los maestros de obra, toma de tiempos de transporte y ejecución de una actividad e identificación de los posibles factores que pueden afectar el rendimiento de una actividad.

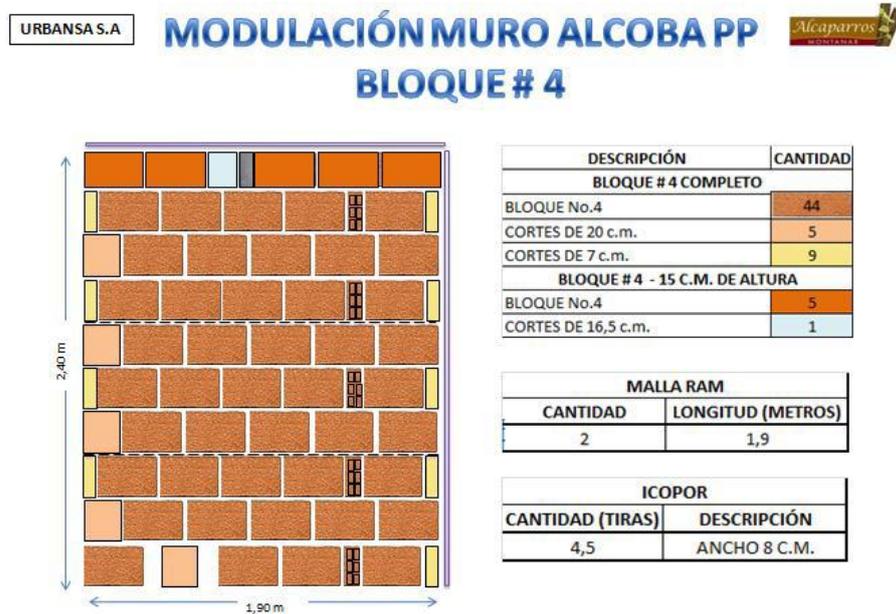
En Urbansa S.A., mediante la medición del tiempo que demoraba un obrero en ejecutar la actividad “mampostería en bloque” se lograron identificar todas las restricciones que hacían la actividad más demorada. En la medición inicial se identificó que la mano de obra requerida para la ejecución de dicha actividad, consistía de un oficial y un ayudante, el oficial debido a sus conocimientos realizaba un esquema a mano alzada de las piezas requeridas para elaborar la actividad, el diagrama era entregado al ayudante quien se dirigía a la cortadora de ladrillo y le solicitaba al operario realizar los cortes requeridos para la construcción del muro, luego el ayudante llevaba las piezas cortadas al oficial y allí tanto el oficial como el ayudante se percataban que no tenían mortero para pegar el bloque y que además les hacía falta un palustre y un nivel de mano para poder plomar el muro, el oficial envía al ayudante en busca del material y la herramienta faltante, en todo este proceso se perdió más de una hora y la actividad, que debía ejecutarse en cuatro horas terminó por hacerse en ocho y media.

Al identificar todas las falencias en el proceso constructivo se realizaron ciertos ajustes y se le solicitó al día siguiente a otra cuadrilla (oficial y ayudante) la misma labor, al terminar la medición se observó una reducción del 50% en el tiempo de ejecución. Las mejoras consistieron en:

Primero: Ubicar en el lugar de trabajo las herramientas y elementos necesarios para hacer la labor.

Segundo: Elaborar una modulación del muro a construir, indicando en la misma los cortes a efectuar (Figura 2).

Figura 2 Modulación muro



Fuente: Urbanizadora Santa Fe de Bogotá URBANSA S.A.

Creación autor

Tercero: La modulación ya hecha fue entregada al operario de la cortadora de ladrillo con antelación a la ejecución de la labor, con el fin de que los paquetes de bloque se encontrarán listos y simplemente fueran transportados al lugar de ejecución del trabajo, adicional se realizaron los cortes de icopor (para dilatar la mampostería de los muros de concreto) y del grafil para el anclaje de la mampostería a la estructura. (Figura 3).

Figura 3 Corte y almacenamiento de material

ACTIVIDAD	CORTE DE MALLA RAM, ICOPOR Y VARILLA	ALMACENAMIENTO DE CORTE DE MALLA, ICOPOR Y VARILLA	EMPAQUETADO DE MATERIA PRIMA COMPLETA Y CORTADA	ENVIO DE MATERIA PRIMA MARCADA POR UNIDAD A PRODUCIR
REGISTRO FOTOGRAFICO				
ACTIVIDAD	CORTE DE MATERIAL DE ACUERDO A LA PRODUCCION DEFINIDA		ALMACENAMIENTO DE PIEZAS DE CORTE NECESARIOS	
REGISTRO FOTOGRAFICO				

Fuente: Urbanizadora Santa Fe de Bogotá URBANSA S.A.

Creación autor

Cuarto: El material fue transportado al sitio de trabajo donde era requerido sin que hubiera lugar a desperdicios y pérdida de tiempo por reprocesos en la ejecución de la labor (Figura 4).

Figura 4 Colocación y distribución de materiales en el lugar de trabajo

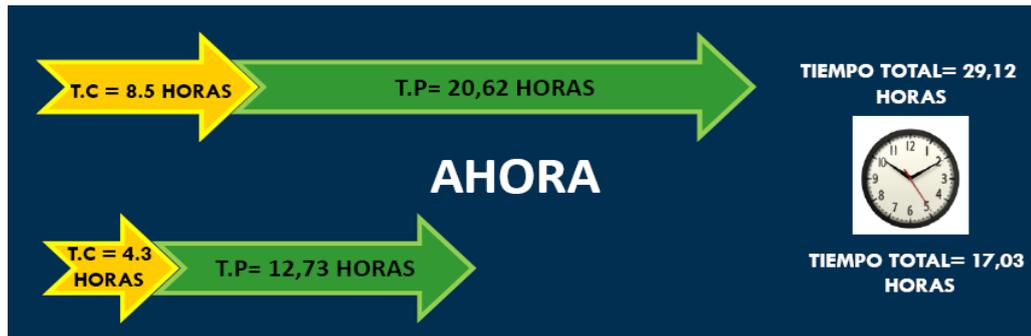
ACTIVIDAD	RECEPCION DE MATERIA PRIMA EN PLATAFORMA A NIVEL DE PISO	DISTRIBUCION DE PAQUETES EN AREAS CORRESPONDIENTES	ARMADO DE MURO MEDIANTE LA MODULACION
REGISTRO FOTOGRAFICO			

Fuente: Urbanizadora Santa Fe de Bogotá URBANSA S.A.

Creación autor.

Quinto: Luego de terminada la labor se realizó una comparación entre los tiempos empleados en el sistema convencional y los tiempos empleados con la metodología Lean (Figura 5).

Figura 5 Tiempos de Trabajo completado (TC) y trabajo planeado (TP)



Fuente: Urbanizadora Santa Fe de Bogotá URBANSA S.A.

Creación autor

4.2.4 Cadena de Valor

Es importante identificar en un proyecto de construcción todas aquellas actividades que agregan valor y aquellas que no lo hacen, pero para poder realizar esta tarea es necesario dar una idea de cómo se pueden identificar unas de otras.

Una actividad que agrega valor al producto es aquella que transforma la materia prima en un producto tangible, por ejemplo, el proceso vaciado de concreto en una placa es una actividad que genera un producto visible para los inversionistas, mientras que el tiempo que demora la mezcladora en llegar a la obra, es una actividad que no está generando ningún producto, a esto se le conoce como actividades que no agregan valor.

Es importante distinguir entre unas y otras porque la finalidad de la metodología Lean es reducir todas aquellas actividades que no agregan valor a su mínima expresión con el fin de hacer un uso eficiente del tiempo en todas aquellas que si lo hacen.

4.2.5 Logística

Es el proceso de planificación, implementación, control de la ejecución eficiente de los flujos, el almacenamiento y aprovisionamiento de materiales, y de la administración eficiente de la información relacionada desde el punto de origen del flujo hasta el punto de ejecución con el fin de satisfacer los requisitos del cliente.

En términos de la construcción, la logística se puede entender como un proceso multidisciplinario que intenta garantizar en el tiempo exacto, el costo y la calidad del proceso:

- *Suministro de materiales, su almacenaje, procesamiento y dirección;*
- *Suministro de mano de obra;*
- *Control de los programas de construcción;*
- *Movimiento de la maquinaria de construcción en terreno;*
- *Dirección de los flujos de construcción;*
- *Dirección de los flujos de información relacionada con los flujos en el proceso de transporte y distribución (Vera Rojas, 2005).*

Pero esta logística debe abarcar todos los procesos de vida de un proyecto, desde su misma concepción, pasando por el diseño, construcción, liquidación y puesta en marcha; desde el mismo momento de concepción de un proyecto se debe planear como intervendrán todos los agentes dentro del mismo.

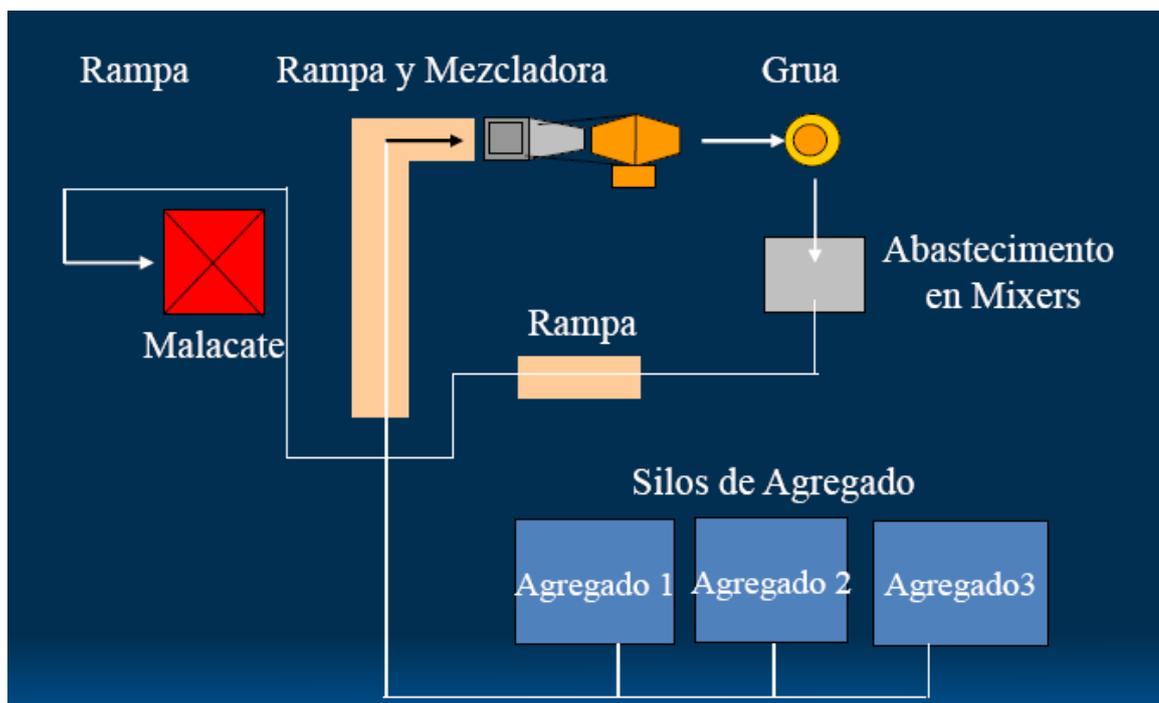
En obra se pueden manejar dos tipos diferentes de logística, una es aquella que está relacionada con los recursos, se encarga de todo lo relacionado con la consecución de materiales, maquinaria, equipo, mano de obra y el transporte necesario para ponerlos en obra, este tipo de logística es cíclica ya que una vez se asigna un proveedor el proceso de selección y adjudicación se hace repetitivo para los proyectos.

El programa de métodos de espacios y tiempos del programa productivo del proyecto por su parte identifica todas aquellas actividades que en obra afectan la ejecución de la misma, está relacionada con la disposición de los espacios físicos dentro del proyecto, ubicación del campamento, distribución de las oficinas, ubicación del almacén, baños,

cuartos de contratistas, patio de hierros, torre grúa, cortadora de ladrillo, acopio de material y todas aquellas relacionadas con la ejecución del proyecto, se debe tener especial cuidado en esta etapa en la atención de todos los detalles y generalmente se debe generar un equipo de trabajo que se encargue de observar todas aquellas cosas que puedan ser importantes durante la ejecución del proyecto. Para la logística de terreno se genera una “layout” de obra con el fin de lograr identificar fácilmente los aspectos mencionados.

