



CENTRO DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y ADMINISTRATIVAS

DEPARTAMENTO DE ADMINISTRACIÓN

TRABAJO PRÁCTICO

**LEAN CONSTRUCTION APLICADO A UNA CONSTRUCTORA DEDICADA A LA
CONSTRUCCION DE CASAS EN EL ESTADO DE AGUASCALIENTES**

PRESENTA

José Carlos Martínez Ponce

PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRÍA EN ADMINISTRACIÓN

TUTORES

Dra. Rocío Montserrat Campos García

Dra. María de Carmen Martínez Serna

INTEGRANTE DEL COMITÉ TUTORAL

Dra. Gabriela Citlalli López Torres

Dr. Víctor Manuel Molina Morejón

Aguascalientes, Ags, 10 de mayo de 2023

**CARTA DE VOTO APROBATORIO
INDIVIDUAL**

MF. VIRGINIA GUZMAN DIAZ DE LEÓN
DECANA DEL CENTRO CIENCIAS ECONÓMICAS Y ADMINISTRATIVAS

PRESENTE

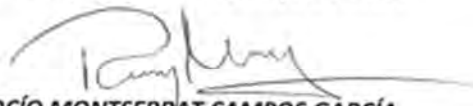
Por medio del presente como **CO-TUTORA** designada del estudiante **JOSÉ CARLOS MARTÍNEZ PONCE** con ID 126273 quien realizó el trabajo práctico titulado: **"LEAN CONSTRUCTION APLICADO A UNA CONSTRUCTORA DEDICADA A LA CONSTRUCCIÓN DE CASAS EN EL ESTADO DE AGUASCALIENTES"**, un trabajo propio, innovador, relevante e inédito y con fundamento en el Artículo 175, Apartado II del Reglamento General de Docencia doy mi consentimiento de que la versión final del documento ha sido revisada y las correcciones se han incorporado apropiadamente, por lo que me permito emitir el **VOTO APROBATORIO**, para que *él* pueda proceder a imprimirlo así como continuar con el procedimiento administrativo para la obtención del grado.

Pongo lo anterior a su digna consideración y sin otro particular por el momento, me permito enviarle un cordial saludo.

ATENTAMENTE

"Se Lumen Proferre"

Aguascalientes, Ags., a 04 de mayo de 2023.



DRA. ROCÍO MONTSERRAT CAMPOS GARCÍA
Co-Tutora de trabajo práctico

c.c.p.- Interesado
c.c.p.- Secretaría Técnica del Programa de Posgrado

**CARTA DE VOTO APROBATORIO
INDIVIDUAL**

MF. VIRGINIA GUZMAN DIAZ DE LEÓN
DECANA DEL CENTRO CIENCIAS ECONÓMICAS Y ADMINISTRATIVAS

PRESENTE

Por medio del presente como **CO-TUTORA** designada del estudiante **JOSÉ CARLOS MARTÍNEZ PONCE** con ID 126273 quien realizó el trabajo práctico titulado: **"LEAN CONSTRUCTION APLICADO A UNA CONSTRUCTORA DEDICADA A LA CONSTRUCCIÓN DE CASAS EN EL ESTADO DE AGUASCALIENTES"**, un trabajo propio, innovador, relevante e inédito y con fundamento en el Artículo 175, Apartado II del Reglamento General de Docencia doy mi consentimiento de que la versión final del documento ha sido revisada y las correcciones se han incorporado apropiadamente, por lo que me permito emitir el **VOTO APROBATORIO**, para que él pueda proceder a imprimirlo así como continuar con el procedimiento administrativo para la obtención del grado.

Pongo lo anterior a su digna consideración y sin otro particular por el momento, me permito enviarle un cordial saludo.

ATENTAMENTE

"Se Lumen Proferre"

Aguascalientes, Ags., a 04 de mayo de 2023.

DRA. MARÍA DEL CARMEN MARTÍNEZ SERNA
Co-Tutora de trabajo práctico

c.c.p.- Interesado
c.c.p.- Secretaría Técnica del Programa de Posgrado

CARTA DE VOTO APROBATORIO
INDIVIDUAL

MF. VIRGINIA GUZMAN DIAZ DE LEÓN
DECANA DEL CENTRO CIENCIAS ECONÓMICAS Y ADMINISTRATIVAS

PRESENTE

Por medio del presente como **ASESORA** designada del estudiante **JOSÉ CARLOS MARTÍNEZ PONCE** con ID 126273 quien realizó el trabajo práctico titulado: **"LEAN CONSTRUCTION APLICADO A UNA CONSTRUCTORA DEDICADA A LA CONSTRUCCIÓN DE CASAS EN EL ESTADO DE AGUASCALIENTES"**, un trabajo propio, innovador, relevante e inédito y con fundamento en el Artículo 175, Apartado II del Reglamento General de Docencia doy mi consentimiento de que la versión final del documento ha sido revisada y las correcciones se han incorporado apropiadamente, por lo que me permito emitir el **VOTO APROBATORIO**, para que *él* pueda proceder a imprimirlo así como continuar con el procedimiento administrativo para la obtención del grado.

Pongo lo anterior a su digna consideración y sin otro particular por el momento, me permito enviarle un cordial saludo.

ATENTAMENTE
"Se Lumen Proferre"
Aguascalientes, Ags., a 04 de mayo de 2023.



DRA. GABRIELA CITLALLI LÓPEZ TORRES
Asesora de trabajo práctico

c.c.p.- Interesado
c.c.p.- Secretaría Técnica del Programa de Posgrado

CARTA DE VOTO APROBATORIO
INDIVIDUAL

MF. VIRGINIA GUZMAN DIAZ DE LEÓN
DECANA DEL CENTRO CIENCIAS ECONÓMICAS Y ADMINISTRATIVAS

PRESENTE

Por medio del presente como **ASESOR** designado del estudiante **JOSÉ CARLOS MARTÍNEZ PONCE** con ID 126273 quien realizó el trabajo práctico titulado: "**LEAN CONSTRUCTION APLICADO A UNA CONSTRUCTORA DEDICADA A LA CONSTRUCCIÓN DE CASAS EN EL ESTADO DE AGUASCALIENTES**", un trabajo propio, innovador, relevante e inédito y con fundamento en el Artículo 175, Apartado II del Reglamento General de Docencia doy mi consentimiento de que la versión final del documento ha sido revisada y las correcciones se han incorporado apropiadamente, por lo que me permito emitir el **VOTO APROBATORIO**, para que *él* pueda proceder a imprimirlo así como continuar con el procedimiento administrativo para la obtención del grado.

Pongo lo anterior a su digna consideración y sin otro particular por el momento, me permito enviarle un cordial saludo.

ATENTAMENTE
"Se Lumen Proferre"
Aguascalientes, Ags., a 04 de mayo de 2023.

DR. VÍCTOR MANUEL MOLINA MOREJÓN
Asesor de trabajo práctico

c.c.p.- Interesado
c.c.p.- Secretaría Técnica del Programa de Posgrado



DICTAMEN DE LIBERACION ACADÉMICA PARA INICIAR LOS TRAMITES DEL EXAMEN DE GRADO



Fecha de dictaminación dd/mm/aaaa: 08/05/2023

NOMBRE: Martínez Ponce José Carlos **ID:** 126273

PROGRAMA: Maestría en Administración **LGAC (en posgrado):** Estrategias Empresariales

TIPO DE TRABAJO: Tesis Trabajo Práctico

TÍTULO: Plan Constructivo aplicado a una constructora dedicada a la construcción de casas en el estado de Aguascalientes

IMPACTO SOCIAL (señalar el impacto logrado): Se logró difundir el conocimiento de la aplicación de una nueva metodología de gestión administrativa por proyectos de construcción mejorando la calidad, reduciendo costos y reduciendo tiempos de entrega.

INDICAR	SI	NO	N.A. (NO APLICA)	SEGÚN CORRESPONDA:
<i>Elementos para la revisión académica del trabajo de tesis o trabajo práctico:</i>				
SI	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	El trabajo es congruente con los LGAC del programa de posgrado
SI	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	La problemática fue abordada desde un enfoque multidisciplinario
SI	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Existe coherencia, continuidad y orden lógico del tema central con cada apartado
SI	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Los resultados del trabajo dan respuesta a las preguntas de investigación o a la problemática que aborda
SI	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Los resultados presentados en el trabajo son de gran relevancia científica, tecnológica o profesional según el área
SI	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	El trabajo demuestra más de una aportación original al conocimiento de su área
SI	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Las aportaciones responden a los problemas prioritarios del país
SI	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Generó transferencia del conocimiento o tecnología
SI	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Cumple con la ética para la investigación (reporte de la herramienta antiplagio)
<i>El egresado cumple con lo siguiente:</i>				
SI	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Cumple con lo señalado por el Reglamento General de Docencia
SI	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Cumple con los requisitos señalados en el plan de estudios (órdenes curriculares, optativos, actividades complementarias, estancia, predoctoral, etc)
SI	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Cuenta con las votas aprobatorias del comité tutorial, en caso de los posgrados profesionales si tiene solo tutor podrá liberar solo el tutor
SI	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Cuenta con la carta de satisfacción del Usuario
SI	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Coincide con el título y objetivo registrado
SI	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Tiene congruencia con cuerpos académicos
SI	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Tiene el CVU del Conacyt actualizado
SI	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Tiene el artículo aceptado o publicado y cumple con los requisitos institucionales (en caso que proceda)
<i>En caso de Tesis por artículos científicos publicados</i>				
SI	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Aceptación o Publicación de los artículos según el nivel del programa
SI	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	El estudiante es el primer autor
SI	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	El autor de correspondencia es el Tutor del Núcleo Académico Básico
SI	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	En los artículos se ven reflejados los objetivos de la tesis, ya que son producto de este trabajo de investigación.
SI	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Los artículos integran los capítulos de la tesis y se presentan en el idioma en que fueron publicados
SI	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	La aceptación o publicación de los artículos en revistas indicadas de alto impacto

Con base a estos criterios, se autoriza se continúen con los trámites de titulación y programación del examen de grado:

SI
NO

Elaboró:

* NOMBRE Y FIRMA DEL CONSEJO SEGÚN LA LÍNEA DE ATRIBUCIÓN:

NOMBRE Y FIRMA DEL SECRETARIO TÉCNICO:

* En caso de conflicto de intereses, presentar un miembro del NAC de la LGAC como representante del área o miembro del comité tutorial, según sea el Decano

Revisó:

NOMBRE Y FIRMA DEL SECRETARIO DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO:

Autorizó:

NOMBRE Y FIRMA DEL DECANO:

FIRMAS

Dra. Gabriela Citlali López Torres
Dra. Gabriela Citlali López Torres
Dra. Virginia Guzmán Díaz de León

Nota: procede al trámite para el Depto. de Apoyo al Posgrado

En cumplimiento con el Art. 139C del Reglamento General de Docencia que se le hizo señalo entre las funciones del Consejo Académico ... Conde la elección territorial del programa de posgrado y el Art. 139F las funciones del Secretario Técnico. Debe el responsable de las acciones.

Agradecimientos

Agradezco a Dios por darme la fuerza de continuar en todo lo que me propongo, que siempre me ayuda a regresar al camino del amor y me da la inspiración necesaria para continuar sirviendo y ayudando.

Agradezco al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca que me otorgó para realizar mis estudios de maestría.

Agradezco a la Universidad Autónoma de Aguascalientes (UAA) por permitir formarme en ella.

Agradezco a mi tutora la Dra. Rocío Montserrat Campos García por apoyarme en la elaboración de este trabajo práctico, sin usted, su consejo, paciencia y constancia en la revisión de este trabajo no hubiera sido posible.

Agradezco a la Dra. María del Carmen Martínez Serna, Dra. Gabriela Citlali López Torres, Dr. Víctor Manuel Molina Morejón por su asesoría y orientación.

Agradezco a todos mis profesores que aportaron a la generación nuevos aprendizajes y que permitieron abrir mi mente al conocimiento de la administración de empresas.

Dedicatoria

Dedico este trabajo práctico

A mi familia que me apoyó incondicionalmente en poder lograr esta gran meta, que con su amor y comprensión han sido de gran apoyo en todo este proceso. A mis padres Carlos e Ibeth por su ejemplo y porque siempre me han ayudado e impulsado a alcanzar mis logros y a mis hermanas, Ibeth, Lizeth y Marian, que siempre me escuchan.

A mi tutora, la Dra. Rocío Montserrat Campos García que me ha apoyado en aportarme nuevas ideas y me ha guiado para poder concluir con éxito este caso práctico.

A todos mis profesores que me formaron en el camino de la investigación porque sin ellos este logro no hubiera podido ser posible.

A todos los miembros del núcleo académico básico por su comentarios y aportaciones para poder mejorar la redacción, estructura, forma y contenido de este trabajo práctico.

José Carlos Martínez Ponce

Índice General

Introducción	9
Planteamiento Del Problema	15
Antecedentes	20
Objetivos	22
4.1. Objetivo General	22
4.2. Objetivos Específicos	22
Justificación	23
Análisis Situacional	25
6.1 VIZA Construcciones	25
6.2 Análisis FODA	25
6.3 Macroambiente o Entorno General.	27
6.4 Microambiente o Entorno Específico.	28
6.5 Ambiente Interno o Empresa.	29
Marco Teórico	31
7.1. El Concepto De Productividad	31
7.2. Producción Sin Pérdidas (Lean Manufacturing)	32
7.3. Lean Construction	33
7.3.1 Principios De Lean Construction	34
7.3.2 Desperdicios Que Considera Lean Construction	36
7.3.3 Sistema Del Último Planificador (Last Planner System “LPS”)	39

7.3.4	Estructura Del Sistema Del Último Planificador	43
7.3.5	Indicadores Clave De Rendimiento	49
	Metodología De La Intervención	52
	Propuesta De Intervención	56
9.1	Plan Maestro y Plan De Fases	57
9.2	Sesión Pull	60
9.3	Planeación Para Estar Listos	61
9.4	Planeación Semanal	63
9.5	Desarrollo De Los Indicadores De Rendimiento	65
9.5.1	Porcentaje De Plan Completado (PPC)	65
9.5.2	Causas De No Cumplimiento (CNC)	65
9.6	Junta Diaria	68
	Resultados De La Intervención	69
10.1	Plan Maestro y Plan De Fases	73
10.2	Sesión Pull	76
10.3	Planeación Para Estar Listos	79
10.4	Planeación Semanal	81
10.5	Junta Diaria	85
10.6	Diagrama De Flujo	86
10.7	Complicaciones	88
	Conclusiones	89
	Referencias	90
	ANEXOS	93

ANEXO I.	Control de Avance	93
ANEXO II.	Documentación De Registro De Planeación Semanal	96
ANEXO III.	Comparativa De Gráficos CNC	104



Índice de Tablas

Tabla 1 Ejemplos de escenarios que se presentan en la construcción de viviendas..... 14

Tabla 2 Desperdicio estimado en obras de edificación..... 16

Tabla 3 Análisis FODA Viza Construcciones..... 26

Tabla 4 Ejemplo de fases de construcción de vivienda..... 57

Tabla 5 Programación de obra 59

Tabla 6 Necesidades y Compromisos..... 60

Tabla 7 Liberación de restricciones..... 61

Tabla 8 Programación para estar listos..... 62

Tabla 9 Programa semanal de obra..... 64

Tabla 10 Hitos del catálogo de conceptos..... 73

Tabla 11 Código de colores por contratista 76

Tabla 12 Tabla de Sesión Pull 78

Tabla 13 Tabla de Compromisos y necesidades..... 79

Tabla 14 Restricciones liberadas..... 80

Tabla 15 Programación para estar listos..... 80

Tabla 16 Planeación semanal Semana 1 83

Tabla 17 Causas de incumplimiento..... 84

Tabla 18 Programa semana de obra Semana 1..... 96

Tabla 19 Programa semana de obra Semana 2..... 97

Tabla 20 Programa semana de obra Semana 3..... 98

Tabla 21 Programa semanal de obra Semana 4..... 99

Tabla 22 Programa semanal de obra Semana 5..... 100

Tabla 23 Programa semanal de obra Semana 6..... 101

Tabla 24 Programa semanal de obra Semana 7..... 102

Tabla 25 Programa semanal de obra Semana 8..... 103



Índice de Figuras

Figura 1 PIB de la vivienda y su participación en el total nacional 10

Figura 2 Participación del PIB de la vivienda y de sectores de actividad económica seleccionados en el PIB nacional 10

Figura 3 Tipos de desperdicios que considera Lean Construction 13

Figura 4 Causas que afectan la productividad 32

Figura 5 Modelo de producción en construcción tradicional 34

Figura 6 Modelo de producción Lean 35

Figura 7 8 Desperdicios de Lean Construction 37

Figura 8 Beneficios del sistema del último planificador 40

Figura 9 Planificación tradicional vs Sistema de planificación Leanwha 41

Figura 10 Programación en cascada Lean 43

Figura 11 Estructura del Sistema del último planificador 44

Figura 12 Ejemplo de plan maestro 45

Figura 13 Programación de ejemplo de plan de fases 45

Figura 14 Diagrama de Gantt de plan de fases 46

Figura 15 Ejemplo del Porcentaje de actividades cumplidas 49

Figura 16 Ejemplo de causas de no cumplimiento 50

Figura 17 Ejemplo de medición de PPC 66

Figura 18 Ejemplo de medición CNC 67

Figura 19 Ubicación del proyecto 69

Figura 20 Distribución de departamento Nimbus 70

Figura 21 Distribución de departamento Ventus 70

Figura 22	Estado de la torre de departamento al inicio de la estancia profesional	71
Figura 23	Datos del PPC obtenidos durante la estancia profesional	84
Figura 24	Concentrado de causas de incumplimiento	85
Figura 25	Diagrama de flujo	87
Figura 26	Estado del proyecto en la semana 3.....	93
Figura 27	Estado del proyecto en la semana 4.....	93
Figura 28	Estado del proyecto en la semana 5.....	94
Figura 29	Estado del proyecto en la semana 6.....	94
Figura 30	Estado del proyecto en la semana 7.....	95
Figura 31	Estado del proyecto en la semana 8.....	95
Figura 32	Resultados de la medición de CNC Semana 1	104
Figura 33	Resultados de la medición de CNC Semana 2	104
Figura 34	Resultados de la medición de CNC Semana 3	105
Figura 35	Resultados de la medición de CNC Semana 4	105
Figura 36	Resultados de la medición de CNC Semana 5	106
Figura 37	Resultados de la medición de CNC Semana 6	106
Figura 38	Resultados de la medición de CNC Semana 7	107
Figura 39	Resultados de la medición de CNC Semana 8	107

Resumen

Lean Construction es una metodología de gestión administrativa aplicada a la construcción que ofrece herramientas para generar un flujo de trabajo predecible haciendo una planeación que va desde lo general hasta lo específico de cada etapa del proyecto de construcción. Al utilizar herramientas como el Sistema del Último Planificador (SUP) es posible hacer realidad lo que se proyectó en la etapa de planeación de la obra y llevarlo a la ejecución para que el proyecto sea exitoso en tiempo, costo y calidad de los trabajos.

Al aplicarlo a un proyecto real nos enfrentamos a dificultades, pero al llevarlo a cabo, todos los interesados pudieron comprobar los grandes beneficios que tiene el implementar la metodología como gestor administrativo en la construcción.

Abstract

Lean Construction is an administrative management methodology applied to construction which offers tools to generate a predictable workflow by planning from the general to the specifics of each stage of the construction project. By using tools such as the System of the Ultimate Planner (SUP) it is possible to realize what was planned in the planning stage of the work and take it to the execution so that the project is successful in time, cost and quality of work.

When applying it to a real project we faced difficulties, but when carrying it out all the stakeholders could check the great benefits of implementing the methodology as an administrative manager in construction.

Introducción

Este caso práctico consiste en la implementación de la metodología Lean Construction a la edificación de una torre de departamentos en el estado de Aguascalientes al norte de la ciudad, la torre cuenta con 9 departamentos distribuidos en 3 pisos.

La implementación de una metodología de gestión administrativa en el sector de la construcción es de suma importancia debido a la competencia que se tiene en la actualidad en esta industria en donde cada vez se tiene que cumplir en mejor calidad de los trabajos, mayor eficiencia en los tiempos de entrega y a un precio justo para entregar el producto final en tiempo y forma, además de que el sector de la vivienda contribuye en un gran porcentaje a la economía de un país.

En septiembre de 2021, el número de empresas en el sector de la construcción en México alcanzó más de 27 300 establecimientos (Statista, 2022). Aunque realizan actividades muy variables, como la construcción o restauración de casas, edificios, hoteles, centros comerciales, bancos, escuelas, hospitales, calles, aceras, represas, cines, parques, teatros, naves industriales, etc., la construcción es una industria clave en el desarrollo de un país. En 2020, el sector de la vivienda generó un PIB de 1 billón 273 mil 268 millones de pesos corrientes (Figura 1), cantidad que corresponde a 5.8% del PIB del país (INEGI, 2020).

Figura 1

PIB de la vivienda y su participación en el total nacional



Fuente: INEGI. Sistema de Cuentas Nacionales de México. Cuenta Satélite de Vivienda de México 2020. Preliminar. Año Base 2013

En 2020, más de la mitad de la construcción total realizada fue edificios residenciales (55.0%), mientras que la construcción comercial (puentes, carreteras, puertos, hospitales, oficinas, etc.) representó el 45.0%. Como se puede observar en la Figura 2, al comparar la participación del sector vivienda en el PIB con otras actividades económicas, se puede percibir su importancia ya que se encuentra en el tercer lugar después de sectores como el comercio y la producción, que aportan el 19.9. % y 18.4% respectivamente (INEGI, 2020).

Figura 2

Participación del PIB de la vivienda y de sectores de actividad económica seleccionados en el PIB nacional



Fuente: INEGI. Sistema de cuentas Nacionales de México. Cuenta Satélite de Vivienda de México, 2020, Preliminar. Año base 2013.

En 2020, las actividades económicas del sector vivienda generaron 2,278,417 puestos de trabajo, cantidad que equivale a 5.5% del total nacional (INEGI, 2020). Sin embargo, la industria de la construcción es un caso de estudio único debido a que se ve afectada por factores tanto internos como externos que inciden directamente en el proceso de construcción, por mencionar algunos, el clima, proveedores, contratistas, etc., que pueden ocasionar pérdidas durante el desarrollo de los proyectos de construcción.

