



INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE MISANTLA

Implementación de metodología Lean Construction aplicado en obras para la industria de la construcción.

(TESIS)

PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO CIVIL

P R E S E N T A

**ROSAS ROMANO EDGAR
RICARDO**

DIRECTOR

ING. MINERVA HERNÁNDEZ CORONA
MVT. PABLO JULIÁN LÓPEZ GONZÁLEZ

MISANTLA, VERACRUZ

2021



**INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE MISANTLA
DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES
AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN**

FECHA: 24 de Mayo de 2021.

ASUNTO: AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN
DE TESIS PROFESIONAL.

A QUIEN CORRESPONDA:

Por medio de la presente hago constar que el (la) C:

EDGAR RICARDO ROSAS ROMANO

pasante de la carrera de INGENIERÍA CIVIL con No. de Control 162T0542 ha cumplido satisfactoriamente con lo estipulado por el **Manual de Procedimientos para la Obtención del Título Profesional de Licenciatura** bajo la opción **Titulación Integral (Tesis Profesional)**

Por tal motivo se **Autoriza** la impresión del Tema titulado:

"IMPLEMENTACIÓN DE METODOLOGÍA LEAN CONSTRUCTION APLICADO EN OBRAS PARA LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN"

Dándose un plazo no mayor de un mes de la expedición de la presente a la solicitud del Acto de Recepción para la obtención del Título Profesional.

ATENTAMENTE

**ING. GERBACIO FLAXALO ESPINOZA
DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES**



Archivo.

VER. 01/03/09

F-SA-39

Agradecimientos.

A la empresa Hermosillo. Quien me permitió recolectar la información necesaria para la creación de mi proyecto, gracias por abrirme las puertas a dos de sus obras donde obtuve enseñanzas, recomendaciones y nuevas amistades. Especialmente agradezco a Rafael Romano, Cesar Valdez y todo su equipo de trabajo por empaparame de conocimiento y orientarme cuando más lo necesitaba.

A mis padres. Mamá eres el ser humano más noble que puedo conocer, agradezco tu paciencia, el amor y tu preocupación durante mi carrera; Eres la mariposa más hermosa en el planeta, gracias por enseñarme a volar y conseguir mis sueños. Papá gracias por todos tus sacrificios que me permitieron finalizar mi carrera, gracias por enseñarme a ayudar al prójimo, por nunca dejarme caerme y por siempre estar pendiente de mí; Eres mi luchador favorito, gracias por enseñarme a pelear ante cualquier adversidad. Los amo.

A mis hermanos. Daniel eres el ser que ilumina mi camino, que me muestra el sendero correcto por donde caminar, gracias hermano por enseñarme que todo es posible y por todo el apoyo que recibo de tu parte, no sé cómo podré pagártelo, espero algún día poder ser como tú. René eres la persona que siempre calmará las tormentas que pase nuestra familia, gracias por motivarme y por enseñarme a nunca dejar de pelear por mis sueños, eres uno de mis ejemplos a seguir en esta vida. Siempre los amaré.

A mi novia. Gracias por estar en mis momentos buenos y malos, por nunca dejarme solo y siempre motivarme a crecer profesionalmente. Gracias por formar parte de mi vida junto con Maya. Te amo Daniela.

A mis primas. Aracely Romano gracias por ser mi tutora, mi psicóloga, mi hermana y mi mentora; eres uno de los pilares principales en mi vida, te amo y sé que siempre contare con todo tu apoyo. Mía Rodríguez gracias por ser mi maestra, por tu tiempo, tus ideas y tu talento que me ayudo a finalizar este trabajo, nunca encontrare la manera de pagártelo; te quiero mucho prima.

RESUMEN

Lean Construction es una filosofía conocida como “construcción sin pérdidas”, orientada a la administración de la producción en construcción, el objetivo principal de este sistema es la optimización de actividades que no agreguen valor al proyecto y aumentar las actividades que si lo hacen. Su función es crear herramientas específicas al proceso de ejecución y un sistema de producción que disminuya los residuos en el proyecto. Es por esto, que la empresa Hermosillo ha implementado esta metodología durante los últimos años en cada una de sus obras, proporcionándoles un valor agregado y teniendo resultados favorables. Esta nueva filosofía tiene sus bases en dos metodologías de estudio: uno es el análisis de pérdidas mediante la determinación de tiempos productivos, la identificación de desperdicios y establecer estrategias para la eliminación de estos; la segunda es “Last Planner” que tiene por objetivo llevar un control y seguimiento de las actividades de obra a corto y mediano plazo, anticipando futuros retrasos en la programación a largo plazo de la obra. Como primer paso se necesitó la investigación y capacitación necesaria para el conocimiento total de esta filosofía. Seguido de una visita de campo a dos de las obras en que ya está implementado el sistema, y de las que se tomaron los datos necesarios para el desarrollo de este proyecto.

Índice

Introducción.	1
1.1 Planteamiento del problema.	3
1.2 Antecedentes.	3
1.3 Justificación.	5
1.4 Preguntas de investigación.	6
1.5 Objetivo general.	6
1.6 Objetivo específicos.	6
1.7 Hipótesis.	6
1.8 Alcances.	7
1.9 Limitaciones.	7
Capitulo II. Marco teórico.	8
2.1 Lean Construction.	8
2.1.1 Sobreproducción.	10
2.1.2 Esperas o tiempo de inactividad.	10
2.1.3 Transporte innecesario.	11
2.1.4 Sobre procesamiento.	11
2.1.5 Exceso de inventario.	11
2.1.6 Movimientos innecesarios.	12
2.1.7 Defectos de calidad.	12
2.1.8 Talento.	13
2.2 Toyotismo.	13
2.3 Fordismo.	13
2.4 Taylorismo.	14
2.5 BIM (Building Information Modelling).	15
2.5.1 3D: Representación tridimensional del artefacto.	18
2.5.2 4D: Análisis de la duración.	18
2.5.3 5D: Análisis de costos.	19
2.5.4 6D: Evaluación de la sostenibilidad.	19
2.5.5 7D: Fase de gestión de lo realizado.	19
2.6 Lean Project Delivery System (LPDS).	20
2.6.1 Fase de definición del proyecto.	20
2.6.2 Fase de diseño Lean.	21

2.6.3 Fase de suministro Lean Construction.....	22
2.6.4 Fase de montaje o ejecución Lean Construction.	22
2.6.5 Fase de uso y mantenimiento.	23
2.7 Target Costing (Coste objetivo).	23
2.8 Intergrated Project Delivery (IPD).....	24
2.9 Last Planner.....	26
2.9.1 Gestión a largo plazo (Plan Maestro).	27
2.9.1.1 Planificación PULL.	28
2.9.2 Gestión a medio plazo (Plan Intermedio).....	31
2.9.3 Plan a corto plazo (Plan semanal).....	34
2.9.4 Porcentaje de plan cumplido (PPC).	35
2.9.5 Causas de no cumplimiento.....	35
2.10 Suministro Justo a Tiempo (JIT).....	36
2.11 Total quality management (TQM).	37
2.12 Diagrama de Ishikawa.	38
2.13 La mejora continua.	40
2.13.1 Metodología de los 5 porqués.	42
Capitulo III. Metodología.....	43
3.1 Hermosillo.....	43
3.2 Asistencia al 1er Congreso Lean Internacional de la construcción.	47
3.3 Capacitación del sistema de compras Fivebim.	49
3.4 Reconocimiento de las obras.	52
3.5 Aplicación de encuestas.	54
3.6 Testimonios sobre Las Planner.	55
3.7 Desarrollo de juntas semanales Last Planner.....	57
3.6.3 OBRA 1	58
3.6.2 OBRA 2	63
3.8 Identificación de desperdicios dentro de la obra.....	66
Capitulo IV. Resultados.....	67
4.1 Resultados de las encuestas.	67
4.1.1 ¿En cuántas obras ha trabajado con la aplicación de esta metodología?	68
4.1.2 Existe un cambio con su aplicación.	69
4.2 Porcentaje del Plan Completado (PPC).	70

4.2.1 OBRA 1.....	71
4.2.2 OBRA 2.....	73
2.3 Desperdicios en las obras.....	76
2.4 Implementación Lean Construction en las obras.....	83
Conclusiones.....	86
ANEXOS.....	87
Glosario.....	87
Bibliografía.....	92

Índice de figuras.

Figura 2. 1 Metodología Lean Construction.....	10
Figura 2. 2 BIM.....	16
Figura 2. 3 Mapa de implantación BIM (datos 2014).....	18
Figura 2. 4 Principios IPD.....	25
Figura 2. 5 EJEMPLO PLANTILLA ESTRUCTURA DE DESCOMPOSICIÓN DE TRABAJO.....	28
Figura 2. 6 Imagen ilustrativa de una planificación a medio plazo. Tomada del libro LC y la planificación colaborativa.....	32
Figura 2. 7 Ejemplo de plantilla para gestionar las restricciones. Imagen tomada del libro LC y la planificación colaborativa.....	33
Figura 2. 8 Diagrama de Ishikawa.....	39
Figura 2. 9 Ejemplo de la metodología de los 5 por qué. Tomada del libro Lean construction y la planificación colaborativa.....	42
Figura 3. 1 Ubicación sede Mexicali B.C.....	44
Figura 3. 5 Congreso CLIC.....	47
Figura 3. 6 Curso de capacitación.....	49
Figura 3. 7 Pantalla principal.....	49
Figura 3. 8 Pantalla secundaria.....	50
Figura 3. 9 Pantalla de información.....	50
Figura 3. 10 Pantalla de notas.....	51
Figura 3. 11 Stickers.....	52
Figura 3. 12 Junta OBRA 1.....	58
Figura 3. 13Tabla %PPC.....	58
Figura 3. 14 JUNTA SEMANAL OBRA 2.....	63
Figura 3. 15 Utilización de aparatos electrónicos durante la junta.....	63
Figura 4. 1 Tablero ubicado en obra.....	75
Figura 4. 2 Operador de maquinaria descansando.....	77
Figura 4. 3 Basura en la entrada de la obra.....	78
Figura 4. 4 Llantas.....	79

Figura 4. 5 Basura en la zona trasera de la obra.....	79
Figura 4. 6 Losa colgando.....	80
Figura 4. 7 Escombros en el paso de vehículo.....	82
Figura 4. 8 Recorrido de camión PLANTA-OBRA.....	84
Figura 4. 9 Recorrido en obra para llegar al área de vaciado.	84

Índice de tablas.

Tabla 3. 1 Junta Semanal en OBRA 1 13/01/2020	60
Tabla 3. 2 Junta Semanal en OBRA 1 20/01/2020	62
Tabla 3. 3 Junta Semanal OBRA 221/01/2020	65

Introducción.

En la actualidad la industria de la construcción a nivel mundial, demanda nuevos enfoques de producción y planeación de una obra, haciendo una batalla por demostrar qué constructora puede realizar un proyecto en mejor tiempo y con menos costo. Por tal motivo es que distintos países han optado implementar el sistema Lean Construction, sin importar que sea una idea proveniente del sector industrial y en la mayoría aun prevalezca la idea de que la construcción es un sector completamente diferente. Gracias al profesor finlandés Lauri Koskela quien define que “Un proyecto de edificación tiene naturaleza única y propia”, “Es algo único que cada vez se ejecuta en un lugar diferente” y “En cada lugar necesitará de medios y recursos diferentes propios de cada zona”; siendo esto lo que cambio la idea de varios gerentes y profesionales de empresas de la industria de la construcción un motivo para utilizar el sistema y conseguir productividad, calidad, seguridad y tiempos de entrega iguales al sector industrial.

Sin embargo, en México la industria de la construcción ha presentado diversos problemas, como al momento de entregar una obra fuera del tiempo acordado en su inicio, pérdidas de tiempo por la mala planificación que se tiene desde el comienzo del proyecto y la mala organización debido a su mal trabajo en equipo. Son estos algunos de los problemas que podemos encontrar hoy en día en diversas constructoras del país.

Este sistema puede traer consigo unas cuantas complicaciones como son la falta de cooperación de todo el equipo de trabajo, debido a la resistencia al cambio, negándose a dedicar tiempo para la realización de las reuniones semanales. Muchos de ellos no están acostumbrados al trabajo en equipo, siendo el enfoque central de este sistema; el trabajar en conjunto brinda un mejor ambiente laboral y obtener excelentes resultados.

Esta filosofía no solo consiste en seguir ordenes o reglamentos estipulados por las empresas, como muchos lo llegan a entender. Este sistema mejora la comunicación, facilita la visión de todo el proceso, anticipa la identificación temprana de errores prosiguiendo a una resolución eficaz y rápida del problema. Esto se logra por las juntas semanales que se realizan de principio a fin del proyecto, mediante una lluvia de ideas de parte de los subcontratistas y

personal encargado; con esto cada uno de los participantes tienen una idea del por qué se está llevando a cabo el proyecto, qué hacen y cómo lo están haciendo.

Este proyecto se basa en los casos de éxito que han tenido diferentes empresas de todo el mundo que han puesto en marcha esta metodología en cada una de sus obras. Tomando como referencia principal al autor Juan Felipe Pons, creador de los libros “Introducción a Lean Construction” y “Lean Construction y la planificación colaborativa” quien se encargó de abordar el tema de una manera más simplificada y fácil de comprender para quienes desconocen la metodología.

La principal meta del proyecto es dar a conocer la metodología y que ésta sea utilizada en futuras obras, que los estudiantes tengan una visión más amplia de lo que es una planeación de obra y gestión de proyecto; orientándolos hacia las distintas técnicas de mejora continua que se han ido creando. Que conozcan acerca del sistema BIM y sus beneficios en cuanto a la presentación de un proyecto, dándoles un valor agregado.