En la figura 6 se puede observar un ejemplo de distribución y disposición de materiales en el proceso de producción de concreto, en los proyectos de construcción se emplean generalmente los planos arquitectónicos y de implantación para generar el “layout”.

Figura 6 “Layout” proceso de producción concreto



Fuente (Botero Botero, 2006)

Creación autor

En la fase de diseño cada uno de los equipos trabaja de forma independiente y genera un resultado, pero muy pocas veces se integran las partes implicadas en el diseño con el fin de solucionar inquietudes y proponer cambios, comúnmente se hace la definición de producto, luego se pasa al diseño arquitectónico, con el diseño arquitectónico, se generan los

diseños, estructurales, eléctricos, hidrosanitarios, y demás, pero cada uno trabaja de forma independiente y muchas veces las líneas eléctricas se cruzan con las hidráulicas, o se genera alguna discontinuidad en los elementos estructurales para pasar una tubería, sin tener en cuenta el concepto del ingeniero estructural, todos estos problemas podrían evitarse si eventualmente se programaran reuniones de trabajo, donde todos los implicados se reúnan, compartan opiniones e inquietudes y definan soluciones que eviten problemas constructivos más adelante.

El empleo de tecnologías BIM (Building Interactive Modeling) es una gran herramienta para la logística debido a que permite modelar la construcción paso a paso, desde la cimentación hasta el trazado de tuberías y acabados, lo cual permite identificar problemas en la planeación de construcción de la estructura antes de llevarla a ejecutar la labor, permite en muchas ocasiones identificar problemas en las alturas libres, tanto de parqueaderos como de entrepisos y otro tipo de inconvenientes que en otro caso luego de hecha la actividad saldría costosa la readecuación. En la figura 7 se puede observar claramente cómo se pueden aplicar estas tecnologías en la vida real.

Figura 7 Ejemplo de simulación BIM



Fuente (Botero Botero, 2006)

Creación autor

4.2.6 Mediciones

Las mediciones en la metodología Lean construcción son muy importantes porque ayudan a identificar fallas en el sistema productivo, y luego, con los problemas identificados en cada uno de los indicadores escogidos, hacer los correctivos necesarios de acuerdo a las fallas identificadas en los procesos, es una gran herramienta de retroalimentación.

En la metodología Lean Construction los indicadores más importantes son:

Pérdidas: Tales como la cantidad de defectos, adaptaciones, el número de errores de diseño u omisiones, la cantidad de órdenes de cambio, gastos en seguridad, el exceso de materiales y el porcentaje de tiempo que no agrega valor al ciclo total.

Valor: El valor se define como el grado de satisfacción del cliente final, o sea que todos sus requerimientos sean cumplidos sin inconvenientes. El valor debe ser medido por un proceso de medición post venta o post construcción.

Tiempo de Ciclos: Los tiempos del ciclo principal y de sus subprocesos son uno de los indicadores más poderosos.

Variabilidad: La producción en la construcción variará con alguna desviación estándar, por ejemplo, debido a la variación en tamaño y peso de los componentes instalados, facilidad de instalación, tolerancias de fabricación y elevación, etc. Esta desviación de lo planificado representa lo que se ha pasado a denominar "variabilidad". Ausencia de variabilidad significa producción confiable (Vera Rojas, 2005).

Estos indicadores se pueden clasificar por resultados por procesos y por variables.

Tabla 1

Índices de desempeño de resultados globales del proyecto.

Resultados	Parámetros	Unidades
Costo	Desviación del Costo	Costo Real / Costo Presupuestado
Plazo	Desviación del Plazo	Plazo Real / Plazo Presupuestado
Mano de Obra	Eficiencia de la M.O	HH Real / HH Presupuestada Costo Real / Costo Presupuestado
Alcance de Obra	Cambio en alcance del Proyecto	Costo de órdenes de Cambio/ Costo Presupuestado
Calidad	No Conformidad	Nº de no cumplimientos Costo del No cumplimiento / Costo total de la Obra
	Cuadrillas de Remate	Costo de M.O de cuadrilla / Costo M.O Total

Fuente: (Vera, 2005)

Creación autor

Tabla 2

Índices de desempeño de los procesos involucrados en un proyecto.

Procesos	Parámetros	Unidades	
Construcción	Productividad	Real vs. Presupuestada	
	Rendimiento	HH / ton	\$ / ton
		HH / m ³	\$ / m ³
		HH / ml	\$ / ml
		Etc.	Etc.
	Trabajo Rehecho	HH trabajo Rehecho / HH totales	
Pérdida de Materia	% de pérdidas de materiales con respecto al total completado		
Abastecimiento	Equipos	HM Reales / HM Presupuestadas	
	Atrasos	N° de pedidos atrasados / N° total de pedidos	
		N° de actividades en espera / N° de actividades en el periodo	
Conformidad con especificaciones	N° de pedidos con errores / N° total de pedidos		
Planificación	Efectividad de la Planificación	% de actividades Completadas = N° de actividades totalmente Completadas / N° de actividades planificadas	
Gestión	Avance	HH vendidas / HH presupuestadas	
Diseño/Ingeniería	Cambios de Diseño	N° de cambios / Total de Planos	
	Errores/Omisiones	N° de errores / Total de Planos	

Fuente: (Vera, 2005)

Creación autor

Tabla 3

Índices de desempeño de acuerdo a variables presentes en un proyecto.

VARIABLES	Parámetros	Unidades
Seguridad	Índice de accidentabilidad	(N° de accidentes) x 100 / N° total de trabajadores

Tasa de Riesgo	(N° Días perdidos) x 100 / Promedio anual de trabajadores
-----------------------	--

Fuente: (Vera, 2005)

Creación autor

Es importante lograr tomar la mayor cantidad de datos posibles en campo con el fin de poder retroalimentar cada uno de los procedimientos y para ello es indispensable capacitar al personal que se va a encargar de estas mediciones, además de tener en cuenta que cada proyecto es único e irrepetible.

En Urbanizadora Santa Fé de Bogotá URBANSA S.A. existe un departamento Lean Construction, el cual está al mando de un coordinador Lean quien hace que todas las mediciones necesarias se lleven en obra y que se haga una retroalimentación continua de los procesos, además en cada obra hay un residente Lean quien es el encargado de tomar los datos y tabularlos.

4.2.7 El Último Planificador (Last Planner)

La complejidad de los proyectos de construcción incrementa de igual manera el problema de generar programaciones confiables, en la actualidad Microsoft Project es la herramienta por excelencia en la programación de proyectos, el cronograma de actividades y los tiempos comúnmente son generados por una sola persona (profesional de programación), quien muchas veces omite detalles o da tiempos muy limitados a ciertas actividades sin tener en cuenta que estas pueden tener limitaciones de mano de obra, materiales o herramienta que las pueden hacer durar más tiempo del planeado.

La metodología “Lean Construction” emplea la herramienta del último planificador para controlar las interdependencias entre las actividades de un proyecto y con ello reducir la variabilidad de los procesos, pero el último planificador no se refiere a una metodología en sí, se refiere a aquella persona que se encarga de controlar que las actividades a su cargo se

cumplan, y las actividades no solamente son aquellas que se llevan a cabo en la fase de construcción, también va enfocado a las previas a esa etapa, como por ejemplo el diseño.

La idea del último planificador es involucrar a todas aquellas personas que participan en las actividades del proyecto a que ayuden en su planificación proponiendo tiempos y metas reales bajo la coordinación de un líder, quien es el encargado de organizar todas las ideas y materializarlas en una programación que se hace en dos niveles: intermedia (planificación lookahead) y semanal.

En la programación usual (Figura 8) se propone una meta de tiempo para desarrollar una actividad, a esta se le conoce como lo que se “debería” hacer según la programación, este es el conjunto grande, dentro de este se encuentran dos subconjuntos lo que “se hará” y lo que se “puede” hacer y generalmente se ponen metas muy exigentes sin tener en cuenta lo que realmente puede hacerse, haciendo que finalmente la intersección entre lo que “se hará” y lo que “puede” hacerse sea lo que finalmente se ejecuta.

Figura 8 Filosofía de la planificación usual



Fuente: (Fernández, 2011)

Creación autor

Contrario al proceso de programación tradicional, el último planificador, al involucrar a aquellas personas que tienen un cierto nivel de conocimiento de las actividades a ejecutar

pretende que lo que se “debería” hacer contenga a lo que se “puede” hacer y este a su vez contenga a lo que “se hará” como se muestra en la figura 9.

Figura 9 Planificación según Lean Construction



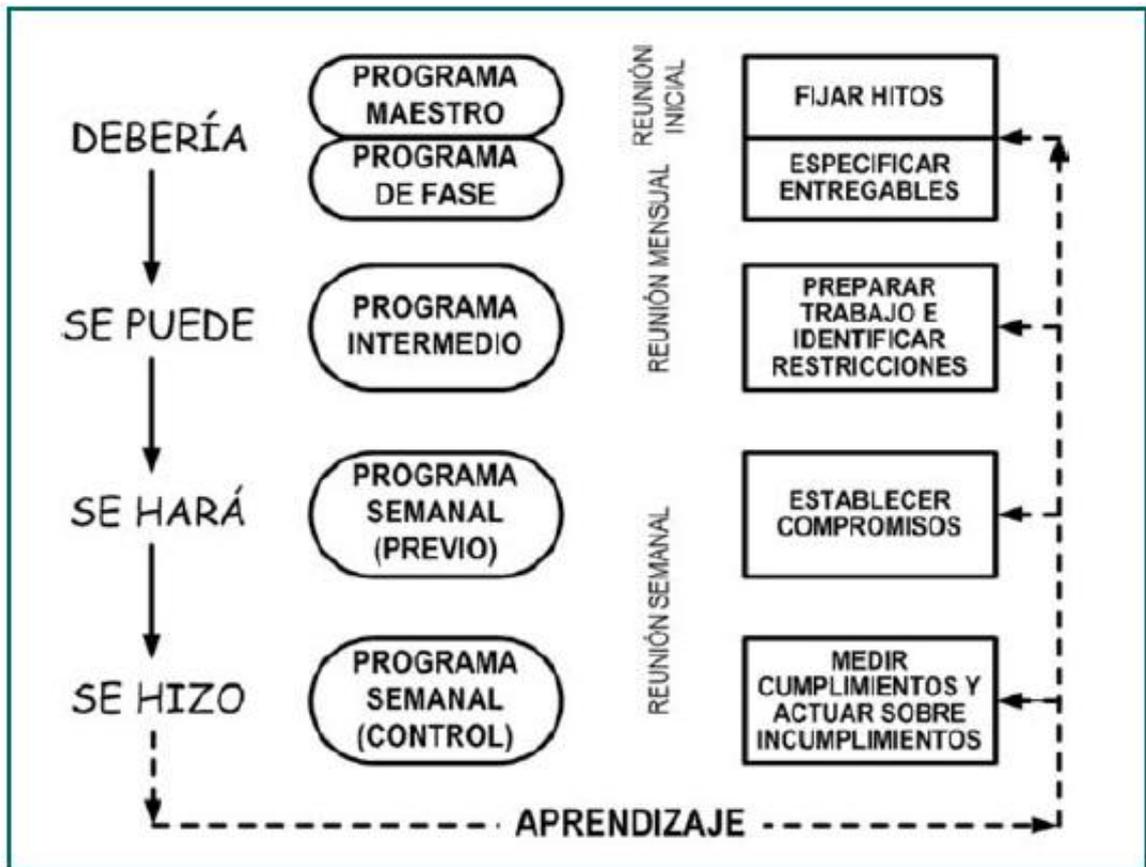
Fuente: (Fernández, 2011)

Creación autor

Lo que se pretende es que antes de definir lo que “se hará” se observe primero lo que “se puede” hacer, pero esto solo se logra liberando restricciones y no proponiendo objetivos muy bajos ni muy exigentes durante el proceso de planificación semanal, se debe tener claridad acerca de lo que realmente es posible ejecutar. De esta forma si se logra que el conjunto de lo que se “puede” hacer sea más grande, se conseguirá que el proyecto avance más rápido en busca de cumplir la programación acordada.