En la actualidad, las empresas dedicadas a la construcción de desarrollos habitacionales, denominadas desarrolladoras inmobiliarias, enfrentan un gran problema debido al incumplimiento de parte del contratista para entregar en tiempo, costo y calidad las casas que se le asignan para su construcción. Esta deficiencia en el cumplimiento de los requerimientos del desarrollador inmobiliario que le pide al contratista, muchas veces se da por una mala gestión y administración de los procesos que se deben seguir para llegar al cumplimiento de las necesidades del cliente por lo que el contratista está obligado a mejorar la calidad de su trabajo, aumentar la eficacia, reducir el desperdicio, reducir costos y aumentar las ganancias (Marhani et al., 2012).

Bajo esta perspectiva, ambos participantes asumen grandes retos, por un lado, el contratista que tiene la exigencia de cumplir en los periodos establecidos para poder mantenerse en el competitivo mercado actual y para ello necesita ser disruptivo e implementar nuevos mecanismos de administración en todas las etapas de la obra y a su vez, monitorear y gestionar el avance del proyecto para no salirse de los estándares previstos. Por otro lado, el desarrollador inmobiliario tiene la necesidad de ofrecer su producto al mercado en tiempo y forma para cumplir con las entregas de vivienda.

En consecuencia, los tiempos de entrega reducidos del proyecto, la exigencia de calidad y bajo costo se ha convertido en un componente clave de la ingeniería y gestión de los desarrollos inmobiliarios y el sector de la construcción se ha vuelto cada vez más competitivo. Por parte del constructor, lo más importante es monitorear el avance para que se cumplan las metas y estar al pendiente de las necesidades que surjan en relación con el

proyecto que se está ejecutando así como el oportuno suministro de los materiales e insumos si así lo establecen las condiciones del proyecto.

El uso de herramientas de gestión administrativa en la industria de la construcción en México es de suma importancia para poder mejorar la rentabilidad de las empresas ya que presentan grandes reducciones de sus utilidades por no poner atención en los desperdicios generados a lo largo del proceso creando problemas de competitividad; es por ello que en este trabajo práctico se pretende formular recomendaciones metodológicas para la implementación de Lean Construction en edificaciones residenciales, que permitirá a las empresas definir el curso de acción para mejorar el proceso de productividad de la construcción.

La metodología de Lean Construction, al orientarse a la gestión administrativa de proyectos constructivos busca reducir o eliminar los desperdicios generados a lo largo del proceso constructivo eliminando actividades que no agregan valor al proyecto y mejorando las actividades que si lo hacen. Se tendrá que crear una sinergia positiva entre todos los interesados del proyecto ya sea, contratista, clientes, proveedores y todo aquel que forme parte de la gestión del proyecto, de esta manera, se reducirá en gran escala los desperdicios creando un ambiente de trabajo colaborativo con todas las partes (Porras et al., 2014).

Para poder implementar la metodología Lean Construction al proceso de producción es importante identificar los tipos de desperdicios que se generan en este tipo de construcciones como son inventarios de materiales sin una necesidad inmediata, talento de los colaboradores mal aprovechado, tiempos muertos en los que los colaboradores y maquinaria se mantienen en un estado pasivo, movimientos mal planificados dentro y fuera del área de ejecución del proyecto, defectos en la elaboración de alguna actividad, transportes innecesarios de personal o documentación, sobre procesamiento por una deficiente supervisión y sobreproducción de insumos (Figura 3).

Figura 3
Tipos de desperdicios que considera Lean Construction



Fuente: Elaboración propia

En este trabajo práctico se estará aplicando la metodología Lean Construction buscando identificar y reducir cada uno de los 8 desperdicios clasificados considerando posibles escenarios que se podrían generar como se observa en la Tabla 1 donde se describe el escenario, el tipo de desperdicio que genera y el impacto que produce esta situación y como resultado, se logrará mejorar la calidad y optimizar los costos de construcción.

Tabla 1

Ejemplos de escenarios que se presentan en la construcción de viviendas.

Descripción	Desperdicio	Impacto
Llevar material de más al frente de trabajo	Transporte	Ocupa espacio en el vehículo de transporte que puede ser utilizado para material urgente.
	Talento	Se utiliza mano de obra para la carga y descarga del material excedente.
	Tiempo de espera	Al utilizar más tiempo del chofer y la mano de obra del necesario.
	Inventario	Porque fuera de la zona de almacenaje lo pueden robar, destruir, perder, etc.
Omitir verificaciones de la instalaciones hidráulicas	Defectos	Se puede dañar una tubería al trabajar y no percatarse del daño hasta la fase final de la obra.
	Sobre producción	Al no detectar daños, se tiene que retrabajar la tarea.
	Talento	Del personal que tiene que realizar el retrabajo.
	Inventario	De material excedente para remplazar el material dañado.
	Movimiento	De mano de obra que pudiera estar haciendo actividades que agregan valor.
Confirmación de vanos en puertas y ventanas	Defectos	Al no quedar alineado el vano en el eje horizontal y vertical.
	Sobre producción	Al tener que retrabajar el área.
	Transporte	De material que se remueva y se coloque según sea el caso.
	Talento	De la mano de obra que ejecutará el trabajo.
	Inventario	Al usar material que no se tenía previsto para ese trabajo.

Fuente: Elaboración propia

Planteamiento Del Problema

En el competitivo mercado actual de la edificación de desarrollos habitacionales es imprescindible desarrollar nuevas estrategias de planificación, ejecución y seguimiento de proyectos a partir del papel que juega hoy la industria de la construcción como parte integral del desarrollo y progreso urbano.

La demanda del sector inmobiliario para el año 2022 en el territorio mexicano es de 839,421 unidades habitacionales según la Sociedad Hipotecaria Federal, 2022, por lo que se necesita una gran oferta de construcción. Para poder cubrir esta demanda, se crean nuevas empresas con visiones y misiones ambiciosas con el objetivo de elaborar proyectos con calidad, eficiencia y eficacia para poder ser competitivos en el mercado actual. Sin embargo, las pequeñas y medianas empresas que están dentro de este sector económico tienden a cometer errores coyunturales que los hacen perder sus posibles ganancias y aumentar el riesgo de perder la capacidad de adquirir nuevos proyectos.

La mayoría de las empresas constructoras están bajo presión cada vez mayor de bajar los precios para mantener la competitividad de sus productos y servicios, pero estos esfuerzos a menudo se limitan a la reducción del capital humano y a una gestión financiera con metas a corto plazo sin tener una visión a futuro del desarrollo de la empresa. De hecho, cada vez que la competitividad de una empresa se ve amenazada, la primera decisión es reducir el número de empleados en la organización o reducir gastos, pero nunca se llega a la raíz de la problemática.

La necesidad que tienen las empresas de este ramo de ser disruptivas es constante, por lo que muchas de ellas lo asumen y lo toman con seriedad. Es importante tomar conciencia de que las ventajas competitivas no se dan por sí solas. En el sector actual de la construcción, las empresas deben estar listas para poder afrontar los cambios en el negocio, estructurarse de una manera adecuada para poder mejorar su posicionamiento dentro del mercado.

Económicamente, al aumentar la demanda en el sector de la construcción debe incrementarse la oferta, por lo cual surgen nuevas empresas con objetivos ambiciosos de cubrir la demanda de vivienda, oficinas, centros comerciales, etc. Ante la necesidad de mejorar la gestión, ejecución y control de los proyectos, se fomenta el análisis e implementación de nuevas herramientas para mejorar el desarrollo del proceso desde el inicio hasta el final de los proyectos con el fin de fortalecer al sector de la construcción. Todo esto implica nuevos retos y un cambio en el enfoque de desarrollo de proyectos, incluyendo un cambio en la mentalidad de todos los participantes. El objetivo no es sólo minimizar los tiempos y costos, ahora hay nuevos retos y exigencias de calidad que exigen los proyectos.

Debido a esta problemática que se presenta en la construcción, es necesario hacer mediciones que permitan observar el estado actual de este sector económico. El doctor Picchi demostró en su tesis doctoral que, si se construye un proyecto habitacional de tres edificios de departamentos, la tercera torre se construiría con el desperdicio generado por las otras dos ya que éste era tal que constituía un 30% del costo total (Tabla 2), mostrando que importante es aplicar estrategias en el desarrollo de proyectos de construcción para optimizar el proceso. (Porrás et al., 2014).

Tabla 2
Desperdicio estimado en obras de edificación

Desperdicio estimado en obras de edificación		
Porcentaje del costo total de la obra		
Concepto	Descripción	%
Material desperdiciado	Mortero y Cemento	5%
	Mampostería	
	Madera	
	Limpieza	
	Acarreo de escombros	
Sobre producción	Espesor adicional en aplanado de plafones	5%
	Espesor adicional en aplanado de muros	
	Renivelación de pisos	
	Corrección de verticalidad de muros	

Dosificación no optimizada	Concreto	2%
	Mortero para aplanado	
	Renivelación de pisos	
Reparaciones y retrabajos en materiales	Repintado	2%
	Retoques	
	Corrección de trabajos	
Proyectos no optimizados	Arquitectura	6%
	Estructura	
	Instalaciones sanitarias	
	Instalaciones electricas	
Pérdida de productividad debidas a problemas de calidad	Parada de operaciones debido a la mala calidad de los trabajos y materiales	3.5%
Costos debido a atrasos	Pérdidas financieras por atrasos de las obras y costos adicionales de administración, equipos y multas	1.5%
Garantías	Reparaciones después de la entrega de la obra	5%
TOTAL		30%

Fuente: Porras et al., 2014

La empresa VIZA Construcciones es consciente de esta problemática y tiene la visión de estar dentro de las mejores en el estado de Aguascalientes cumpliendo con la entrega de los proyectos asignados en tiempo, costo y calidad. Para ello, se propone la mejora de sus estrategias aplicando la metodología Lean Construction en el proceso de un proyecto constructivo donde se identificarán y se reducirán al máximo los posibles desperdicios para poder maximizar la utilidad de los proyectos, reducir los tiempos de entrega, obtener un mayor grado de satisfacción del cliente y el constante perfeccionamiento de los procesos necesarios para una buena ejecución.

El principal problema de la empresa, es la deficiencia en la gestión de los proyectos constructivos al tener una carente planificación de los hitos y las tareas que se irán desarrollando en el transcurso de la ejecución, y al no aplicar una metodología que

estandarice los procesos que se realizarán, genera omisión de partes esenciales del proceso, dando como consecuencia una falta de gobernabilidad lo que produce desviaciones en los tiempos de entrega, una deficiente programación de los insumos, desaprovechamiento del talento de los colaboradores participantes del proyecto al perder tiempo ante la problemática de la falta de control.

Esto a su vez, genera un bajo desempeño de los colaboradores debido a que buscan subsanar los problemas en vez de continuar en la buena ejecución del proceso, se genera un incumplimiento de las fechas de entrega, sobrecostos del proyecto haciendo retrabajos, que, con una buena gestión de la planificación del proceso, no existirían. Debido a lo mencionado anteriormente se están generando consecuencias que repercuten directamente en la fiabilidad y reputación de la empresa como son insatisfacción del cliente y una baja rentabilidad de los proyectos elaborados.

Las causas más representativas que presentan desperdicios en el proceso de construcción están en el área de planeación y supervisión de los métodos que se desarrollan durante la ejecución del proyecto. Una omisión en estas dos áreas provoca retrabajos por la falta de planeación o reparaciones por la carente supervisión lo cual retrasa todo el proceso y genera mermas durante la ejecución. Bajo este panorama, es conveniente prestar atención en estos rubros para reducir los posibles desperdicios por lo que se sugiere que la constructora tome la decisión de incorporar la metodología Lean Construction para aplicar buenas prácticas como la implementación del Sistema de último planificador (SUP) y así aumentar la eficiencia en la gestión de los proyectos constructivos de la empresa y como consecuencia, mejorar de manera integral.

Al aplicar la metodología junto con todas las herramientas que ésta conlleva, se mejorará la rentabilidad, se aumentará la eficiencia en la gestión de los proyectos constructivos asignados para su ejecución y se dará un mejor servicio al cliente. Las mejoras en la ejecución de las obras darán como resultado la presencia de la gobernabilidad, la eficiencia en técnicas, herramientas tecnológicas para el proceso del proyecto, se obtendrán indicadores clave de rendimiento que ayudarán a monitorear y controlar el avance del

proyecto con la finalidad de comparar con proyectos previos, establecer un proceso de mejora continua dentro de la organización, se creará un mejor ambiente de trabajo debido al crecimiento de la empresa lo cual se traducirá en mejor calidad de vida para los colaboradores.



Antecedentes

La metodología de gestión administrativa en construcción Lean Construction proviene de la industria automotriz. Surgió en Japón a finales de los 50's e inicios de los 60's en la empresa ensambladora de automóviles Toyota Motor, como producto de las investigaciones de los ingenieros, que pretendían mejorar su línea de producción (Porras et al., 2014). Todo comenzó cuando Sakichi Toyoda quiso conocer las causas de los errores en la producción de automóviles y partió del desarrollo de una idea con el objetivo de encontrar soluciones efectivas para evitar que volvieran a ocurrir (Díaz, 2017). Basándose en estas reflexiones se consolidaron las bases para un nuevo sistema de gestión JIT/Just in Time, también conocido como Toyota Production System (TPS) (Hernández, 2013). Posteriormente Eiji Toyoda se convirtió en el presidente de Toyota Motor Manufacturing y le encargó al ingeniero Taiichi Ohno la siempre exigente tarea de aumentar la productividad (Toyota, 2017).

Fue en el año 1950, cuando Taiichi Ohno, director de producción de Toyota, quien buscaba eliminar el desperdicio y acortar el tiempo que lleva entregar un automóvil al cliente propuso reemplazar la producción en masa tradicional con la fabricación personalizada y de esta forma evitar la acumulación de materias primas (Porras et al., 2014). Concretó sus propuestas y principios en un sistema de producción que centra todos los esfuerzos en aquello que produce valor y elimina todo aquello que no lo aporta.

A partir de este punto se diseñaron las diferentes herramientas consideradas como partes básicas del proceso TPS (Toyota Production System). De este modo, Toyota consiguió mejorar la productividad, la calidad, tiempos de entrega y reducir costos e inventarios (Think Productivity, 2020).

Lo que quedó claro es que los conceptos lean mejoraron significativamente los procesos de producción en la industria automotriz. Desde entonces, Lean se ha trasladado a otras industrias de una manera muy significativa, por lo que era solo cuestión de tiempo antes de que finalmente se implementara en la industria de la construcción. En 1992, el profesor Lauri Koskela en su artículo "Nueva Filosofía de Producción" (Koskela, 1992) propuso la

aplicación de conceptos clave lean en la industria de la construcción, definiendo este enfoque como "construcción sin pérdidas"; introdujo cambios conceptuales para mejorar la gestión de edificios., centrándose en lograr una mayor productividad.

Otros investigadores, como Glenn Ballard, proporcionaron herramientas para adaptar la producción "lean" a la industria de la construcción. Ballard comenzó a trabajar con Koskela después de escucharlo hablar en una conferencia de Berkeley, y juntos formaron el International Lean Construction Group, que nació en 1993 en la primera Conferencia de Sistemas de Gestión de Proyectos de Construcción en Helsinki, Finlandia, donde se decidió usar el término "Lean Construction" por primera vez (Porrás et al., 2014).



Objetivos

4.1. Objetivo General

Implementar la metodología Lean Construction a la etapa de construcción de un proyecto que permita evaluar el nivel de cumplimiento de actividades comprometidas y las causas de incumplimiento generando un diagrama de flujo que ayude en la gestión de la aplicación de la Metodología Lean Construction.

4.2. Objetivos Específicos

- Obtener el indicador de cumplimiento de actividades comprometidas (PPC) de manera semanal para poder visualizar el nivel de cumplimiento de actividades.
- Obtener el indicador de causas de incumplimiento (CNC) que medirá la frecuencia con la que se presentan las causas de incumplimiento.
- Crear un diagrama de flujo de proceso para la gestión de la metodología Lean Construction del proyecto constructivo que evaluará el PPC y CNC.

Justificación

Las constantes pérdidas en materiales, insumos y recursos financieros de los proyectos de las empresas constructoras están asociadas a la falta de una metodología de gestión de la administración de proyectos. Las empresas en la actualidad desarrollan un proceso simple donde contemplan procesos tradicionales sin supervisión y sin una manera adecuada de medir los rendimientos de las actividades, para lo cual se necesita adoptar mejores prácticas que ayuden a ser más competitivas en el mercado actual.

Debido a lo anterior, la importancia de implementar nuevas maneras para gestionar los proyectos de construcción de edificación de unidades habitacionales es imprescindible. VIZA Construcciones, que se dedica a este ramo, busca establecer un modelo que ayude a maximizar la utilidad de los proyectos que se estén ejecutando, reducir tiempos en la entrega de los procesos y mejorar la calidad con la que se entrega el producto final.

La implementación de la metodología Lean Construction pretende eliminar o reducir todas las actividades que no generen valor al proceso con un minucioso análisis de las fases que comprenden cualquier proyecto como el inicio, la planeación, la ejecución, el monitoreo, control y el cierre de las actividades. En este trabajo práctico se implementará la metodología a la fase de ejecución en donde se evaluará el nivel de cumplimiento de actividades comprometidas y las causas de incumplimiento de las tareas asignadas a cada uno de los colaboradores.

Al implementar Lean Construction se reducirá al máximo posible los desperdicios y se formará una nueva cultura de trabajo en todos los colaboradores que estén dentro del proyecto que se esté realizando, por lo cual se aplicará en el departamento de construcción que son quienes ejecutan las tareas y se identificarán los desperdicios que se generan en cada etapa con lo cual se ayudará a mitigar la problemática de una mala ejecución de los procesos que comprende cada actividad.

Al tener indicadores clave de rendimiento, se podrá medir y controlar el desarrollo del proyecto para estar en un constante aprendizaje de las actividades realizadas y poder mejorar continuamente la forma en la que se desarrolla el proceso, de este modo, en base a la experiencia en la aplicación de mejores prácticas, la constructora podrá ir en ascenso en el mercado estatal y se logrará tener un crecimiento sustentable lo que brindará una estabilidad que podrá respaldar los futuros proyectos que se le asignen a la constructora.



Análisis Situacional

6.1 VIZA Construcciones

VIZA construcciones se constituye en el año 2020 en la ciudad de Aguascalientes, la empresa fue fundada por la Arquitecta Natalia Zamora, es una empresa constructora que se encarga principalmente a la construcción de unidades habitacionales en serie. Dentro de su campo de trabajo se están construyendo torres de departamentos al norte de la ciudad de Aguascalientes.

La constructora, al ser una empresa con pocos años de experiencia, se encuentra limitada de recursos debido a que tiene que estar haciendo inversiones en maquinaria y herramientas lo cual conlleva un gran consumo de capital, debido a esto se debe revisar cuidadosamente el gasto que se genera día a día para poder ser competitivo y tener el flujo de efectivo necesario para poder cubrir los gastos operativos de sus procesos.

Se ofrecen los bienes y servicios que da la constructora en los alrededores de la ciudad de Aguascalientes, esta área geográfica está bastante competida por constructoras del mismo giro, algunas nuevas y otras con más años de experiencia, provocando que las empresas tengan que innovar en procesos para poder mantenerse en el mercado. Para establecer un diagnóstico se inició con un análisis FODA para determinar las debilidades y amenazas que tiene la constructora y poder visualizar claramente las áreas de mejora, así como para maximizar las fortalezas y oportunidades que posee.

6.2 Análisis FODA

Se pretende implementar la metodología Lean Construction como ventaja competitiva frente a sus competidores para poder minimizar los desperdicios al máximo y así poder aumentar sus utilidades, reducir tiempos de entrega y aumentar la calidad de tal manera que pueda superar las expectativas del cliente por su calidad, precio y tiempos de entrega.

Para poder determinar la posición en la que se encuentra la constructora en este momento se realizó un análisis FODA donde se enlistan las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas para con ello visualizar la posición en la se encuentra la empresa en el mercado actual (Tabla 3).

Tabla 3
Análisis FODA Viza Construcciones

FORTALEZAS	DEBILIDADES
<ul style="list-style-type: none"> • Estructura organizacional pequeña • Clientes existentes • Buen servicio al cliente • Comunicación efectiva • Formación de personal 	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de experiencia • Falta de recursos para innovar • Falta de publicidad • Falta de plan de gestión administrativa
OPORTUNIDADES	AMENAZAS
<ul style="list-style-type: none"> • Crecimiento de ingresos • Cambio de percepción en el mercado • Implementación de nuevas metodologías de gestión administrativa • Difusión por e-commerce • Proveedores comprometidos 	<ul style="list-style-type: none"> • Demanda de vivienda • Competidores • Bajos precios en el mercado • Proveedores con tiempos de entrega largos • Variación de precio de materiales • Inflación

Fuente: Elaboración propia

En este análisis FODA se puede apreciar el macro ambiente de factores externos que amenazan al crecimiento y a su vez las oportunidades que se presentan para crecer, al igual que el microambiente de factores internos que fortalecen y debilitan a la empresa internamente.

6.3 Macroambiente o Entorno General.

El macro ambiente de una empresa constructora puede ser muy complejo y está influenciado por una serie de factores externos que afectan su desempeño. En primer lugar, el entorno económico es un factor crítico para la empresa, ya que los cambios en la economía pueden afectar la demanda de proyectos de construcción y el costo de los materiales y la mano de obra.

Dentro del entorno político y legal, la regulación gubernamental es necesaria para garantizar la seguridad y calidad de los proyectos de construcción, pero también puede aumentar los costos de cumplimiento y retrasar los proyectos. Además, las políticas gubernamentales relacionadas con el gasto en infraestructura pueden influir en la demanda de proyectos de construcción, lo que afecta a la empresa.

El entorno tecnológico también es un factor importante. La tecnología está cambiando rápidamente en la industria de la construcción y las empresas constructoras deben estar actualizadas en las nuevas herramientas y tecnologías de construcción. La automatización de los procesos y la mejora continua son áreas en las que la empresa constructora debe renovarse para mantenerse competitiva.

El entorno demográfico y cultura también pueden influir en la empresa constructora. Los cambios en la demografía, como el envejecimiento de la población o el aumento de la población en áreas urbanas, puede afectar la demanda de proyectos de construcción y los tipos de proyectos necesarios. Además, los valores culturales y las tendencias también pueden influir en la forma en que se diseña y se construyen los proyectos.