1.1 Planteamiento del problema.

Algunos de los problemas que hayamos comúnmente en el sistema tradicional de construcción desde su fase inicial hasta su ejecución, uso y mantenimiento son la escasa experiencia y formación en nuevos sistemas de planificación y sistemas de obras, que no se cuenta con un control eficaz de la calidad, la falta de rigor en el cumplimiento de las medidas de seguridad, tiempos de espera elevados por falta de equipo, materiales o herramientas, acumulación de materiales y retrasos por incumplimiento de las especificaciones iniciales y cambios a nivel de diseño.

Entonces se da la propuesta de poner en marcha el sistema Lean, para organizar y gestionar el desarrollo de una obra, tanto sus operaciones dentro de la empresa y las relaciones con los clientes. Otra de las expectativas que se tiene con su implementación es la reducción de los tiempos del proceso total de construcción, un sitio de trabajo completamente seguro y obtener mayor productividad.

1.2 Antecedentes.

El término “Lean” es originario de Japón a finales de los años 50, desarrollada por ingenieros de la una empresa ensambladora de automóviles llamada Toyota Motor, el cual mejoraría su línea de producción. Uno de los pioneros más reconocidos de este tema es el ingeniero Taiichi Ohno, fue el encargado de buscar la eliminación de los residuos y mejorar los tiempos de entrega de los automóviles a los clientes, haciendo a un lado la tradicional producción en masa, por la producción a pedido del cliente evitando así la acumulación de mercancía. Creando el proceso de manufactura llamado “Toyota Production System” (TPS) minimizando las existencia y defectos en todas las operaciones, para mejorar la producción de fábrica y conseguir el 40% del mercado automotriz en Japón. (Ibarra Gómez, 2011)

Fue en el año de 1992 cuando el profesor Lauri Koskela introdujo un nuevo enfoque a la gestión de proyectos de construcción, basándose en el modelo ya mencionado de la industria automotriz; fomentando la construcción solo como un modelo de transformación, sin tomar en cuenta que es un sistema de producción fundada en proyectos de gran incertidumbre en la planificación y una mala idea de la producción. Decía que la producción debía ser mejorada

mediante la eliminación de los flujos de materiales y que otras actividades, como las de conversión mejorarían su eficiencia. (Ibarra Gómez, 2011)

Junto a Glenn Ballard conformaron el Grupo Internacional de Lean Construction en 1993 en Helsinki-Finlandia, usando así por primera vez la expresión *Lean Construction*. Estos autores tienen la visión de que la planificación y el control, son sustituidos en muchas oportunidades por caos e improvisaciones, causando: mala comunicación, documentación inadecuada, ausencia o deficiencia en la información de entrada de los procesos que realizamos, desequilibrada asignación de los recursos, falta de coordinación entre disciplinas y errática toma de decisiones. Muchos son los intentos hechos para mejorar los problemas antes mencionados entre ellos están: La administración de proyectos, la ingeniería concurrente, modelos de procesos, Ingeniería del valor, nuevas formas organizacionales, apoyo de información tecnológica, nuevos índices de desempeño, etc. (Sánchez Rivera, 2014)

Así 4 años más tarde, Ballard y ahora Howell crearon un instituto con el fin de difundir nuevos conocimientos en la gestión de proyectos, ya que los tradicionales no respetaban los principios de diseño y su gestión en producción mediante el enfoque diseño-licitación-construcción no era óptima para conseguir buenos resultados, en cambio, se tenían atrasos, sobrecostos para los constructores y clientes insatisfechos por las demoras. Así pues, el sistema Lean es la adaptación y aplicación de los principios de producción de la fabricación japonesa a la construcción. (Sánchez Rivera, 2014)

Actualmente en Latinoamérica, los países que muestran más avances en el uso y estudio de Lean Construction son Brasil, Chile, Perú y Colombia; en este último ha sido estudiado únicamente en el sector privado ya que en sus universidades no se muestran avances sobre el tema. No obstante, estudiantes de ingeniería civil en algunas empresas bogotanas, suman proyectos referentes al tema como requisito para obtener su título, y la capacitación al uso de LC. (CONSTRUCÍA , 2018)

En México la información con la que se cuenta en las constructoras y universidades sobre este sistema es muy escaso, aún no lo toman en cuenta, causando un desconocimiento, sobre algo que puede ser un beneficio que genere ganancias para el sector de la construcción y así poder reducir los tiempos de entrega de una obra, transformar insumos y recursos en productos deseados, tales como materiales, mano de obra, maquinaria, herramientas y

equipos. Es por esto que se trata de implementar este sistema a más de una empresa en todo el país, igualmente dar la información necesaria a distintas universidades para que los alumnos queden interesados y se siga trabajando sobre este.

1.3 Justificación.

Este trabajo de investigación está hecho con el fin de conocer a fondo el sistema Lean Construction considerado como un tema nuevo dentro del oficio de la construcción, por ser un asunto industrial derivado de una línea de producción para ser plasmado en una obra, aplicando un nuevo enfoque en la gestión integral de un proyecto.

Se aportará el conocimiento de cómo minimizar los lapsos de entrega de una obra, haciendo hincapié en la minimización de tiempos muertos y reducción de desperdicios. Tomando en cuenta que mientras más anticipado se detecte el problema, menor será el riesgo de una entrega fuera del plazo acordado y consecuente a esto evitar pérdidas económicas (según lo estipulado en el contrato).

El objetivo es coordinar los distintos sectores que se encuentran en una obra, tener juntas semanales en las cuales sean analizados los errores cometidos durante la semana y dar soluciones mediante una lluvia de ideas; esto con la participación de cada uno de los subcontratistas. Mejorando el trabajo en equipo, una mejor comunicación durante la estancia en el proyecto y obtener resultados favorables en la finalización del proyecto.

Es un tema aún desconocido para muchas personas, son pocas las universidades que imparten alguna asignatura relacionada, teniendo como meta el poder alcanzar a un gran número de personas que se interesen en aplicar esta metodología en sus áreas de trabajo.

1.4 Preguntas de investigación.

- ¿Se podrá implementar el sistema en las obras?
- ¿Aumentará el rendimiento de un obrero en la obra implementando el sistema Lean?
- ¿Mejorará el trabajo en equipo dentro de la obra?
- ¿Mejorará el flujo de la obra?
- ¿Reducirá los desperdicios de la obra?
- ¿Reducirá los periodos de stock en la obra?

1.5 Objetivo general.

Mejorar la eficiencia productiva de la construcción en las obras, mediante la implementación de la metodología Lean Construction.

1.6 Objetivo específicos.

- Analizar el sistema de producción Lean Construction y reducir los tiempos de finalización de las tareas.
- Optimizar los desperdicios dentro de la obra.
- Realizar un cuadro comparativo del sistema Lean y los sistemas precedentes a este.

1.7 Hipótesis.

Con la implementación del sistema Lean en las obras, se logrará un cambio total de cultura mejorando la comunicación y el trabajo en equipo, haciendo una productividad más efectiva con la cual los plazos de entrega reduzcan a lo estimado en un inicio.

1.8 Alcances.

En la presente investigación se realizará lo siguiente:

- Conocimiento del sistema Lean en su totalidad.
- Mejorar los tiempos de una obra.
- Mejorar el trabajo en equipo.
- Identificación de productividad efectiva.
- Identificación de desperdicios.

1.9 Limitaciones.

La presente investigación tendrá las siguientes limitaciones:

- Solo se trabajó durante tres semanas en obra.
- En función de la ubicación de la obra, se trabajó exclusivamente en una oficina regional.
- La resistencia al cambio de cultura por parte del personal.

Capítulo II. Marco teórico.

2.1 Lean Construction.

Según el *Lean Construction Institute*, este sistema es una filosofía que se orienta hacia la administración de la producción en construcción y su objetivo principal es reducir o eliminar las actividades que agreguen valor al proyecto y optimizar las actividades que si lo hacen, por ello se enfoca principalmente en crear herramientas específicas aplicadas al proceso de ejecución del proyecto y un buen sistema de producción que minimice los residuos. Entendiéndose por residuos todo lo que no genera valor a las actividades necesarias para completar una unidad productiva. (Sánchez Rivera, 2014)

Instrumentos destacados para llevar a cabo Lean Construction:

1. **Grupos Multitareas:** Establecen grupos multifuncionales en lugar de grupos homogéneos que desarrollan una única tarea; lo anterior permite establecer unidades de trabajo que desarrollan procedimientos de mayor complejidad, con lo que se transfiere un mayor número de tareas y responsabilidades a ese grupo generando así un valor agregado. Dentro de estos equipos cada miembro posee una independencia que le permite avanzar sin tener que esperar a que le sea proporcionado algún elemento, lo cual no genera almacenes.
2. **Ingeniería Simultánea:** al ser la tecnología un factor tan variable, el ciclo de vida de ciertos productos se ve reducido, por lo que una disminución en el tiempo de desarrollo del producto mismo, resulta muy eficiente. Mediante una ingeniería simultánea los diseñadores y productores trabajan de manera conjunta y en constante comunicación.
3. **Kaizen:** hace referencia a un término japonés que establece una permanente mejora en la calidad. Este término motiva al personal inmerso en el proceso a implementar mejoras continuas a modo de reducir costos y generar una política de cero defectos, en ciertos casos les es requerida una propuesta nueva de manera semanal; por lo que esto requiere que el personal esté involucrado en el proyecto.

4. **Entregas a tiempo:** es un concepto que controla el flujo positivo, mediante la reducción de almacén de material y provee activos cuando son necesarios únicamente. Se establecen decisiones a corto plazo orientadas a la demanda actual de producción, con lo que el almacén se mantiene en el mínimo posible, generando un enfoque que impulsa a mejorar los tiempos de entrega.
5. **Relaciones a largo plazo con proveedores:** La idea básica de coproducción establece cooperación con los proveedores, esto significa, transferencia de tecnologías, apoyo administrativo y declinación de almacenes. Este punto estimula una relación con los proveedores basada en la cooperación y no en los conflictos.
6. **Orientación al cliente:** La compañía entera debe centrarse en el cliente por lo que la relación cliente-proveedor se vuelve muy importante, tanto interna como externamente; una comunicación eficiente reduce los problemas.
7. **Información, comunicación y proceso estructural:** Lean Construction exige una organización transparente y “plana” lo que indica la necesidad de mejora constante en la comunicación interna y externa. Una estructura organizacional simple mantiene simple también las comunicaciones, mientras que una estructura transparente hace evidente las consecuencias de las acciones controladas y la toma de decisiones.

Según Taiichi Ohno uno de los motivos que causan mayor parte de las interrupciones del flujo dentro de una cadena de valor en una planta de producción son los desperdicios, él los clasificó en 7, los cuales son: sobreproducción, esperas o tiempos de inactividad, transporte innecesario, sobre procesamiento, exceso de inventario, movimientos innecesarios, defectos de calidad y talento.

En otras palabras se entiende que el objetivo de Lean Construction es la optimización de transformaciones, para obtener mejores resultados en los productos finales; al igual que tener una mejora continua, minimizar pérdidas y maximizar el valor del producto final, diseñado en equipo con el cliente.



Figura 2. 1 Metodología Lean Construction

2.1.1 Sobreproducción.

Se entiende como la producción en cantidades innecesarias, ya que sobre pasan lo requerido o se realizan más pronto de lo necesario; como lo son, planos adicionales que no son esenciales, son muy poco prácticos o están muy detallados; la utilización de equipo demasiado sofisticado en trabajos los cuales pueden requerir de uno más simple; y por último, se tiene una calidad más alta que la esperada. (Pons Achell J. , 2014)

2.1.2 Esperas o tiempo de inactividad.

Son las espera, corte o interrupción del trabajo o tiempos inactivos debido a la falta de información o datos, especificaciones y órdenes, planos, materiales, equipos, aguardar a la finalización de la actividad precedente, aprobaciones, resultados de laboratorio, financiación, personal de obra, zona de trabajo inaccesible, iteración entre varios especialistas, contradicciones en los documentos, retrasos durante el transporte o la instalación de equipos, deficiencia de coordinación entre las cuadrilla, insuficiencia de equipos, realizar nuevamente el trabajo debido a cambios de diseño y revisiones, por último, los accidentes por falta de seguridad en la industria. (Pons Achell J. , 2014)

Estos son unos de los desperdicios más visibles durante un proyecto, los cuales pueden ser corregidos teniendo una buena comunicación dentro de la obra, así como llevar un buen líder

que coordine de manera adecuada cada uno de los trabajos que se realicen, claro, con ayuda de los encargados de cada cuadrilla.

2.1.3 Transporte innecesario.

Se refiere al transporte innecesario relacionado con el movimiento interno de los recursos (materiales, datos, etc.) en la obra. Por lo general, está relacionado con la mala distribución y la falta de planificación de los flujos de materiales e información. Sus principales consecuencias son: pérdida de horas de trabajo, pérdida de energía, pérdida de espacio en la obra y la posibilidad de pérdidas de material durante el transporte. (Pons Achell J. , 2014)

Este tipo de transporte innecesario dentro de la obra, solo agrega mayor consumo al capital estimado y mayor espacio. Para evitar pérdidas, esto puede ser contrarrestado por medio de la minimización de distancias que existen entre los puntos de carga, estaciones de trabajo y no caer en la disminución de área laboral malgastando tiempo; también puede ser útil ocupar una camioneta propia como medio de transporte para manipular piezas en específico.