A continuación se muestra un diagrama (figura 10) del proceso de planificación empleando el sistema del último planificador, es importante, como se ha dicho, incorporar en esta tarea a todas aquellas personas involucradas en el proceso con el fin de reducir la incertidumbre y la variabilidad de las actividades.

Figura 10 Sistema del Último Planificador



Fuente: (Fernández, 2011)

Creación autor

La secuencia para llevar a cabo el sistema del último planificador es la siguiente:

1. *Se establece un programa maestro del cual se hace una revisión.*
2. *Si el proyecto es muy complejo o extenso se hace una revisión de fase que se va a desarrollar y se elabora el programa de esta.*
3. *Se elabora la programación intermedia, esta se proyecta más o menos tres meses, en ella se identifican posibles restricciones (materiales, mano de obra, obtención de pólizas, demoras en el proceso de contratación), esto con el fin de anticiparse a posibles inconvenientes identificados en el cronograma general.*

4. *Elaboración de la planificación semanal, en la cual participan los últimos planificadores: encargados, capataces, subcontratistas, almacenistas, etc. Estas se hacen la semana anterior a la ejecución de las actividades, en ellas se define qué actividades se van a ejecutar durante la semana siguiente.*
5. *Durante la semana se debe hacer un control de las actividades programadas para esa semana con el fin de identificar restricciones no liberadas o detalles no tenidos en cuenta durante la planificación (Fernández, 2011)*

Al finalizar la semana se hace una evaluación del PAC (Porcentaje de Actividades Completadas), este porcentaje es el resultado de dividir la cantidad de actividades completadas entre la cantidad de actividades programadas para cada semana, sirve para identificar las causas de no cumplimiento y así retroalimentar el sistema con el fin de evitar que se cometan nuevamente errores.

4.2.7.1 Plan maestro

En el plan maestro se muestran todas aquellas actividades que van a integrar el proyecto, es la carta de navegación del proyecto, en él se establecen hitos y duración de las actividades, es importante durante la elaboración del cronograma maestro tener claras las restricciones que lo pueden afectar.

Es trascendente tener en cuenta a los proveedores y contratistas en su ejecución con el fin de tener información más acertada y lograr establecer plazos adecuados para la ejecución de las actividades, lograr determinar factores críticos que afectan la programación para que esta se encuentre más ajustada a la realidad.

Existen además de factores internos y externos que pueden afectar la programación: trámite de permisos ante las entidades distritales o estatales, obtención de licencias, trámites

ante las empresas de servicios públicos y demás que a pesar que dependen en parte de la empresa están supeditados al tiempo que cada entidad tenga determinado para otorgar cualquiera de los permisos requeridos. En este punto es bueno asesorarse de expertos con el fin de hacer una programación con tiempos ajustados a la realidad.

4.2.7.2 Programa de fase

Solo se desarrolla si el proyecto es muy complejo, si un proyecto consta de varias etapas o fases, se hace necesario dividir la programación en tantas partes como sea necesario con el fin de llevar una programación más controlada y cada fase debe comenzar y terminar con un hito.

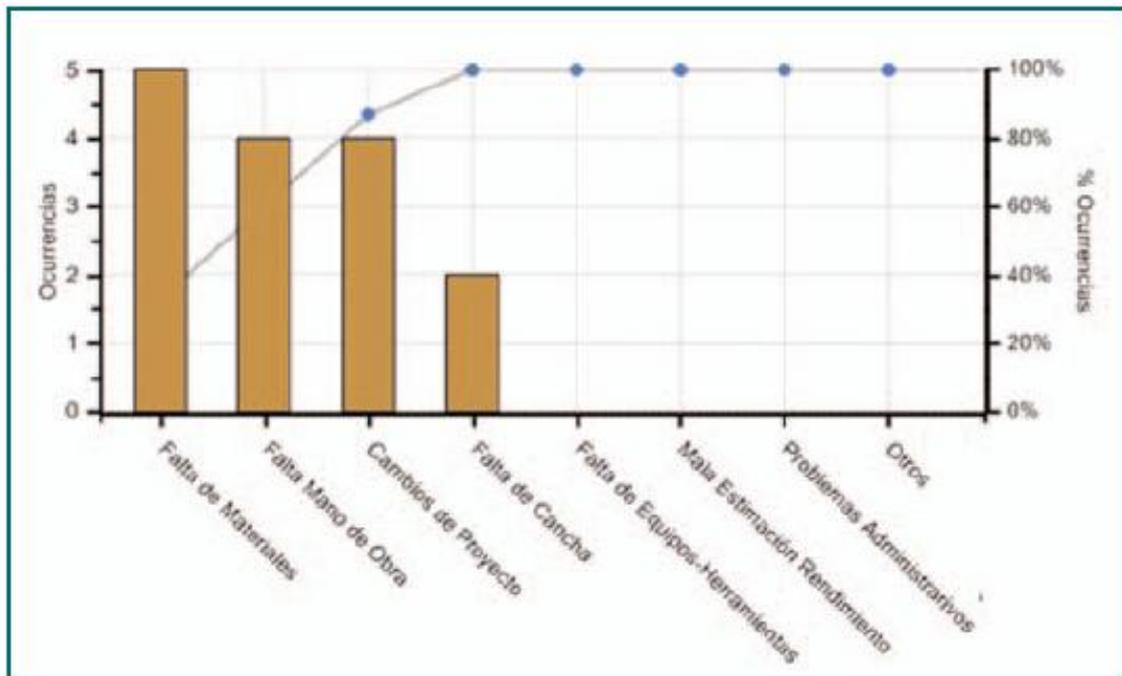
4.2.7.3 Programación intermedia

Se denomina “lookahead”, esta programación toma las actividades que se van desarrollar y las observa más al detalle, lo que se hace es observar en la programación que actividades se iniciarán en un periodo de 6 a 12 semanas, dependiendo de qué tan ajustado este el cronograma, con el fin de definir que se “puede” hacer.

Se toman todas aquellas actividades que se vayan a ejecutar en el periodo anteriormente citado y se observan aspectos como, demora en aprobación de compras y contrataciones tiempos de espera en despacho de proveedores, disponibilidad de materiales, mano de obra y equipos especiales, organización y disposición de sitios de trabajo y seguridad en los mismos, planes de manejos de residuos y demás que se consideren necesarios para la ejecución de lo que se programe.

Por último se definen responsables de cada tarea en el cronograma, esto con el fin de que cada uno se encargue de liberar restricciones y evitar traumatismos en la ejecución de las tareas. En la figura 11 se muestra un ejemplo de formato de programación intermedia.

Figura 12 Gráfico de Pareto, causas de no cumplimiento



Fuente: (Fernández, 2011)

Creación del autor

4.3 LEAN CONSTRUCTION EN EL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PROYECTOS DE VIVIENDA DE INTERES SOCIAL

4.3.1 Fase de planeación

En los proyectos de ingeniería es poco el tiempo que realmente se le dedica al proceso de planeación, y es de aquí donde parten, de su estudio de pre factibilidad y factibilidad, en la definición de un producto y las fases de ejecución del mismo.

Sería importante dedicar tiempo a generar buenos cronogramas de ejecución de los proyectos, que realmente se ajusten a la realidad de las obras, no simplemente hacerlos por cumplir un requisito para luego ver como a medida que se avanza las actividades se atrasan y llega un momento en que se afecta la ruta crítica de los proyectos y los tiempos se vuelven irrecuperables, en este punto no solamente se estaría afectando la duración de la obra sino la misma utilidad del proyecto porque el tiempo significa dinero, cada día de atraso en una obra afecta, nómina y gastos administrativos que generalmente van a parar a los famosos

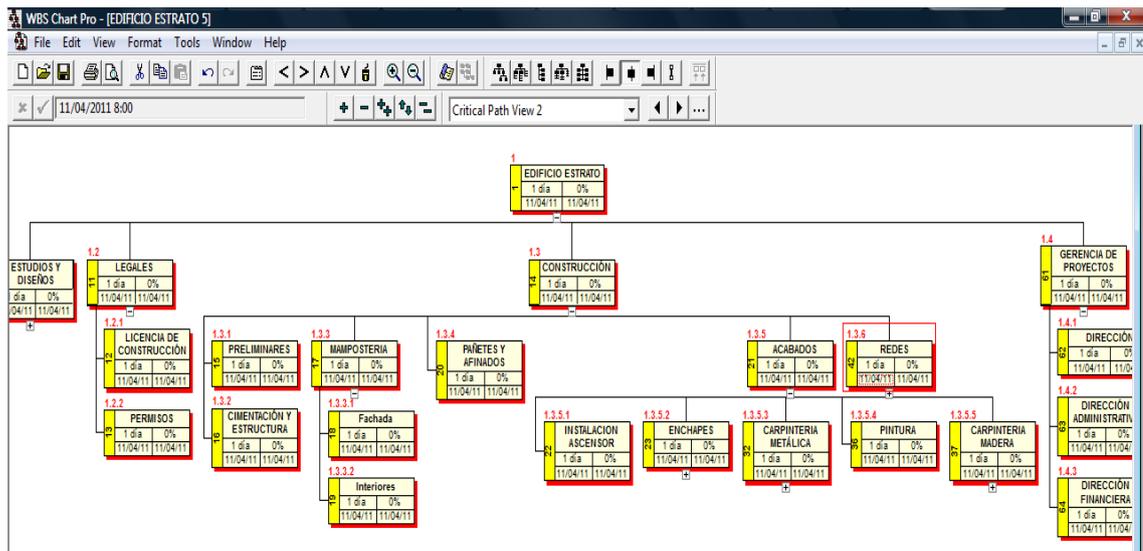
colchones que se manejan en los presupuestos y que aparecen en un capítulo muy bien conocido por los ingenieros, los imprevistos.

En la vivienda de interés social los presupuestos son muy ajustados, y los atrasos en los cronogramas de ejecución pueden hacer que el proyecto arroje pérdidas en vez de utilidades, aunque son mucho más fáciles de ejecutar que los de estratos altos y sus sistemas constructivos los hace más sencillos de llevar a cabo también es cierto que existe una cultura muy arraigada de solucionar los problemas a medida que se van presentando, es algo que no se puede generalizar, pero si se presenta muy a menudo en los proyectos que se desarrollan.

Al momento de hacer un cronograma existen varias preguntas que se debe formular y formular a todos los involucrados la persona encargada de organizar las tareas, ¿qué actividades debe tener el proyecto desde su inicio hasta su culminación?, ¿cuál debe ser la duración de cada una de estas actividades? y ¿cómo se relacionan cada una de estas?, una herramienta que es de gran utilidad y puede ayudar a realizar un bosquejo de las diferentes actividades del proyecto es la WBS (Work Breakdown Structure) por sus siglas en inglés o estructura desglosada de trabajo y existe un programa que permite utilizar esta metodología de gran utilidad el WBS Chart Pro.

Este programa permite desglosar todas las actividades de un proyecto y organizarlas gráficamente de tal forma que sea fácil visualizar su dependencia de otras principales, además al mostrar todo por niveles permite ocultar subtareas de tal forma que solo sean visibles las tareas principales, además se puede ingresar información de la tarea como su duración, costo, fecha de inicio, fecha de culminación y hacer seguimiento mediante el porcentaje completado de la actividad, en la figura13 se muestra un ejemplo de pantallazo del programa.

Figura 13WBS (Work Breakdown Structure)



Fuente WBS Chart Pro

Al implementar esta herramienta en la fase planeación y programación se pueden definir claramente las actividades a desarrollar durante el ciclo de vida del proyecto, es importante durante esta etapa involucrar a todas aquellas personas que intervendrán de una u otra forma en la ejecución del proyecto las cuales indicarán en cada una de las actividades aspectos tales como su duración y costo.

Programar reuniones periódicas sería una alternativa, pero es bastante desgastante e implica que cada una de las partes cuente con el tiempo para llevar a cabo la reunión, y muchas veces, si los especialistas no se encuentran en el mismo sitio de trabajo se deben generar desplazamientos.