Se debe tener en cuenta todos los elementos externos que afectan significativamente en el desempeño de la empresa, por lo cual la constructora debe de ser capaz de adaptarse a estos cambios y estar actualizada en las últimas tendencias y tecnologías para mantener su posición competitiva en el mercado.

6.4 Microambiente o Entorno Específico.

El microambiente de la constructora se refiere a los factores internos y cercanos a la empresa que influyen en su desempeño. En este sentido, el microambiente incluye a los proveedores, los clientes, los competidores, los empleados de la empresa constructora y los dirigentes que deben mantener una estrecha relación con todos los participantes para mantener su posición competitiva en el sector de la construcción.

En primer lugar, los proveedores son un factor importante en el microambiente de la empresa. La calidad de los materiales y suministros utilizados en los proyectos puede afectar la calidad y la seguridad del proyecto. Por lo tanto, la empresa debe tener una estrecha relación con sus proveedores para garantizar la calidad y disponibilidad para poder garantizar el abastecimiento en tiempo y forma de los recursos necesarios para la ejecución del proyecto.

En segundo lugar, los clientes son otra parte importante. La empresa debe de conocer las necesidades y expectativas de sus clientes para ofrecer proyectos de construcción que satisfagan sus demandas. La calidad de los proyectos y el nivel de servicio al cliente pueden ser factores decisivos para la satisfacción del cliente y para la obtención de nuevos contratos.

Los competidores también son un factor clave en el microambiente de una empresa constructora. La competencia puede ser muy intensa en el sector de la construcción, y la empresa debe de estar lo más actualizada para mantenerse a la vanguardia frente a la oferta del mercado.

En cuanto a los empleados, la empresa debe de tener un equipo de trabajo altamente capacitado y comprometido para llevar a cabo los proyectos de construcción de manera eficiente y eficaz. La capacitación constante y el desarrollo de habilidades son fundamentales para mantener la calidad y la seguridad de los proyectos de construcción.

Por último, el dueño de la empresa debe de estar invirtiendo para poder moldear sus estrategias hacia los objetivos propuestos y mantener una comunicación efectiva con todos su colaboradores para que todos los involucrados persigan el mismo objetivo.

6.5 Ambiente Interno o Empresa.

VIZA Construcciones es una empresa constructora que tiene un ambiente interno altamente enfocado en la calidad, la innovación y el trabajo en equipo. Desde la dirección general hasta los trabajadores de campo, se enfocan en crear un ambiente positivo y colaborativo para garantizar el éxito de sus proyectos de construcción.

La empresa tiene una cultura empresarial clara y bien definida que se centra en la excelencia y el compromiso con los clientes. La calidad de los proyectos es un factor clave en la empresa, y se enfocan en crear un ambiente en el que todos los empleados sientan la responsabilidad de cumplir con los estándares de calidad y ofrecer un servicio al cliente excepcional.

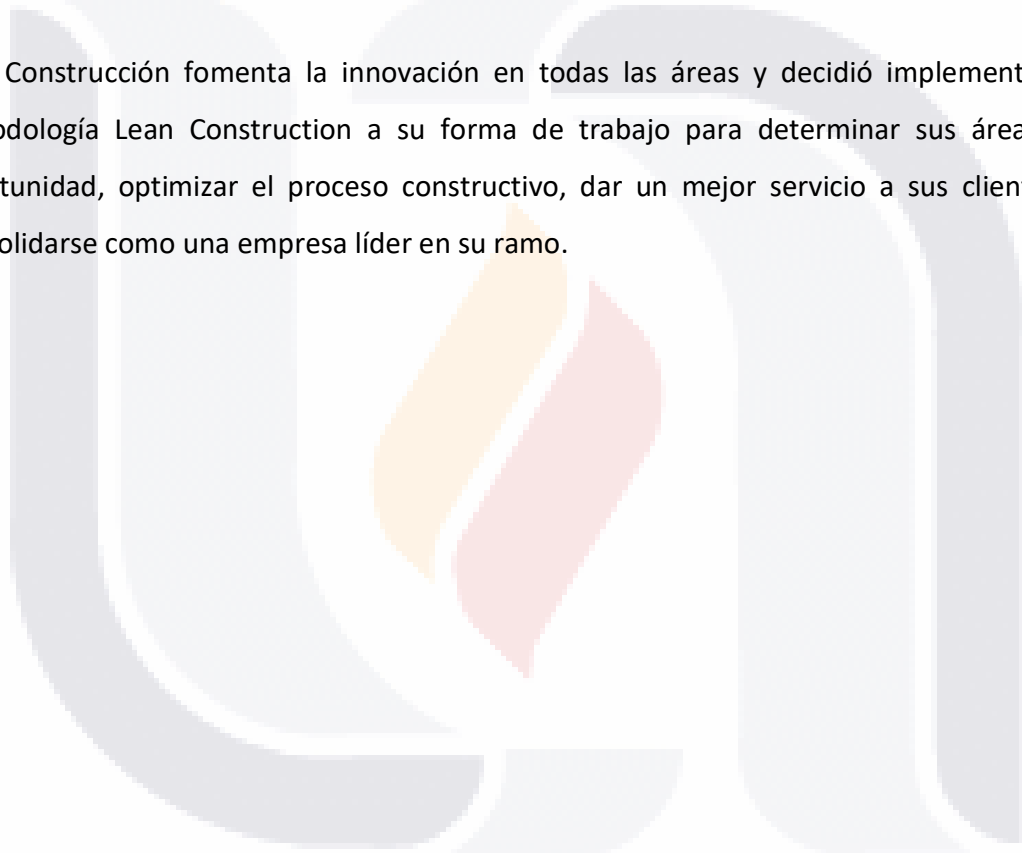
Viza Construcciones promueve la actualización continua en todas las áreas de la empresa. La empresa se enfoca en mantenerse al día con las últimas tendencias y tecnologías de construcción y anima a sus empleados a buscar soluciones innovadoras para mejorar los procesos internos y la calidad de los proyectos. Esto ha permitido a la empresa ir obteniendo mayor participación en el mercado.

Además, esta constructora tiene un enfoque en el trabajo en equipo y la colaboración entre sus empleados. Se fomenta la comunicación abierta y la comunicación en todos los niveles, y esto se refleja en el ambiente positivo que se percibe de manera habitual. Se reconoce la

importancia de cada miembro del equipo, y se anima a todos los empleados a trabajar juntos para lograr los objetivos de la empresa.

Viza Construcciones tiene un compromiso con la formación y desarrollo de sus empleados. Se ofrece capacitación constante y oportunidades de crecimiento para todos los trabajadores, lo que les permite mejorar sus habilidades y conocimientos para llevar a cabo proyectos de construcción más complejos y exigentes. Esto se traduce en una fuerza laboral altamente capacitada y comprometida con la empresa y sus proyectos.

Viza Construcción fomenta la innovación en todas las áreas y decidió implementar la metodología Lean Construction a su forma de trabajo para determinar sus áreas de oportunidad, optimizar el proceso constructivo, dar un mejor servicio a sus clientes y consolidarse como una empresa líder en su ramo.



Marco Teórico

7.1. El Concepto De Productividad

Actualmente se han incrementado los costos de las adquisiciones y la oferta de empresas constructoras que ofrecen sus servicios en el estado de Aguascalientes por lo que es necesario agregar valor a los productos tangibles e intangibles que éstas ofrecen. La calidad y la eficiencia de los procesos que realizan es de vital importancia por lo cual la productividad, que es la relación entre la cantidad producida y los recursos empleados (Alejandro et al., 2018), o en forma más explícita, se puede considerar como una medición de la eficiencia con que los recursos son administrados para completar un producto específico dentro de un plazo establecido y con un estándar de calidad dado (Alejandro et al., 2018), provoca que la eficiencia de la productividad sea la pieza clave para reducir costos y ser más rentable dentro de este sector económico.

Para poder mejorar la productividad de los procesos de construcción, se debe trabajar sobre los métodos constructivos y optimizar el uso de los recursos involucrados, humanos, materiales, máquinas y equipos, tiempo, información, etc. (Alejandro et al., 2018).

Se han identificado varios factores en la construcción que conducen a tiempos improductivos en los proyectos de construcción, lo que resulta en una gestión ineficaz de los recursos involucrados y el progreso general del proyecto (Figura 4). Estos son problemas de diseño y planificación, ineficiencias administrativas, métodos de trabajo inapropiados, actividades y grupos de apoyo inadecuados, problemas de seguridad y problemas con la gestión del monitoreo y control. Identificar las variables importantes que pueden influir negativamente en el trabajo permite lidiar con ellas y tomar medidas correctivas para aumentar la productividad.

Figura 4
Causas que afectan la productividad



Figura 4 Cantú et al., 2018

7.2. Producción Sin Pérdidas (Lean Manufacturing)

A principio de la década de los 50's e inicio de los 60's se origina el término "lean" en Japón como producto de las investigaciones para mejorar y optimizar las líneas de producción de la empresa Toyota Motor. Uno de los investigadores más reconocidos en los orígenes de Lean fue el ingeniero Taiichi Ohno, el ingeniero a cargo de la producción, quien buscó eliminar el desperdicio y optimizar los tiempos de entrega de los automóviles a los clientes sustituyendo la tradicional producción en masa por la producción a pedido del cliente y evitando la acumulación de mercancía (Porrás et al., 2014).

Estas ideas incluyen la eliminación del sistema de producción de todas aquellas actividades que no agregan valor al producto y por lo tanto crean retrasos en la línea de producción, lo que también significa la necesidad de cooperación entre las unidades involucradas en el proceso productivo para evitar retrasos.(García, 2012).

Con el desarrollo de la idea de la producción sin pérdidas se creó el proceso de manufactura TPS –Toyota Production System, que consiste en minimizar las existencias y defectos en todas las operaciones, para mejorar significativamente la producción de la fábrica (Porrás et al., 2014).

Las ideas que componen TPS fueron desarrolladas y perfeccionadas por ingenieros industriales que crearon el marco teórico y ampliaron el nuevo método de fabricación sin pérdidas. La información sobre este método era limitada en Occidente, pero la difusión de las ideas del Toyota Production System hacia América y Europa comenzó alrededor de 1975 en la industria automotriz. Así, poco a poco los nuevos conceptos de fabricación se fueron dando a conocer bajo diferentes formas, entre ellas, “producción sin pérdidas”, “nuevo sistema de producción” o “manufactura de clase mundial”, y fue implementada en otros campos como la administración y el desarrollo de productos (Koskela, 1992).

Gradualmente se fue implementando en otros sectores debido a las grandes ventajas que ofrecía la metodología así que se fue adaptando incluso a mercados complicados como el de la construcción.

7.3. Lean Construction

Según el Lean Construction Institute (ILC), Lean Construction es una filosofía que se orienta hacia la administración de la producción en construcción (Bertelsen, 2004) y su objetivo principal es reducir o eliminar las actividades que no agregan valor al proyecto y optimizar aquellas que si lo hacen. Por tanto, se centra en la creación de herramientas específicas que sean adecuadas para el proceso de ejecución del proyecto y buenos sistemas de producción que reduzcan las cantidad de residuos.

En 1992, Lauri Koskela comenzó a implementar este concepto en la industria de las construcción; el resultado fue su trabajo “Aplicación de la nueva filosofía de producción a la construcción” en el grupo de investigación CIFE de la Universidad de Stanford, en el que argumentó que la producción debe mejorarse eliminando los flujos de materiales y las actividades de transformación mejorarían la eficiencia (Forbes et al., 2010).

La teoría de la producción para la construcción propuesta por Koskela y no menos importante, el concepto de producción como un flujo, mostraron casi de inmediato su

utilidad por parte de los profesionales que repensaron los métodos de gestión de la construcción (Bertelsen, 2004).

Glenn Ballard, tras una conferencia de Koskela en la Universidad de Berkeley, propuso herramientas para adaptar la producción “Lean” al sector de la construcción y empezaron a trabajar juntos conformando el Grupo Internacional de Lean Construction que surgió durante la primera conferencia sobre sistemas de gestión de proyectos de construcción en Helsinki, Finlandia en 1993, donde se propuso, por primera vez, la expresión “Lean Construction” para hacer referencia a la implementación de sus principios al sector constructivo. (Porras et al., 2014).

7.3.1 Principios De Lean Construction

Al igual que en la industria, la construcción cuenta con problemas asociados a la gestión (Koskela, 1992). La construcción es un sector diferente a la industria manufacturera, debido a que constantemente se cambian las zonas en donde van a ser requeridos los materiales, hay afectaciones externas que contribuyen directamente al flujo de los procesos, los modelos de casas cambian constantemente según las necesidades del cliente, lo cual genera retrasos y por consecuente pérdidas. Sin embargo, se han ido introduciendo a la gestión técnicas operativas y prácticas, herramientas de control, metodologías de organización, etc.(Ponz et al., 2013) que han ido subsanando la problemática.

El error del pensamiento tradicional en la construcción es centrarse en las actividades de conversión y no tener en cuenta las actividades intermedias que permiten generar valor y llegar al producto final (Porras et al., 2014). Bajo esta perspectiva se puede representar el escenario tradicional de la construcción como se observa en el modelo de la Figura 5.

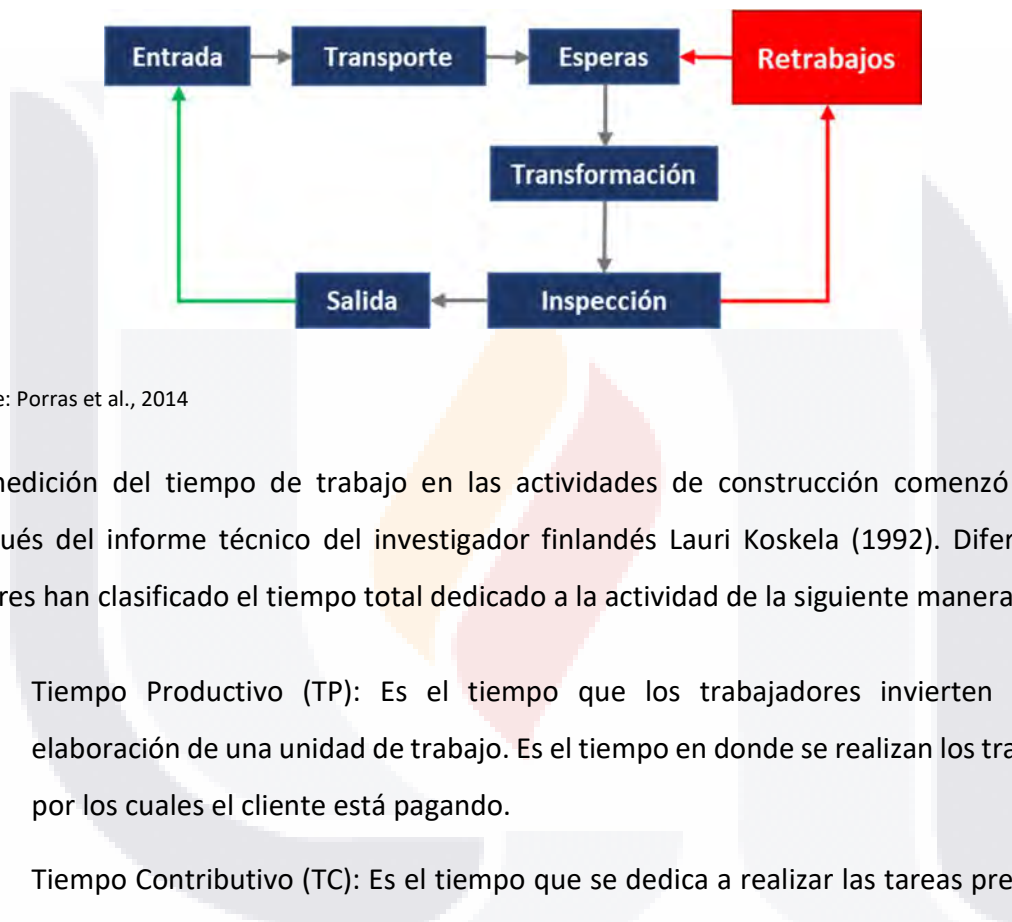
Figura 5
Modelo de producción en construcción tradicional



Fuente: Porras et al., 2014

En cambio, el modelo propuesto por la metodología Lean considera actividades adicionales que se deben de tomar en cuenta para poder ejecutar y optimizar un proceso, por ejemplo, los transportes, tiempo de espera, inspecciones, retrabajos. La representación del modelo propuesto por la metodología se visualiza en la Figura 6.

Figura 6
Modelo de producción Lean



Fuente: Porras et al., 2014

La medición del tiempo de trabajo en las actividades de construcción comenzó poco después del informe técnico del investigador finlandés Lauri Koskela (1992). Diferentes autores han clasificado el tiempo total dedicado a la actividad de la siguiente manera:

- Tiempo Productivo (TP): Es el tiempo que los trabajadores invierten en la elaboración de una unidad de trabajo. Es el tiempo en donde se realizan los trabajos por los cuales el cliente está pagando.
- Tiempo Contributivo (TC): Es el tiempo que se dedica a realizar las tareas previas a la realización de una unidad de trabajo. Algunos ejemplos son el transporte de material, supervisión, etc.
- Tiempo No Contributivo (TNC): Es el tiempo que no agrega valor como lo son retrabajos, tiempo de ocio o necesidades fisiológicas.

$$TT = TP + TC + TNC$$

TT= Tiempo total

TP= Tiempo productivo

TC= Tiempo contributivo

TNC= Tiempo no contributivo

Se debe de revisar detalladamente para poder minimizar el tiempo no contributivo (TNC) y el tiempo contributivo (TC) lo más que se pueda para que los recursos sean bien aprovechados y se genere valor en el tiempo productivo (TP) optimizando los resultados en el tiempo total.

7.3.2 Desperdicios Que Considera Lean Construction

El mercado actual de las empresas constructoras se ha vuelto extremadamente competitivo y para permanecer en él se requiere ofrecer calidad en los trabajos realizados en el menor tiempo posible y disminuir los desperdicios para incrementar la eficiencia en el trabajo, así como reducir costos para aumentar ganancias, por lo que se ha puesto especial atención en la ingeniería de gestión para afrontar la creciente competencia. La mayoría de los gerentes de construcción están de acuerdo que la industria es susceptible a múltiples desperdicios, sobrecostos, retrasos, errores e ineficacia. Como resultado, los proyectos de construcción rara vez terminan a tiempo, dentro del presupuesto y a un nivel de calidad aceptado por el cliente (Al-Aomar, 2012).

Debido a esto las empresas constructoras deben de identificar y analizar los procesos que se ejecutan en el día a día identificando todas aquellas operaciones que no agreguen valor al cliente final.

La metodología Lean Construction (LC), busca la reducción de desperdicios. Entendiéndose por desperdicios todo lo que no genera valor a las actividades necesarias para completar una unidad productiva, LC clasifica los residuos de construcción en ocho categorías como se muestra en la Figura 5 (Porrás et al., 2014) y se definen para su mejor interpretación.

Figura 7
8 Desperdicios de Lean Construction



Fuente: Elaboración propia

Defectos: Es obvio que las fallas en la producción y el servicio no solo no agregan valor, sino que lo reducen. Siempre es mejor realizar acciones preventivas que correctivas. Las causas pueden incluir la falta de un control adecuado del proceso, control de calidad deficiente, materiales de mala calidad, capacitación inadecuada del operador, tasas de producción excesivas o diseño deficiente del producto. En este punto, el requerimiento de seguimiento debe ser permanente a base de prueba y error.

Sobreproducción: Esto se refiere a la producción que no se adapta a la demanda, incluida la producción de bienes que no son de interés para los clientes. Es una práctica bastante común producir más de lo que se necesita inmediatamente, acumulando el exceso de producto en almacenes a la espera de la de ser utilizados. A veces se piensa que es más económico producir lotes grandes de producto. Sin embargo, según Ohno, ésta es una mala práctica porque los recursos y las personas se asignan a actividades innecesarias que podría

utilizarse en actividades urgentes. La forma de combatir este desperdicio sería coordinar el volumen requerido con lo ejecutado y hacer solo lo necesario.

Transporte: Se entiende que por el traslado de materiales, personal o documentos de un lugar a otro que no añade valor a la empresa. Además, el envío requiere dinero, vehículo, combustible, personal, por lo que debe de evitarse a menos de que sea imprescindible. Se puede sustituir usando medios de comunicación digitales y haciendo un correcto mapeo de los medios de comunicación que se usarán.

Talento: Se trata de resaltar las fortalezas de cada colaborador e invitarlo a utilizar su creatividad e inteligencia en beneficio de la empresa. Dada la estructura vertical de las organizaciones, algo que parece tan obvio no era una práctica común hasta hace poco tiempo. Las causas del desperdicio son políticas de empresa obsoletas, falta de voluntad para reconocer el talento, muchas veces para no aumentar los salarios o por tratarse de una empresa con poca cultura de innovación.

Tiempo: Con esto se refiere al tiempo de ociosidad tanto de las personas que permanecen pasivas como de las máquinas. Esto generalmente se debe a que diferentes partes del proceso no están sincronizadas, como tener que esperar más materias primas para continuar con la producción, la falta de las herramientas necesarias o alguna otra razón que genere un cuello de botella. Los procesos sincronizados o la flexibilidad de la fuerza laboral pueden ser algunas formas de combatirlo.

Inventario: Es el almacenamiento de materias primas, productos en proceso o productos terminados, excepto aquellos que se necesitan de inmediato. Esta es una forma obvia de desperdicio y puede ocultar otras ineficiencias y problemas. El mantenimiento de productos almacenables requiere múltiples tareas que no agregan valor. El almacenamiento excesivo de materiales puede provocar problemas de envejecimiento y la disminución de su vida útil. El inventario excesivo, innecesario o prematuro genera pérdidas materiales debido a daños, obsolescencia, condiciones de almacenamiento inadecuadas, robo y vandalismo, así como

personal adicional que maneja estos materiales o bien por requerir financiamiento por mantener pedidos anticipados.

Movimiento: Se considera un desperdicio cualquier movimiento innecesario de personas o equipos que no agreguen valor. Las personas que suben y bajan los elevadores para obtener las firmas de las personas a cargo, o que almacenan productos en almacenes adyacentes en lugar de utilizar el mismo proveedor de servicios, pueden hacer perder el tiempo y aumentar potencialmente el riesgo de enfermedad de los empleados. El motivo suele ser el uso de métodos de trabajo ineficientes y una automatización deficiente de las tareas.