2.1.4 Sobre procesamiento.

Procesos adicionales en la construcción o instalación de elementos que causan el uso excesivo de materia prima, equipos, energía, etc. Monitorización y control adicional (inspecciones excesivas o inspecciones duplicadas). (Pons Achell J. , 2014)

Este desperdicio es uno de los más complicados de evitar en la obra y probablemente el más concurrente; este sucede cuando el trabajo se detiene debido a que no se cuenta con la documentación firmada para la progresión de este mismo. Pasa cuando la persona encargada de dar autorización no se encuentra.

2.1.5 Exceso de inventario.

Se refiere a los inventarios excesivos, innecesarios o antes de tiempo que conducen a pérdidas de material (por deterioro, obsolescencias, pérdidas debidas a condiciones inadecuadas de

stock en la obra, robo y vandalismo), personal adicional para gestionar ese exceso de material y costes financieros por la compra anticipada. (Pons Achell J. , 2014)

Se evita alineando la producción con la demanda para que los productos salgan de planta tan pronto como se encuentren listos, por ejemplo, a la hora de realizar un proyecto si primero se piden los materiales que se van a necesitar antes de realizar los trabajos preliminares, estos ocuparan un espacio innecesario dentro de la zona de trabajo o se colocará en un área rentada, generando pérdidas; la manera de evitarlo es solicitando todo conforme lo va requiriendo la obra y el progreso que se lleve día con día.

2.1.6 Movimientos innecesarios.

Se trata de los movimientos innecesarios o ineficientes realizados por los trabajadores durante su trabajo. Esto puede ser causado por la utilización de equipo inadecuado, métodos de trabajo ineficaces, falta de estandarización o mal acondicionamiento del lugar de trabajo. Pérdida de tiempo y bajas laborales. (Pons Achell J. , 2014)

Esto quiere decir que las estaciones de trabajo y áreas de almacenamiento deben adaptarse de tal forma que las piezas a utilizar queden a la mano cuando sean requeridas y así evitar movimientos que requieran de mucho tiempo, de esta forma los trabajadores podrán cometer menos errores, ayudando a la productividad.

2.1.7 Defectos de calidad.

Errores en el diseño, mediciones y planos; desajuste entre planos de diseño y planos de estructura o instalaciones, uso de métodos de trabajo incorrectos, mano de obra poco cualificada. Las dos consecuencias principales de la mala calidad son: la repetición del trabajo y la insatisfacción del cliente. (Pons Achell J. , 2014)

El rechazo de una parte del proyecto ya ejecutado y su eliminación por parte del cliente, trae consigo más costos. Para evitar la entrega de un proyecto mal ejecutado, una solución es la constante supervisión del trabajo durante su realización

2.1.8 Talento.

Se pierde tiempo, ideas, aptitudes, mejoras y se desperdician oportunidades de aprendizaje y de conseguir altos rendimientos por no motivar o escuchar a los empleados y por tener una mano de obra poco calificada, poco formada, mal informada y con falta de estímulos y recursos para la mejora continua y la resolución de problemas. (Pons Achell J. , 2014)

Este desperdicio sucede cuando no se coloca a la persona correcta para el trabajo correcto.

2.2 Toyotismo.

La construcción de la productividad toyotista tiene que ver tanto con formas “eficientes” de organizar el espacio como con un control del tiempo y de los movimientos de los trabajadores en la línea de producción. Al igual que en el taylorismo-fordismo, el sistema está basado en la eliminación de tiempos y acciones improductivas (desperdicio) para lograr la más alta productividad. Sin embargo, lo que da sentido al toyotismo por dentro de los espacios de trabajo son menos las rigideces que las formas flexibles de producción. Son los dispositivos de control que operan en el STP los que vehiculizan los principios fundamentales sobre los que se asienta la filosofía Toyota. Estos principios tienen que ver con la orientación al mercado de la producción, con el alineamiento de los trabajadores a los objetivos de la empresa y con la voluntad de mejorar continuamente la productividad y la calidad del producto. (Álvarez Newman, 2018)

La cualidad del toyotismo es que inicia con la producción una vez que el producto ya está vendido, esto quiere decir que primeramente se recibe el pedido para así dar marcha a la producción, para que se tenga éxito, es de suma importancia evitar las demoras. Esto incrementa la productividad, gracias al método de organización de los tiempos dentro de la industria.

2.3 Fordismo.

El fordismo implicó una nueva norma de producción “la mecanización de las cadenas de montaje” acompañada de nuevas normas de consumo masivo, acceso a bienes de consumo durables por parte de los asalariados y nuevas normas de vida de los trabajadores urbanos.

Otra de las principales características del modelo norteamericano o fordista, es que el énfasis está puesto en incentivar formas relacionales particulares entre los trabajadores, para difundir entre ellos la noción de eficiencia y eficacia en la tarea. Se promueve la idea de contribución de los trabajadores a la competitividad de la empresa, la cual debe evaluarla en la contratación, desarrollarla por el trabajo y su organización y, finalmente, reconocerla a través del salario y, quizás, por la carrera. Asimismo, se incentiva la competencia entre pares, es decir, entre los trabajadores entre sí, en poder de alcanzar el desarrollo personal. De esta manera, de acuerdo con estos autores, el reconocimiento es asimilado a la demostración del éxito personal alcanzado por el propio esfuerzo. (Zuccarino, 2012)

Se entiende como un proceso de producción con buena organización, mediante un control de tiempos y movimientos bien vigilados, que abastecen a una producción y consumos en masa. Este modelo consistía simplemente en que los obreros eran situados junto a una cinta transportadora la cual les acercaba las piezas y cada uno se encargaba de armar lo que le correspondía, una vez terminado, la cinta se movía hacia el próximo obrero. Hoy en día cambio totalmente, ya que ahora son ensambladoras automáticas las que realizan esta tarea.

2.4 Taylorismo.

Frederick Winslow Taylor decía que para desarrollar su revolucionaria propuesta para organizar el trabajo en las empresas de principio del siglo XX, fue su preocupación por el gran desperdicio de recursos que ocurría (y ocurre) en la sociedad estadounidense, particularmente el del esfuerzo humano en los centros de trabajo. La producción en las empresas de la época se realizaba con base en inercias sustentadas en la experiencia de los trabajadores y directivos, lo que sin duda provocaba infinidad de desperdicios de material y tiempos muertos. Para lograr un mayor rendimiento, es decir, para disminuir los desperdicios en los procesos de trabajo, Taylor ubicó la solución no en buscar al trabajador ideal, sino en diseñar e implantar sistemas de trabajo ideal; en sus propias palabras: “el remedio para esta ineficiencia reside en la administración sistemática y no en la búsqueda de hombres excepcionales o extraordinarios”. (Pacheco Espejel, 2010)

El taylorismo parte de la siguiente lógica: puesto que la ganancia se realiza en el mercado, al mercado hay que darle exactamente lo que pide en cantidad y calidad, y eso sólo lo puede

hacer una fábrica ágil, ligera y flexible; a diferencia de la lógica de la empresa rígida taylorista, que consiste en arrojar al mercado grandes cantidades de mercancías con bajos costos de producción. Las propuestas dadas por Taylor provocaron una verdadera revolución que disparó la productividad y dio lugar a la producción en masa que dominó la primera mitad del siglo pasado. Desde una perspectiva estrictamente técnica, el taylorismo se fundamenta en la idea de eliminar cualquier posibilidad de desperdicio de recursos, principalmente los humanos, al diseñar y ejecutar los procesos de trabajo en forma estricta y rígida con el fin de “hacer más con menos”. En este sentido, el taylorismo está enfocado a los resultados. (Pacheco Espejel, 2010)

Se tiene entendido que el sistema bajó costos de producción porque se tenían que pagar menos salarios, al punto en que pagaron menor costo por cada pieza de ensamblaje para que así los obreros se dieran más prisa en su armado. Pero para que esto fuera realmente bueno, tuvo que nacer un grupo de empleados que se encargara de la supervisión y organización.

2.5 BIM (Building Information Modelling).

El Modelo de la Gestión de la información, según su traducción al español, es una metodología de trabajo que utiliza softwares en específicos dedicados para la industria de la construcción pensados en la búsqueda de la eficiencia productiva.

La construcción es una de las pocas industrias que construye el prototipo sin tener la ocasión de ensayarlo. BIM junto con Lean Construction permite ensayar el prototipo tantas veces como sea necesario, antes de trasladarlo a la ejecución de la obra. Se construye el modelo virtual, se analiza colaborativamente y se estudia la viabilidad de su construcción. Se analizan y resuelven los problemas que se detectan con el objetivo de que al comenzar la construcción, gran parte de los problemas estén resueltos y se pueda trabajar con flujo continuo.

BIM puede ser aplicado en cualquier etapa del proyecto, ya sea en su planificación, diseño, desarrollo, construcción, mantenimiento e incluso demolición. Puede tener un uso muy extenso que genere varios estudios del proyecto tales como geométrico, estructural, lumínico, etc. (Rocha, M., 2019)

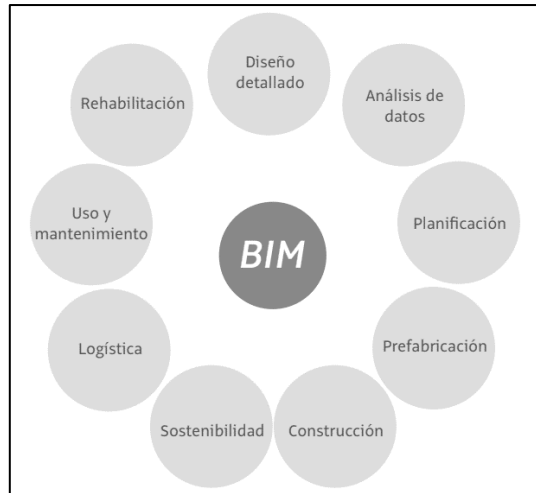


Figura 2. 2 BIM

La manera de trabajar de BIM es una forma más colaborativa e integradora. Este sistema puede combinar el diseño, la información de fabricación, los pasos de colocación y la logística del proyecto en una sola base de datos, la cual es subida en una plataforma para su colaboración de diseño y la construcción del proyecto. Ya que no solo tiene acceso a ella el encargado de la obra, sino que el dueño puede verificar desde la comodidad de su tableta como es que va paso por paso el proyecto y ser parte de él.

Este sistema nos brinda más dimensiones, no solo las que trabajan un plan de proyecto normal, que se enfoca en planos 2D y 3D, en esta nueva era de la construcción podremos encontrar las siguientes dimensiones:

- 1D: La idea.
- 2D: El boceto.
- 3D: Representación tridimensional del artefacto.
- 4D: Análisis de la duración.
- 5D: Análisis de costos.
- 6D: Evaluación de la sostenibilidad.
- 7D: Fase de gestión de lo realizado.

Es utilizado para la gestión de proyectos, en el cual se puede trabajar el modelado del proyecto donde un equipo de trabajo genera de forma automática y ordenada toda la

documentación del mismo. Aporta una mayor precisión a la hora de las mediciones y presupuesto, se facilita la gestión de archivos y sus trámites. Generando un proceso mas automatizado y un crecimiento en colaboración.

Se habla que BIM es un cambio en la mentalidad del tradicional flujo de trabajo linear. Con el uso de modelado 3D es posible mejorar la comunicación, el acceso y gestión de la información del proyecto, gráficamente y/o en forma de listados que ayudan a desarrollar una mayor calidad del proyecto. (Payneni, 2016)

En la actualidad esta herramienta es vista como una de las principales dentro de la industria que está mejorando la eficiencia de todo proyecto. Siendo una puerta de entrada para nuevos procesos de trabajo que ya son aplicados en los planes de arquitectura y construcción. Teniendo países referentes que adoptaron esta metodología desde años atrás y que ya obtienen los beneficios con respecto al aumento de la eficiencia de producción.

Empresas dedicadas a la fabricación de elementos de concreto armado, han adoptado BIM como una regla que todas deben seguir, pero que realmente muy pocas lo hacen. Se obtienen mejores resultados cuando se trabajan todas las fases de diseño de un elemento en conjunto.

Hay países que destacan con el uso de esta herramienta, como lo son E.U que fue uno de ellos primeros en adoptarla, demostrando su eficiencia con resultados, otros países apuntalaron su visión hacia el futuro de la mano BIM, con la idea de mejorar sus trabajos y darle al cliente la seguridad de que todo el proyecto saldrá bien. Varios países europeos han reducido hasta un 33% los costes de proyectos.

En distintos países han invertido demasiado en la educación que se necesita para mejorar el conocimiento y aplicación de BIM, creando materiales enfocadas en la enseñanza de esta herramienta. No obstante, según un mapa (figura 2.3) de la comisión BIM, del ministerio del fomento, nos indica que existen varios países en el mundo que lo hicieron de uso obligatorio en proyectos públicos, otros en privadas.

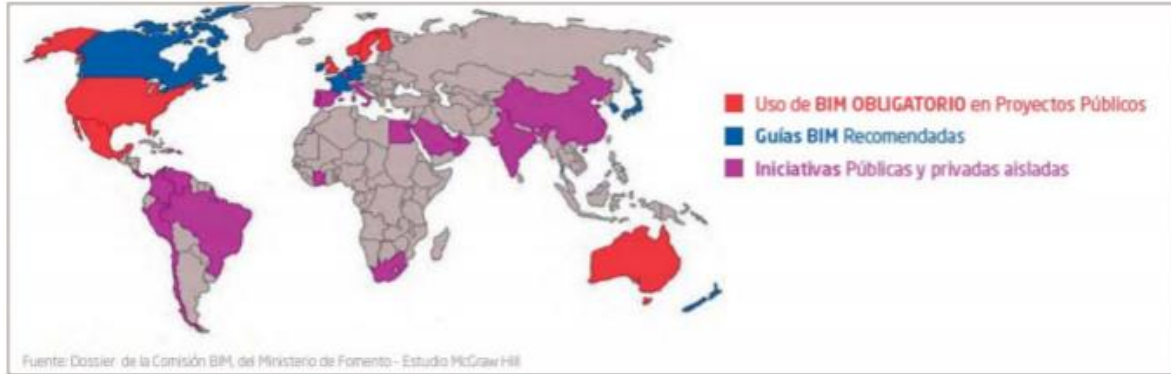


Figura 2. 3 Mapa de implantación BIM (datos 2014)

Se logra identificar que México se encuentra entre uno de los países que usan obligatoriamente a BIM en proyectos públicos, algo que probablemente no puede estar siendo aplicado en todos los estados del país, debido a que muy no todas las personas tienen conocimiento previo acerca del mismo.