Para evitar este tipo de inconvenientes hoy en día la tecnología ofrece múltiples posibilidades de comunicación e intercambio de información, se propone entonces que durante la fase de planeación del proyecto se maneje una intranet a la cual tengan acceso solo los usuarios involucrados en esta fase, en la intranet se puede manejar la siguiente información:

- Información general del proyecto.
- Tareas pendientes a efectuar por cada uno de los usuarios.

- Visualización y modificación de la WBS.
- Visualización y modificación del project.

Al tener toda esta información centralizada y con acceso restringido se asegura que cada vez que un usuario realice una modificación esta quede actualizada automáticamente y no se manejen diferentes versiones de un archivo.

4.3.2 Fase de diseño

Durante la fase de diseño se define la distribución final de todos los elementos que hacen parte integral del proyecto:

- Diseño arquitectónico.
- Diseño estructural.
- Cimentaciones.
- Diseño hidrosanitario y de gas.
- Diseño eléctrico.

En el sector inmobiliario los diseños parten del arquitectónico, ya que este indica la distribución de los espacios y de esa distribución se debe definir qué tipo de cimentación se va a emplear, sistema estructural a utilizar, cuántos puntos eléctricos va a tener cada unidad, puntos hidráulicos, de gas etc.

Diseños en los cuales no se omitan detalles constructivos son el punto de partida para hacer buenos presupuestos y evitar inconvenientes durante la fase de construcción, es muy posible encontrar casos en los que en un sótano no se tiene en cuenta que la tubería va a quedar descolgada de la placa superior y al momento de entrar en uso el parqueadero una camioneta no pasa porque no se tuvo en cuenta la altura de este tipo de vehículos.

Para evitar este tipo de problemas es necesario que los especialistas involucrados en el diseño generen espacios de encuentro, con el fin de hacer observaciones que permitan tener en cuenta la mayor cantidad de detalles posibles, pero al igual que en la fase de planeación,

programar reuniones se vuelve complicado, por esta razón sería interesante implementar el mismo sistema de intranet para la parte de diseño donde se encuentren las últimas versiones de los planos y se puedan hacer observaciones al respecto.

La modelación BIM (Building Information Modeling) es una alternativa para llegar a un nivel de detalle que permita encontrar falencias en los diseños o cosas que no se puedan visualizar en un plano en dos dimensiones, al aplicar este modelado e integrar a cada uno de los involucrados en el diseño se evitarían múltiples reprocesos durante el proceso constructivo reduciendo así mismo el porcentaje de desperdicios lo que redundaría en procesos constructivos más eficientes.

Mediante la modelación BIM, se podrían integrar los diseños arquitectónico, estructural, hidrosanitario, gas y eléctrico en un solo archivo que permita visualizar en tres dimensiones la distribución de los elementos en un proyecto y además permite visualizar en capas los diferentes elementos de una estructura, en la figura 14 se muestra el nivel de detalle al que se puede llegar mediante este tipo de modelación, sería importante entonces que en los proyectos a desarrollar antes de llevarlos a su fase de ejecución se tuvieran en cuenta todos los detalles que los pueden afectar con el fin de eliminar gran parte de la incertidumbre que se da durante la construcción.

Figura 14 Ejemplo de modelación BIM

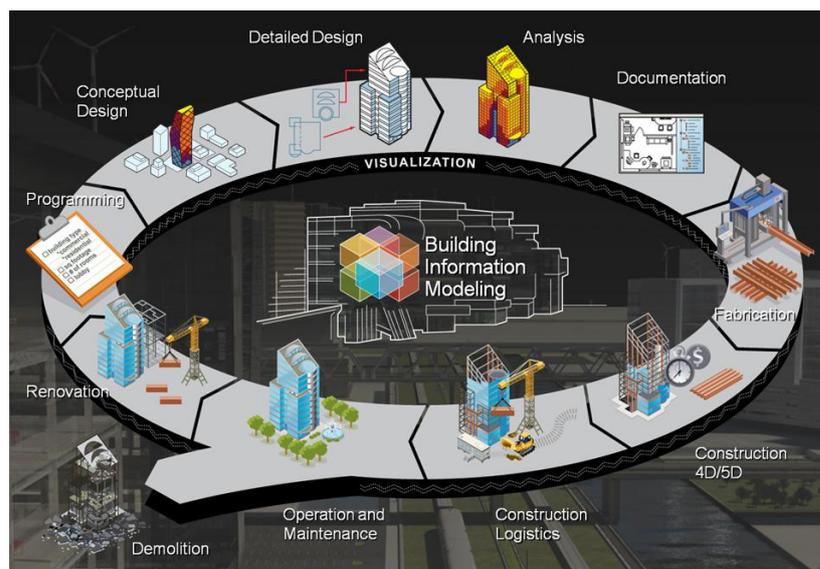


(Dwyer, 2012)

Creación autor

En el mercado existen actualmente múltiples proveedores para la modelación BIM Sigma Design, Autodesk, StruCad de AceCad Software, Bentley Systems, Graphisoft, Tekla, Nemetschek, y CADDetails, entre otros en la figura 15 se muestra el proceso en el cual se tienen en cuenta todas las fases de vida de un proyecto.

Figura 15 Ciclo de modelación BIM



(Artes, 2011)

Creación autor

Luego de tener los diseños definidos se entra en la elaboración del presupuesto del proyecto, al tener suficientemente claros los primeros es posible generar presupuestos mucho más confiables y ajustados.

4.3.3 Fase de construcción

Es la fase donde ejecuta todo lo diseñado y lo planeado, en la fase de construcción todos los planos se vuelven realidad y los tiempos y costos planeados son controlados, además se integran todo tipo de contratistas, estructurales, eléctricos, mamposteros, pañetadores, hidrosanitarios, pintores, enchapadores, ventaneros y demás.

La fase de construcción es especialmente crítica debido a varios factores:

- Existe una alta rotación de personal: Debido a que los contratos se hacen por obra labor o a término fijo, a que las condiciones laborales no son las mejores y a los pocos incentivos que se dan.
- No se respetan los tiempos programados: En muchas ocasiones falta planeación dentro de la obra, no se generan espacios en los cuales se tengan en cuenta contratos pendientes por adjudicar, equipos necesarios para ejecutar cierto tipo de actividades y disponibilidad del mismo, personal necesario para ejecutar las actividades y material necesario.
- Distribución deficiente de los espacios: Muchas veces no se hace una revisión del espacio disponible para ubicar el campamento, el almacén, los cuartos de los contratistas y el patio de hierros lo que finalmente termina generando sobrecostos por trasiego de material y traslado de campamentos.
- Altos índices de desperdicio: Generalmente en obra se hace una rectificación de las cantidades presupuestadas inicialmente y a estas cantidades se les añade un desperdicio que usualmente es del 5% que no se respeta debido a cortes mal hechos, mala manipulación de materiales e insumos que terminan rotos y

en la basura sin que nadie responda, no se respetan dimensiones lo que redundaría en disminución o aumento de consumos.

- Alta accidentalidad: por trabajar en condiciones inseguras e inadecuadas, el personal de obra tiene la idea que los elementos de seguridad lo que hacen es entorpecer su labor.

Existen formas de corregir todas estas falencias las cuales se muestran en el cuadro

Tabla 4 Principales fallas del proceso constructivo y sus soluciones

Falla	Descripción	Solución
Rotación de personal	Contratos de corta duración	Generar cierta estabilidad laboral mediante contratos con un año mínimo de duración.
	Pocos incentivos	Dar premios al mejor colaborador de cada mes y si es posible a final de año hacer reuniones donde se incluya el núcleo familiar de los colaboradores
	Condiciones laborales deficientes	Dotar con casilleros los sitios donde se cambian los trabajadores y baños adecuados donde, si el espacio lo permite se pudieran instalar duchas.
Atrasos en la programación	Demoras en contratación y compra de materiales	Determinar el tiempo que dura el proceso de contratación y compras desde la cotización hasta su legalización con el fin de amarrarlos a la fecha de inicio de cada actividad y programar el comienzo de estos procesos con suficiente antelación evitando de esta forma retrasos en el inicio de las actividades
	No se determina disponibilidad de ciertos equipos	Tener en cuenta que equipos especiales se van a emplear durante la construcción y en qué tiempos con el fin de determinar con suficiente tiempo de antelación si hay disponibilidad de los mismos. Para las fechas requeridas.
	Personal insuficiente	Determinar cantidad de personas requeridas teniendo en cuenta los tiempos de contratación para tenerlos listos al momento de iniciar la ejecución de una actividad.
	Control deficiente de la programación	El método del último planificador permite identificar tareas próximas a realizar y se divide en dos fases, en la primera que es la planeación intermedia

		se pueden empezar a programar actividades hasta con doce semanas de anticipación teniendo en cuenta la liberación de restricciones, y en la segunda fase que es la del último planificador lo que se hace es establecer metas claras semanalmente a partir del inicio de cada actividad.
	Contratistas y proveedores incumplidos	La evaluación de contratistas y proveedores es una herramienta muy interesante para mantener la calidad de estos, es importante hacerles una evaluación quincenal y programar reuniones con los que presenten los promedios más bajos con el fin de estudiar correctivos, claro está que si después de llamarle la atención no se presentan mejoras dentro del mes siguiente se debe evaluar la posibilidad de sustituir al contratista o proveedor.
Inadecuada distribución de espacios	Campamento, cuartos de contratistas, casino, cortadora de ladrillo, acopio de agregados, acopio de bloque y ladrillo, baños, almacén y patios de hierros localizados sin tener en cuenta ubicación del proyecto	Se debe generar una layout del proyecto en el cual se ubiquen el campamento, los cuartos de los contratistas, los baños, el almacén, el casino, la cortadora de ladrillo, el acopio de agregados, el de ladrillo, el patio de hierros, este layout se hace con el plano de implantación del proyecto ubicando cada uno de los espacios necesarios de acuerdo a los disponibles y procurando que por ejemplo, el acopio de bloque y ladrillo se encuentre cerca a la cortadora de ladrillo
Altos índices de desperdicio	Cortes de bloque y ladrillo desechando el sobrante	Se debe hacer un despiece de los muros a construir durante el proceso de mampostería optimizando al máximo los cortes mediante un proceso de modulación y embalaje codificado de cada uno de los muros. Cada paquete debe llevar una hoja en la cual se identifique la sección a realizar y la modulación de la misma.
	Cortes de cerámica desechando lo que sobra	Al igual que en la mampostería se debe hacer una modulación de pisos y paredes a enchapar con el fin de entregar paquetes a los enchapadores con los cortes y las tabletas necesarias para llevar a cabo el trabajo. Cada paquete debe llevar una hoja en la cual se identifique la sección a realizar y la

		modulación de la misma.
	Cuando no se encuentra una varilla de un despiece en el patio de hierros se toma otra del mismo diámetro y se ajusta a la medida.	Los pedidos se deben hacer en el orden de construcción y si es posible por pisos, al momento de recibir el material en obra el almacenista debe verificar que este completo y se debe organizar por paquetes por ejemplo, las columnas aparte de las vigas y las placas. Cada cosa en su lugar. Además no permitir que se tome acero de otro elemento para completar hierro que no aparezca.
	Desperdicio de mortero por no consumo en el momento	Existe mortero seco que se vende en sacos y en los mismos se especifica el rendimiento por metro cuadrado para pañete o para pega, es posible entregar a cada cuadrilla la cantidad que se vaya a emplear en determinado muro teniendo en cuenta la modulación de los mismos.
	Desperdicio de concreto por empleo de formaleta inadecuada	Es importante hacer una adecuada modulación de la formaleta y el empleo de equipo, en lo posible nuevo o que tenga un mantenimiento adecuado, la formaleta tipo forsa es una buena opción y la rectificación de los volúmenes de concreto a pedir en cada fundida.
Alta accidentalidad	Mal o nulo empleo de los elementos de seguridad industrial.	Se debe hacer un proceso de sensibilización acerca del adecuado uso de los implementos de seguridad industrial a los colaboradores por administración y contratistas y se les debe dotar con elementos de calidad.
	Poca señalización en obra	Señalización de vacíos, puntos de encuentro, caída de objetos, rutas de acceso y evacuación son de gran importancia para minimizar el riesgo de accidentes.
	Tableros eléctricos inadecuados	Es posible comprar tableros eléctricos muy completos y de fácil traslado a los sitios de trabajo.