Sobre procesamiento: Ocurren cuando los procesos no son revisados y optimizados, por lo que terminamos realizando o repitiendo actividades que no serían necesarias si estuvieran analizadas y estandarizadas. Debe preguntarse por qué necesita ciertos procesos y tareas y eliminar aquellos que son innecesarios.

Para poder reducir los desperdicios ya mencionados el Dr. Glenn Ballard recomienda el Sistema del último planificador (SUP) que propone un sistema de planificación y control para la mejor gestión de los proyectos constructivos.

7.3.3 *Sistema Del Último Planificador (Last Planner System "LPS")*

El fundamento teórico del LPS se consolidó a partir de la publicación de la tesis doctoral de Glenn Ballard la cual fue titulada "The last planner system of production control". (Glenn Ballard H. , 2000). El Sistema del Último Planificador (SUP) propuesto por Glenn Ballard y Greg Howell a principios de la década de los 90's está basada en la filosofía Lean Construction y plantea un sistema de planificación y control de la producción con el objetivo de optimizar el proceso constructivo disminuyendo la incertidumbre y las variaciones en el flujo de trabajo para lograr el cumplimiento de los compromisos (Hoyos & Botero, 2014), también como sistema de planificación y control de la producción para reducir la variabilidad en las fases de planificación, ejecución y reducir la incertidumbre en las actividades planificadas (Patel, 2011) y generar un sistema de planeación que esté

basado en la colaboración, en la confianza y en la mejora continua especialmente creado para la industria de la construcción.

El SUP entrega varios beneficios a los proyectos constructivos, mejora significativamente el trabajo colaborativo, fomenta un ambiente de mejora continua, identifica los desperdicios que ocurren en el proyecto, existe un flujo de trabajo, se identifican las causas de falla de proyecto, compromete al contratista a realizar actividades, aumenta la prevención y participación temprana de las partes interesadas, disminuye la gestión del riesgo, la productividad aumenta (Figura 8).

Figura 8
Beneficios del sistema del último planificador



Fuente: Elaboración propia

El SUP pretende llevar los objetivos generales del proyecto a la realidad, transformando las ideas generales a programas reales subdividiendo la programación por hitos y fases aplicando herramientas de programación en cascada (Ponz et al., 2013). La programación en cascada se organiza en 3 niveles:

- Largo plazo (Plan maestro, Plan de fases)
- Mediano plazo (Planeación para estar listos)
- Corto plazo (Junta semanal, Junta diaria)

Para lograr esto, es necesario involucrar al personal que realmente ejecutará las tareas, a quien se denomina “el último planificador” que es la persona o grupo responsable de la planificación operativa, normalmente es el encargado, jefe de obra o el ejecutor del

subcontrato y se define como la última persona capaz de asegurar un flujo de trabajo predecible (Besser, 2020) es decir, es la persona encargada de la estructuración del diseño de productos para facilitar un mejor flujo de trabajo y el control de las unidades de producción, lo que equivale a la realización de los trabajos individuales en el nivel operativo. (Porras et al., 2014).

El sistema del último planificador presenta una nueva manera de realizar una planificación realista. Para el SUP, planificar es determinar lo que debería hacerse para completar un proyecto y decidir lo que se hará teniendo en cuenta que debido a ciertas restricciones no todo puede hacerse (Ponz et al., 2013).

Figura 9
Planificación tradicional vs Sistema de planificación Leanwha



Fuente: Ponz Tienda et al., 2013

En el sistema de planificación tradicional como se muestra en la figura 9, lo que realmente se ejecuta es la relación de lo que el contratista promete que hará y lo que realmente se puede hacer con los recursos disponibles por lo cual el trabajo realmente ejecutado termina siendo muy poco en relación con lo que debe ejecutarse para cumplir con la planeación previamente realizada. El SUP al gestionar a través de un programación en cascada y con la respectiva prevención de lo que está por realizarse, se anticipa y logra que el contratista se comprometa por sí mismo a ejecutar las tareas asignadas en el plan de largo plazo y se tienen siempre las herramientas y los materiales para que se pueda ejecutar lo que realmente se hará sin contratiempos.

Para lograr que se cumplan las tareas asignadas, el SUP propone la planeación en cascada Lean (Figura 10) que divide cada una de estas etapas en entregables separados de la siguiente manera:

- El plan inicial en donde se contempla el largo plazo y lo que se debería hacer para cumplir con los objetivos propuestos desde el inicio del proyecto, está conformado por los siguientes entregables:
 - Línea Base
 - Plan Maestro
 - Plan de Fases
- Plan intermedio en donde se contempla el mediano plazo y se analiza lo que se puede hacer con anticipación para poder estar listo para cuando se llegue a la fecha donde se ejecutarán realmente los trabajos. En esta etapa se adelanta de 4 a 6 semanas según lo requiera el proyecto para hacer las planeaciones y liberar las restricciones que impidan cumplir con lo que se debe hacer, está conformado por los siguientes entregables:
 - Preparación del trabajo
 - Revisión de restricciones
- Plan semanal en donde se contempla el corto plazo y se hacen los compromisos de lo que realmente se hará y está conformado por los siguientes entregables:
 - Identificar lo que puede hacerse
 - Comprometer lo que se hará

Figura 10
Programación en cascada Lean

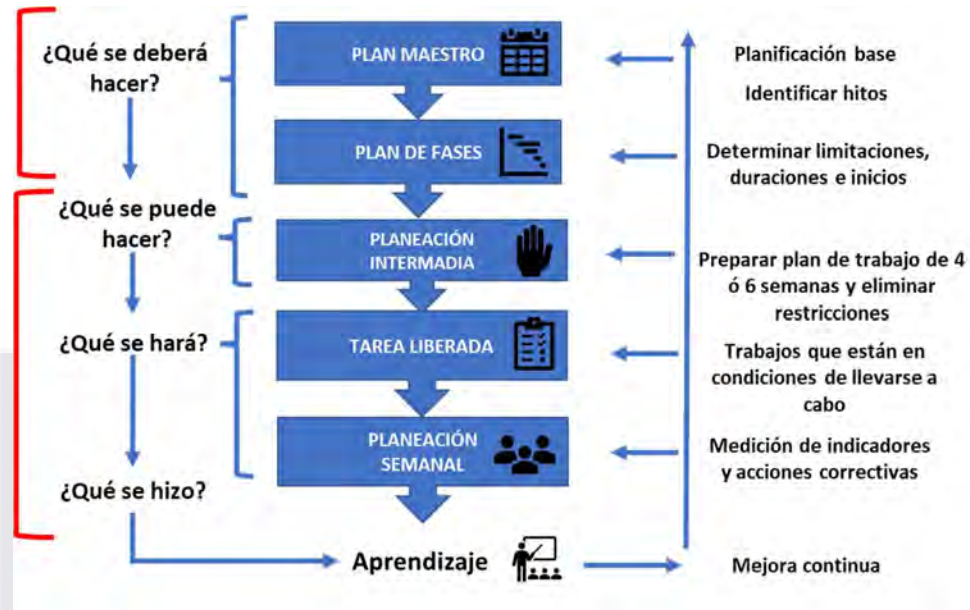


Fuente: Ponz et al., 2013

7.3.4 Estructura Del Sistema Del Último Planificador

La estructura de trabajo del SUP que se ilustra en la Figura 11 se divide en 5 etapas, que responderá a las 4 preguntas fundamentales de la metodología: ¿Qué se deberá hacer?, ¿Qué se puede hacer?, ¿Qué se hará?, y ¿Qué se hizo?, al responder estas preguntas obtendremos 2 indicadores que permitirán medir el nivel de cumplimiento y las causas de incumplimiento lo cual facilitará entrar en un proceso de mejora continua que ayudará a mejorar los procesos de la constructora de manera permanente.

Figura 11
Estructura del Sistema del último planificador

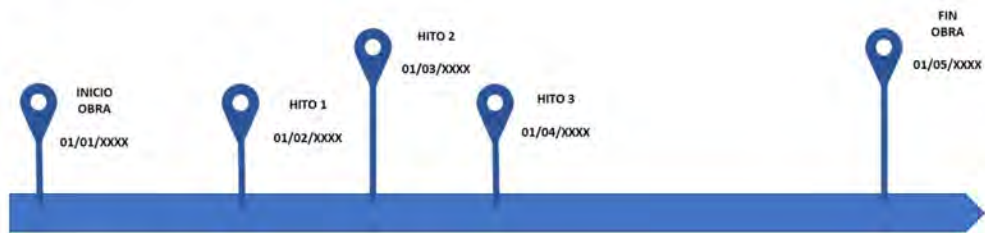


Fuente: Ponz et al., 2013

7.3.4.1. Plan Maestro

El plan maestro es la planeación que se entrega al inicio del proyecto, otorga una planeación general de los hitos y actividades que se desarrollarán a lo largo del proyecto, esta etapa tiene muy poco nivel de detalle por lo que entrega información general como fechas compromiso de interés para el cliente. De esta manera se contesta a la primera pregunta ¿qué se debe hacer? La información y los objetivos deben de ser realistas y alcanzables en el tiempo que se estipula, de no ser así, se debe hacer mención a los clientes que esos objetivos no son alcanzables para iniciar el proyecto de la mejor manera posible. Se presenta un gráfico de cómo se ilustrarían los hitos en el ciclo de vida del proyecto en la Figura 12.

Figura 12
Ejemplo de plan maestro



Fuente: Elaboración propia

7.3.4.2. Plan De Fases

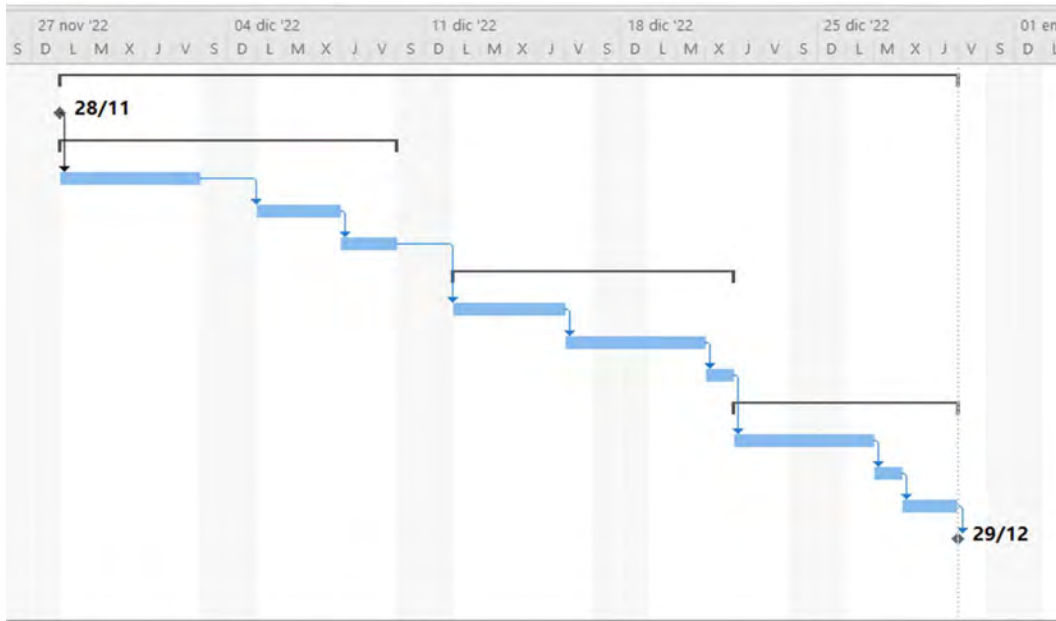
Esta etapa del SUP es parte de la planificación a largo plazo y parte del plan inicial en donde se identificarán las fases y cada una de las actividades que la forman, tomando del plan maestro los hitos y las fechas de inicio y fin del proyecto. Se secuencian las actividades a realizar en el ciclo de vida del proyecto creando un programa detallado de todas las acciones que deben de cumplirse con fechas compromiso para la conclusión de manera óptima. Como se observa en la figura 13, se enlistan las actividades, se establece una fecha de inicio y la duración de cada una para tener un programa detallado y de esta información se elabora un diagrama de Gantt para mayor facilidad de interpretación de la información como se muestra en la figura 14.

Figura 13
Programación de ejemplo de plan de fases

Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin
• Proyecto	24 días	lun 28/11/22	jue 29/12/22
Inicio	0 días	lun 28/11/22	lun 28/11/22
• Fase 1	10 días	lun 28/11/22	vie 09/12/22
Actividad 1	5 días	lun 28/11/22	vie 02/12/22
Actividad 2	3 días	lun 05/12/22	mié 07/12/22
Actividad 3	2 días	jue 08/12/22	vie 09/12/22
• Fase 2	8 días	lun 12/12/22	mié 21/12/22
Actividad 4	4 días	lun 12/12/22	jue 15/12/22
Actividad 5	3 días	vie 16/12/22	mar 20/12/22
Actividad 6	1 día	mié 21/12/22	mié 21/12/22
• Fase 3	6 días	jue 22/12/22	jue 29/12/22
Actividad 7	3 días	jue 22/12/22	lun 26/12/22
Actividad 8	1 día	mar 27/12/22	mar 27/12/22
Actividad 9	2 días	mié 28/12/22	jue 29/12/22
Fin	0 días	jue 29/12/22	jue 29/12/22

Fuente: Elaboración propia

Figura 14
 Diagrama de Gantt de plan de fases



Fuente: Elaboración propia

7.3.4.3. Planeación Para Estar Listos

La planificación para estar listos consiste en tomar el plan de fases para revisar la secuencia de las actividades de manera óptima para reducir tiempos y costos. Se debe poner especial atención a las actividades que están por ejecutarse en un futuro cercano. Aquí se debe de tener previsto el diseño, los proveedores, la mano de obra, los subcontratos y los requisitos previos necesarios para que el personal que ejecutará las actividades tenga todo lo necesario para que se cumpla según el plan maestro.

Para realizar la planeación para estar listos se debe seguir los siguientes pasos:

- **Establecer el intervalo de tiempo:** Consiste en identificar el tiempo requerido para realizar cada actividad desde la planeación inicial hasta la terminación del proyecto. Por lo regular, se mide en días, aunque depende de las características de la obra y se debe considerar el tiempo requerido para recopilar información, materiales,

mano de obra y maquinaria necesarios para ejecutar cada una de las actividades involucradas. (Porras et al., 2014).

- **Establecer las actividades que formarán parte del plan para estar listos:** Es necesario examinar cuidadosamente todas las actividades que correspondan a un periodo de 4 a 6 semanas para identificar las restricciones que dificultan el cumplimiento del programa establecido en la planeación.
- **Análisis de restricciones:** Una vez analizadas las actividades que se realizarán es necesario asegurarse que las restricciones se liberen en tiempo y forma para que la actividad no se vea afectada. Para garantizar que la restricción ha sido liberada es necesario revisar el estado de las restricciones periódicamente por lo cual debe asignarse un responsable de liberar la restricción y poner una fecha compromiso de tal manera que no se vea afectado el plan maestro y el cumplimiento de los hitos y objetivos.
- **Intervalo de tiempo ejecutable:** Es la lista de las actividades que ya están liberadas para ser ejecutadas, estas actividades serán las que seguirán a la siguiente etapa del SUP.

Una vez definidas las actividades que están listas para ser ejecutadas y no tienen ninguna restricción pendiente de liberar se pasa a la siguiente fase del SUP, la planeación semanal en donde únicamente se programan actividades que se ejecutarán sin contratiempos.

Para contribuir a mejorar la productividad en procesos periódicos de planificación, las personas encargadas de planear y ejecutar las actividades deben iniciar identificando “lo que se puede hacer” y determinar “lo que se hará” durante la semana. Estas acciones evitarán que las actividades se retrasen, detengan o interrumpan a causa de no liberar alguna restricción previamente por falta de material, mano de obra o equipo e impide que se manden recursos innecesarios sabiendo de antemano que la actividad no será ejecutada porque no fue liberada por alguna causa. (Medina., 2020).

7.3.4.4. Planeación Semanal

La programación de la carga de trabajo se debe desarrollar durante una reunión en la semana previa a la ejecución de los trabajos. Todos los involucrados que tengan una necesidad directa en las actividades a ejecutar durante la semana subsecuente del proyecto deben de participar en esta reunión. Los puntos principales de esta reunión son los siguientes:

- Revisar el gráfico Porcentaje del plan completado (PPC) de la semana previa.
- Analizar las causas de no cumplimiento (CNC).
- Tomar acciones correctivas para reducir las causas de no cumplimiento.
- Hacer una comparación entre los objetivos proyectados y los cumplidos.
- Revisar la programación para estar listo de 6 a 8 semanas en el futuro.
- Asignar las restricciones a los responsables de liberarlas y poner fechas objetivo.
- Analizar las actividades liberadas.
- Hacer el plan de trabajo de la siguiente semana.

Analizando esta información, se podrá analizar lo que se hizo para mejorar continuamente y estar seguros de que lo que se tiene proyectado para la siguiente semana está liberado para su ejecución en campo.

7.3.4.5. Junta Diaria

En esta junta se analiza el cumplimiento de las actividades del día anterior y se coordinan las actividades que se realizarán durante el día, esta junta no debe de durar más de 15 minutos por lo que solamente es un recordatorio de lo que se vio en la junta semanal y no se deben de resolver problemas particulares.

De esta junta es de donde salen los indicadores claves de rendimiento como lo son el porcentaje del plan completado de manera diaria (PPC) y el indicador de causas de no cumplimiento (CNC).

7.3.5 *Indicadores Clave De Rendimiento*

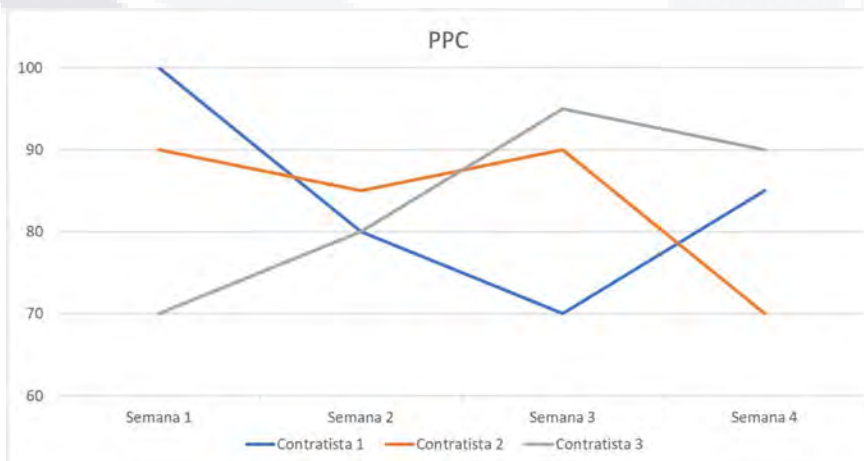
Son los indicadores que permitirán evaluar el nivel de efectividad de la aplicación de la metodología para determinar las mejoras que se pueden observar con respecto al tiempo de ejecución.

7.3.5.1 *Porcentaje Del Plan Completado*

El SUP necesita medir y cuantificar el nivel de cumplimiento de las actividades programadas para poder evaluar a cada uno de los contratistas. Cada contratista debe de estar completando los trabajos asignados semanalmente. Esta medición es importante porque es el primer paso para un proceso de mejora continua y se realiza a través del porcentaje del plan completado (PPC). Este indicador clave de rendimiento evalúa las actividades programadas en el plan de fases contra lo ya ejecutado dentro del proyecto, reflejando de esta manera la fiabilidad de la metodología (Figura 15).

El PPC debe de ser medido de manera binaria de tal manera que se evaluará como Cumplido si llega al 100% del alcance del trabajo programado, en el caso de que el avance sea menos de 100% se registrará como “No cumplido” y se deberá evaluar la causa de no cumplimiento (CNC).

Figura 15
Ejemplo del Porcentaje de actividades cumplidas



Fuente: Elaboración propia

7.3.5.2 Causas De No Cumplimiento

Las causas de no cumplimiento (CNC) son todas aquellas actividades que no llegaron al 100% de cumplimiento en el programa de trabajo y por lo cual hay que asignarle una causa de no cumplimiento, por lo general las más comunes son:

- Falta de material
- Falta de mano de obra
- Cambios en el proyecto
- Empalme de trabajos
- Falta de herramienta y equipo
- Mala estimación de los rendimientos
- Problemas administrativos
- Mal clima

De esta manera en una gráfica de pastel como se observa en la figura 16 se evalúan las causas y se pone atención en las que presentan mayor incidencia para tomar las medidas correctivas y que estas fallas no generen un problema a la conclusión del proyecto.

Figura 16
Ejemplo de causas de no cumplimiento



Fuente: Elaboración propia

Con estos indicadores de rendimiento se puede evaluar periódicamente el nivel de cumplimiento de actividades e ir haciendo ajustes en el caso de que no se esté cumpliendo el plan maestro y plan de fases para lograr concluir los proyectos con éxito en tiempo, costo y calidad.



Metodología De La Intervención

Este proyecto consiste en desarrollar un trabajo práctico aplicando la metodología Lean Construction en una constructora dedicada a la edificación de casas en serie en el estado de Aguascalientes para demostrar su eficacia. Inicialmente se elaborará un marco metodológico basado en la investigación mixta que tiene como fin obtener un conocimiento enfocado a la resolución de las problemáticas que actualmente experimentan las empresas constructoras de este sector.

Se realizará una investigación mixta de datos cualitativos para obtener las causas de no cumplimiento (CNC) y de datos cuantitativos para determinar el porcentaje de plan completado (PPC). La investigación mixta es un enfoque de investigación que combina métodos cuantitativos y cualitativos en un mismo estudio. En la investigación mixta, el investigador puede utilizar diferentes estrategias, técnicas y herramientas de recolección de datos para abordar una pregunta de investigación o un problema en particular.

El uso de métodos de investigación mixtos puede mejorar la validez y la fiabilidad de los resultados de la investigación, ya que permite que se complemente la información de diferentes fuentes y se superen las limitaciones de los métodos individuales. Además, la investigación mixta puede proporcionar una comprensión más completa y profunda de un problema de investigación, ya que combina la objetividad y la generalización de los datos cuantitativos con la subjetividad y el detalle de los datos cualitativos.

Debido a esto, la aplicación de este tipo de investigación permite trabajar con datos variados, sin alterar la información proporcionada por la experiencia de la empresa a lo largo de su trayectoria.