2.5.1 3D: Representación tridimensional del artefacto.

Una vez recopilada la totalidad de la información respectiva a las dos primeras dimensiones, es momento de proceder a la modelización geométrica de la infraestructura en formato 3D mediante el uso de animaciones o renders, la cual se fundamentará en la información reunida a lo largo de las fases previas. (Stuctulralia , 2018)

2.5.2 4D: Análisis de la duración.

He aquí la principal seña de identidad que caracteriza y diferencia a BIM de otras metodologías y/o softwares de trabajo tradicionales: el dinamismo. Frente a los modelos de proyecto puramente estáticos en la realidad, la metodología BIM aporta una nueva dimensión temporal. De esta forma, es posible la realización de una planificación temporal exhaustiva de todas y cada una de las fases del proyecto, la cual irá variando a medida que vayan variando las características y condiciones del proyecto en sus diferentes fases de ejecución. (Stuctulralia , 2018)

2.5.3 5D: Análisis de costos.

Esta fase comprende el análisis y estimación de los costos del proyecto, además de su control a medida que este avance o se vea modificado. Al integrar BIM información detallada de cada una de los elementos integrantes, es relativamente sencillo generar informes presupuestarios en cualquier momento de la vida de la infraestructura. (Stuctulralia , 2018)

2.5.4 6D: Evaluación de la sostenibilidad.

Se trata del planteamiento y simulación de las alternativas contingentes y analizarlas, a fin de determinar cuál de ellas es más adecuada para ser llevada a cabo. En otras palabras, es una fase de elección de la alternativa óptima teniendo en cuenta todas las dimensiones del proyecto. (Stuctulralia , 2018)

2.5.5 7D: Fase de gestión de lo realizado.

BIM representa un entorno de gestión en el que se localiza y organiza información referente a una infraestructura a lo largo de toda su vida útil. Así, el software almacena todas las características de los elementos dispuestos en el proyecto, tales como dimensiones, costos, planes de mantenimiento, etc.

De esta forma, existe un proceso de modificación y retroalimentación continua que registra todas las variaciones entre el proyecto inicial y la realidad, de tal manera que exista una total correspondencia entre el modelo BIM y el resultado real. (Stuctulralia , 2018)

2.6 Lean Project Delivery System (LPDS).

Hoy en día se le agradece a LPDS el entendimiento a Lean Construction, ya que es una herramienta integradora que nos brinda una visión dentro de las fases del proyecto, desde el punto de vista Lean. Fue Glenn Ballard el primero en dar su versión en un nivel teórico publicado en el año 2000. Fue hasta el 2008 cuando se actualizó y se complementó aún más.

Es un proceso en colaboración, utilizado para conseguir que el proyecto funcione bien a lo largo de todo su ciclo de vida. Se implementa un equipo en todo el proceso para alinear fines, recursos y restricciones. Es un enfoque que comprende por etapas la definición del proyecto, el diseño, el suministro, el montaje o ejecución y el uso y mantenimiento posterior del edificio, instalaciones o infraestructura. El control de la producción, la estructuración del trabajo y el aprendizaje es algo que ocurre continuamente a lo largo de todo proyecto y cada fase contiene actividades e hitos que deben cumplirse a medida que este avanza. El propietario de la obra tendrá la oportunidad de decidir el costo permitido del proyecto, siendo la cantidad máxima que el modelo de negocio puede soportar. La misión del equipo es entender y ofrecer el mejor valor para el cliente y eliminar todas las actividades que no añadan.

Su fin es crear acuerdos que permitan la buena colaboración entre los miembros del equipo, ofreciéndole el mayor valor al cliente creando un lazo de interés y riesgo compartido en el resultado del proyecto.

Brinda diferentes tipos de fases, como comúnmente lo hacen en un proyecto tradicional, pero lo que realmente hace su diferencia con este es que te da la definición de las fases, la relación que existe entre cada una de ellas y sus participantes.

2.6.1 Fase de definición del proyecto.

Al comienzo de la fase de definición del proyecto, los colaboradores más importantes son reunidos en una habitación grande. El equipo de diseño, compuesto por arquitectos, ingenieros y constructores, trabaja con los propietarios o promotores para definir el propósito y traducirlo en requisitos específicos.

En esta fase, el propietario determina el coste permitido para el proyecto, es decir, la cantidad máxima para que puede soportar el modelo de negocio. El equipo se compromete en sus costes teóricos, que son menores que los costes autorizados, para estimular la innovación. El coste esperado es la cantidad que se espera que el proyecto cueste, y es por lo general más alto que el coste objetivo:

Coste permitido \geq Coste esperado \geq Coste objetivo (definimos coste objetivo en el siguiente punto).

Para alcanzar el coste objetivo se utilizan finalidades adicionales como la factibilidad de la construcción, el montaje, la flexibilidad, la sostenibilidad, la durabilidad y así sucesivamente. En cada fase, el propietario decide si el proyecto avanza y al final de la fase de definición del proyecto, el plan de negocios es completado y se valida.

En esta recta del proyecto se incluyen las propuestas del cliente y sus peticiones más importantes. Cada uno de los elementos de esta fase puede influir sobre el otro, por lo que se hace necesario un encuentro o reunión entre los diferentes trabajadores para alcanzar una mejor comprensión de los objetivos y valores que motivan a cada uno. Representantes de todas las etapas del ciclo de vida del proyecto tienen que estar involucrados en este momento inicial, incluidos los miembros del equipo de producción, que son los diseñadores o proyectistas y los constructores.

2.6.2 Fase de diseño Lean.

En este ciclo, el equipo se encarga de crear diferentes alternativas, basadas en los requisitos de diseño, las limitaciones que se tienen en el proyecto y el costo estimado. Se tiene como objetivo encontrar una alternativa de diseño que cumpla con las ideas del propietario y poder darle el máximo valor a los solicitado por este. Cuando se trabaja en equipo en esta fase, varios de los costos estimados pueden ser eliminados o minimizados. Haciendo ahorros que pueden ser directamente beneficiarios o que pueden satisfacer las necesidades del cliente. Durante el proyecto es importante el cálculo rápido y sincronizado de alternativas para permitir la toma de decisiones que más beneficie al proyecto.

Es aquí también donde se toma en cuenta el desarrollo del programa maestro y el diseño del proceso. Por eso, durante su desarrollo el cliente puede revisar los modelos de manera física o virtual.

2.6.3 Fase de suministro Lean Construction.

Durante este periodo el suministro Lean consiste en ingeniería de detalle, fabricación y entrega, lo que requiere como prerequisite indispensable el diseño del producto y del proceso para que el sistema conozca con detalle lo que debe producir y cuándo entregar esos componentes. Los planes de la cadena de suministro están diseñados para entregar a tiempo los materiales a la obra. La filosofía detrás de estos acuerdos es suministrar sólo lo necesario puntualmente en el tiempo requerido.

Esto quiere decir que solo se pedirá lo indispensable durante cada etapa de la obra, ya que el exceso de inventario hará que se utilice más transportes, haya más movimientos, más gestión y exposición de los materiales a posibles daños y posibles robos.

Se ha demostrado que la buena planificación de suministro de materiales en la obra, contribuye a JUST-in-Time durante el transcurso de la obra. Igualmente contribuye con la eliminación de algunos tipos de desperdicio.

2.6.4 Fase de montaje o ejecución Lean Construction.

La ejecución de obra Lean se inicia con la entrega de información, materiales, mano de obra, herramientas, o componentes necesarios para la ejecución en la obra o instalación y termina con la finalización de las instalaciones y puesta en marcha del edificio o infraestructura.

Durante la fase de montaje o ejecución, el sistema del último planificador se utiliza para controlar la producción y mantener el flujo continuo de materiales e información a lo largo de toda la obra a medida que esta avanza según un sistema Pull que tira a través de la planificación o programación.

2.6.5 Fase de uso y mantenimiento.

El ensamblaje concluye cuando el cliente tiene un uso beneficioso de la instalación o edificio, que por regla general se produce después de la entrega y puesta en marcha del edificio, instalación o infraestructura. Esta fase termina con el cierre de la obra, los retoques definitivos, y la explotación y mantenimiento del edificio o instalaciones.

2.7 Target Costing (Coste objetivo).

Target Costing fue creado primeramente con el fin de proporcionar un método para el personal de marketing y diseño dentro de la empresa, para obtener una comprensión verdadera de las necesidades y requerimientos del cliente. Permitiendo al equipo de diseño crear un producto que tenga el valor máximo para el cliente, y, además, tener conciencia plena del impacto que tiene el diseño del producto en los diferentes flujos de toda la cadena de valor. (Pons Achell J. , 2014)

Puede ser aplicado tanto para el desarrollo de nuevos productos, como a productos y procesos existentes con flujos de valor actuales.

Para poder comprender este sistema, hay que visualizar las necesidades del cliente. Primero necesitamos comprender qué crea valor para el cliente. Este valor se crea no solo por el producto en sí mismo sino por el conjunto de servicios y otros aspectos del negocio que añaden valor al cliente. Una vez que conocemos el valor que estamos creando para el cliente, podemos fijar un precio que lo refleje.

En segundo lugar, necesitamos calcular el coste permitido, que es el precio de venta menos el margen de beneficio requerido para el producto o servicio. El porcentaje de beneficio requerido se asigna como parte del plan de negocio general o estratégico de la empresa. Para tener éxito tenemos que vender el producto a un precio que se ajuste por un lado a las necesidades de valor del cliente y por otro, a los márgenes de beneficio que necesita la empresa.

Una vez que se establece el coste permitido, entonces comparamos este coste con el actual promedio del coste de la cadena o flujo de valor y calculamos la diferencia. Si el coste de producción es superior al coste permitido, entonces necesitaremos establecer mejoras para

llevar los costes reales en línea con los costes autorizados o permitidos, y así lograr el precio de venta de acuerdo con el valor que estamos generando para los clientes.

El resultado del proceso de Target Costing es un plan de acción práctico. El plan de acción a menudo incluye cambios en la manera en que comercializamos y vendemos el producto o servicio, en el coste de material de los productos, en el diseño del producto y en las operaciones y la logística que usamos para llevar el producto al mercado. El impacto práctico se extiende a través de toda la cadena de valor.

2.8 Intergrated Project Delivery (IPD).

IPD es un enfoque de la ejecución de proyectos que integra personas, sistemas, estructuras y prácticas empresariales en un proceso que aprovecha colaborativamente el talento y los puntos de vista de todos los participantes para optimizar los resultados del proyecto, aumentar el valor para el cliente, reducir el desperdicio y maximizar la eficiencia en todas las fases de diseño, fabricación y construcción. (Pons Achell J. , 2014)

Sus principios son aplicables en una amplia variedad de acuerdos contractuales y los equipos del IPD pueden incluir miembros que van más allá de la tríada básica: propietario, proyectista y constructor. En todos los casos, esta clase de proyectos se distinguen de forma única por la colaboración altamente eficaz entre el propietario, el equipo de diseñadores y el contratista principal, que comienzan a colaborar al principio del diseño y continúan a través de toda la entrega del proyecto.

Integrated Project Delivery se centra en la colaboración, que a su vez se basa en la confianza. Cuando la colaboración y la confianza van de la mano en un proyecto, esto puede dar resultados favorables y positivos, en cambio, si su meta es trabajada IPD promete mejores resultados, pero los resultados no van a cambiar a menos que las personas responsables de la entrega también cambien. Por lo tanto, la consecución de los beneficios del IPD requiere que todos los participantes sigan sus principios marcados en la figura 2.3.



Figura 2. 4 Principios IPD.

El punto clave, por el cual IPD ha generado éxito es por su creación de equipos de trabajo comprometidos con los procesos de colaboración y que sus miembros sean capaces de trabajar de manera efectiva. De modo que cada uno de ellos esté preparado para el momento en el que trabajarán.

Se debe identificar en el momento más temprano el rol de los participantes que son más importantes para el proyecto. Se tomarán en cuenta cada una de las distintas ideas que tiene los participantes; desde antes que comience la obra se deja en claro los intereses, metas y objetivos de estos mismos.

Los principales actores que se encuentran en un proyecto integrador son los siguientes:

- El promotor.
- Diseñadores / Proyectistas.
- El constructor.