4.3.4 Fase de entrega y liquidación

Muchas veces se observan caras de descontento de los clientes al momento de recibir su inmueble debido a que no era lo que esperaban de acuerdo a lo que les ofrecieron en las salas de ventas y en los modelos que las constructoras hacen para atraerlos, y es que las

empresas en su afán de vender no dan claridad a los usuarios en temas como, iluminación del inmueble, dotación, acabados, tiempos de garantía, servicio postventa y atención al cliente.

Por otra parte los procesos de liquidación en ocasiones se hacen extensos e inadecuados debido a que durante el proceso constructivo no se llevó a cabo un control adecuado de costos y programación generándose contratos globales que no permiten retroalimentar el proceso.

Lo que pretende la metodología Lean Construction al finalizar cada proyecto es que se haga una retroalimentación para futuros proyectos, por esta razón no es pertinente generar contratos globales de suministro y mano de obra ya que no permiten controlar costos unitarios, simplemente se hace un contrato en el que se solicita la ejecución de una actividad sin tener en cuenta el desglose de la misma.

El proceso de retroalimentación debe incluir la programación de obra y la satisfacción del cliente, en la primera es importante identificar tareas que generaron atrasos en la obra y las que permitieron recuperar ese tiempo describiendo claramente las causas de esa variación.

Con respecto al cliente se deben hacer encuestas de satisfacción, donde se logren identificar aspectos a mejorar, no solamente resaltar las cosas buenas, de la fallas se puede lograr una mejora continua del producto, la sinceridad en las respuestas es importante, no todo puede ser perfecto, en algo se falla, y esos son los puntos que se deben atacar para mejorar.

Aunque en la construcción cada proyecto es único y existen numerosos factores que los pueden afectar también es cierto que las similitudes entre uno y otro pueden ayudar a mitigar los riesgos, por esto es importante generar un informe final en el que se revelen todos los aspectos relevantes del proyecto.

Un informe de cierre podría contener la siguiente información:

- Identificación del proyecto: Se debe especificar Nombre, localización, valor de venta del metro cuadrado, valor del metro cuadrado construido, unidades construidas y vendidas, parqueaderos privados y de visitantes, área construida y presupuesto de costos directos e indirectos.
- Análisis de costos y sus variaciones: Dentro de los costos más significativos en un proyecto se encuentran el acero, el concreto, el ladrillo, el bloque, la mano de obra directa y los contratos de mano de obra de pilotaje, excavación, estructura, mampostería, pañetes, pintura y enchapes.
- Análisis de programación: Importante identificar atrasos importantes y afectación en la ruta crítica con el fin de establecer tiempos más reales en futuros proyectos, si se aplicó el método del último planificador de manera juiciosa será muy fácil identificar todas las variaciones.
- Análisis de entregas: Tener muy en cuenta lo que los clientes piensan en cuanto a cumplimiento, calidad del producto entregado, distribución de áreas y acabados, dotación tanto del inmueble como de zonas comunes y acompañamiento durante el proceso de adquisición, muchas empresas se preocupan solo por vender y los trámites de créditos se los dejan al cliente.

Todas las fases de un proyecto son importantes y están estrechamente relacionadas, la idea es que cada vez que se desarrolle uno se traigan mejoras de otro ya hecho, la tarea entonces es reducir al máximo todas aquellas actividades que no agregan valor y eliminar la mayor cantidad de restricciones.

4.4 VENTAJAS DE LA APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA LEAN CONSTRUCTION EN LA VIVIENDA DE INTERES SOCIAL

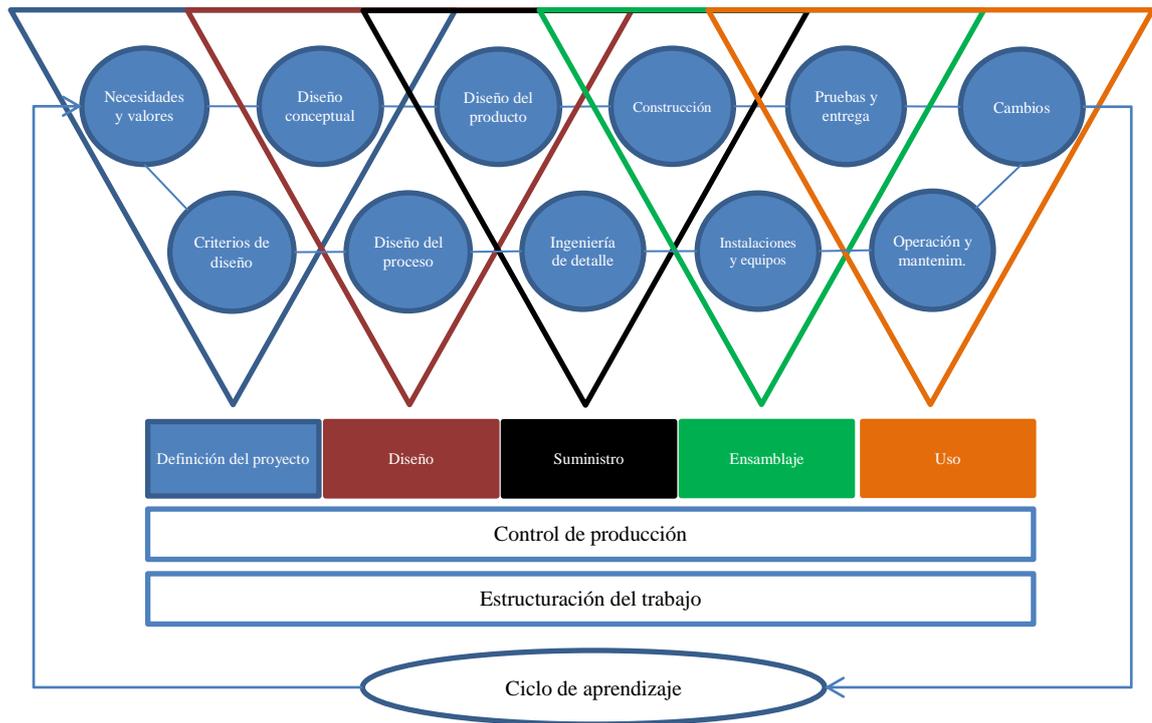
La vivienda de interés social en la actualidad ha tomado gran fuerza en el país, las políticas estatales cada vez se enfocan más hacia este sector, buscando incentivar su adquisición y construcción.

Los proyectos de vivienda de interés social se caracterizan por ser muy ajustados tanto en presupuesto como en tiempos, la supresión de los acabados facilita su ejecución y los hace atractivos como inversión, pero al ser proyectos destinados a satisfacer la demanda de vivienda de los estratos menos favorecidos tienden a ser realizados con materiales económicos que afectan la calidad, esto con el fin de incrementar la utilidad, sería interesante que mediante la aplicación de la metodología Lean Construction se redujeran las pérdidas por desperdicio tanto de materiales como de tiempo en pro de mejorar la calidad del producto final, la satisfacción de un cliente atrae muchos más.

Aparece entonces dentro de la metodología Lean Construction el Lean Project Delivery System (LPDS) y es en este en el cual se pueden fundamentar las fases de los proyectos de vivienda de interés social para así poder aplicar la metodología Lean, en la figura 16 se muestran las fases del LPDS.

Para el desarrollo de viviendas de interés social y con el fin de complementar el modelo se podría implementar una planeación general que es la que se propone al inicio, es de gran importancia definir una ruta de trabajo, tener claro hacia donde se va y por esto es importante hacer una planeación de actividades antes de iniciar labores

Figura 16 Modelo LPDS (Lean Project Delivery System)



(Ballard, 2008)

Creación autor

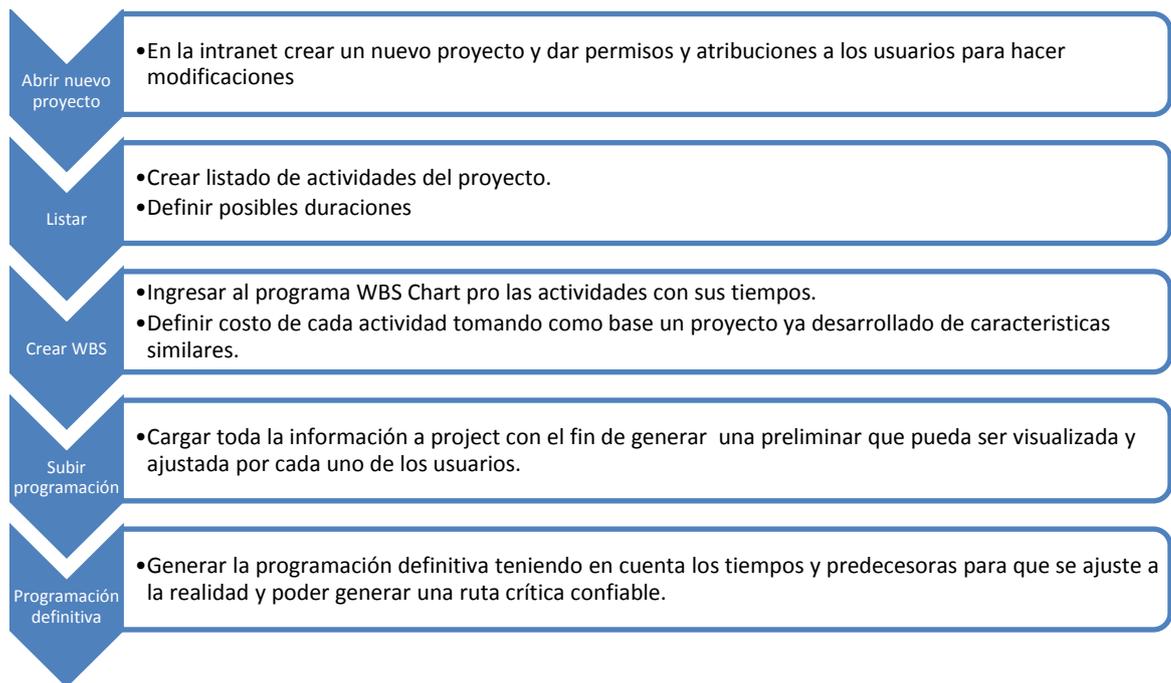
4.4.1 Durante la estructuración del Trabajo

La filosofía Lean Construction se basa en la planeación, todas las actividades se programan con cierto tiempo de anticipación, la estructuración de esta planeación se hace durante todo el ciclo de vida de los proyectos, es indispensable entonces establecer inicialmente cuales son todas las actividades que van a estar presentes a lo largo del proyecto.

Al generar una WBS (Work Breakdown Structure) en la que se involucren todos los especialistas con conocimiento de los tiempos que se requieren para desarrollar cada una de las actividades se pueden tener tiempos ajustados a la realidad lo que favorece la duración total del proyecto.

Se podría desarrollar un proceso de planeación de acuerdo a la figura 17:

Figura 17 Secuencia de programación



4.4.2 Durante el diseño

Una fase crítica dentro de la vida de un proyecto es el diseño, en este se esquematiza lo que más adelante va a ser una realidad.

La mayoría de las empresas constructoras cuentan con un Coordinador de proyectos, y es en cabeza de este que se encuentra el control de los diseños.