Para alcanzar los objetivos propuestos en este caso práctico, se explicarán los métodos de investigación que se aplicaran en los proyectos de la empresa, también se analizará la profundidad de la investigación, las estrategias que se desarrollarán para implementar las buenas prácticas que propone la metodología y los resultados que se pretenden obtener.

Para explicar la profundidad a la que llegará esta investigación se utilizará el método cualitativo que se basa en la descripción de los procesos realizados por la empresa y la descripción de los procedimientos, métodos y herramientas que se utilizan con el fin de definir un modelo que ayude a la implementación de Lean Construction. Además, se analizarán los resultados obtenidos en la ejecución de proyectos previo a la aplicación de esta metodología para contar con datos reales y fidedignos que se utilizan en los proyectos de construcción.

Posteriormente se hará una propuesta de intervención para ejemplificar la forma en la que se gestiona la aplicación de la metodología Lean Construction donde se implementan herramientas y procesos que permitirán evaluar el cumplimiento y validar los resultados que se obtengan.

El proceso para llevar a cabo este proyecto será:

- Lectura de literatura explorando textos que permiten abordar el tema de Lean Construction y dar respuesta al planteamiento del problema.
- Revisión de proyectos específicos para obtener información cualitativa y cuantitativa de la problemática por la que atraviesan las empresas constructoras dedicadas al desarrollo de unidades habitacionales.
- Análisis de documentos que dan soporte a los proyectos como son:
 - **Generadores de Obra:** Documento que permite medir el nivel de avance de cada unidad de trabajo en un tiempo determinado. En ellos se evidencia porcentualmente el progreso contra lo esperado al final del periodo.
 - **Cronograma:** Corresponde al diagrama de Gantt el cual es una herramienta de gestión de proyectos que representa gráficamente el tiempo necesario para completar las actividades y tareas del proyecto. En él podemos dar seguimiento al cumplimiento de las planeaciones.

- **Bitácora de Obra:** Es un documento que lleva un registro detallado y diario de las actividades realizadas en la obra. Se utiliza para realizar seguimiento del progreso del proyecto, registrar cualquier problema y mantiene información precisa y actualizada del proyecto
- Se implementará la metodología a un proyecto real de la empresa seleccionada para obtener los indicadores de rendimiento que permitan evaluar el grado de mejora de la empresa al aplicar las herramientas que se detallan en la propuesta de intervención.
- Con la información recabada se determinaran los indicadores clave de rendimiento que ayudarán a monitorear y controlar el avance y el grado de efectividad que tiene la implementación de la metodología. Se dará seguimiento al proceso con una activa supervisión de los trabajos realizados por el personal de la obra.
- En cuanto a la intervención, se realizará en las siguientes etapas:
 - **Juntas de Obra:** Son reuniones que deben programarse periódicamente y deben participar los responsables administrativos y operativos de la obra como la gerencia, los contratistas y el residente de obra para analizar la planeación y la propuesta de ejecución de los proyectos, identificar fortalezas y debilidades durante la gestión, logística para la obtención de recursos y establecer necesidades y compromisos de los asistentes, así como asignar responsabilidades para dar continuidad al flujo de trabajo y documentar las actividades ya ejecutadas. Se deberá realizar un registro de las limitaciones, detectadas y acuerdos obtenidos en cada sesión.
 - **Actividades del Proceso Constructivo:** Son las actividades correspondientes a la parte operativa del proyecto, por ejemplo, la cimentación, levantamiento de muros, colado de losa de entrepiso y azotea, forjado de pretiles, colocación de yeso, entre otros.

- La implementación de la metodología se documentará tomando en cuenta la ruta propuesta en la planeación durante la ejecución del proyecto.
- Se evaluará la información recabada para determinar si la aplicación de la metodología obtuvo resultados favorables.



Propuesta De Intervención

Para implementar la metodología Lean Construction de este caso práctico se seleccionará una empresa en el estado de Aguascalientes que tenga un volumen de trabajo considerable que pueda ser representativo para que los resultados obtenidos puedan brindar confiabilidad en base a los datos que se obtengan.

Cuando se seleccione la empresa en la que se trabajará en la implementación de la metodología, se hará una entrevista con el director general para conocer su punto de vista y poder empezar por detectar las deficiencias que resulten aptas para el objeto de estudio de este trabajo, se priorizará la etapa de ejecución del proyecto constructivo que mejor se adapte a las necesidades de la empresa, para posteriormente evaluar el nivel de cumplimiento de las actividades comprometidas semanalmente y las razones de incumplimiento que se estén generando para poder reducir significativamente los retrasos en la ejecución del proyecto y minimizar costos por desperdicios.

El proceso de intervención incluirá las siguientes etapas:

- Sensibilización sobre Lean Construction con los interesados de la empresa de tal manera de que todos los colaboradores estén informados del proceso que se llevará a cabo para que conozcan las ventajas de la implementación de esta metodología y poder motivar para que se pueda crear una sinergia positiva y lograr el cambio en beneficio de la empresa en donde se desarrollará.
- Obtención de datos en base a los objetivos propuestos en este caso práctico, evaluar los cambios y la divulgación del conocimiento obtenido considerando las siguientes fases.
 - Plan maestro
 - Plan de fases
 - Sesión Pull
 - Planeación para estar listos
 - Planeación semanal
 - Junta diaria

9.1 Plan Maestro y Plan De Fases

Para esta primera fase de la planificación, se identificarán los hitos que se deberán entregar en orden de ejecución para monitorear el avance de la obra. Se sugiere presentarlos en una tabla numerando las actividades de manera ascendente (Tabla 4).

Tabla 4
Ejemplo de fases de construcción de vivienda

Estación 01	Preliminares y excavaciones
Estación 02	Cimentación (Armados)
Estación 03	Cimentación (Concretos, terminados y curados)
Estación 04	Muros Primer piso (Hasta una altura de 1.26m)
Estación 05	Muros Primer piso (Hasta una altura de 2.60m)
Estación 06	Castillos y cerramientos 1° piso
Estación 07	Losa de entrepiso 1° piso (cimbra y habilitados)
Estación 08	Losa de entrepiso 1° piso (Viguetas, bovedillas e instalaciones)
Estación 09	Losa de entrepiso 1° piso (Concretos, Terminado y Curados)
Estación 10	Elevación de mampostería a 2° nivel
Estación 11	Muros Segundo piso (Hasta una altura de 1.26m)
Estación 12	Muros Segundo piso (Hasta una altura de 2.60m)
Estación 13	Castillos y cerramientos Segundo piso
Estación 14	Losa de entrepiso 2° piso (cimbra y habilitados)
Estación 15	Losa de entrepiso 2° piso (Viguetas, bovedillas e instalaciones)
Estación 16	Losa de entrepiso 2° piso (Concretos, Terminado y Curados)
Estación 17	Elevación de mampostería a 3° nivel
Estación 18	Muros Tercer piso (Hasta una altura de 1.26m)
Estación 19	Muros Tercer piso (Hasta una altura de 2.60m)
Estación 20	Castillos y cerramientos Tercer piso
Estación 21	Losa de azotea (cimbra y habilitados)
Estación 22	Losa de azotea (Viguetas, Bovedillas e Instalaciones)
Estación 23	Losa de azotea (Concreto, terminados y curados)
Estación 24	Pretils, herrerías e instalaciones en muros
Estación 25	Terminación de azotea 1ra etapa
Estación 26	Terminación de azotea 2da etapa
Estación 27	Impermeabilización 1ra etapa
Estación 28	Impermeabilización 2da etapa
Estación 29	Impermeabilización 3ra etapa
Estación 30	Repellado y Aplanados en muros exteriores
Estación 31	Escaleras y Albañilerías Tercer piso
Estación 32	Repellado y Aplanados en muros interiores
Estación 33	Escaleras y Albañilerías Segundo piso
Estación 34	Patios traseros y cocheras 1ra etapa

Estación 35	Patios traseros y cocheras 2da etapa
Estación 36	Piso Cerámico en Tercer piso y escaleras
Estación 37	Piso Cerámico en Segundo piso y escaleras
Estación 38	Piso Cerámico en Planta Baja
Estación 39	Herrarías y Cancelería
Estación 40	Cableado Eléctrico
Estación 41	Huellas y mona 1era etapa
Estación 42	Huellas y mona 2da etapa
Estación 43	Instalación de muebles de baño y accesorios
Estación 44	Pruebas de muebles de baño y accesorios
Estación 45	Pintura y accesorios eléctricos Tercer piso
Estación 46	Pintura y accesorios eléctricos Segundo piso
Estación 47	Pintura y accesorios eléctricos Primer piso
Estación 48	Carpinterías
Estación 49	Limpieza Final
Estación 50	Recepción de construcción etapa 1
Estación 51	Recepción de construcción etapa 2
Estación 52	Recepción de vivienda etapa 1
Estación 53	Recepción de vivienda etapa 2

Fuente: Elaboración propia

Establecer el diagrama de Gantt que permita monitorear, controlar y evaluar la correcta ejecución de los trabajos para medir el cumplimiento de éstos. Se programarán cada uno de los hitos para su entrega semanal como se muestra en la Tabla 5 dividido en semanas donde se considera la semana 1 como la fecha de inicio de la obra, con esta información se completa el plan de fases que cubrirá desde el inicio de la obra hasta la entrega final al cliente para su habitabilidad.

La Tabla 5 presenta un código de colores en la cual el inicio de la obra negra se representa con el color naranja que corresponde a la etapa donde hay más impacto en los desperdicios, incumplimiento de actividades y retrasos que puedan afectar directamente a los tiempos de entrega y a la calidad de los trabajos solicitados por el cliente. Con el color gris se representa a la obra gris que son repellados, pisos, azulejos y aplanados y el color azul corresponde a los acabados. En estas últimas dos etapas de la obra se generan la mayoría de los retrabajos por la mala ejecución y supervisión desde el inicio por lo cual es una etapa crítica y es importante ir liberando las restricciones pertinentes para generar el deseable flujo de trabajo continuo.

Tabla 5
Programación de obra

Programa de obra	Sem 1	Sem 2	Sem 3	Sem 4	Sem 5	Sem 6	Sem 7	Sem 8	Sem 9	Sem 10	Sem 11	Sem 12	Sem 13	Sem 14	Sem 15	Sem 16	Sem 17	Sem 18	Sem 19
Estación 01																			
Estación 02	■																		
Estación 03		■																	
Estación 04		■	■																
Estación 05		■	■	■															
Estación 06			■	■	■														
Estación 07				■	■	■													
Estación 08				■	■	■	■												
Estación 09				■	■	■	■	■											
Estación 10					■	■	■	■	■										
Estación 11					■	■	■	■	■	■									
Estación 12					■	■	■	■	■	■	■								
Estación 13						■	■	■	■	■	■	■							
Estación 14						■	■	■	■	■	■	■	■						
Estación 15							■	■	■	■	■	■	■	■					
Estación 16								■	■	■	■	■	■	■	■				
Estación 17									■	■	■	■	■	■	■	■			
Estación 18										■	■	■	■	■	■	■	■		
Estación 19											■	■	■	■	■	■	■	■	
Estación 20												■	■	■	■	■	■	■	■
Estación 21													■	■	■	■	■	■	■
Estación 22														■	■	■	■	■	■
Estación 23															■	■	■	■	■
Estación 24																■	■	■	■
Estación 25																	■	■	■
Estación 26																		■	■
Estación 27																			■
Estación 28																			■
Estación 29																			■
Estación 30																			■
Estación 31																			■
Estación 32																			■
Estación 33																			■
Estación 34																			■
Estación 35																			■
Estación 36																			■
Estación 37																			■
Estación 38																			■
Estación 39																			■
Estación 40																			■
Estación 41																			■
Estación 42																			■
Estación 43																			■
Estación 44																			■
Estación 45																			■
Estación 46																			■
Estación 47																			■
Estación 48																			■
Estación 49																			■
Estación 50																			■
Estación 51																			■
Estación 52																			■
Estación 53																			■

Fuente: Elaboración propia

9.2 Sesión Pull

Se deberán programar 5 semanas en el futuro donde se revisarán las estaciones que deberán completarse dentro de este periodo, por lo cual el residente de obra deberá colocar un identificador de color distintivo en la semana que coincide la terminación de la estación.

Posteriormente todos los contratistas involucrados estudiarán y debatirán acerca de las necesidades y requerimientos necesarios para poder completar la estación según lo programado en el plan de fases. Esta etapa debe de ser detallada agregando la descripción de la actividad a realizar, fecha de inicio y término de la actividad, al igual que sus necesidades de material, mano de obra y equipo.

Al tener todas las actividades y necesidades detectadas se procede a colocarlas en el Tablero de 5 semanas en el espacio que el contratista considere adecuado y como punto de referencia se cuenta con el identificador de color distintivo que puso el residente según lo programado en el plan de fases. Posteriormente el contratista justifica la posición en donde colocó la actividad exponiendo las razones si es que no se puede cumplir en el plazo requerido.

Todo el equipo estudiará la nueva planeación que ya es cercana a la realidad y se plantea si realmente es factible llevarla a cabo. Se enlistarán todos los compromisos y necesidades de los contratistas en el formato de la Tabla 6 y se responderán las preguntas ¿Qué?, ¿Quién? Y ¿Cuándo? Al igual que la fecha real de liberación para dar seguimiento.

Tabla 6
Necesidades y Compromisos

Partida	Fecha de término	Compromisos			Necesidades		
		¿Quién?	¿Qué?	¿Cuándo?	¿Quién?	¿Qué?	¿Cuándo?

Fuente: Ponz et al., 2013

Con esta reunión se obtendrán los siguientes beneficios:

- La intervención de los especialistas es muy valiosa ya que pueden aportar tiempos de entrega, rendimientos de mano de obra y se crea compromiso con las tareas futuras.
- Se explica solo una vez a todos los involucrados de tal manera que los participantes estén en sintonía con el proyecto.

9.3 Planeación Para Estar Listos

De las actividades que se obtienen en la sesión Pull se pueden detectar con anterioridad las restricciones y actividades previas que se deben liberar para darle continuidad al proceso por lo que se evaluarán los requisitos previos que son actividades que deben cumplirse con anticipación a que se tenga que cumplir con una tarea. De este modo estas actividades previas deben ser completadas o liberadas o no se podrá programar la tarea.

Las restricciones al igual que los requisitos previos impiden la ejecución de una tarea. Pueden ser, por ejemplo, la falta de mano de obra calificada, falta de materiales, deficiencias en el diseño, empalme con otra actividad, entre otras. Todas las restricciones que surjan dentro del proyecto deberán ser enlistadas en el formato de restricciones (Tabla 7) donde se registrará la descripción de la restricción o actividad previa, la partida y las tareas que se verán afectadas, la acción que se tomará para liberarla, el responsable de liberarla, la semana y fecha de compromiso de su liberación, la fecha real de la liberación, los días de retraso y si está abierta o cerrada.

Tabla 7
Liberación de restricciones

ID	OBRA:			FECHA DE ELABORACION:					
	DESCRIPCION DE LA RESTRICCION / ACTIVIDAD PREVIA	IMPACTO / PARTIDA Y TAREA QUE SE VE AFECTADA	ACCION	RESPONSABLE DE LIBERARLA	SEMANA DE COMPROMISO	FECHA DE COMPROMISO	FECHA REAL DE LIBERACION	DIAS DE RETRASO	ABIERTA / CERRADA
1									
2									
3									
4									

Fuente: Ponz et al., 2013

9.4 Planeación Semanal

La planeación semanal de reuniones se hará de la siguiente manera:

- Viernes:
 1. Entrega de programación de la siguiente semana y hoja de restricciones que deberán ser liberadas para cumplir las tareas asignadas. Es de suma importancia que la información se entregue el mismo día de la reunión, para programar de lunes a viernes de la siguiente semana, de lo contrario no se tendrá tiempo de hacer ajustes si fueran requeridos.
- Miércoles:
 1. Visita de obra con la programación de las tareas para evaluar el avance de manera de que el encargado de la obra valide el avance en el programa de obra y pueda verificar si realmente se están ejecutando o hay restricciones que se tengan que liberar.
 2. Ir validando el plan de cumplimiento de restricciones comprobar el cumplimiento de éstas.
- Jueves:
 1. Visita de obra para comentar con los especialistas el desarrollo de la semana, evaluar cumplimientos y preparar la siguiente semana del plan para estar listos.
 2. Revisión del avance de la obra con respecto a la calidad de los trabajos, de modo que si hubiera alguna observación poderla corregir oportunamente.
 3. Se validará el cumplimiento de las tareas asignadas y si estará lista ese mismo día, se podrá dar por terminada la tarea, de manera que el residente ratifica que podrá ser completada, si no es así, se asigna como pendiente de revisión.
 4. En todas las tareas que no se completaron en su totalidad se deberá asignar una causa de no cumplimiento. En la tabla 9 se presenta el formato en el que se revisará el cumplimiento de las tareas programadas y sus causas de no cumplimiento.

Con la revisión de la semana anterior completada se pasan los datos a los formatos de manera digital en la computadora, se llena la información de la semana anterior con su (PPC) y las causas de incumplimiento y se valida con el residente para comprobar si se coincide con la información que se obtuvo.

Se analiza la información obtenida en cada uno de los indicadores de rendimiento:

- Porcentaje de plan completado (PPC)
- Causas de no cumplimiento (CNC)

9.5 Desarrollo De Los Indicadores De Rendimiento

9.5.1 *Porcentaje De Plan Completado (PPC)*

- ¿Qué cumplimiento se está obteniendo de manera general?
- ¿Cuáles son las causas por las cuales no se completaron las tareas?
- ¿Programamos algo con restricciones que aún no están liberadas?
- ¿Programamos algo que no es realista para su cumplimiento?
- ¿Tenemos algún imprevisto?

9.5.2 *Causas De No Cumplimiento (CNC)*

- ¿Qué causa de incumplimiento más se repite?
- ¿Tenemos que poner atención en algún especialista por su incumplimiento?
- ¿Hay que hacer algún cambio de mano de obra?

- Jueves:

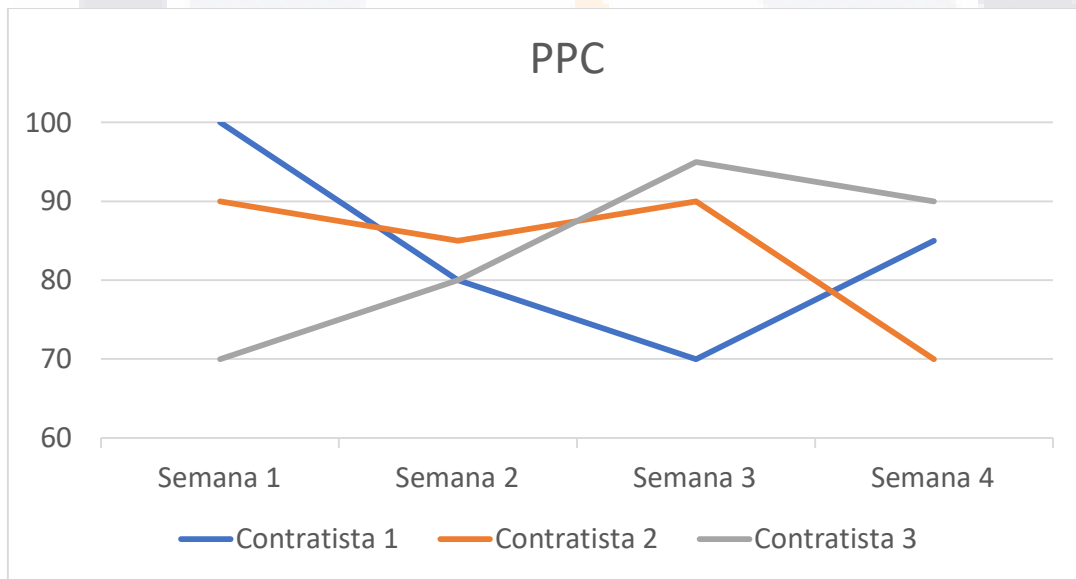
1. Se hará una retroalimentación a todos los interesados en el proyecto acerca de la información obtenida durante la semana previa para poder exponer frente a todos el estatus de la obra y que se puedan realizar acciones para mantener el control óptimo de la ejecución del proyecto.

- 2. Después de la retroalimentación se expondrán los indicadores PPC, CNC y la tabla de restricciones, para que todos podamos ver las actividades que no se están cumpliendo y hacer una retroalimentación multi disciplinar y poder continuar con el correcto flujo de las tareas programadas.

Con los datos anteriores se mostrarán las siguientes graficas:

Porcentaje de actividades completadas (PPC): Es un gráfico acumulativo de las semanas transcurridas donde se observa el cumplimiento de las actividades en el periodo de ejecución del proyecto (Figura 17).

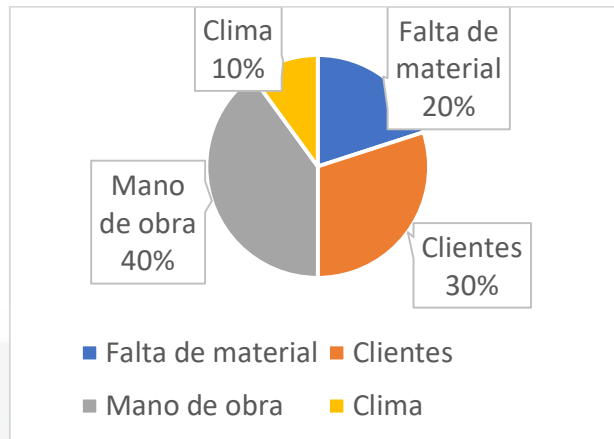
Figura 17
Ejemplo de medición de PPC



Fuente: Elaboración propia

Causas de no cumplimiento (CNC): En este gráfico se presenta el total de las causas de no cumplimiento de todas las tareas que no se completaron en tiempo y forma por semana y un acumulativo para analizar las razones por las que no se cumplieron durante la ejecución del proyecto (Figura 18).

Figura 18
Ejemplo de medición CNC



Fuente: Elaboración propia

La gráfica de CNC permite visualizar las causas de incumplimiento que se presenta con mayor frecuencia y aquí se enlistan algunos ejemplos que pueden ir surgiendo en el desarrollo del proyecto.