2.9 Last Planner.

El primer documento técnico sobre Last Planner System fue publicado en 1994 y posteriormente desarrollado por su mismo autor, Glenn Ballard, en su tesis doctoral del año 2000. Según Ballard, en un sistema tradicional, el rendimiento del último planificador a veces es evaluado como si no pudiera haber ninguna diferencia posible entre “lo que debería hacerse” y “lo que se puede hacer”. Ante la pregunta “¿qué vamos a hacer la semana próxima?”, la respuesta más probable es “lo que está en el programa”, o “lo que está generando más urgencia”. Los supervisores consideran que su trabajo es mantener la presión sobre los subordinados para seguir produciendo a pesar de los obstáculos. La entrega irregular de recursos y la terminación impredecible de los trabajos previamente necesarios, invalidan la presunta ecuación de “lo que se hará” con “lo que debería hacerse” y rápidamente da lugar al abandono de la planificación que dirige la producción real. (Pons Achell J. , 2014)

Es un sistema de trabajo que se realiza semana tras semana desde el inicio de la obra, esto se hace en una habitación grande que este instalada lo más cerca posible de la obra, aquí se reúnen todos los del equipo de trabajo. Las decisiones son tomadas cuando todo el equipo está a favor; una vez aceptadas, los equipos de trabajo deben asegurarse que cuenten con los recursos necesarios y el tiempo suficiente para completar el trabajo.

Lo que este sistema trata de hacer es que un “debería hacerse” se convierta en “se puede hacer”, creando un flujo de trabajo fiable y aprendizaje rápido. Esto solo pueden ser logrado cuando todo el equipo trabajo en colaboración, comprometiéndose a realizar bien sus tareas semana tras semana.

Tabla 2. 1 Sistema Last Planner.

Situación general de los proyectos de construcción	Situación de proyectos con mejor planeación	Situación de proyectos con Last Planner
<ul style="list-style-type: none">• Debería hacerse.	<ul style="list-style-type: none">• Debería hacerse.	<ul style="list-style-type: none">• DEBERÍA, SE PUEDE Y SE HARÁ.
<ul style="list-style-type: none">• Se puede.	<ul style="list-style-type: none">• Se puede y se hará.	
<ul style="list-style-type: none">• Se hará.		

Para poder lograr que esta situación de proyecto se cumpla, Last planner creó un sistema de planificación que comprende de tres etapas en forma piramidal que son ejecutadas durante toda la obra, las cuales son:

- Gestión a largo plazo (plan maestro).
- Gestión a mediano plazo (plan intermedio).
- Gestión a corto plazo (plan semanal).

2.9.1 Gestión a largo plazo (Plan Maestro).

Creado con cuatro o cinco meses de anticipación regularmente, en esta etapa del proyecto se trata de aclarar los alcances y las expectativas del mismo, dividiendo las actividades que se realizarán por medio de hitos, siempre destacando los más importantes. Es el momento en que todo el equipo debe comprender la ejecución de la obra, alineando sus intereses y necesidades. Es importante comenzar desde la fase inicial del proyecto con esta metodología.

Generalmente muchos tienen una visión algo incompleta sobre lo que es un plan maestro y suelen relacionar el diagrama de Gantt con esta fase del proyecto. En ocasiones este tipo de diagramas suelen confundir a personas que no se encuentran familiarizadas con ese tipo de proyección, por lo cual Lean Construction se encarga de crear un diagrama totalmente distinto (figura 2.4) donde se le provee al equipo una visión completa sobre los objetivos y entregables del proyecto, con la finalidad de dar un correcto seguimiento de evolución y alcance de este.

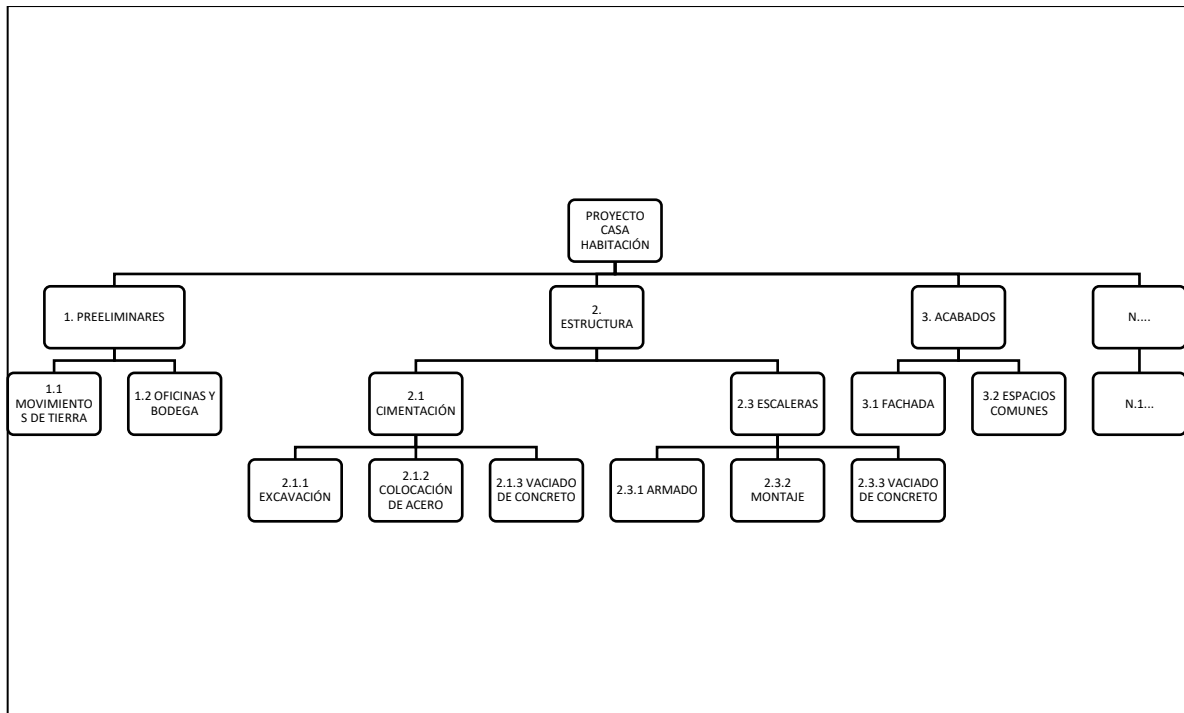


Figura 2. 5 EJEMPLO PLANTILLA ESTRUCTURA DE DESCOMPOSICIÓN DE TRABAJO.

En ocasiones el diagrama de Gantt es funcional acorde al tamaño del proyecto, puede ser confuso cuando la obra es grande en la cual se destacan varios puntos y las líneas suelen perderse.

Para la buena creación de este plan, es necesario dejar a un lado la planificación PUSH la cual es muy famosa, debido a que es la que enseñan en todas las escuelas. Pero en estos tiempos es momento de olvidar ese sistema, comenzando a utilizar la planificación PULL, que ha permitido mejorar los objetivos de un proyecto, considerando la pronta visualización de defectos y resaltando actividades que puedan mejorar el flujo continuo de trabajo.

2.9.1.1 Planificación PULL.

Para obtener una planificación semanal adecuada, primero se debe realizar una planificación PULL, siendo una metodología de planificación que utiliza los conceptos de un sistema productivo PULL. Esto quiero decir, que se parte del último entregable de la fase a planificar y a partir de este hito final es donde se realiza la pregunta “¿Qué es lo que requiero que esté

listo justo antes para poder entregar este hito?”, entonces, se llama a la actividad predecesora a que asuma su compromiso con su cliente y logren cumplir con ese compromiso. (Pons & Rubio, 2019)

En la fase de diseño participan los arquitectos, ingenieros y residentes, ya en la etapa de ejecución del pull planning participan los proyectistas, ingenieros, subcontratistas y demás encargados. (Guzmán Arana & Vela Cieza, 2020)

La planificación pull en pocas palabras nos permite la visualización de las actividades de atrás hacia adelante, logrando identificar cada objetivo y pueda capturarse una imagen general de la planificación del proyecto, consiguiendo que todos los integrantes comprendan la situación. Dentro de los preparativos de una pull planning es necesario tener bien definido el hito al que se quiere llegar y del cual se tirará de atrás hacia adelante.

Juan Felipe Pons dice, que los alcances de una pull planning son los siguientes:

1. Construir un plan de trabajo comprometido y consensuado por todas las partes.
2. Identificar restricciones.
3. Adquirir conciencia de como el trabajo de unos afecta a los demás.
4. Identificar conflictos en la secuencia de tareas del plan maestro.
5. Identificar la duración de las consistencias.
6. Identificar las superposiciones reales de las tareas.
7. Concienciar a los subcontratas y al equipo de posibles problemas y riesgos.
8. Conocer la duración efectiva de cada tarea suponiendo que no habrá restricciones.
9. Identificar nuevo camino crítico, y mover las tareas si es necesario.
10. Identificar las nuevas formas de mejorar el flujo continuo.

Esta planificación se realiza con la ayuda de pequeñas tarjetas (post de colores), las cuales irán sobre un panel de cartón o simplemente en láminas de papel pegadas sobre una pared lisa en la sala de reuniones. Este panel, debe llevar consigo una estructura la cual es fundamental para un mejor entendimiento. En este se identifican 3 secciones principales:

- Sección 1. Se considera el tiempo, se debe definir si será en días, semanas, quincenas o meses. Depende de la duración del proyecto y su tipología.
- Sección 2. Se consideran las áreas o equipos de la obra.

- Sección 3. Se consideran las tareas, actividades e hitos de la fase (aquí es donde se colocan los posts de colores).

En esta planificación suelen encontrarse diversas acciones que traen consigo los famosos “tiempos muertos” o “cuellos de botellas”, clasificando estas acciones como restricciones y tareas precedentes, son dos conceptos que suelen ser términos parecidos pero que realmente no lo son. Es por eso que a continuación se explica cada uno de ellos para su mejor entendimiento:

- **Restricción:** Se define como el factor o condición que conlleva el fallo de ejecución de una actividad, interrumpiendo un flujo de trabajo continuo. Dentro de las causas que pueden ocasionar estas restricciones, es que se impida iniciar una actividad por falta de planos o de material; que se detenga cuando ya está iniciada por problemas de calidad en los materiales o las condiciones de seguridad en el entorno de trabajo; y posiblemente algo que impida su finalización como el cumplimiento de protocolos, supervisión o controles de calidad.
- **Tareas precedentes:** Son las actividades o trabajos que se deben realizar por otras personas antes de poder comenzar con la actividad que se le asigna al trabajador. Esto también sucede cuando se encuentran actividades de trabajo relacionadas que previamente debieron seguir cierta secuencia, tal como actividades aguas arriba (antes) y las actividades aguas abajo (después) avancen al mismo ritmo y que una de ellas se adelante o retrase, generando sobreproducción o tiempos de espera.

Por último, la planificación Pull es una herramienta que se utiliza con la esperanza de romper el paradigma de la lógica tradicional, de la cual muy pocos se atreven a dejar atrás debido al miedo de conocer al 100% este sistema. Esta planeación trae consigo nuevas oportunidades de mejora y planeaciones más eficientes. Una vez que se comienza a utilizar la secuencia “del final hacia el principio” la mente está obligada a pensar de una manera más creativa, dejando atrás las viejas costumbres.

2.9.2 Gestión a medio plazo (Plan Intermedio).

El plan intermedio es dónde se gestiona el “SE PUEDE” de la planificación Lean Construction, se realiza en un plazo aproximado de tres a ocho semanas, aquí se determina concretamente cada una de las actividades que fueron marcadas en el “Plan maestro”, en pocas palabras, se extrae parte de la planificación pull, donde todo fue organizado por medio de hitos y es en este momento cuando cada uno de ellos es desglosado con el objetivo de generar un flujo predecible de trabajo durante la fase de ejecución. Durante el proceso de planificación a medio plazo se irán identificando nuevas restricciones que sean una limitante para la correcta ejecución del programa maestro. Si estas restricciones son identificadas y se resuelven de manera eficiente, se obtendrá un inventario de trabajo ejecutable (ITE) con una producción más concreta.

Una de las cosas que debe realizar el equipo de trabajo durante el proceso de planificación de este plan, son los tiempos que se requerirán para gestionar y liberar cada una de las restricciones que se identifiquen.

En este punto hay que aprender a diferenciar las restricciones que pertenecen al plan maestro y las del plan intermedio. Las del plan maestro suelen ser problemas que se encuentran fuera del alcance de los propios trabajadores, por ejemplo, cuando se debe reubicar una línea de internet (fibra óptica) que pasa por el área de construcción del terreno o bien cuando se cuenta con un poste de luz dentro del terreno y este debe ser reubicado; otra acción que se encuentra fuera del alcance del equipo es la financiación para el proyecto o la licencia de la obra.

Mientras que las restricciones que se encuentran en la planificación a mediano plazo tienen que ver con la propia producción de la obra y participantes de ella, por ejemplo, si los materiales que se utilizarán se encuentran en casas de materiales de la región o si será necesario importar algo y la capacidad de respuesta de los proveedores.

Para poder pasar actividades del plan de hitos al plan de medio plazo, hay que tener sus restricciones liberadas o al menos bien identificadas, ya con fechas asignadas para que esta quede liberada antes de la fecha de ejecución. Hay que estar bien preparado, por tal motivo es que no se consigue una planificación de este tipo en solo unos días, todo lleva su tiempo y su trabajo.

Cuando se encuentra en la etapa de preparación del trabajo o “Make Ready” se realiza por medio de ventanas el inventario de las restricciones, mediante la creación de un plan separado por semanas, donde se coloca la acción o actividad a realizar y se desglosan las restricciones que se puedan encontrar durante el proceso de ejecución. Los encargados del proyecto junto con los contratistas que se encuentran en la sala se encargarán de encontrar soluciones.

No es necesario desglosar el proyecto entero por semanas en la primer junta, dependiendo el tamaño de este y del tiempo estimado de finalización se irá agregando una semana más cada que se finalice la preparación de una anterior.