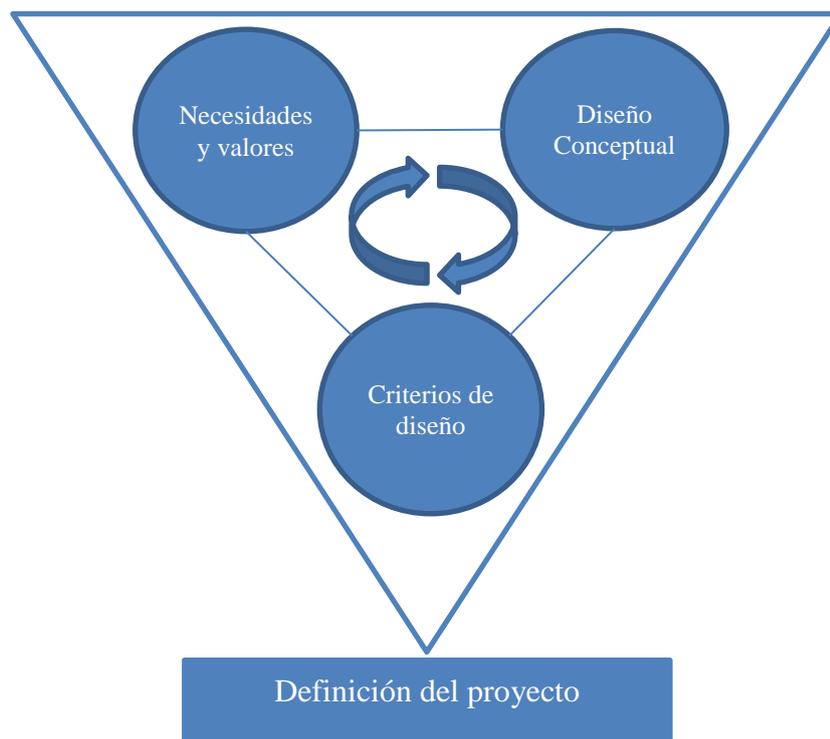
Durante el proceso de diseño se podría generar, de la misma forma que en el proceso de planeación, dentro de la intranet del proyecto los permisos a los usuarios encargados de llevar a cabo todos los diseños, es importante que estas personas tengan acceso al cronograma de actividades con el fin que puedan controlar la duración de cada una de las tareas que tienen a cargo además de generar la planeación intermedia y ejercer un control de las actividades a ejecutar mediante la programación semanal y el PAC.

4.4.2.1 Definición del proyecto

La opinión del cliente es indispensable durante el proceso de diseño, en los proyectos de vivienda de interés social pocas veces se consulta al cliente sobre las expectativas que

tiene, como por ejemplo, preguntarle cuántos baños le gustaría que tuviera su hogar, cuántas habitaciones, si le gustaría que le ofrecieran parqueadero o depósito privado o que beneficios adicionales consideraría importantes al momento de adquirir vivienda, los diseños deberían partir de la necesidad del cliente y es ahí donde se puede aplicar metodología Lean Construction mediante LPDS figura 18.

Figura 18 Etapa de definición del proyecto



(Ballard, 2008)

Creación autor

1. Las necesidades y valores: hacen referencia a lo que el cliente quiere, en nuestros proyectos de vivienda de interés social se podría generar un acompañamiento al cliente desde la fase inicial, la mayor parte de las personas que adquieren proyectos de vivienda de interés social son de estratos socioeconómicos bajos, no saben cómo solicitar un subsidio de vivienda o un crédito en un banco.

2. Criterios de diseño: Los diseños arquitectónicos se deben establecerse teniendo en cuenta las necesidades del cliente, se podría emplear el método QFD (Despliegue de la Función Calidad), el cual tiene en cuenta las demandas del cliente en función de la calidad, la evaluación de esas necesidades se puede hacer primero encuestando a los posibles compradores, luego tabular la información en un formato como el que se muestra en la figura 19.

Figura 19 Formato de evaluación QFD

Nombre proyecto:		Requerimientos técnicos				
Necesidades	Prioridad	Área del apartamento	Ventanas	Sistema Constructivo	Dimensiones del terreno	Equipamiento (Zonas comunes)
		Requerimientos del cliente	3 dormitorios	5	A	
	2 baños	4	C			C
	Zona lavandería	2	A			B
	Parqueadero	1		B	A	
	Iluminación - Ventilación	2	A	B		
Ponderación de las requisiciones técnicas		70	34	23	12	54

	Poco Importante → Muy importante				
Prioridad	1	2	3	4	5
Grado de Correlación:	Muy C. A	C B	Poco C. C	Sin C. --	

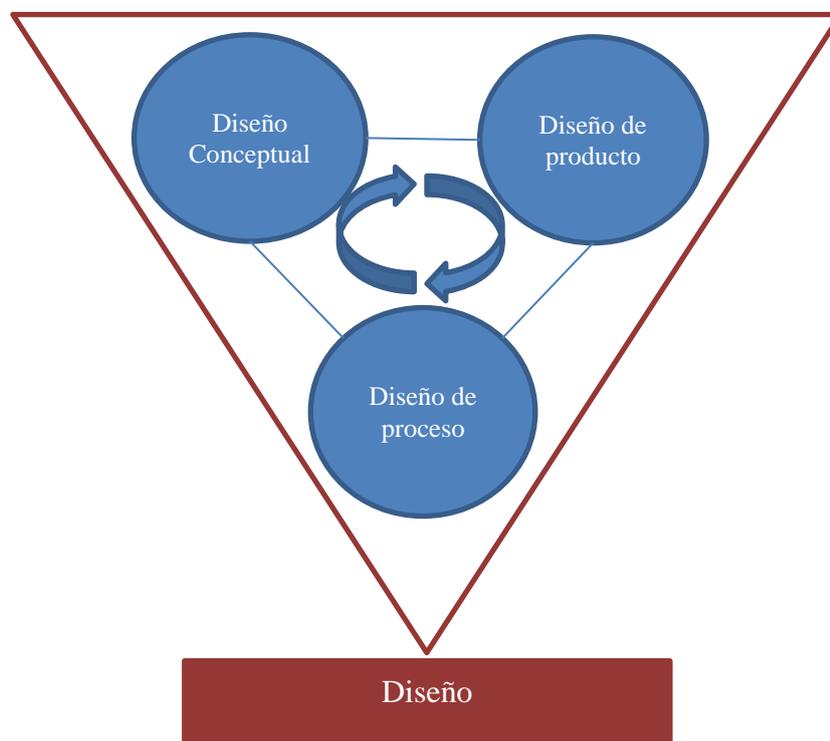
Lo que se evalúa son los requerimientos del cliente en función de los requerimientos técnicos, del ejemplo se puede observar que el cliente le da más prioridad a la cantidad de dormitorios ya que 1 es en grado la menor importancia y 5 es lo que más se valora, de acuerdo a eso se evalúa en la parte técnica que tanta relación tiene con cada uno de los aspectos propuestos siendo A muy correlacionado y – sin correlación.

3. Diseño conceptual: Se encuentra compartido con la fase de diseño, pero en esta fase se concibe un diseño preliminar de acuerdo a las necesidades del cliente.

4.4.2.2 Diseño

Luego de definir el producto y hacer un bosquejo preliminar se pasa al diseño, plasmar en planos lo que el cliente quiere, en la figura 20 se muestran las actividades de esta importante tarea.

Figura 20 Etapa de diseño



(Ballard, 2008)

Creación autor

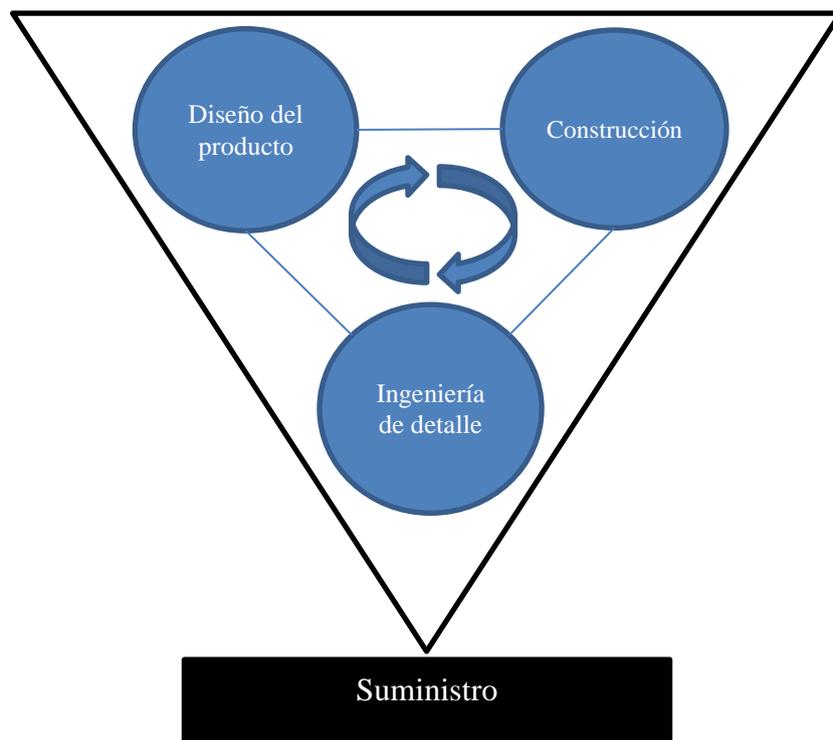
1. Diseño conceptual: es compartida con la etapa de definición del proyecto, luego de obtener la información de las necesidades del cliente se hace un bosquejo preliminar del diseño arquitectónico.
2. Diseño de producto: El diseño arquitectónico nos va a definir la distribución final de los espacios, de la implantación se parte para la elaboración de los demás

como construir virtualmente, este procedimiento permite reducir al máximo demoras y reprocesos que lo que hacen es atrasar nuestro proyecto, en este proceso de modelado se pueden establecer virtualmente, la ubicación del campamento, el casino, el almacén, el patio de hierros, la cortadora, el acopio de agregados, el de bloque y todas aquellas necesidades para el adecuado desarrollo del proyecto.

4.4.2.3 Suministro

En esta etapa esta la frontera entre la fase de diseño y la de construcción, además comparte el diseño de producto con la etapa de diseño, de acá ya se entregan los documentos definitivos para iniciar el proceso constructivo como se muestra en la figura 22.

Figura 22 Etapa de suministro



1. Diseño del producto: el diseño del producto quedo definido durante la etapa de diseño este se entrega a los demás especialistas con el fin de iniciar los demás diseños y hacer la ingeniería de detalle.

2. Ingeniería de detalle: con los diseños arquitectónicos ya definidos se integra un nuevo grupo de trabajo con los especialistas encargados de los demás diseños, estructural, eléctrico, hidrosanitario y de gas, mediante el uso de la intranet y bluebeam, se generan los diseños ya detallados del producto, es indispensable que se mantenga como método de control el último planificador y que se haga evaluación de las actividades completadas cada semana. Durante la ingeniería de detalle también se conforma el presupuesto del proyecto, pero este se debe empezar a hacer cuando ya se estén generando las últimas correcciones con el fin de evitar reprocesos. El módulo ADPRO de SINCO es una de las herramientas más empleadas en la actualidad para la administración de proyectos ya que ayuda controlarlos desde la generación del presupuesto hasta su liquidación y además es en línea lo que permite mantener información actualizada.
3. Construcción: esta actividad no hace parte de la fase de diseño, ya es de la fase constructiva y por lo tanto se profundiza más su aplicación en esta.

Finalmente todo el proceso debe retroalimentarse las veces que sean necesarias con el fin de corregir la mayor cantidad de errores.

Las ventajas de aplicar estos métodos en el diseño de vivienda de interés social son:

- Se mantienen los diseños actualizados.
- Todos los especialistas implicados tienen acceso a la misma información, no se generan diferentes versiones.
- El control está centralizado.
- La opinión del cliente se pone como prioridad antes de diseñar, lo cual asegura el éxito del producto.

- En tiempos en los que la conciencia ecológica toma gran fuerza, ayuda mediante el ahorro de papel, no se hacen impresiones innecesarias de planos, las correcciones son virtuales.
- Se hace una distribución previa de espacios.

4.4.3 Durante la construcción

En Project, planos y esquemas un proyecto se ve muy bonito, pero cuando se empieza la ejecución es cuando realmente vienen los grandes inconvenientes, contratistas que no cumplen cronogramas, cambios climáticos que atrasan el proceso constructivo, materiales e insumos que no llegan a tiempo a la obra, alta rotación de personal, grandes cantidades de desperdicio, altos índices de accidentalidad y falta de orden en las obras son algunos de los problemas más comunes que se pueden observar dentro de los proyectos, muchas veces cuando las constructoras son pequeñas no invierten en mejorar estos aspectos ya que los consideran irrelevantes y sus presupuestos son tan ajustados que prefieren solo utilizar lo estrictamente necesario y no se dan cuenta que el costo de no invertir en calidad es más alto que hacerlo.