- Actividades anteriores pendientes
- Cambio de prioridad
- Interferencia con otro frente de trabajo
- Condiciones inseguras o permisos de trabajo
- Error de programación
- Falta de proyecto
- Subestimación de actividades
- Clima
- Mano de obra
- Falta de equipo
- Falta de material
- Cambios solicitados por el cliente

9.6 Junta Diaria

Todos los días se realizará una junta que no durará más de 10 minutos con la información pactada en la junta semanal, se dará la información a todos los colaboradores del proyecto al iniciar la jornada y se coordinan las actividades que se realizarán durante el día, en esta junta no se resuelven dudas particulares.

Se analizará lo que se hizo el día anterior y si hubiera actividades inconclusas, se incorporan a la nueva jornada para terminarlas y se programan las actividades correspondientes al día actual teniendo en cuenta de que esas tareas tienen que ser alcanzables en el periodo que se está pactando.

Se analizará la información obtenida y se propondrá un plan de mejora continua que permita coordinar y mejorar a los equipos de trabajo.

Siguiendo este proceso se obtendrán datos valiosos que ayudarán a analizar la información para poder determinar si la implementación de Lean Construir presenta resultados favorables dentro de la empresa en la que se realiza este caso práctico.

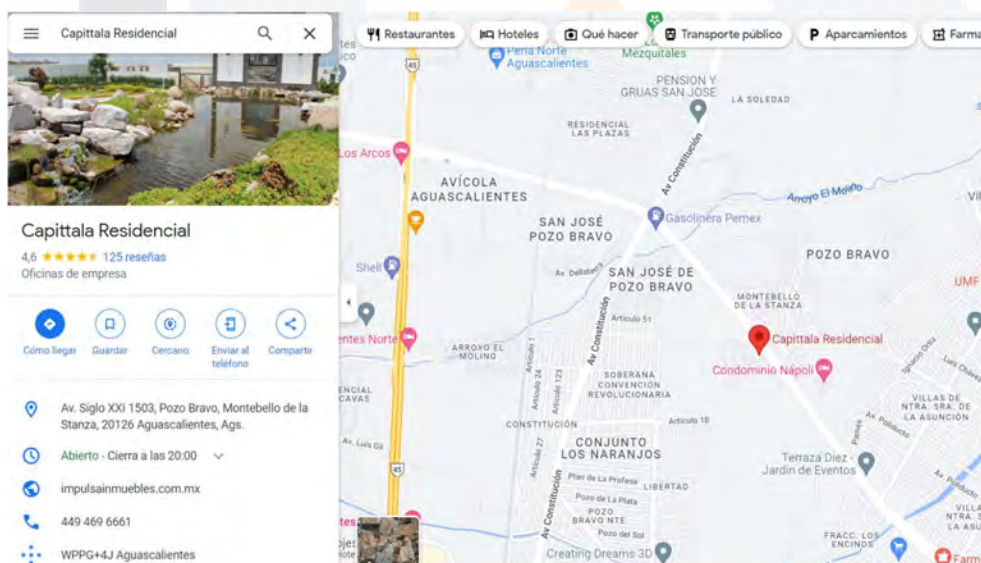
Una problemática que tendrá la implementación de esta metodología a un equipo de trabajo será la resistencia al cambio por lo cual es importante que todos los participantes estén de acuerdo en la propuesta que se realizará para que puedan apoyar en favor de la mejora de la constructora y que se puedan generar excelentes resultados en la ejecución de proyectos a futuro siempre pensando en la mejora continua de los procesos que se estén realizando, tanto operativos como administrativos.

Resultados De La Intervención

La empresa de construcción de vivienda en serie VIZA Construcciones autorizó implementar la metodología Lean Construction, la intervención consistió en una estancia profesional durante 10 semanas en las cuales se inició con la sensibilización de la metodología en reuniones con los residentes de obra y los contratistas los cuales son los últimos planificadores o las personas que realmente ejecutan el trabajo.

La torre de departamentos se encuentra ubicada en Aguascalientes, Ags., al norte de la ciudad.

Figura 19
Ubicación del proyecto



Fuente: Google Maps

La torre cuenta con 3 niveles de 3 departamentos cada uno por lo que son 9 departamentos en total. El proyecto presenta 2 modelos diferentes “Nimbus” y “Ventus”. La torre cuenta con 6 departamentos modelo Ventus a los extremos laterales de la torre y 3 departamentos Nimbus en el centro de cada piso (Figura 20 y 21).

Figura 20
Distribución de departamento Nimbus



Nimbus Capitla
Desde \$1,268,000.00 mxn
Comunidad que trasciende


1 recámaras 1 baños 60 m2
Sala / Comedor / Cocina 60 m

Hacer precotización Aparta AQUÍ

Más modelos de este desarrollo

Fuente: Impulsa, 2022

Figura 21
Distribución de departamento Ventus



Ventus Capitla
Desde \$1,314,000.00 mxn
Comunidad que trasciende

2 recámaras 1 baños 60 m2
Sala / Comedor / Cocina

Hacer precotización Aparta AQUÍ

Más modelos de este desarrollo

Fuente: Impulsa, 2022

El inicio de la construcción de la torre en la cual se aplicó la metodología Lean Construction donde se evaluó la mejora fue el lunes 30 de Mayo de 2022. Se tenía un tiempo de ejecución de 180 días a partir de la firma del contrato por lo que la fecha de término corresponde al 27 de Noviembre de 2022.

El periodo de la estancia profesional en que se aplicó la metodología fue de 10 semanas del 1 de agosto al 9 de octubre de 2022 por lo que la obra ya tenía 9 semanas de avance. El estado de la obra al inicio de la intervención se muestra en figura 22.

Figura 22
Estado de la torre de departamento al inicio de la estancia profesional



Fuente: Elaboración propia

El desarrollo de la intervención se realizó en un punto clave de la construcción para obtener una muestra representativa de los datos y validar la efectividad que tiene la aplicación de la metodología Lean Construction a la construcción de una torre de departamentos. El control de avance gráfico se presenta en el ANEXO I.

Las semanas que se establecieron para el desarrollo de la intervención comprenden los siguientes periodos:

Semana 1: 1 de agosto al 7 de agosto

Semana 2: 8 de agosto al 14 de agosto

Semana 3: 15 de agosto al 21 de agosto

Semana 4: 22 de agosto al 28 de agosto

Semana 5: 29 de agosto al 4 de septiembre

Semana 6: 5 de septiembre al 11 de septiembre

Semana 7: 12 de septiembre al 18 de septiembre

Semana 8: 19 de septiembre al 25 de septiembre

Semana 9: 26 de septiembre al 2 de octubre

Semana 10: 3 de octubre al 9 de octubre

Esta intervención se realizó por las siguientes razones:

- Llegar en tiempo y forma al cumplimiento del proyecto según lo pactado inicialmente con el cliente.
- Reducir los gastos administrativos excedentes debido a que el proyecto se completa según los planeado.
- Reducir el incumplimiento de actividades comprometidas.
- Evidenciar los beneficios que otorga la aplicación de la metodología.
- Divulgar el conocimiento para que más personas puedan conocer los beneficios de la aplicación de esta metodología.

10.1 Plan Maestro y Plan De Fases

Debido a que la obra ya estaba empezada se decidió solicitar al residente de obra el catálogo de conceptos para iniciar la planificación de las estaciones y los hitos que se deben de cumplir para poder realizar el plan de fases.

La tabla 10 presenta la planeación cronológica de los hitos y estaciones para dar cumplimiento a lo pactado en el proyecto.

Tabla 10
Hitos del catálogo de conceptos

Nivel	Clave	Descripción	Cantidad	Terminación
0		EDIFICIO 9D	1	
1	1	PRELIMINARES Y CIMENTACIÓN	1	12-jun
1	SANIT CIMENTACIÓN	INSTALACIÓN SANITARIA CIMENTACIÓN	1	19-jun
1	HIDRO CIMENTACIÓN	INSTALACIÓN HIDRÁULICA CIMENTACIÓN	1	19-jun
1	2	MUROS DEPTO 1	1	03-jul
1	3	MUROS DEPTO 2	1	03-jul
1	4	MUROS DEPTO 3	1	03-jul
1	A/A PB DEPTO 1	A/A DEPTO LATERALES	2	03-jul
1	A/A PB DEPTO 2	A/A DEPTO CENTRAL	1	03-jul
1	5	ESCALERA Y MUROS PB A N1	1	03-jul
1	6	CASTILLOS DEPTO 1	1	03-jul
1	7	CASTILLOS DEPTO 2	1	03-jul
1	8	CASTILLOS DEPTO 3	1	03-jul
1	9	ESCALERA Y MUROS N1 A N2	1	03-jul
1	10	DALAS DEPTO 1	1	03-jul
1	11	DALAS DEPTO 2	1	03-jul
1	12	DALAS DEPTO 3	1	10-jul
1	13	CIMBRA Y ARMADO LOSA N1	1	10-jul
1	SANIT LOSA N1	INSTALACIÓN SANITARIA LOSA N1	1	10-jul
1	HIDRO LOSA N1	INSTALACIÓN HIDRAULICA LOSA N1	1	10-jul
1	14	COLADO DE LOSA N1	1	10-jul
1	15	MURO DEPTO 1 N1	1	17-jul

1	16	MURO DEPTO 2 N1	1	17-jul
1	17	MURO DEPTO 3 N1	1	17-jul
1	A/A N1 DEPTO 1	A/A DEPTO LATERALES N1	2	17-jul
1	A/A N1 DEPTO 2	A/A DEPTO CENTRAL N1	1	17-jul
1	18	ESCALERA Y MUROS N3	1	10-jul
1	19	CASTILLOS DEPTO 1 N1	1	17-jul
1	20	CASTILLOS DEPTO 2 N1	1	17-jul
1	21	CASTILLOS DEPTO 3 N1	1	17-jul
1	22	DALAS DEPTO 1 N1	1	17-jul
1	23	DALAS DEPTO 2 N1	1	17-jul
1	24	DALAS DEPTO 3 N1	1	17-jul
1	25	CIMBRA Y ARMADO LOSA N2	1	24-jul
1	SANIT LOSA N2	INSTALACIÓN SANITARIA LOSA N2	1	24-jul
1	HIDRO LOSA N2	INSTALACIÓN HIDRÁULICA LOSA N2	1	24-jul
1	26	COLADO DE LOSA N2	1	24-jul
1	27	MUROS DEPTO 1 N2	1	31-jul
1	28	MUROS DEPTO 2 N2	1	31-jul
1	29	MUROS DEPTO 3 N2	1	31-jul
1	A/A N2 DEPTO 1	A/A DEPTO LATERALES N2	1	31-jul
1	A/A N2 DEPTO 2	A/A DEPTO CENTRAL N2	1	31-jul
1	30	CASTILLOS DEPTO 1 N2	1	31-jul
1	31	CASTILLOS DEPTO 2 N2	1	31-jul
1	32	CASTILLOS DEPTO 3 N2	1	31-jul
1	33	DALAS DEPTO 1 N2	1	31-jul
1	34	DALAS DEPTO 2 N2	1	31-jul
1	35	DALAS DEPTO 3 N2	1	31-jul
1	36	CIMBRA Y ARMADO LOSA AZOTEA	1	14-ago
1	37	COLADO DE LOSA AZOTEA	1	14-ago
1	38	ALBAÑILERÍA DE AZOTEA	1	14-ago
1	39	LOSA INCLINADA	1	28-ago
1	40	FIRME DEPARTAMENTO LATERAL	1	21-ago
1	41	FIRME DEPARTAMENTO CENTRAL	1	21-ago
1	42	FIRME DEPARTAMENTO LATERAL	1	21-ago
1	43	FIRME COMUN Y DE PATIOS	1	21-ago
1	X	JARDINERA PB	1	21-ago
1	44	APLANADO EXTERIOR FACHADA FRONTAL	1	04-sep
1	45	APLANADO EXTERIOR FACHADA LATERAL	2	04-sep
1	46	APLANADO EXTERIOR FACHADA POSTERIOR	1	04-sep

1	47	APLANADO EXTERIOR ESCALERA PB	1	04-sep
1	48	APLANADO EXTERIOR ESCALERA N1	1	04-sep
1	49	APLANADO EXTERIOR ESCALERA N2	1	04-sep
1	50	RASTREO PARA RECIBIR CANTERA EN ESCALERA	1	11-sep
1	51	APLANADO EXTERIOR PASILLOS PB	1	04-sep
1	52	APLANADO EXTERIOR PASILLOS N1	1	04-sep
1	53	APLANADO EXTERIOR PASILLOS N2	1	04-sep
1	54	APLANADO EXTERIOR AZOTEA	1	04-sep
1	55	APLANADO INTERIOR DEPARTAMENTOS LATERALES PB, N1 Y N2	6	14-ago
1	56	APLANADO INTERIOR DEPARTAMENTOS CENTRALES	3	28-ago
1	57	YESO EN PLAFÓN COMUN PB	1	28-ago
1	58	YESO EN PLAFÓN COMUN N1	1	28-ago
1	59	YESO EN PLAFÓN COMUN N2	1	28-ago
1	60	RECUBRIMIENTOS DEPTO LATERAL	6	21-ago
1	61	RECUBRIMIENTOS DEPTO CENTRAL	3	04-sep
1	62	RECUBRIMIENTO PLANTA BAJA	1	21-ago
1	63	RECUBRIMIENTO PLANTA N1	1	04-sep
1	64	RECUBRIMIENTO PLANTA N2	1	04-sep
1	65	ESCALERA PB	1	04-sep
1	66	ESCALERA N1	1	04-sep
1	67	ESCALERA N2	1	11-sep
1	68	ANTICIPO ALUMINIO DEPARTAMENTO LATERAL PB	2	18-sep
1	69	ANTICIPO ALUMINIO DEPARTAMENTO CENTRAL PB	1	18-sep
1	70	ANTICIPO ALUMINIO DEPARTAMENTO LATERAL N1 Y N2	4	02-oct
1	71	ANTICIPO ALUMINIO DEPARTAMENTO CENTRAL N1 Y N2	2	02-oct
1	72	FINIQUITO ALUMINIO DEPARTAMENTO LATERAL PB	2	02-oct
1	73	FINIQUITO ALUMINIO DEPARTAMENTO CENTRAL PB	1	02-oct
1	74	FINIQUITO ALUMINIO DEPARTAMENTO LATERAL N1 Y N2	4	09-oct
1	75	FINIQUITO ALUMINIO DEPARTAMENTO CENTRAL N1 Y N2	2	09-oct
1	76	ANTICIPO ALUMINIO COMUN	1	02-oct
1	77	FINIQUITO ALUMINIO COMUN	1	09-oct
1	78	CARPINTERIA DEPTO LATERAL PB	2	25-sep
1	79	CARPINTERÍA DEPTO CENTRAL PB	1	25-sep
1	80	CARPINTERÍA DEPTO LATERAL N1 Y N2	4	02-oct
1	81	CARPINTERÍA DEPTO CENTRAL N1 Y N2	1	02-oct

1	82	MUEBLES DE BAÑO DEPTO LATERAL	6	02-oct
1	83	MUEBLES DE BAÑO DEPTO CENTRAL	3	02-oct
1	84	IMPERMEABILIZANTE	1	16-oct
1	85	FONDO EXTERIOR	1	16-oct
1	86	PINTURA PRIMER MANO	1	23-oct
1	87	PINTURA SEGUNDA MANO	1	30-oct
1	88	ENTREGA DE DEPTOS A ATENCIÓN	9	24-nov
1	89	ENTREGA EDIFICIO GENERAL	1	24-nov

Fuente: Elaboración propia

Con estas fechas se tiene la base para el control y el monitoreo del proyecto, la intervención únicamente se realizó en las estaciones de las celdas marcadas en color azul con lo cual se definió la muestra de la investigación de esta intervención. Las fechas de referencia sirvieron para iniciar la sesión Pull.

10.2 Sesión Pull

Se analizaron 5 semanas en el futuro para darle continuidad a los trabajos. Para empezar la reunión, se asigna un color a cada contratista (Tabla 11). El residente de obra coloca en la sesión Pull los recuadros color naranja en el tablero indicando la fecha compromiso en la que se tiene pactada la entrega de cada estación según el plan de fases (Tabla 12).

Tabla 11
Código de colores por contratista

Especialidad	Color
Albañilería	Rojo
Albañilería	Rojo
Fierrero	Verde
Carpintero de obra negra	Gris
Fontanero	Amarillo
Electricista	Amarillo
Pisiero	Cian
Cancelería	Naranja
Yesero	Púrpura
Herrero	Azul claro
Pintor	Magenta
Carpintero	Verde oscuro

Fuente: Elaboración propia

Posteriormente, cada contratista debe colocar el recuadro de su color asignado previamente y explica a los demás asistentes las razones por las cuales propone esa posición. Esta acción provocó un debate debido a que se exponen las necesidades de cada contratista para poder cumplir con las fechas pactadas en el plan de fases, esta información se plasmó en la tabla 12.

Por ejemplo, el fontanero solicitaba al herrero que no se colocara la malla electrosoldada antes de las colocación de las instalaciones sanitarias, eléctricas e hidráulicas ya que eso le provocaba a sus trabajadores atrasos, lesiones y se demeritaba la calidad de los trabajos por las maniobras necesarias. Se enlistaron todas las necesidades y los compromisos de los asistentes en la tabla 13.

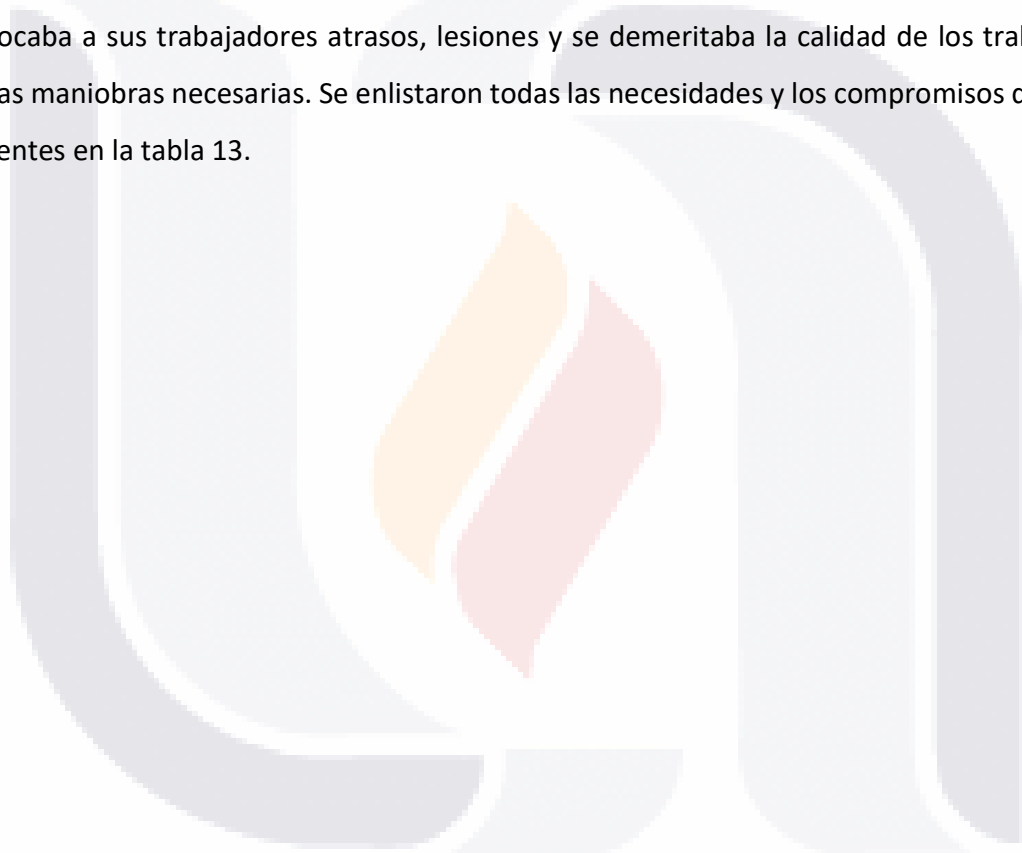


Tabla 13
Tabla de Compromisos y necesidades

Partida	Fecha de termino	Compromisos			Necesidades		
		¿Quién?	¿Qué?	¿Cuándo	¿Quién?	¿Qué?	¿Cuándo
CIMBRA Y ARMADO LOSA AZOTEA	11-ago	Carpintero	Tener la losa apuntalada y colocacion de vigueta y bovedilla para el lunes	08/08/2022	Fierrero	Que el fierrero coloque los armex para poder subir la vigueta y bovedilla	
		Fierrero	Tener toda la losa armada a excepcion de la malla	08/08/2022	Fontanero	Que el fierrero no coloque la malla electrosoldada para facilitar las instalaciones y garantizar la calidad	
		Fontanero	Colocacion de instalaciones sanitarias, hidraulicas, electricas y aire acondicionado	09/08/2022			
		Carpintero	Colocacion de cimbra de frontera	10/08/2022			
		Fierrero	Colocacion de malla electrosoldada	10/08/2022			
COLADO DE LOSA AZOTEA	14-ago	Albañil	Colado de losa de azotea	11/08/2022	Fontanero	Tuberias cargadas para la prueba hidraulica	10/08/2022
ALBAÑILERIA DE AZOTEA	14-ago	Albañil	Forjado de pretilas en azotea	14/08/2022	Carpintero	Retiro de cimbra de frontera	12/08/2022
FIRME DEPARTAMENTO LATERAL	21-ago	Albañil	Colado de firme	05/10/2022	Residente de obra	Suministro, colocacion e instalacion de sistema	02/10/2022
FIRME DEPARTAMENTO CENTRAL	21-ago	Albañil	Colado de firme	05/10/2022			
FIRME DEPARTAMENTO LATERAL	21-ago	Albañil	Colado de firme	05/10/2022			
FIRME COMUN Y DE PATIOS	21-ago	Albañil	Colado de firme	19/08/2022			
JARDINERA PB	21-ago	Albañil	Forjado de jardineras	03/09/2023	Residente de obra	Definicion de problema de agua estancada en planta baja	21/08/2022
RECUBRIMIENTOS DEPTO LATERAL	21-ago	Pisero	Colocacion de piso en departamento N1 Y N2	21/08/2022			
RECUBRIMIENTO PLANTA BAJA	21-ago	Pisero	Colocacion de piso en area comun PB	04/09/2022	Albañil	Forjado de jardineras	03/09/2023

Fuente: Elaboración propia

Con la información recopilada y los compromisos pactados se le dio seguimiento para la liberación de actividades. En esta etapa de la aplicación de la metodología se observó un debate muy provechoso porque al asistir todos los involucrados a la sesión Pull se pudieron hacer acuerdos para el flujo continuo de los trabajos y a pesar de que en las primeras semanas aún faltaba programación, se empezaron a ver resultados positivos como debates y aclaraciones de dudas en favor de la ejecución del proyecto.