Mediante un sistema de paneles y tarjetas de colores, se logra comprender aún más el trabajo de la gestión a mediano plazo. Colocando una fila por subcontratista o especialidad, donde se asignan las actividades a realizar día con día hasta completar la planificación. Los encargados de colocar los datos en estas tarjetas son los subcontratistas o ejecutores de la obra, colocando la información de la actividad que se ejecutará, el día y el lugar; al momento de terminar de llenar su hoja esta se coloca en el panel, convirtiéndolas en compromisos y en ordenes de producción, permitiéndole a los subcontratistas ver las actividades que se realizarán cada semana.

PLANIFICACIÓN A MEDIO PLAZO (LOOKAHEAD)																			
ID. Actividad	ACTIVIDADES	FECHAS		RESPONSABLE	LIBERADA	SEMANAS													
		INICIO	FIN			ENERO							FEBRERO						
						Semana 1		Semana 2		Semana 3		Semana 4		Semana 5		Semana 6			
						L	M	J	V	L	M	J	V	L	M	J	V	L	M
						01-ene	08-ene	15-ene	22-ene	29-ene	05-feb	12-feb	19-feb	26-feb	04-mar	11-mar	18-mar	25-mar	
	ENCOFRADOS																		
	Encofrado ciclo 1	29/05	15/06		SI														
	Encofrado ciclo 2	08/06	05/07		SI														
	Encofrado ciclo 3	15/06	05/07		NO														
	HORMIGÓN																		
	Hormigón Ciclo 1 piso 1	30/05	31/05		SI														
	Hormigón Ciclo 2 piso 1	06/06	07/06		SI														
	Hormigón Ciclo 3 piso 1	13/06	14/06		SI														
	Hormigón Ciclo 4 piso 1	20/06	21/06		SI														
	ACERO																		
	Acero Ciclo 5 piso 2	27/06	05/07		NO														
	Acero Ciclo 6 piso 2	29/06	05/07		NO														

Figura 2. 6 Imagen ilustrativa de una planificación a medio plazo. Tomada del libro LC y la planificación colaborativa.

Ahora retomando el tema de las restricciones, algo que es muy importante en esta parte del proyecto, es su gestión. Cuando se finaliza la identificación de actividades y estas son colocadas en el panel, se realiza un análisis de restricciones para cada una de las tareas. Estas pueden ser anotadas en la misma tarjeta de la planificación a medio plazo que corresponda a la actividad donde encontró una restricción, además de escribir en un listado aparte en donde

se llevará a cabo un seguimiento semanal y diario durante todo el proyecto, generalmente lo realiza un jefe de producción de la empresa quien se hace cargo de las gestiones necesarias para liberar estas restricciones a medida que se acercan los plazos.

La manera en que son analizadas todas las restricciones es por medio de una plantilla, incorporándolas a un registro que permita su seguimiento del estado de cada uno de los compromisos asumidos, utilizando una tabla similar a la mostrada en la figura 2.6

LISTADO DE RESTRICCIONES									
OBRA:					FECHA CONTROL:				
ID	DESCRIPCIÓN DE LA RESTRICCIÓN/PROBLEMA	IMPACTO / ACTIVIDAD QUE SE VE AFECTADA	ACCIÓN	Prioridad	RESPONSABLE DE LIBERARLA		FECHA COMPROMISO	FECHA REAL LIBERACIÓN	ABIERTA / CERRADA
					EMPRESA	PERSONA			
#1	Urbanización zona piscina. Avintla/DF/Beta koncret (P11D)	Invasión de zonas con riesgo de caída de objetos	La dirección facultativa pactará con los vecinos como acometer con la urbanización y se marcará fecha de entrega de su zona.	●			10-ago.	20-jul.	CERRADA
#2	Barandilla ext. P11D esc.3 Cabezas. Disponibilidad/retirada de plataformas de descarga.	Imposibilidad de finalización	Se avanzará todo lo posible a falta de colocar la barandilla donde este la plataforma	●			22-ago.	22-ago.	CERRADA
#3	No tenemos definido el color de la carpintería de aluminio y por lo tanto no podemos realizar el pedido	Imposibilidad de realizar el pedido del aluminio y de poder planificar esta actividad.	Solicitar a la Dirección Facultativa y al propietario la referencia de color del aluminio.	●			27-ago.	13-ago.	ABIERTA
#4									
#5									

Figura 2. 7 Ejemplo de plantilla para gestionar las restricciones. Imagen tomada del libro LC y la planificación colaborativa

Juan Felipe Pons nos dice que los objetivos de la planificación intermedia son los siguientes:

- Asegurar el flujo continuo de producción para las semanas extraídas de la pull session.
- Identificar los recursos necesarios para la ejecución de cada una de las tareas.
- Identificar y gestionar cada una de las restricciones.
- Re-secuenciar las tareas cuando sea necesario.
- Reevaluación de la duración de las tareas.
- Desglosar las tareas para que las definan mejor, de ser necesario.
- Generar inventario de trabajo ejecutable (ITE).

2.9.3 Plan a corto plazo (Plan semanal).

El plan a corto plazo es el encargado de gestionar el “se hará” de la metodología Lean Construction, durante esta etapa del proyecto es cuando los “últimos planificadores” asumen el compromiso de avance en la obra, esto quiere decir que se comprometen con las metas específicas dándose a la tarea en que obtengan un resultado productivo. Pero antes de poder pasar a esta parte de la gestión del proyecto, es una regla que se hayan liberado todas las restricciones que se encontraron en las actividades marcadas en el plan a medio plazo, porque sería algo inadecuado el lanzar ordenes de producción sobre actividades que no se tiene la certeza de que si podrán ser completadas.

Como objetivo se tiene el estructurar un plan de trabajo comprometido con actividades específicas a realizar, con metas cuantitativas claras. Estas tareas deben ser las que se encuentran en el inventario de trabajo ejecutable (ITE) que fue generado durante el plan a mediano plazo, con la finalidad de aumentar la confiabilidad al comprometer el trabajo en actividades en las que tenemos mayor certeza de que tienen las condiciones necesarias para ser ejecutadas. En ocasiones existe una “zona gris” con actividades que hoy tienen alguna restricción asociada, pero existe una alta probabilidad de que antes de que termine el periodo se libere dicha restricción, por ejemplo, la llegada de los materiales. Por otro lado, si se cuenta con una baja probabilidad con su liberación, lo mejor será ser sinceros con el equipo y planificar otra actividad que pueda realizarse. (Pons & Rubio, 2019)

Es importante que cada “último planificador” asuma su responsabilidad y compromiso de producción que ha asumido. Aclarando que no se está aceptando una actividad que las jefaturas le estén solicitando, es algo que el asumió como compromiso para su equipo. No se trata de solo aceptar cada una de las actividades que propone el último planificador, ya que debe cumplir con un contrato que tiene fechas, costes y calidad comprometida. Es aquí donde el líder del proyecto se encarga de verificar si los compromisos que están asumiendo son los que realmente necesita la obra para cumplir con sus objetivos.

Por lo general se trata de una planeación de una a dos semanas, esto dependerá de las características de cada proyecto. Comúnmente se realiza en un periodo de una semana, siendo el plazo que se utiliza con mayor frecuencia.

Juan Felipe Pons (2019), nos dice que para gestionar de manera eficaz, es recomendable utilizar formatos en los que quede claro el plan a corto plazo comprometido por el equipo. Incluyendo al menos:

- Actividad a ejecutar.
- Responsable de la actividad.
- Compromiso asumido.
- Avance real.
- Diagrama de Gantt (si es necesario).

2.9.4 Porcentaje de plan cumplido (PPC).

En la finalización de las juntas semanales de Last Planner, se hace un conteo general de las tareas cumplidas y las tareas no cumplidas para la realización de se PPC. Es un indicador de desempeño que mide la efectividad de la programación semanal, es decir el grado de adherencia de los trabajos ejecutados a los programas al inicio de la semana. Su aplicación permite monitorear el alcance de las metas diarias y/o semanales de las personas en obra y hacer planes de acción en caso de desvíos o incumplimiento. Por eso es necesario que se les reitere a los trabajadores sobre el cumplimiento y responsabilidad de sus tareas asignadas, para poder tener un mejor avance.

Su fórmula es la siguiente:

$$\text{PPC} = (\text{N}^{\circ} \text{ de actividades cumplidas} \times 100) / \text{Total de actividades semanales}$$

2.9.5 Causas de no cumplimiento.

Cuando se pasa el periodo de corto plazo comprometido se analiza el cumplimiento de los compromisos, para cada compromiso no completado se debe identificar cuál fue la causa raíz de ese no cumplimiento. El objetivo de este análisis no es buscar culpables si no identificar el por qué no se pudo ejecutar lo comprometido de manera que se tomen acciones correctivas con base a la causa raíz identificada.

2.10 Suministro Justo a Tiempo (JIT).

Es un sistema de producción que fabrica y entrega justo lo que se necesita, cuando se necesita y en la cantidad que se necesita. Kiichiro Toyoda, hijo de Sakichi Toyoda desarrolló este concepto en la década de los 30's. Fue él quien decretó que las operaciones de Toyota no deberían tener exceso de inventario y que Toyota debería esforzarse en trabajar en colaboración con los proveedores para nivelar la producción. Bajo el liderazgo del ingeniero Taiichi Ohno, el JIT se desarrolló dentro de un único sistema de flujo de información y materiales para controlar la sobreproducción. (Pons Achell J. , 2014)

En lo que este sistema se enfoca es en la eliminación de un desperdicio, el cual es la sobreproducción o sobre almacenamiento. No solo se trata de hacer más que la competencia, lo importante es realizar un trabajo de calidad, en buen tiempo y mejores costos. Es por eso que la sobreproducción conlleva a un gasto en su almacenamiento, pudiéndose evitar al producir solo las piezas necesarias que el mercado te exige.

En la construcción lo podemos notar en el momento que una obra comienza a realizarse, muchas veces se comete el error de pedir todo el material que se utilizará para el proyecto, haciendo que este sea amontonado o generar que se pague por guardar el material. En ocasiones su almacenamiento no tiene el cuidado necesario y algunos de los materiales pueden sufrir daños que causen un gasto imprevisto.

2.11 Total quality management (TQM).

TQM puede ser definido como una filosofía de gestión integral que busca la mejora continua de la organización. Aumentando la eficiencia de producción, optimizando plazos de entrega y reduciendo los residuos, conduce necesariamente a las empresas a adoptar estrategias que implican la mejora continua de sus procesos internos. (Osayawe Ehigie & McAndrew, 2005)

Dentro de este contexto, en los años 50's en Japón, surgió el concepto de Calidad Total y Gestión de la Calidad Total (TQM o Total Quality Management).

Actualmente la palabra calidad no es encontrada en ningún producto, ya que es una especificación que el cliente busca. Pero la calidad no es tener un producto terminado de manera eficiente, lo que hay detrás de todo esto es una gestión de calidad total, hablamos del conjunto de una buena organización en todos los procesos de producción, además de una cultura empresarial de mejora continua.

Para obtener una verdadera calidad en productos o servicios se requiere de la implicación de la empresa entera, desde el proveedor hasta el consumidor, desde el diseñado, el operario y el mantenimiento; desde la gerencia, los administrativos y los supervisores.

TQM es una de bases del Lean Manufacturing que inicialmente contribuyó con su enfoque para implementar una cultura empresarial colectiva de total compromiso con la eficiencia. Se evita el re-trabajo y los desperdicios desde el momento cero. Iniciando con los insumos recibidos por parte del proveedor, los cuales no deben ser aceptados si no cumplen con las especificaciones en su totalidad.

Después se debe aplicar el mismo estándar de calidad en cada proceso o actividad, para esto, el área de control de calidad debe seguir a cada momento el desarrollo de dicha transformación de materia prima hasta que se obtenga el producto terminado.

Para entender más sobre este concepto, lo primero que se deben conocer son los 5 principios claves que maneja el TQM para su éxito de aplicación los cuales son:

- **Producir con calidad a la primera.** Optimizar el proceso constructivo, reduciendo perdidas.

- **Enfoque al cliente.** Muy de la mano con el concepto de Lean Construction, lo importante es adaptarse y orientarse a la demanda del cliente.
- **Adoptar un enfoque estratégico para mejorar los procesos.** Adoptar una percepción de las tendencias actuales del mercado, a fin de alinearse con sus nuevas exigencias.
- **Mejora continua.** Obtener la mayor calidad posible en los resultados de cada fase.
- **Fomentar la participación y el sentido de la igualdad de la cooperación entre los miembros de la organización.** Mantener a los empleados comprometidos y motivados para contribuir al proceso de construcción mediante propuestas de mejoramiento a través de reconocimientos.

2.12 Diagrama de Ishikawa.

El Diagrama de Ishikawa, también conocido como Diagrama de Espina de Pescado o Diagrama de Causa y Efecto, es una herramienta de la calidad que ayuda a levantar las causas-raíces de un problema, analizando todos los factores que involucran la ejecución del proceso.

Creado en la década de 60's, por Kaoru Ishikawa, el diagrama tiene en cuenta todos los aspectos que pueden haber llevado a la ocurrencia del problema, de esa forma, al utilizarlo, las posibilidades de que algún detalle sea olvidado disminuyen considerablemente.

En la metodología, todo problema tiene causas específicas, y esas causas deben ser analizadas y probadas, una a una, a fin de comprobar cuál de ellas está realmente causando el efecto (problema) que se quiere eliminar. Eliminando las causas, se elimina el problema.

El Diagrama de Ishikawa es una herramienta práctica, muy utilizada para realizar el análisis de las causas-raíces en evaluaciones de no conformidades.