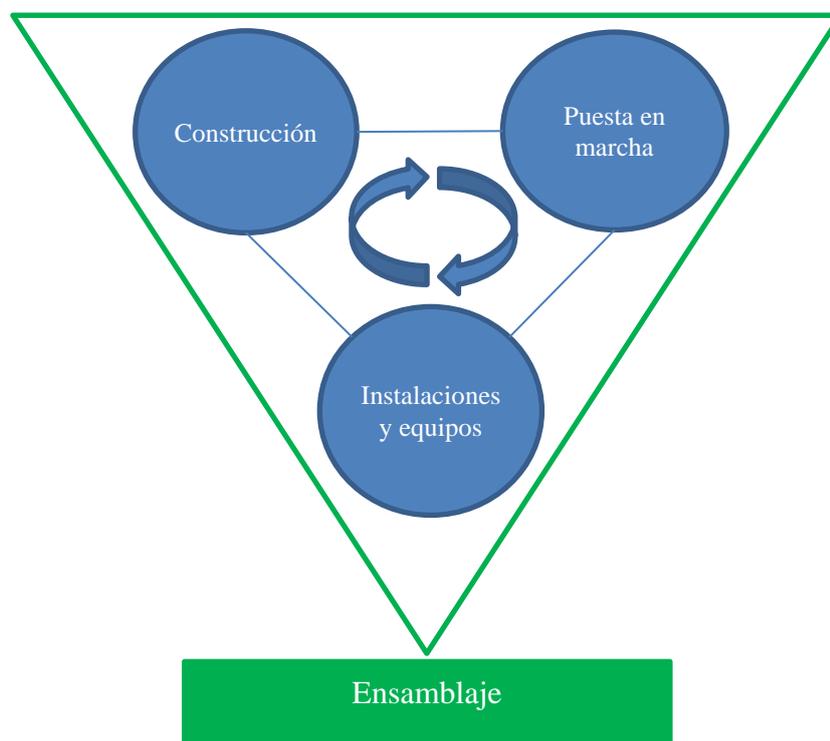
Todo el proceso de planeación y diseño previo se ejecuta durante la construcción, en los proyectos de vivienda de interés social, cómo en la gran mayoría de los proyectos, el objetivo de las constructoras es ejecutar lo más rápido posible, durante el proceso de diseño se define el sistema constructivo a emplear y se escoge el más rápido y económico, dentro de los más apetecidos por los constructores se encuentran el sistema de mampostería estructural y el outinord, el primero no requiere consumo de grandes cantidades de concreto y el segundo agiliza el proceso constructivo.

A continuación se muestra cómo se pueden aplicar cada una de las etapas del LPDS durante la fase de construcción y sus ventajas.

4.4.3.1 Ensamblaje

Es la ejecución constructiva de todos los diseños, en la figura 23 se muestran las actividades de esta etapa, durante el ensamblaje es importante mantener un control de programación y costos muy cuidadoso, aunque se sabe que el presupuesto es un supuesto que se hace antes de ejecutar la obra, la idea es que en la fase de construcción lo que nos gastemos se parezca bastante a lo que se supuso que se iba a gastar.

Figura 23 Etapa de ensamblaje



(Ballard, 2008)

Creación autor

1. Construcción: antes de iniciar la obra se debe hacer una verificación en campo de las condiciones y el espacio disponible para la ubicación de la infraestructura necesaria para ejecutarla, la rectificación de las medidas, localización, vías de acceso, restricción en horarios de trabajo, disponibilidad de equipos especiales, planes de manejo ambiental y de tránsito, solicitud de permisos de tala y todas

aquellas cosas que puedan afectar nuestra obra deben ser tenidas en cuenta y consignadas para mantener un registro actualizado de todas estas actividades críticas, la atención de hasta el más mínimo detalle debe ser observada con el fin de reducir al máximo las posibles variables que puedan generar atrasos en nuestro proyecto.

Al iniciar el proyecto se podría programar un comité y definir en este un layout de obra (figura 24), donde pueden ubicar de acuerdo a lo visto en campo y a planos definitivos la localización de la infraestructura que se va a necesitar durante la ejecución del proyecto.

Figura 24 Layout de obra



Es importante al hacer el layout tener en cuenta que la ubicación de alguno de los elementos no se encuentre en una excavación o que el brazo de la grúa abarque la mayor cantidad de área con el fin de facilitar el transporte vertical.

Durante la ejecución se debe mantener muy controlada la programación y siempre estar visible, la mejor manera de hacerlo es publicarla en las paredes de la oficina

o en la sala de juntas, en la figura 25 se muestra un ejemplo de cómo se puede organizar la información para que todo aquel que esté interesado en consultarla pueda tener acceso, además porque una de las premisas de la metodología Lean es que todo aquel que tenga alguna participación en el proyecto pueda conocer de primera mano su estado, no se debe ocultar información, transparencia ante todo.

Figura 25 Manejo de información en Lean Construction



(Botero Botero, 2006)

Creación autor

Todo aquello que vaya dirigido a mejorar las condiciones de producción es bien recibido dentro de la metodología Lean Construction.

El control en esta fase es fundamental, en todos sus aspectos, programación intermedia, programación semanal PAC y control de costos, pero este control no debe hacerse de forma tradicional, simplemente identificando donde se dieron sobrecostos sino identificando cuales fueron las reales causas de las variaciones y planteando acciones correctivas.

2. Instalaciones y equipos: En la industria automotriz casi todos los procesos se encuentran automatizados y un automóvil prácticamente viene en un paquete con todas sus partes listas para ser ensambladas, este mismo principio es el que se propone en la metodología Lean, que al empezar a instalar tubería (eléctrica, de gas hidráulica y sanitaria) todo este armado por paquetes para cada unidad de vivienda de tal manera que solamente se deba instalar, para esto es necesario hacer un despiece de cada una de las instalaciones para poder armar los paquetes, por ejemplo para un apartamento se podría definir, cuantos codos, semicodos y tubería es necesaria haciendo un armado previo en campo de las instalaciones y con este armar los paquetes necesarios, en la figura 26 se muestra un ejemplo de cómo hacer esta modulación.

Figura 26 Modulación instalaciones hidrosanitarias



(Botero Botero, 2006)

Creación autor

Todo se puede armar en paquetes, las incrustaciones a instalar, los interruptores, tomas, plafones, electrodomésticos, mampostería, esto facilita el control de materiales y disminuye el desperdicio ya que se entregan por unidad habitacional ya listos para ser instalados.

Los despieces se pueden manejar en formatos con el fin de llevar un registro actualizado.

3. Puesta en marcha: Esta actividad hace parte de la entrega del proyecto y se explica en la siguiente fase.

Las ventajas de aplicar estas recomendaciones son:

- Reducción de desperdicios.
- Control actualizado de actividades e identificación de problemas para corregir.
- Optimización del proceso constructivo.
- Reducción de tiempos no contributivos.
- Planificación de actividades con anticipación.
- Proceso de contratación y compras al día.

4.4.4 Durante la entrega y liquidación

Es la última fase del proceso, generalmente es donde vienen los reclamos, las inconformidades y la insatisfacción del cliente, pero si todo el proceso anterior se hizo de manera juiciosa se puede minimizar el servicio posventa, si lo que se le ofrece al cliente es lo que se le entrega sin ocultarle información esta última fase no será tan complicada.

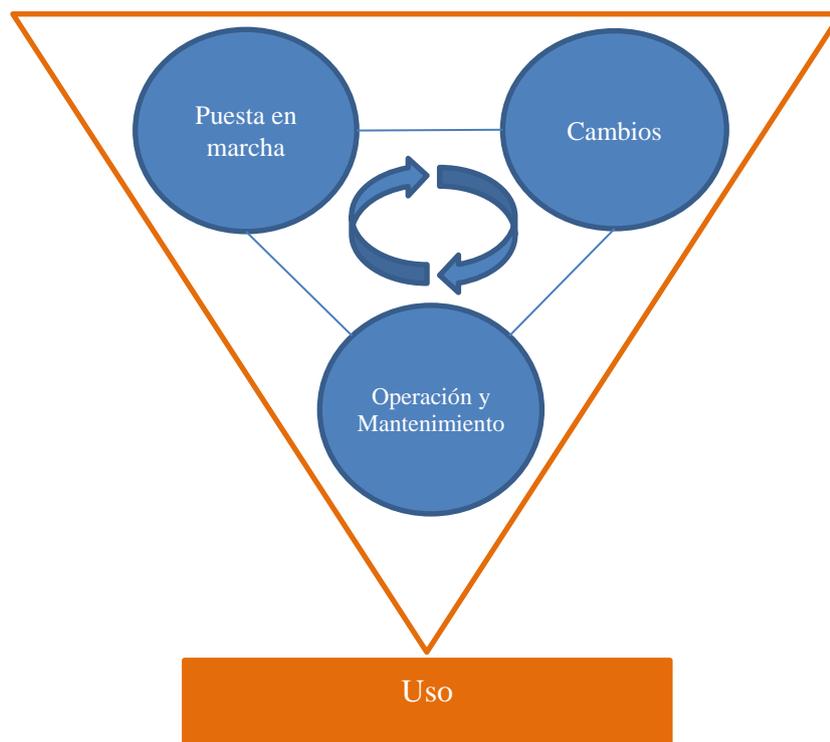
El LPDS propone para esta fase sólo una etapa que es la de uso cuya aplicación dentro de la metodología Lean se describe a continuación.

4.4.4.1 Uso

En esta última etapa se hace entrega del inmueble al propietario para su disfrute, pero en la vivienda de interés social las personas que compran para vivir invierten sus ahorros con la ilusión de tener casa propia y poder ofrecer un techo digno a sus familias, por esto es importante entregar productos de calidad, aunque en la vivienda de interés social no se ofrecen acabados, se podría entregar una estufa de línea económica o el calentador, en fin algo que agregue valor al producto final, esto atraería más compradores, el servicio al cliente es muy importante, un cliente satisfecho atrae muchos más.

En la figura 27 se muestran las actividades que componen la etapa de uso dentro de nuestro proyecto de vivienda de interés social.

Figura 27 Etapa de uso



1. Puesta en marcha: antes de hacer entrega del inmueble se deben probar los equipos con que se va a entregar, por este motivo se debe hacer un acta de pre entrega, la cual debe ser revisada por el ingeniero residente en la cual se haga una

verificación del estado del inmueble antes de ser entregado y un inventario de todo lo que se va a entregar según lo que se le ofreció al cliente, además es importante verificar el buen funcionamiento de los equipos de uso común como es el caso del equipo de presión hidroneumática y registrar todo con el fin de evitar inconvenientes en el futuro.

2. Operación y mantenimiento: al momento de hacer entrega se debe obsequiar al propietario un manual con las instrucciones más importantes sobre el mantenimiento de su inmueble, no está de más dar algunas recomendaciones como por ejemplo, no demoler muros, en caso que el sistema estructural sea mampostería estructural o outinord ya que esto puede afectar la integridad física de la estructura, además se le debe guiar en todo el proceso posventa y decirle de forma clara que cubre y que no cubre esta garantía.
3. Cambios: Una encuesta de satisfacción permite saber si el cliente está complacido con su inmueble, se puede emplear el método QFD explicado en la etapa de definición del proyecto con el fin de establecer posibles mejoras en futuros proyectos, es muy importante retroalimentarse.

Las ventajas de ofrecer un buen servicio posventa son:

- Un cliente satisfecho va a recomendar a más personas adquirir proyectos con la empresa.
- El proceso de preentrega permite identificar fallas y corregirlas antes de que el propietario reciba su inmueble.

4.4.5 Control de producción

Durante todo el proyecto se debe llevar a cabo esta actividad tan importante, todas las etapas deben ser controladas con el fin de minimizar los factores que puedan generar atrasos o sobrecostos en nuestro proyecto.

Los proyectos de vivienda de interés social son susceptibles de generar pérdidas y especialmente por malos manejos administrativos, es por esto que el Lean Cosntruction aparece como una metodología que nos permite desarrollar proyectos de manera organizada.

Para aplicar el control en cada una de las etapas de nuestro proyecto se puede emplear el método del último planificador, que ya ha sido explicado y el cual puede ser utilizado en todas sin problema, este nos permite anticiparnos a actividades con mucho tiempo de antelación.

4.4.5.1 Formatos empleados para aplicar el último planificador

Formato de planificación intermedia: La planeación intermedia puede ser empleada como sistema de control para liberar restricciones, durante el proceso de planeación de las actividades empleando el formato de la figura 28.