10.3 Planeación Para Estar Listos

En esta etapa fue posible liberar en tiempo y forma las restricciones que se presentaron para poder tener un listado de las actividades liberadas para ser ejecutadas dentro de las próximas 4 semanas sin demoras de ningún tipo. En la tabla 14 se presentan algunas de las restricciones que se generaron, el impacto de la estación que afecta, las acciones

propuestas para que no fuera un contratiempo en la ejecución de los trabajos, el responsable de liberar la restricción, la fecha compromiso de liberación, y para monitorear su cumplimiento, se incluyó la fecha real de liberación, los días de atraso y el estatus en forma binaria con los criterios abierta/cerrada para su identificación.

Tabla 14
Restricciones liberadas

ID	OBRA:			FECHA DE ELABORACION:					
	DESCRIPCION DE LA RESTRICCION / ACTIVIDAD PREVIA	IMPACTO / PARTIDA Y TAREA QUE SE VE AFECTADA	ACCION	RESPONSABLE DE LIBERARLA	SEMANA DE COMPROMISO	FECHA DE COMPROMISO	FECHA REAL DE LIBERACION	DIAS DE RETRASO	ABIERTA / CERRADA
1	Colocacion de escuadras para soportar la losa inclinada	Losa inclinada	Solicitar al fierro el forjado y la colocacion de las escuadras	Fierrero	Semana 5	30-ago	31-ago	1	Cerrada
2	Suministro de panel W para la cimbra y armado de losa inclinada	Losa inclinada	Solicitar al proveedor el panel	Residente de obra	Semana 4	23-ago	23-ago	0	Cerrada
3	Suministro de concreto bombeado para el colado de losa inclida	Losa inclinada	Solicitar al proveedor el concreto y la bomba	Residente de obra	Semana 4	05-sep	05-sep	0	Cerrada
4	Suministro de Yeso y acarreo al frente	APLANADO INTERIOR DEPARTAMENTOS CENTRALES	Solicita al proveedor 4 Ton de yeso y al chofer el acarreo del material	Residente de obra	Semana 6	05-sep	05-sep	0	Cerrada

Fuente: Elaboración propia

Una vez que las restricciones fueron liberadas, se pudieron programar actividades que ya estuvieran listas para su ejecución o estaban por ser liberadas, pero como ya se tenían bien identificadas las restricciones, ya solo era cuestión de seguir con la liberación en tiempo y forma para que no se generara retraso. En la tabla 15 se puede observar la forma en que se programó la duración de cada actividad especificando el inicio y fin de cada una.

Tabla 15
Programación para estar listos

Partida	Responsable	22-ago	23-ago	24-ago	25-ago	26-ago	27-ago	29-ago	30-ago	31-ago	01-sep	02-sep	03-sep	05-sep	06-sep	07-sep	08-sep	09-sep	10-sep	12-sep	13-sep	14-sep	15-sep	16-sep	17-sep
		Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Sa	Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Sa	Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Sa	Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Sa
LOSA INCLINADA	Fierrero y Albañil																								
RECUBRIMIENTOS DEPTO CENTRAL	Pisero																								
RECUBRIMIENTO PLANTA BAJA	Pisero																								
APLANADO EXTERIOR FACHADA	Albañil																								
APLANADO EXTERIOR FACHADA	Albañil																								
ESCALERA PB	Pisero																								
APLANADO EXTERIOR FACHADA	Albañil																								
RASTREO PARA RECIBIR CANTERA	Albañil																								

Fuente: Elaboración propia

De esta manera, se empezó a observar la reducción significativa de las causas de incumplimiento ya que se determinaron previamente los contratiempos que pudieran generarse dentro de las próximas 4 semanas y únicamente se asignaron tareas listas para ejecutarse. También se observó que aumentó significativamente la comunicación entre los contratistas ya que todos expresaban sus necesidades y había una retroalimentación de todos los involucrados en el campo de trabajo. Al llegar a este punto, se aumentó el nivel de detalle en la planeación semanal para poder medir el cumplimiento de actividades y las causas de incumplimiento.

10.4 Planeación Semanal

La planeación semanal ayudó bastante a programar los trabajos de la semana como se muestra en la tabla 16 ya que con este formato se pudo hacer ajustes a corto plazo de alguna situación que se hubiera omitido en las planeaciones previas. Las reuniones de la planeación semanal se hicieron con los contratistas y los residentes de obra los viernes para poder programar los trabajos de la siguiente semana y recordar lo que se había acordado en la sesión pull y en la planeación para estar listos. Era de suma importancia la entrega de la planeación el mismo día para que los contratistas pudieran organizarse de manera adecuada sin generar retrasos.

Los miércoles, se dedicó a validar el avance de los destajos de los contratistas para verificar el alcance que habían tenido dentro de los primeros 3 días de la semana y prever el pago correspondiente, también se revisó de manera puntual el cumplimiento de las restricciones programadas para su liberación en la planeación para estar listos y se consultaba si existiera alguna otra restricción que pudiera afectar el flujo de los trabajos. Este recorrido se realizaba puntualmente con el contratista de cada especialidad por separado para validar que tuviera en mente la planeación semanal y las restricciones pendientes de liberar antes de terminar la semana.

Los jueves, se revisaba el avance semanal evaluando si se estaban cumpliendo las actividades comprometidas que se enlistaban en la junta de los viernes y a las actividades

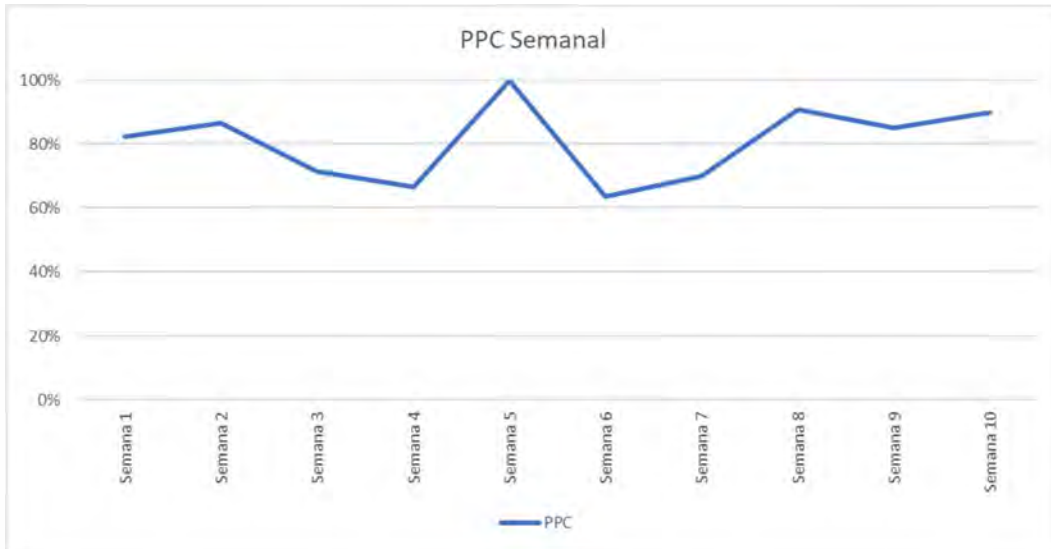
que ya tenían retraso, se les asignaron las razones de incumplimiento teniendo en cuenta que todavía tenían jueves y viernes para completar la actividad. Si la actividad estaba a punto de completarse se marcaba como completada. Con la información obtenida los jueves fue posible evaluar los indicadores PPC y CNC.

La Tabla 16 muestra las actividades asignadas durante la semana indicando el porcentaje de avance propuesto y el porcentaje de avance real. En los casos en que no se logró cumplir la propuesta se consideró como incompleta y se les asignó la causa de incumplimiento. Para obtener el porcentaje de plan completado que es uno de los indicadores clave de rendimiento, se comparó el total de actividades asignadas con respecto a las actividades que se cumplieron totalmente.

Los porcentajes obtenidos cada semana reportados en el ANEXO II se grafican para mostrar el grado de cumplimiento de la planeación de fases contra la realidad (Figura 23). Se puede observar que, al inicio, el nivel de cumplimiento era satisfactorio, pero fue decreciendo a partir de la segunda semana debido a la falta de una metodología de gestión administrativa en construcción. A partir de entonces se inició con la implementación de las herramientas LPS pero sus efectos no fueron inmediatos. Fue hasta la semana 5 donde se logró el incremento del PPC aunque volvieron a surgir inconvenientes debido a que continuaron surgiendo actividades retrasadas de semanas anteriores.

En la semana 6 hubo un problema de suministro de materiales que no se pidieron a tiempo y el carpintero estaba saturado de trabajo por lo cual no se pudieron liberar algunas restricciones. A partir de la semana 7 se logró prever las restricciones, se cumplieron compromisos y necesidades de los contratistas y las actividades estaban liberadas para ser ejecutadas sin contratiempos observándose un cambio significativo en el avance del proyecto y el ambiente de trabajo.

Figura 23
 Datos del PPC obtenidos durante la estancia profesional



Fuente: Elaboración propia

Las actividades que no fueron completadas en tiempo y forma durante el periodo de intervención se les asignó una causa de incumplimiento y se reportan en el ANEXO III. La Tabla 19 muestra el concentrado de causas de incumplimiento y su ponderación expresado en porcentaje y se presentan en forma gráfica en la Figura 24. Las causas de incumplimiento que predominaron durante el periodo de la intervención fueron la deficiente gestión en el suministro de materiales y la falta de mano de obra para ejecutar las actividades.

Tabla 17
 Causas de incumplimiento

Total, de CNC	
Actividad previa	5%
Materiales	29%
Mano de obra	29%
Herramienta y Equipo	0%
Mal tiempo	5%
Planeación	19%
Cambios de diseño	0%
Imprevistos	14%

Fuente: Elaboración propia

Figura 24
Concentrado de causas de incumplimiento



Fuente: Elaboración propia

Los indicadores PPC y CNC permiten evidenciar el grado de avance del proyecto y las causas de retraso por lo que se pueden tomar las decisiones para reducir el incumplimiento y que lo planeado se acerque a la realidad. Para dar a conocer esta información se realiza una junta diaria de retroalimentación para favorecer un proceso de mejora continua.

10.5 Junta Diaria

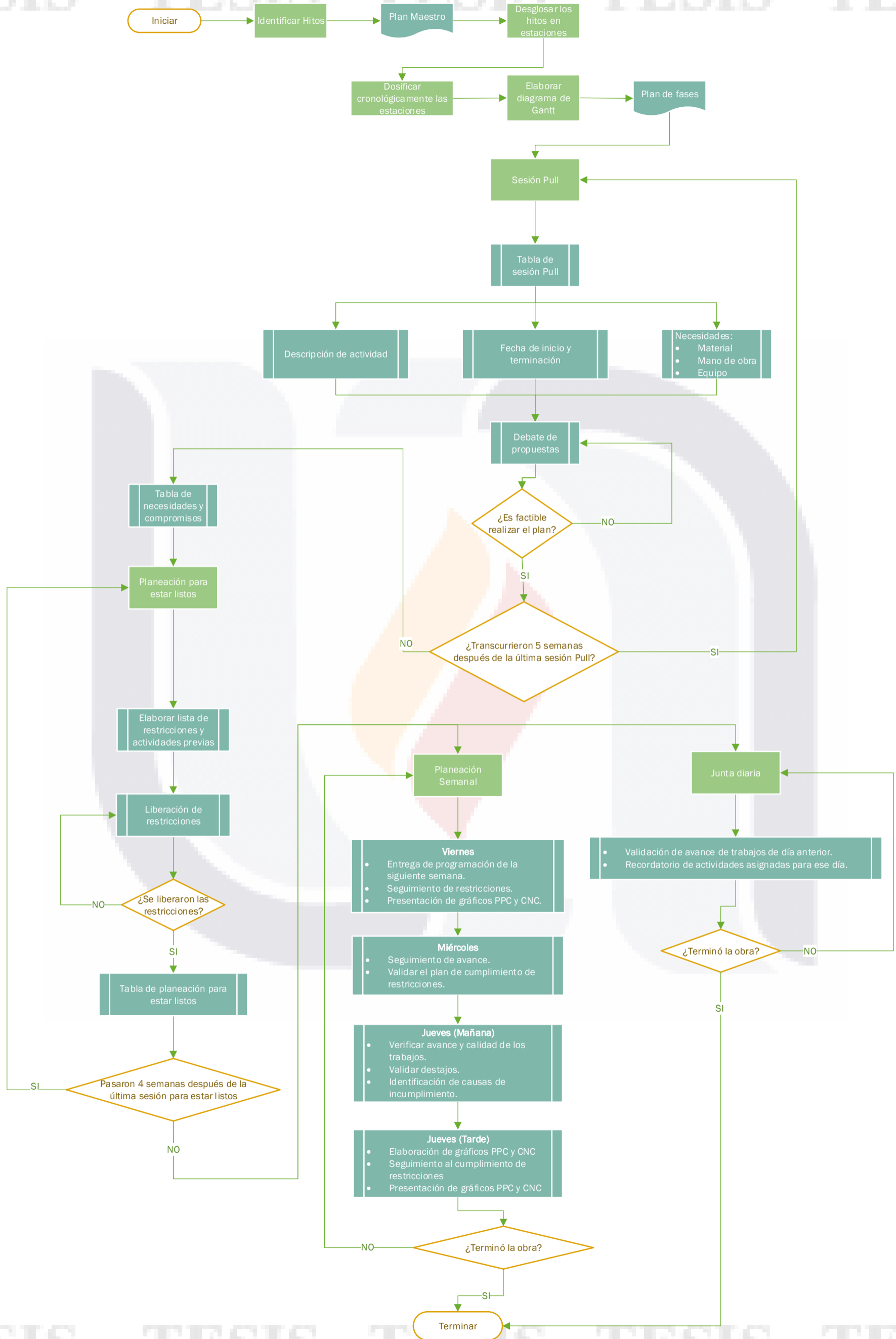
El objetivo de la junta diaria es únicamente para recordar las actividades programadas para ese día, dar seguimiento al cumplimiento de las actividades del día anterior y retroalimentar las causas de incumplimiento para que no se vuelvan a presentar. La realización de esta reunión resulta benéfica porque mantiene a todos los participantes informados y con el compromiso de cumplir con lo pactado con anterioridad.

10.6 Diagrama De Flujo

Los beneficios de la aplicación de la metodología Lean Construction se logran debido a que sus herramientas permiten dar seguimiento de manera efectiva a las necesidades y requerimientos de todos los involucrados y considera la resolución de restricciones para lograr el cumplimiento de la planeación del proyecto de manera integral. El diagrama de flujo (Figura 25) recapitula el proceso de manera esquemática donde se percibe la interrelación y la continuidad de la Metodología Lean Construction.



Figura 25
Diagrama de flujo



Fuente: Elaboración propia

10.7 Complicaciones

- La principal complicación a la que nos enfrentamos al iniciar con la aplicación de la metodología fue la falta de tiempo para poder atender la implementación.
- Al ser algo nuevo para todos los involucrados del proyecto se volvió difícil la sensibilización por la resistencia al cambio.
- Al inicio de la aplicación de la metodología, la programación de las actividades se hizo únicamente de la semana en curso sin poder liberar restricciones.
- Se inició únicamente la aplicación con los residentes de obra en una primera etapa para que pudiera ser un grupo reducido de personas y lograr la comprensión, en una segunda etapa se involucró a los contratistas para poder llegar a la realidad de lo que se ejecutaría durante la semana y que ellos mismos crearan compromisos.
- De inicio los involucrados al proyecto lo veían como una carga de trabajo adicional a la que ya tenían asignada por lo cual hubo cierto nivel de resistencia y pereza para que se convirtiera en realidad por lo cual se tuvo que hacer una plática motivacional con el fin de que los involucrados lo vieran como un cambio positivo que ayudaría a todos a hacer más fácil y mejor el trabajo asignado.
- El control de avances era poco certero debido a que aún no se sabía desglosar las fases en actividades alcanzables que permitieran monitorear el avance de manera recurrente.

Conclusiones

La metodología LC es una secuencia ordenada de procedimientos que permite garantizar la realización de los proyectos de acuerdo con la planeación en tiempo y forma debido a que promueve la supervisión continua y anticipa las dificultades dando oportunidad de resolverlas.

La implementación de LC aumenta la eficiencia de gestión de las empresas del sector de la construcción en la ejecución de los proyectos asignados al concluir en el tiempo, costo y calidad programados por lo que proporciona un mejor servicio al cliente y rentabilidad para la constructora.

Es notable la mejora que ofrece la aplicación de la metodología Lean Construction al ser implementado a un proyecto constructivo debido a que se logra prever los contratiempos que se gestionan oportunamente por lo que las actividades se cumplen según lo planeado reduciendo los costos de ejecución optimizando los recursos financieros, humanos y materiales.

Al tener una mejor planeación y con el uso indicadores de rendimiento como el PPC se puede monitorear el avance real contra lo planificado durante todo el proyecto y hacer las adecuaciones necesarias antes de que llegue la fecha de compromiso para que se cumplan los hitos según el programa.

La detección y valoración de las CNC favorece el proceso de mejora continua al permitir retroalimentar defectos y demoras que surgen dentro de un periodo establecido y hacer los ajustes pertinentes para evitar contratiempos, disminuir retrasos y generación de desperdicios y como consecuencia se optimiza el proceso.

La cultura de trabajo colaborativo que se promueve ayuda a tener comunicación efectiva, trabajar de manera fluida con los equipos de trabajo para cooperar de manera oportuna y completar el proyecto con éxito.

Referencias

- Al-Aomar, R. (2012). Analysis of lean construction practices at Abu Dhabi construction industry. In *Lean Construction Journal*, Volumen (2012), 105-121. www.leanconstructionjournal.org
- Cantú, A., López, M., y Peirone, P. (2018). *ANÁLISIS DE LOS FACTORES QUE AFECTAN LA PRODUCTIVIDAD DE OBRAS CIVILES*. [Ponencia] Jornada de Divulgación de la Carrera de Ingeniería Civil. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Cuyo. <https://bdigital.uncu.edu.ar/fichas.php?idobjeto=10948>
- Bertelsen, S. (2004). *LEAN CONSTRUCTION: WHERE ARE WE AND HOW TO PROCEED?*, *Lean Construction Journal*, Volumen (1#1) 46-69. www.leanconstructionjournal.org
- Díaz, L. (2017). *BARRERAS, FACTORES DE ÉXITO Y ESTRATEGIAS EN LA IMPLEMENTACIÓN DE LEAN EN LA CONSTRUCCIÓN. UNA PRIMERA APROXIMACIÓN A LA SITUACIÓN EN ESPAÑA*. Universitat Politècnica de València. https://polibuscador.upv.es/permalink/34UPV_INST/nhh70d/alma998218427803706
- Forbes, L. y Ahmed, S., (2010). *Modern Construction Lean Project Delivery and Integrated Practices*. Taylor & Francis Group.
- García, O. (2012). *APLICACION DE LA METODOLOGIA LEAN CONSTRUCTION EN LA VIVIENDA DE INTERES SOCIAL*. [Tesis de especialización en gerencia de proyectos] Universidad EAN. Bogotá. Colombia. <https://bdbiblioteca.universidadean.edu.co/login?url=https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=cat00798a&AN=sib.000084651&lang=es&site=eds-live&scope=site>
- Hernández, J. (2013). *Lean manufacturing Conceptos, técnicas e implantación medio ambiente industria y energía*. Escuela de organización industrial. Madrid. España.

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

https://www.eoi.es/sites/default/files/savia/documents/EOI_LeanManufacturing_2013.pdf

Hoyos, M., y Botero, L. (2018). Evolución e impacto mundial del Last Planner System: una revisión de la literatura. *Ingeniería y Desarrollo*, 36(1), 188–215. <https://doi.org/10.14482/inde.32.2.5406>

Impulsa. (2022). *Capital Casas en venta en Aguascalientes - Impulsa Inmuebles*. <https://www.impulsainmuebles.com.mx/fraccionamientos-residenciales/capitala-49>

INEGI. (2020). *ESTADÍSTICAS A PROPÓSITO DEL DÍA NACIONAL DE LA VIVIENDA (7 DE FEBRERO)*. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/513675/Programa_Nacional_de_Vivienda_2019-2024.pdf

Koskela, L. (1992). *CIFECENTER FOR INTEGRATED FACILITY ENGINEERING APPLICATION OF THE NEW PRODUCTION PHILOSOPHY TO CONSTRUCTION*. Center for integrated facility engineering. Stanford University. <https://stacks.stanford.edu/file/druid:kh328xt3298/TR072.pdf>

Marhani, M. A., Jaapar, A., y Bari, N. A. A. (2012). Lean Construction: Towards Enhancing Sustainable Construction in Malaysia. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 68, 87–98. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.12.209>

Medina C. (2020). *LAST PLANNER SYSTEM. PIEZA FUNDAMENTAL DE LA PLANIFICACIÓN COLABORATIVA EN LEAN CONSTRUCTION*. <https://www.leanconstructionmexico.com.mx/post/last-planner-system-pieza-fundamental-de-la-planificaci%C3%B3n-colaborativa-en-lean-construction>

Patel, A. (2011). *THE LAST PLANNER SYSTEM FOR RELIABLE PROJECT DELIVERY*. Thesis [M.S.]. The University of Texas at Arlington. https://uta.alma.exlibrisgroup.com/discovery/openurl?institution=01UTAR_INST&rfr

_id=info:sid%2Fsummon&rft_dat=ie%3D51101282850004911,language%3DEN&svc_dat=CTO&u.ignore_date_coverage=true&vid=01UTAR_INST:Services

Ponz, J., Cerveró, F., y Alarcón, L. (2013). *Last Planner System*. Escuela técnica superior ingeniería de Edificación. *Universitat Politècnica de València*.

Porras, H., Sánchez, G. y Galvis, J. (2014). Lean Construction philosophy for the management of construction projects: a current review. *AVANCES Investigación En Ingeniería*, 11(1).

Sociedad Hipotecaria Federal. (2022). *Demanda de financiamiento de vivienda 2022*, Secretaria de Hacienda y Crédito Publico.