El Diagrama de Ishikawa presenta la relación existente entre el resultado no deseado o no conforme de un proceso (efecto) y los diversos factores (causas) que pueden contribuir a que ese resultado haya ocurrido. Su relación con la imagen de una espina de pescado se da debido al hecho de que podemos considerar sus espinas las causas de los problemas planteados, que

contribuirán al descubrimiento de su efecto, además del formato gráfico que se asemeja al diseño de un esqueleto de pescado.

Las principales funciones de este diagrama son:

- Para ver las causas principales y secundarias de un problema.
- Para ampliar la visión de las posibles causas de un problema, viéndolo de manera sistemática y completa.
- Para identificar soluciones, recopilando el recurso disponible por la empresa.
- Para generar mejoras en los procesos.

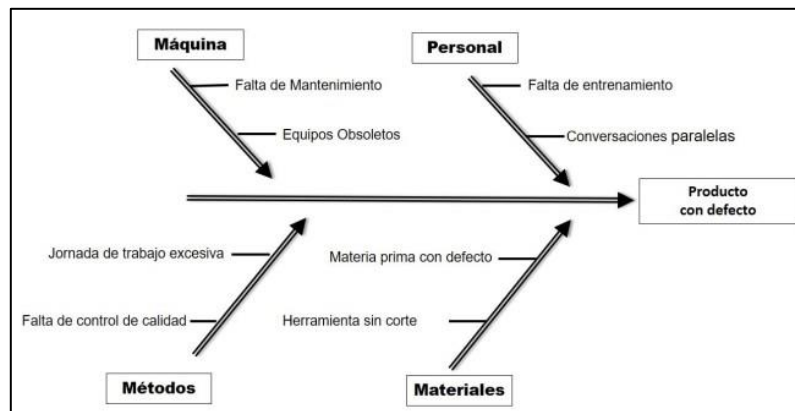


Figura 2. 8 Diagrama de Ishikawa

2.13 La mejora continua.

El concepto más utilizado en Lean Construction para hablar del tema es el “Kaizen”, palabra japonesa que significa “mejora continua”. No refleja realmente la esencia y significado que hay detrás de esta autodisciplina y el compromiso que todos deben mostrar cuando llevan a cabo el “Keizen”. Está enfocada en la mejora continua del last planner, realizando tres mejoras dentro del sector de la construcción. (Pons & Rubio, 2019)

- **Mejorar todos los días.** No solo se trata de utilizar la mejora continua en un solo proyecto que cuando finalice se deje a un lado ese avance que se realizó. En cambio, hay que llevarla más tranquilamente la mejora hasta el inicio de un nuevo proyecto. El significado de este punto es sobre el reto constante que hay para encontrar la mejor manera de hacer las cosas. Se requiere autodisciplina y compromiso.
- **La mejora de todos.** Muchos creen que la mejora solo es para el personal que trabaja en obra, siendo un error de interpretación ya que, el Keizen debe comenzar desde arriba, comenzando por los altos directivos, demostrando su compromiso, determinación y servir de guías para el resto. Ellos tienen el papel más importante al momento de implementar este enfoque, de ahí siguen los mandos intermedios, bajando hasta la clase obrera. También aplica para los empleados a tiempo parcial o temporales.
- **La mejora en todas partes.** Un error que se comete es el pensar que solo se aplica en las áreas de producción u operacionales, en realidad debe estar en todas partes, como en las áreas administrativas, de diseño, de investigación, desarrollo, innovación, compras, logística, etc.

La manera más eficiente de llevar a cabo la mejora continua es con los ciclos de Deming o ciclos PDCA (Plan-Do-Check-Act). Para que se pueda cerrar el ciclo de planeación es importante tomar acciones correctivas que ayuden a mejorar en el desempeño de la planificación de la obra y de la obra en general, Last planner system no será eficiente si no se toman acciones rápidas con base en el conocimiento y si no se generan aprendizajes con base a los errores cometidos. Mediante los ciclos PDCA se establecen las acciones necesarias para evitar que el problema vuelva a repetirse. (Pons & Rubio, 2019)

El PDCA es considerado punto de partida para hacer un mejor trabajo la siguiente vez, para su mejor comprensión se estructura de la siguiente manera:

- **PLAN.** Clasificar el problema, descomponer el problema, fijar un objetivo y analizar la causa raíz.
- **DO.** Desarrollar e implementar contramedidas.
- **CHECK.** Evaluar los resultados.
- **ACT.** Desarrollar e implementar acciones correctivas.

Mientras que el ciclo de “Deming” es un ciclo que se repite, creando una interacción continuada entre medición, análisis y acción informada. Se proyecta de la siguiente manera:

- **Planificar.** Evaluar el estado actual de los controles del proyecto.
- **Hacer.** Aplicar disciplina y compromiso para conseguir mejores resultados.
- **Chequear.** Usar controladores o indicadores en el proyecto que determine si el control cambió el resultado.
- **Actuar.** Es aplicar un control éxito al proyecto en general.

Las reuniones que son llevadas a cabo semana tras semana y reunión tras reunión, son realizadas con la finalidad de que el equipo identifique la causa raíz de los problemas, se aprenda de los errores y se incorporen nuevas soluciones para esos errores. Siendo un sistema que solo deja un mejor aprendizaje después de cada error.

Juan Felipe Pons (2019) nos enseña que las herramientas básicas para la mejora continua son:

1. Técnica de los 5 Porqués.
2. Diagrama de Pareto.
3. Diagrama de causa y efecto (diagrama de Ishikawa)
4. Diagrama de flujo.
5. Diagrama de comportamiento.
6. Diagramas de control.
7. Técnica del A3 de Toyota.

2.13.1 Metodología de los 5 porqués.

Es una técnica eficiente para descubrir la causa raíz de un problema.

Taiichi Ohno dijo: Cuando surge un problema, si nuestra búsqueda de la causa no es minuciosa, las acciones que tomemos pueden no ser la solución. Por ello, nos preguntamos repetidamente por qué. Esta es la base científica del sistema de Toyota. Repetir por qué 5 veces, nos ayudará a descubrir la raíz del problema y a corregirlo.

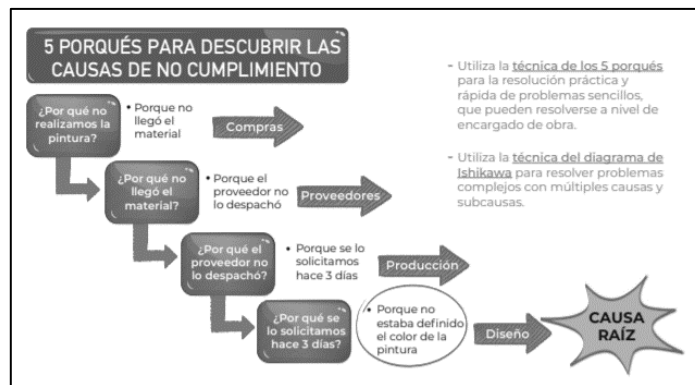


Figura 2. 9 Ejemplo de la metodología de los 5 por qué. Tomada del libro *Lean construction y la planificación colaborativa*.

Tomando de ejemplo la figura 2.9, se demuestra cómo funciona esta metodología, se muestra cada causa que apunta a mejorar un proceso diferente, entendiendo que si no es la fase de diseño la que no se mejora, no se obtendrá el rendimiento que se espera de la obra.

Para facilitar la identificación de la causa raíz es importante que cada empresa cuente con una lista acotada de unas 10 ó 15 causas de no cumplimiento, con la finalidad de conocer cuáles son las más repetidas que puedan estar afectando la obra y enfocar esfuerzos de mejoramiento.

Capítulo III. Metodología.

3.1 Hermosillo.

Fue en el año de 1963, cuando dos jóvenes graduados del Tecnológico de Monterrey (ITESM) armados con su juventud, valores familiares, títulos profesionales y pasión, se embarcaron en su misión de iniciar un estudio de arquitectura. Juan y Víctor se establecieron en Mexicali; una tierra de inmigrantes que generosamente les abrió las puertas y les brindó a estos dos jóvenes arquitectos la oportunidad de demostrar su valía y triunfar. (Hermosillo, 2019)

Con los años, nuevos socios se unieron a la firma y trajeron consigo nuevas habilidades, tecnología, energía y audacia; Con su impulso e impulso expandieron el negocio y crearon oficinas en Tijuana, Monterrey y Ciudad de México. Enfocándose en la construcción de residencias, centros comerciales, edificios de oficinas, edificios públicos, iglesias, cárceles, hoteles, centros de distribución, urbanizaciones, puentes, bancos, escuelas y muchos edificios industriales. (Hermosillo, 2019)

Este fue el origen de Ramos y Hermosillo Architects. Durante los primeros 20 años de su existencia, la empresa solo se enfocaba en el diseño arquitectónico, pero fue después que se convirtió a una empresa de diseño/construcción de clase, dándole al negocio una nueva dimensión y especialidad: instalaciones de fabricación para empresas internacionales extranjeras. (Hermosillo, 2019)

Fue entonces, cuando en el año 2017 la empresa cambia su nombre, quedándose como “Hermosillo”, un líder tecnológicamente avanzado en diseño / construcción que atiende a clientes locales e internacionales. Siendo notables por sus fuertes valores, un deseo innato de hacer un buen trabajo y una pasión por explorar todo aquello que se puede hacer trabajando en conjunto con sus clientes. Esos controladores muestran la calidad y el valor que entregan habitualmente a sus clientes. (Hermosillo, 2019)

- **Mexicali, B.C.**

Mexicali es la capital del estado de Baja California y cabecera del municipio homónimo. Se encuentra localizada en el extremo noroeste del Valle de Mexicali en frontera con Estados Unidos, en las coordenadas 32° 39' 48" de latitud norte. Mexicali se mantiene como la décimo tercera ciudad más poblada del país, con una población de 988,417 habitantes. (California, 2015)

Siendo la primera sede en todo México, fundada en 1963 con el nombre de “Ramos y Hermosillo”, se encuentra ubicada en la calle 951 Venustiano Carranza Blvd. Piso 8, Suite 101-A, Punta Este Corporativo. Cod. Postal: 21259.



Figura 3. 1 Ubicación sede Mexicali B.C.

- **Tijuana, B.C.**

El municipio de Tijuana se localiza al noroeste del estado, su cabecera municipal se ubica en las coordenadas 32°32" de latitud norte y 117°03" de longitud oeste. Se encuentra a una altura de 20 metros sobre el nivel del mar. Limita al norte con los Estados Unidos de Norteamérica; al sur con el municipio de Ensenada; al este con el municipio de Tecate y al oeste el océano Pacífico. Cuenta con una población de 1 840 710 habitantes. (Tijuana, 2015)

Ubicada en 10201 Paseo de los Héroes Blvd. Suite 28, Zona Río. C.P. 22320; se encuentra la primera oficina regional del país fundada en 1991.

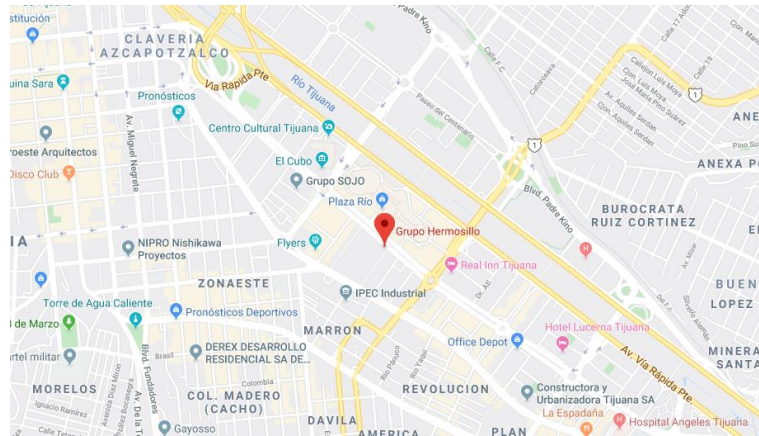


Figura 3. 2 Ubicación sede Tijuana, B.C.

- **Monterrey, NL.**

Monterrey, capital y ciudad más poblada del estado de Nuevo León. Monterrey es parte del Área Metropolitana de Monterrey, cuya población es de 4.1 millones de habitantes, siendo la tercera área metropolitana más poblada de México, con una extensión territorial de 6357 kilómetros cuadrados. Monterrey se localiza a 913 km de la capital del país, la Ciudad de México. (Conoce Monterrey , 2018)

Aquí en Monterrey se encuentran ubicada la segunda oficina regional, fundada en 2001, en calle 2100 Antonio L. Rodríguez Blvd. Piso 16, suite 01, Business Hub. Cod. Postal: 64650.



Figura 3. 3 Ubicación sede Monterrey, N.L.

- **Ciudad de México**

La Ciudad de México se encuentra en el Valle de México, a veces llamada la Cuenca de México. Este valle está situado en el Trans-mexicano cinturón volcánico situado en las altas mesetas del centro de México. Tiene una altitud mínima de 2200 metros sobre el nivel del mar y rodeado de montañas y volcanes que alcanzan elevaciones de más de 5000 metros.

Fue hasta el año 2005, cuando es abierta la tercera oficina nacional en México, ubicada en la calle 10 Andrés Bello Blvd. Suite 8B, Polanco.