Figura 28 Formato programación intermedia

OBRA		PLANIFICACIÓN INTERMEDIA 6 SEMANAS						RESTRICCIONES					ACTIVIDAD LIBERADA		ESTADO DE PROCESO
								Diseño	Materiales	Mano de obra	Herramientas	Actividad Previa			
		1	2	3	4	5	6								
Actividad	responsable														

Para diligenciar este formato se debe tener en cuenta:

- Columna actividad: escribir la tarea a desarrollar por cada responsable.
- Columna responsable: colocar información correspondiente al área o persona responsable de la actividad.

- Columna semanas: escribir las fechas en que finaliza cada semana e ir rellenando cuando se completa una actividad, se pueden programar de 6 a 12 semanas.
- Columna restricciones: escribir según la experiencia cuales son los posibles inconvenientes que se pueden presentar durante el desarrollo de las actividades y si aplica para cada una.
- Columna actividad liberada: simplemente marca con una equis si la actividad se llevó a culminación
- Columna estado de proceso por actividad y/o insumo: escribir el porcentaje completado de cada actividad.

Este formato es una de las herramientas más importantes con que se cuenta para el control y liberación de restricciones, toda la información recopilada en este formato sirve para retroalimentar el proceso de planeación, una restricción no liberada a tiempo puede generar una acción correctiva, la finalidad de Lean Construction no es mostrar perfección sino permitir una mejora continua y retroalimentar del sistema.

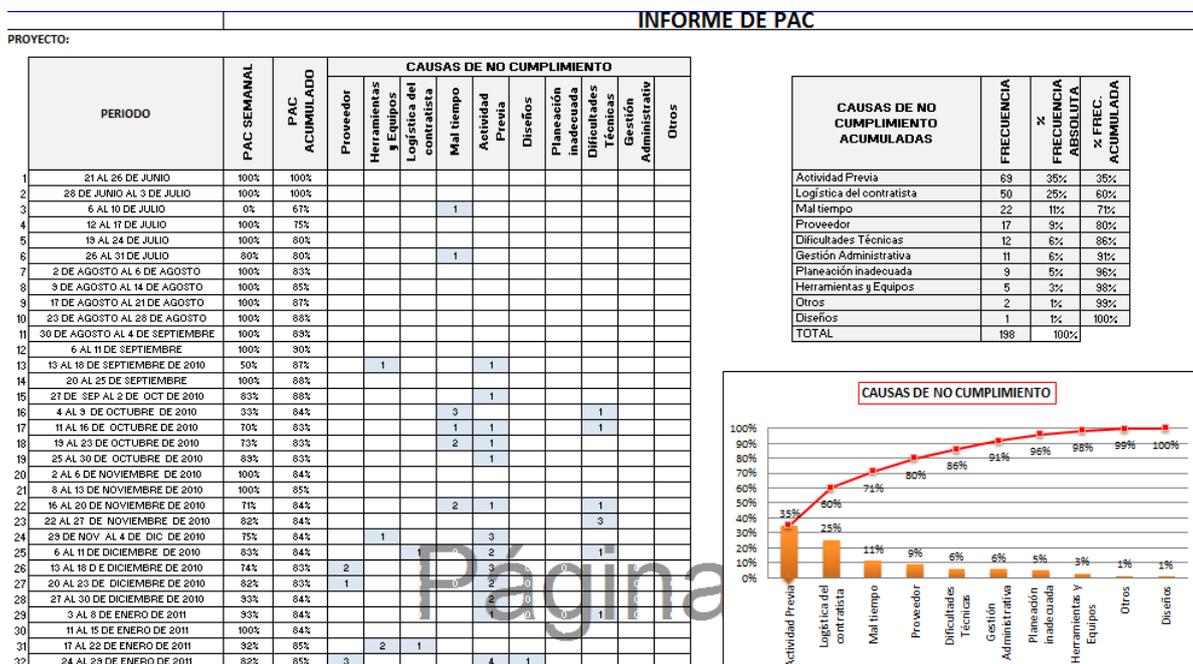
Formato de planificación semanal: Semanalmente se pueden programar reuniones con el fin de definir según la experiencia de una manera realista cuáles son las actividades que se ejecutaran durante la semana y registrarlas en el formato que se muestra en la figura 29.

- Actividades completadas: Escribir en número cuántas de las actividades que se tenían programadas se lograron completar
- PAC (Porcentaje de actividades completadas): Es el resultado de dividir las actividades completadas entre las actividades programadas y expresarlo en porcentaje.
- PAC acumulado: Simplemente se toma el PAC de la semana anterior y se le suma al actual.
- Causas de no cumplimiento: Simplemente en cada causa de no cumplimiento se van sumando las veces que se repitió el evento en cada semana.
- Total acumulado: En esta columna se suman las filas.

Al finalizar se hace un diagrama de Pareto, el formato diligenciado se ve en la figura

32.

Figura 32 Formato PAC (Porcentaje de actividades Completadas)



Se debe tener en cuenta que la programación semanal parte de la programación intermedia generada inicialmente.

Estos formatos se pueden emplear durante el ciclo de vida del proyecto, la ventaja de aplicar estos sencillos pasos en la metodología Lean Construction se traduce en cronogramas más ajustados a la realidad de los proyectos y como sabemos el tiempo es dinero.

4.4.6 Ciclo de aprendizaje

Dentro de la metodología Lean Construction es muy importante retroalimentar el proceso con el fin de corregir fallas identificadas y esto se logra en el ciclo de aprendizaje, con cada falencia que se logre identificar en el proceso los proyectos se pueden mejorar, además si se reducen al mínimo las actividades que no agregan valor a nuestro producto la utilidad puede incrementarse, es más costoso no invertir en calidad que hacerlo.

CONCLUSIONES

- En la actualidad la vivienda de interés social tiene un gran auge en el país y cada vez más el proceso constructivo tiende a industrializarse, dentro de este se puede aplicar la metodología Lean Construction la cual se basa en los principios de producción de la Toyota desarrollada en los años 50, lo que pretende esta metodología es optimizar el proceso productivo mediante la planeación y la retroalimentación del ciclo constructivo. Cada obra es una oportunidad de mejoramiento.
- Dentro de Lean Construction el LPDS (Lean Project Delivery System) permite organizar las etapas del ciclo productivo secuencialmente y se constituye en una herramienta de gran importancia para poder organizar nuestros proyectos en las diferentes etapas constructivas.
- Si las empresas constructoras al desarrollar proyectos de vivienda de interés social se enfocan más en la reducción de las actividades que no generan valor e invierten en mejorar la calidad de sus productos en vez de pensar en cómo bajar costos afectando la calidad de los insumos y la mano de obra se lograrían mayores utilidades, es mayor el costo de la no calidad que el de hacer los proyectos con insumos de buena calidad y mano de obra calificada.

BIBLIOGRAFÍA

- Artes, M. N. (30 de Marzo de 2011). *MGP - Nuevas Artes*. Obtenido de MGP - Nuevas Artes:
<http://mgpnuevasartes.blogspot.com/2011/03/sobre-el-bim-building-information-model.html>
- Ballard, G. (15 de Enero de 2008). *Lean Construction Institute*. Obtenido de Lean Construction Institute: http://www.leanconstruction.org/lcj/2008/LCJ_08_001.pdf
- Botero Botero, L. F. (2006). *Construcción sin Pérdidas*. Bogotá: Legis.
- Dwyer, S. (01 de Junio de 2012). *Bostinno*. Obtenido de Bostinno:
<http://bostinno.com/2012/06/08/vela-systems-acquired-by-3-d-building-designer-autodesk/bim-revit/>
- Fernández, A. D. (2011). La gestión de la obra desde la perspectiva del último planificador. *Revista de Obras Públicas n° 3.518. Año 158, 3.*
- Ohno, T. (1988). *Toyota production system*. Cambridge: Productivity Press.
- Picchi, F. (1993). *Sistemas de qualidade: uso em empresas de construcao de edificios*. Sao Paulo, Brazil.
- Vera Rojas, R. (2005). *La Construcción*. Obtenido de www.monografias.com:
<http://www.monografias.com/trabajos25/construccion/construccion.shtml>

LICENCIA DE USO - AUTORIZACIÓN DE LOS AUTORES

Actuando en nombre propio identificado (s) de la siguiente forma:

Nombre Completo Oswaldo Alejandro García Díaz

Tipo de documento de identidad: C.C. T.I. C.E. Número: 80.006.422 de Bogotá

Nombre Completo _____

Tipo de documento de identidad: C.C. T.I. C.E. Número: _____

Nombre Completo _____

Tipo de documento de identidad: C.C. T.I. C.E. Número: _____

Nombre Completo _____

Tipo de documento de identidad: C.C. T.I. C.E. Número: _____

El (Los) suscrito(s) en calidad de autor (es) del trabajo de tesis, monografía o trabajo de grado, documento de investigación, denominado:

Aplicación de la Metodología "Lean Construction" en la
Vivienda de interés Social.

Dejo (dejamos) constancia que la obra contiene información confidencial, secreta o similar: SI NO
(Si marqué (marcamos) SI, en un documento adjunto explicaremos tal condición, para que la Universidad EAN mantenga restricción de acceso sobre la obra).

Por medio del presente escrito autorizo (autorizamos) a la Universidad EAN, a los usuarios de la Biblioteca de la Universidad EAN y a los usuarios de bases de datos y sitios webs con los cuales la Institución tenga convenio, a ejercer las siguientes atribuciones sobre la obra anteriormente mencionada:

- Conservación de los ejemplares en la Biblioteca de la Universidad EAN.
- Comunicación pública de la obra por cualquier medio, incluyendo Internet
- Reproducción bajo cualquier formato que se conozca actualmente o que se conozca en el futuro
- Que los ejemplares sean consultados en medio electrónico
- Inclusión en bases de datos o redes o sitios web con los cuales la Universidad EAN tenga convenio con las mismas facultades y limitaciones que se expresan en este documento
- Distribución y consulta de la obra a las entidades con las cuales la Universidad EAN tenga convenio.

UNIVERSIDAD EAN
VICERRECTORÍA DE FORMACIÓN
PROGRAMA DE POSGRADOS

RECIBIDA

16 JUL 2012

Hora: _____

Número Radicación: _____

Recibido por: Natalia Arango

EL FIRMA DE ESTE DOCUMENTO NO IMPLICA LA ACEPTACIÓN DE SU CONTENIDO.

Con el debido respeto de los derechos patrimoniales y morales de la obra, la presente licencia se otorga a título gratuito, de conformidad con la normatividad vigente en la materia y teniendo en cuenta que la Universidad EAN busca difundir y promover la formación académica, la enseñanza y el espíritu investigativo y emprendedor.

Manifiesto (manifestamos) que la obra objeto de la presente autorización es original, el (los) suscritos es (son) el (los) autor (es) exclusivo (s), fue producto de mi (nuestro) ingenio y esfuerzo personal y la realizó (zamos) sin violar o usurpar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es de exclusiva autoría y tengo (tenemos) la titularidad sobre la misma. En vista de lo expuesto, asumo (asumimos) la total responsabilidad sobre la elaboración, presentación y contenidos de la obra, eximiendo de cualquier responsabilidad a la Universidad EAN por estos aspectos.

En constancia suscribimos el presente documento en la ciudad de Bogotá D.C.,

NOMBRE COMPLETO: Oswaldo Alejandro García Díaz NOMBRE COMPLETO: _____
 FIRMA: [Firma manuscrita] FIRMA: _____
 DOCUMENTO DE IDENTIDAD: 80.006.422 DOCUMENTO DE IDENTIDAD: _____
 FACULTAD: Posgrados FACULTAD: _____
 PROGRAMA ACADÉMICO: Esp. Gerencia de Proyectos PROGRAMA ACADÉMICO: _____

NOMBRE COMPLETO: _____ NOMBRE COMPLETO: _____
 FIRMA: _____ FIRMA: _____
 DOCUMENTO DE IDENTIDAD: _____ DOCUMENTO DE IDENTIDAD: _____
 FACULTAD: _____ FACULTAD: _____
 PROGRAMA ACADÉMICO: _____ PROGRAMA ACADÉMICO: _____