Statista. (2022). *El sector de la construcción en México – Datos estadísticos | Statista*. https://es.statista.com/temas/6622/el-sector-de-la-construccion-en-mexico/#topicHeader_wrapper

Think Productivity, (2020), ¿QUÉ ES LEAN CONSTRUCTION? ¿PUEDE INTERESARME CONOCERLO?, <https://think-productivity.com/lean-construction-es-para-mi-2/>

Toyota. (2017). *Sistema de producción Toyota: la filosofía empresarial más admirada | Toyota MX*. <https://www.toyota.mx/blog/somos-toyota/sistema-de-produccion-toyota-la-filosofia-empresarial-mas-admirada>

ANEXOS

ANEXO I. Control de Avance

Semana 3: 8 de agosto al 14 de agosto de 2022

Figura 26
Estado del proyecto en la semana 3



Fuente: Elaboración propia

Semana 4: 22 de agosto al 28 de agosto de 2022

Figura 27
Estado del proyecto en la semana 4



Fuente: Elaboración propia

Semana 5: 29 de agosto al 4 de septiembre de 2022

Figura 28
Estado del proyecto en la semana 5



Fuente: Elaboración propia

Semana 6: 5 de septiembre al 11 de septiembre de 2022

Figura 29
Estado del proyecto en la semana 6



Fuente: Elaboración propia

Semana 7: 12 de septiembre al 18 de septiembre de 2022

Figura 30
Estado del proyecto en la semana 7



Fuente: Elaboración propia

Semana 8: 19 de septiembre al 25 de septiembre de 2022


Figura 31
Estado del proyecto en la semana 8



Fuente: Elaboración propia


ANEXO II. Documentación De Registro De Planeación Semanal

Tabla 18
Programa semana de obra Semana 1

Programa semanal												
			Semana: 1 Agosto -7 Agosto				PPC % Semanal 82%		Causas de no cumplimiento			
			Cumplimiento		PPC		Actividad previa	Materiales	Mano de obra	Herramienta y Equipo	Mal tiempo	Planeación
Partida	Concepto	Responsable	%Comp	% Real	PPC						Observaciones	
Albañileria azotea												
Armado de acero de azotea			100%	100%	1							
Armado de columnas y castillos			100%	100%	1							
Colocacion de vigueta			100%	100%	1							
Colocacion de bovedilla			100%	100%	1							
Instalacion santinaria			100%	100%	1							
Instalacion hidraulica			100%	100%	1							
Instalacion electrica			100%	100%	1							
Colocacion de cimbra de frontera			100%	100%	1							
Colocacion de malla electrosoldada			75%	50%	0				1			Las lluvias no permitieron continuar con los trabajos
Aplanados en muros departamento 1			100%	100%	1							
Aplanados en muros departamento 2			100%	75%	0		1					A falta de una mala cuatificacion de materiales se retrazo la actividad
Aplanados en muros departamento 3			100%	100%	1							
Aplanados en plafones departamento 4			100%	100%	1							
Aplanados en plafones departamento 5			100%	80%	0		1					A falta de una mala cuatificacion de materiales se retrazo la actividad
Aplanados en plafones departamento 6			100%	100%	1							
Colocacion de piso en departamento 1			100%	100%	1							
Colocacion de piso en departamento 3			80%	80%	1							
					0 2 0 0 1 0 0 0							


Fuente: Elaboración propia

Tabla 19
Programa semana de obra Semana 2

Programa semanal													
		Semana: 8 Agosto -14 Agosto				PPC % Semanal	Causas de no cumplimiento				Observaciones		
						87%	Actividad previa	Materiales	Mano de obra	Herramienta y Equipo		Mal tiempo	Planeacion
Partida	Concepto	Responsable	Cumplimiento		PPC								
			%Comp	% Real									
Albañileria azotea													
	Colocacion de malla electrosoldada		100%	100%	1								
	Colado de concreto en azotea		100%	100%	1								
	Limpeza de plataforma de azotea		100%	100%	1								
	Forjado de muro de block		100%	100%	1								
	Colado de castillos ahogados		100%	90%	0					1		Falta de tiempo para ejecutar la actividad	
	Aplanados en muros departamento 2		100%	100%	1								
	Cimbrado y colado de columnas y castillos		100%	100%	1								
	Aplanados en plafones departamento 5		100%	100%	1								
	Colocacion de piso en departamento 3		100%	100%	1								
	Aplanados en muros departamento 5		100%	100%	1								
	Aplanados de muros departamento 6		100%	80%	0					1		Falta de tiempo para ejecutar la actividad	
	Aplanados en muros departamento 7		100%	100%	1								
	Colocacion de piso en departamento 2		100%	100%	1								
	Colocacion de piso en departamento 4		100%	100%	1								
	Colocacion de piso en departamento 6		40%	40%	1								
			-										
			-										
			-										
						0	0	0	0	0	2	0	0


Fuente: Elaboración propia

Tabla 21
Programa semanal de obra Semana 4

Programa semanal														
			Semana: 22 Agosto - 28 Agosto							PPC % Semanal 67%				
			Causas de no cumplimiento							PPC				
Partida	Concepto	Responsable	Cumplimiento		PPC	Actividad previa	Materiales	Mano de obra	Herramienta y Equipo	Mal tiempo	Planeación	Cambios de diselo	Imprevistos	Observaciones
			%Comp	% Real										
Albañilería azotea														
Colado de losa inclinada	100		100%	100%	1									
Aplanados en plafones departamento 8			100%	100%	1									
Aplanados en muros departamento 9			100%	100%	1									
Colado de bases para minisplit			100%	70%	0							1		Hubo algunas fallas que se resolvieron previamente
Aplanados en plafones departamento 9			100%	100%	1									
Colocacion de piso en departamento 7			100%	100%	1									
Repellado grueso exterior depa 3, 6, 9			100%	100%	1									
Repellado fino exterior depa 3,6, 9			20%	0%	0						1			No se contrataron adamos para ejecutar el trabajo
Aplanados en muros departamento 7			100%	100%	1									
Aplanados en muros departamento 8			100%	100%	1									
Colocacion de piso en departamento 8			100%	80%	0			1						Falto personal
Colocacion de piso en departamento 9			25%	0%	0			1						Falto personal
			-											
			-											
			-											
						0 0 2 0 0 1 0 1								


Fuente: Elaboración propia

Tabla 22
Programa semanal de obra Semana 5

Programa semanal																
			Semana: 29 Agosto - 4 Septiembre							PPC % Semanal						
										100%						
Partida	Concepto	Responsable	Cumplimiento		PPC	Causas de no cumplimiento								Observaciones		
			%Comp	% Real		Actividad previa	Materiales	Mano de obra	Herramienta y Equipo	Mal tiempo	Planeacion	Cambios de diselo	Imprevistos			
Colado de bases para minisplit			100%	100%	1											
Repellado fino exterior depa 3,6, 9			100%	100%	1											
Colocacion de piso en departamento 8			100%	100%	1											
Colocacion de piso en departamento 9			100%	100%	1											
Repellado grueso fachada lateral			100%	100%	1											
Repellado grueso fachada posterior			100%	100%	1											
Colocacion de celosia en fachada principal			100%	100%	1											
			-													
			-													
						0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0


Fuente: Elaboración propia

Tabla 23
Programa semanal de obra Semana 6

Programa semanal																		
				Semana: 5 Septiembre - 11 Septiembre						PPC % Semanal		Causas de no cumplimiento				Observaciones		
				64%		Actividad previa		Materiales		Mano de obra		Herramienta y Equipo		Mal tiempo			Planeacion	
Partida	Concepto	Responsable	Cumplimiento		PPC													
			%Comp	% Real														
Repellado fino en fachada lateral			100%	100%	1													
Repellado fino fachada posterior			100%	100%	1													
Colocacion de teja en azotea			50%	40%	0		1											No se solicito la teja necesaria
Colocacion de tablaroca en celosia			100%	100%	1													
Relleno de cisterna			100%	100%	1													
Repellado grueso en departamento 1,4,7			100%	100%	1													
Pintura en vanos de ventanas			50%	20%	0		1											No habia suficiente pintura
Colado de cadenas para muros tapon en patios			100%	90%	0											1		Falto quitar cimbra
Colocacion de cantera en fachada principal			20%	0%	0		1											No llego la mano de obra
Colocacion de piso en pasillo N1			90%	90%	1													Falta colocar coladeras
Colocacion de piso en pasillo N2			90%	90%	1													Falta colocar coladeras
			-															
			-															
			-															
			-															
					0 3 0 0 0 0 0 0 1													


Fuente: Elaboración propia

Tabla 24
Programa semanal de obra Semana 7

Programa semanal														
			Semana: 12 Septiembre - 18 Septiembre							PPC % Semanal 70%				
			Causas de no cumplimiento							PPC []				
Partida	Concepto	Responsable	Cumplimiento		PPC	Actividad previa	Materiales	Mano de obra	Herramienta y Equipo	Mal tiempo	Planeacion	Cambios de diseño	Imprevistos	Observaciones
			%Comp	% Real										
	Fabricacion de registros para control de cisterna		80%	80%	1									
	Aplanado fino en fachadas principal		100%	90%	0						1			El alcance superaba al personal
	Colocacion de herraria en ventanas de fachada principal		100%	100%	1									
	Forjado de muros tapon en patios		100%	100%	1									
	Colocacion de teja en azotea		100%	100%	1									
	Pintura en vanos de ventanas		100%	20%	0		1							No habia suficiente pintura
	Colado de cadenas para muros tapon en patios		100%	90%	0			1						No se presento el personal
	Colocacion de cantera en fachada principal		100%	100%	1									
	Colocacion de pintura en departamentos PB		100%	100%	1									
	Cableado de departamentos PB		100%	100%	1									
			-											
			-											
			-											
						0 1 1 0 0 1 0 0								

Fuente: Elaboración propia

Tabla 25
Programa semanal de obra Semana 8

Programa semanal																
			Semana: 19 Septiembre - 25 Septiembre							PPC % Semanal						
										91%						
Partida	Concepto	Responsable	Cumplimiento		PPC	Causas de no cumplimiento							Observaciones			
			%Comp	% Real		Actividad previa	Materiales	Mano de obra	Herramienta y Equipo	Mal tiempo	Planeacion	Cambios de diseño		Imprevistos		
Aplanado fino en fachadas principal			100%	100%	1											
Pintura en vanos de ventanas			100%	20%	0			1								No asistio el pintor
Colado de cadenas para muros tapon en patios			100%	100%	1											
Colocacion de marcos de canceleria PB			100%	100%	1											
Colocacion de marcos de canceleria N1			100%	100%	1											
Cableado de departamentos N1			100%	100%	1											
Colocacion de luminarias PB			100%	100%	1											
Colocacion de carpinteria N1			100%	100%	1											
Colocacion de carpinteria PB			100%	100%	1											
Aplanado de techumbre en N2			100%	100%	1											
Colocacion de accesorios electricos en PB			100%	100%	1											
			-													
			-													
			-													
			-													
						0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0

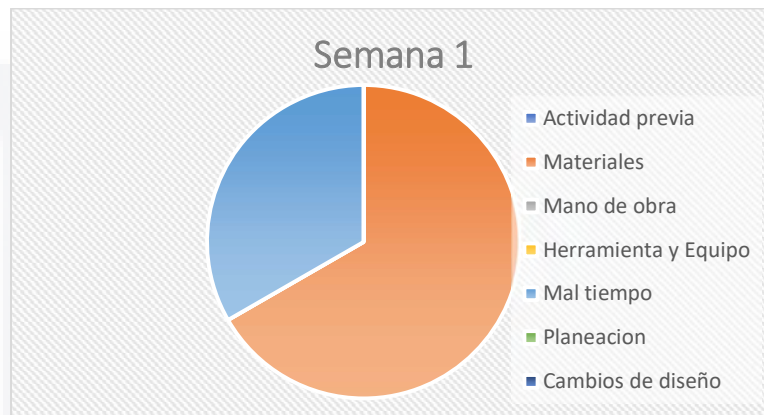
Fuente: Elaboración propia

ANEXO III. Comparativa De Gráficos CNC

Gráfico total del periodo de investigación

Semana1: 1 de agosto al 7 de agosto de 2022

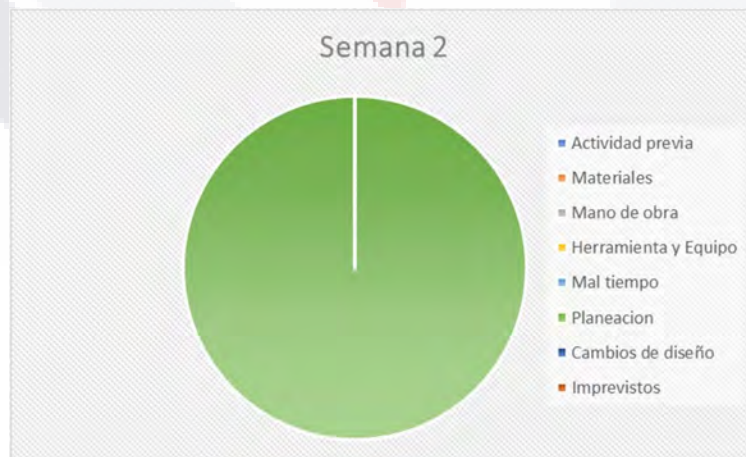
Figura 32
Resultados de la medición de CNC Semana 1



Fuente: Elaboración propia

Semana2: 8 de agosto al 14 de agosto de 2022

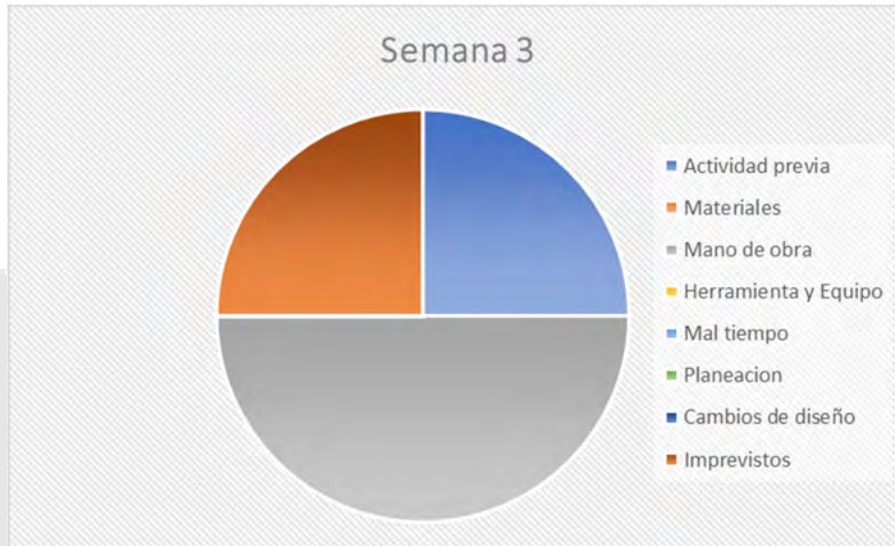
Figura 33
Resultados de la medición de CNC Semana 2



Fuente: Elaboración propia

Semana 3: 15 de agosto al 21 de agosto de 2022

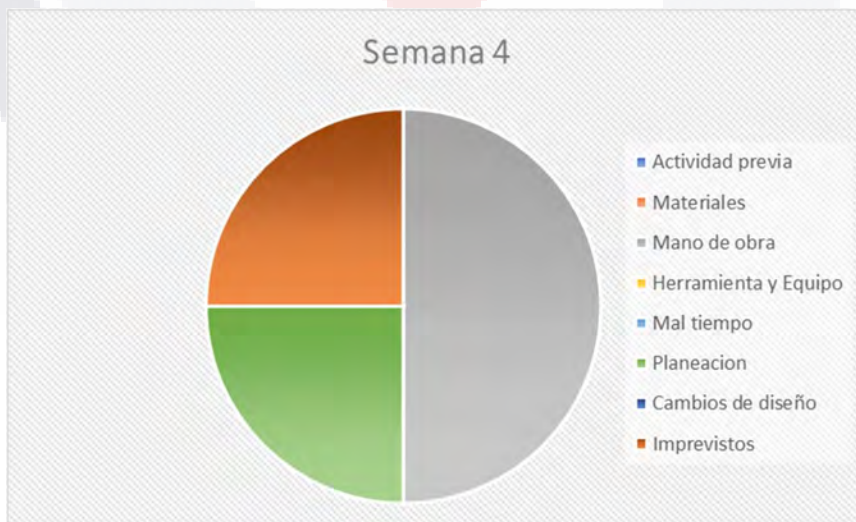
Figura 34
Resultados de la medición de CNC Semana 3



Fuente: Elaboración propia

Semana 4: 22 de agosto al 28 de agosto de 2022

Figura 35
Resultados de la medición de CNC Semana 4



Fuente: Elaboración propia

Semana 5: 29 de agosto al 4 de septiembre de 2022

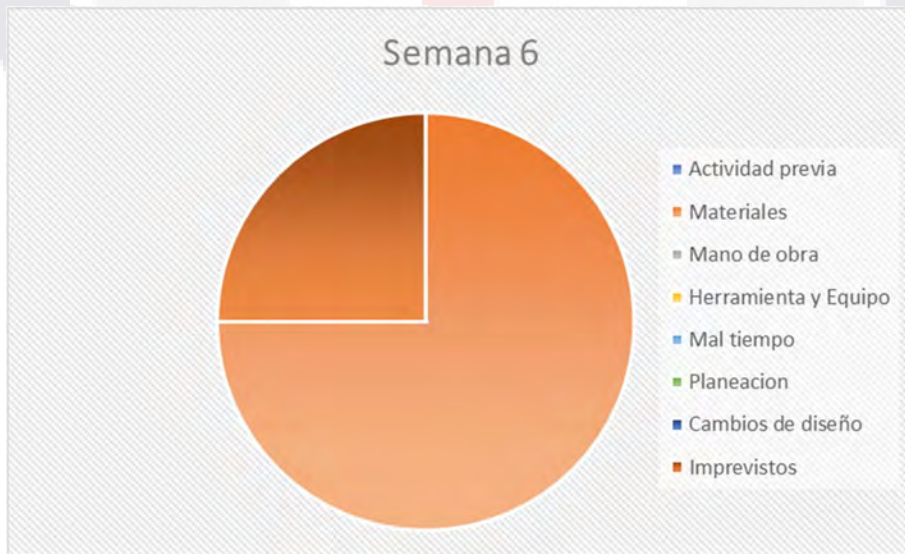
Figura 36
Resultados de la medición de CNC Semana 5



Fuente: Elaboración propia

Semana 6: 5 de septiembre al 11 de septiembre de 2022

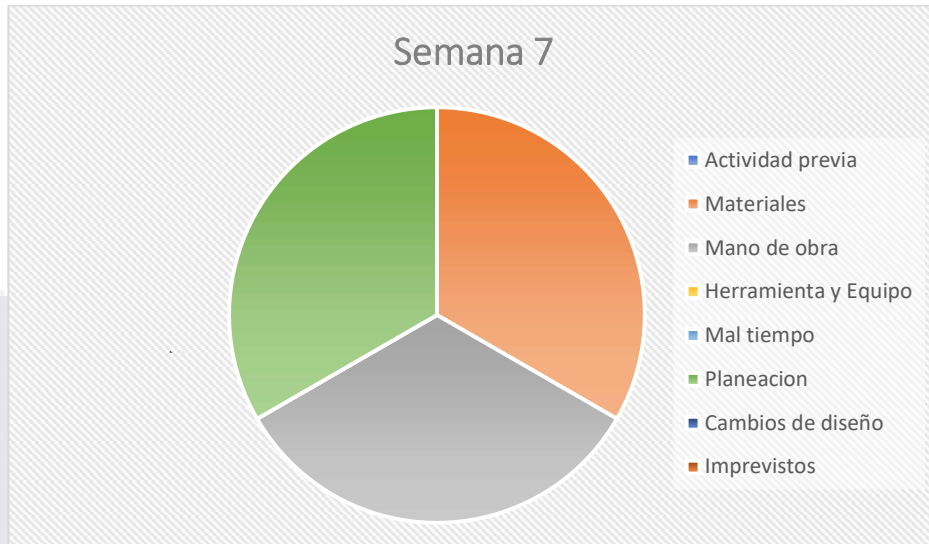
Figura 37
Resultados de la medición de CNC Semana 6



Fuente: Elaboración propia

Semana 7: 12 de septiembre al 18 de septiembre de 2022

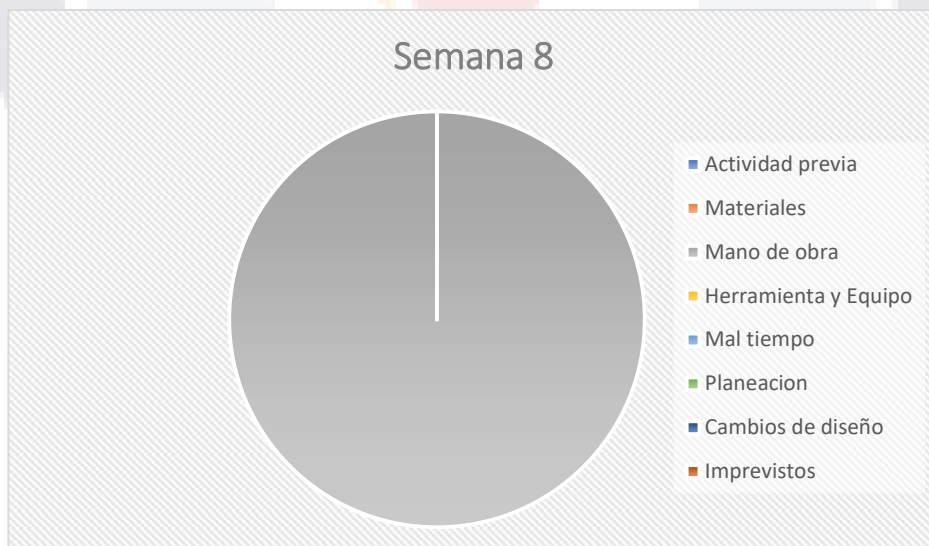
Figura 38
Resultados de la medición de CNC Semana 7



Fuente: Elaboración propia

Semana 8: 19 de septiembre al 25 de septiembre de 2022

Figura 39
Resultados de la medición de CNC Semana 8



Fuente: Elaboración propia