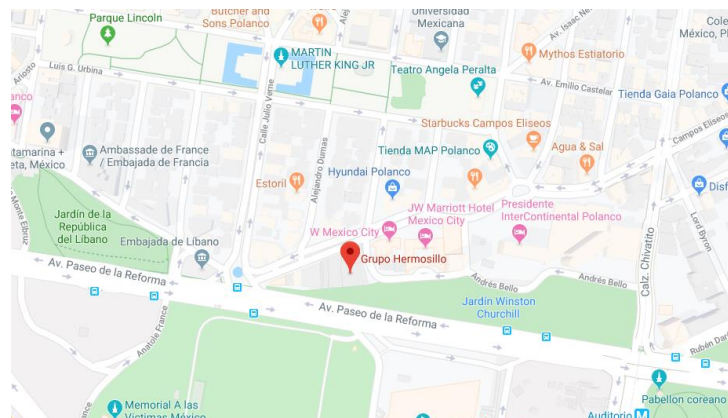


Figura 3. 4 Ubicación sede C.D.M.X

3.2 Asistencia al 1er Congreso Lean Internacional de la construcción.



Figura 3. 2 Congreso CLIC

El día 12 de noviembre del 2019 se realizó el Congreso Internacional Lean Construction, al que asistieron ingenieros y arquitectos. Fueron ellos los encargados de llevar a cabo ponencias sobre los casos de éxito, en el uso de esta metodología dentro de la industria de la construcción; así como también compartieron sus experiencias con este sistema que ha revolucionado la manera de ver una obra desde otra perspectiva.

El objetivo principal de este congreso fue el promover la innovación y la mejora constante de los proyectos de construcción, con la implementación de principios y metodologías colaborativas de acuerdo a la filosofía Lean Construction, que mediante el uso de nuevos softwares como los de análisis de precio y los dedicados a la realización de diseño en diferentes dimensiones, se ha ido logrando la mejora continua de la que tanto se hace hincapié

Una de las conferencias que se dirigió hacia la implementación de estas aplicaciones fue “Realidad virtual y realidad aumentada en L.C.” expuesta por el ponente Pablo Orihuela, originario de Perú. El cual dio una idea, sobre lo que es trabajar con el 3D desde etapas tempranas de la obra, para lograr transparencia y seguridad al cliente. Aplicarlo en conjunto con BIM es la mejor manera de sacarle provecho a todos estos sistemas. Algo muy importante es el no confundir la **realidad virtual** con **realidad aumentada**. La realidad virtual es un entorno de escenas u objetos de apariencia real, generado por un software especializado en ello, esto quiere decir, que es crear un proyecto desde cero mostrando al cliente un boceto final de lo que podría ser el resultado esperado.

La realidad virtual se divide en dos, virtual no interactivo y virtual interactivo; la **virtual no interactiva** es aquella donde se muestra el resultado final desde un ordenador utilizando los comandos para su visualización y un mouse para poder desplazarse en el proyecto, no obstante, la realidad **virtual interactiva** puede ser vista desde un smartphone que al conectarse en los lentes de realidad virtual y unos controles, hace que te puedas mover como si estuvieras dentro del proyecto (por ejemplo una casa) siendo más eficaz para poder corregir algún detalle que al cliente no le llame la atención y pueda dar su opinión para la distribución de espacios.

Por otra parte la **realidad aumentada** es aquella que nos ayuda a interactuar en el mundo real con elementos del mundo virtual, permitiendo una experiencia aún más completa. En este caso, la utilización de esta herramienta permite dar al cliente una idea de cómo quedará el proyecto en el terreno donde se realizará, contribuyendo a que el dimensionamiento sea el correcto y se ponga en marcha.

Todas las ponencias ofrecieron aspectos de vital importancia en el tema de la construcción y la tecnología, cada una de ellas enfocada en diferentes temas relacionados a Lean Construction. Las más relevantes fueron las dos Conferencias Magistrales, impartidas por los fundadores de esta metodología, una por Glenn Ballard (USA) y la segunda por Lauri Koskela (Finlandia).

La intervención de Glen giró en torno al tema “**What is Lean Construction and what is its future?**”, inicio mencionando la historia y los fundamentos sobre la creación de esta metodología, en un segundo plano pero no menos importante, relato sobre los riesgos que hay dentro de la obra, y la frecuente causa de que algunos de ellos, se den por la mala o falta de comunicación con el cliente, menciono entonces que esto puede ser evitado si se utiliza el pensamiento de “no hacer lo que el cliente pida, sin antes hacerle entender los riesgos que puede conllevar y darle ideas u opciones”; continuo explicando la metodología, qué es, en dónde se puede aplicar, cuáles son sus obstáculos y contramedidas en la industria de la construcción, finalizando con gran énfasis en que se debe evitar la ¡Resistencia al cambio!.

3.3 Capacitación del sistema de compras Fivebim.

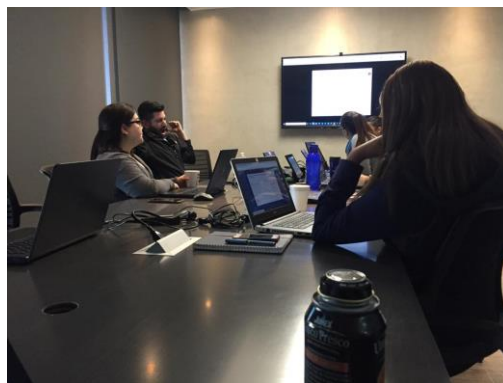


Figura 3. 3 Curso de capacitación

Esta plataforma fue creada por ingenieros en sistemas computacionales, en esta misma se puede dar seguimiento a todo lo relacionado con las compras que deben ser realizadas para una obra en particular; dependiendo de las obras que se le asignan a cada trabajador, serán los datos que le aparecerán en la plataforma, de los cuales se podrá ir llevando un seguimiento.

Para hacer uso de esta plataforma, se debe ingresar un usuario y contraseña (previamente asignados por la empresa), al ingresar el trabajador podrá encontrar toda la información a detalle de las obras en las que está colaborando.

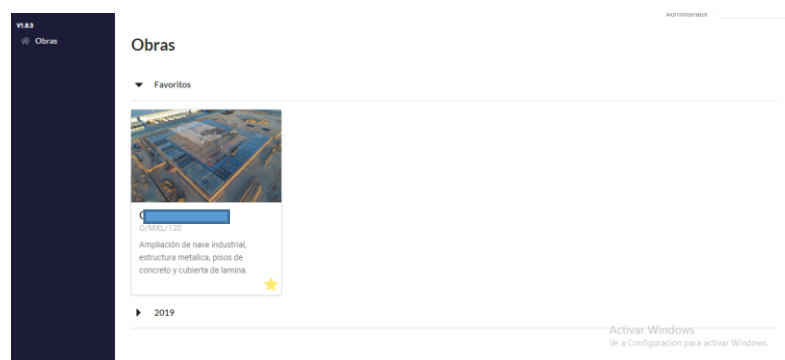


Figura 3. 4 Pantalla principal

Después de haber ingresado, aparece una pantalla de inicio en donde se pueden visualizar todas las obras que están siendo realizadas en la Ciudad (sobre todo en la que se encuentran

el trabajador), proporciona tanto la fecha de inicio y como la de finalización de la obra. Se tiene la posibilidad de seleccionar la obra de interés, agregarla a favoritos y anclar a la barra principal del navegador, facilitando así su búsqueda.

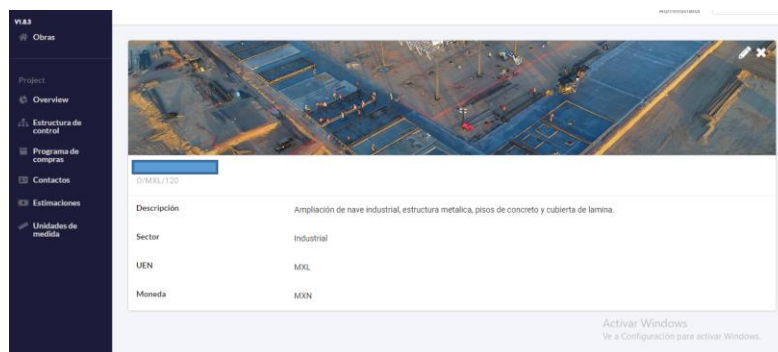


Figura 3. 5 Pantalla secundaria

En la pantalla siguiente se despliega la información acerca de la obra (descripción, sector, etc), y se muestra del lado izquierdo una barra pequeña de tareas en la que aparecerán las carpetas del proyecto, presentando datos tales como estimaciones, programas de compra, contactos y algún documento legal.

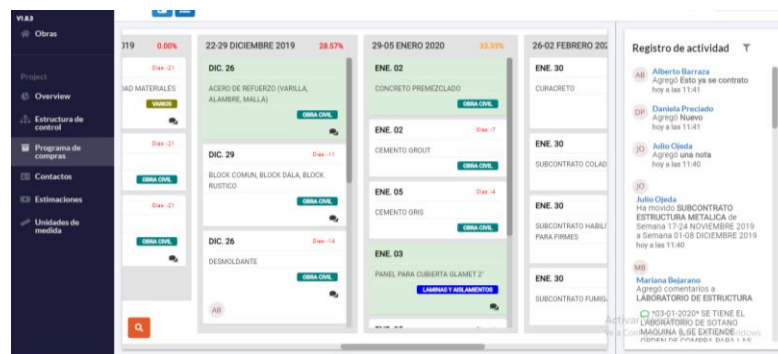


Figura 3. 6 Pantalla de información

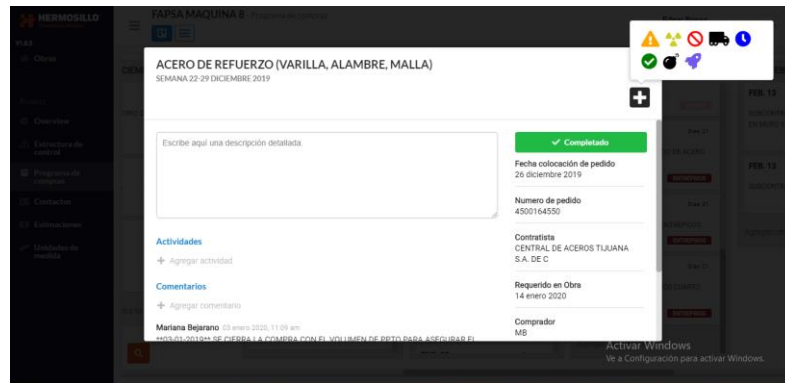


Figura 3. 7 Pantalla de notas

Una de las virtudes de esta plataforma oscila en que toda persona que esté trabajando dentro de la obra, tendrá acceso a la documentación de la misma, hablando solo de documentos que incluyan costos y compras. Otra de las ventajas es la facilidad de interacción entre los colaboradores mediante la aplicación de notas en cualquiera de los registros. Un plus agregado a las notas se brindó al agregarles una sección de stickers (Figura 3.11), con la finalidad de escribir o mandar mensajes claves que sean de fácil comprensión para todo aquel al que va dirigido.

El significado de cada uno de estos es:

- **Precaución:** Precaución (autorización pendiente). ⚠
- **Radiactivo:** Peligro. ☢
- **Prohibido:** No aplica. 🚫
- **Camión:** El material ya está en camino. 🚚
- **Reloj:** Espera. 🕒
- **Palomita:** Compra aprobada. ✅
- **Bomba:** Restricción. 💣
- **Cohete:** Tiempo de entrega largo. 🚀
- **Dos personas cargando:** Entregado. 🧑🏿🧑🏿



Figura 3. 8 Stickers

3.4 Reconocimiento de las obras.

Mediante la autorización y un permiso especial de la constructora, quien brindó un usuario y contraseña especial para lograr entrar a la plataforma BIM, se ingresó a la información de las obras 1 y 2 con las que se realizó este proyecto.

Posteriormente se comenzó con la lectura de la primer obra, a la que titularemos “OBRA 1”. Dicha obra comprendía de dos fases; la primera estaba por ser finalizada y constaba de la creación de un sótano de cimentación, que tenía como función, soportar una maquina importada, encargada de exprimir rollos de papel de gran proporción, antes de convertirlos en alguno de los productos finales para lo que se les haya destinado. Las dimensiones coincidieron a lo que fue solicitado por los responsables de la instalación de la máquina. La obra fue realizada por la propia empresa que contrató los servicios de la “Constructora Hermosillo”, proporcionando a estos últimos, planos y diseños ya fabricados por sus propios ingenieros.

En la plataforma se encontraron los seguimientos de principio a fin de la obra, en este caso solo hasta donde se tenía avance en aquel momento. Así mismo se encuentran los datos que fueron aportados en cada una de las juntas semanales tales como el cumplimiento de metas, reportes fotográficos de avances, informes de compras, seguimientos de avances marcados en planos, las causas por las cuales no se logró alguna meta marcada y sus respectivas soluciones.

Uno de los problemas que surgió durante el proceso, fue el aplazamiento de 20 días en la entrega de la primer fase, notificando al cliente que dicho atraso se debió a causas externas a la empresa contratada, y se debió al propio incumplimiento de la empresa solicitante, ocasionando un retrabajo que bloqueó por completo el seguimiento de la obra. La empresa acepto toda la responsabilidad, deslindando de cualquier problema o sanción a la constructora.

Mientras que de forma positiva, se tiene un muy buen % PPC, debido al cumplimiento de las metas semanales, sus estadísticas son favorables, cuentan con personal comprometido en su labores y que trabaja en conjunto.

Los planos y especificaciones de la “OBRA 2” fueron algo restringidos, debido a las políticas de discreción por parte de la empresa. Nuevamente se encontró en la plataforma BIM toda la información acerca de los avances de obra semanales, reportes fotográficos terrestres y aéreos de la misma, gráficos realizados con los datos obtenidos en las juntas semanales y los problemas que han surgido a lo largo de las semanas.

Algo que cabe destacar en la “OBRA 2”, son las dimensiones de esta, ya que se trata de una nave industrial, por lo que requiere de mayor apoyo y de personal, provocando desconformidad entre los contratistas y falta de atención de estos en las reuniones semanales, confirmando así el supuesto de que al ser elevado el número de trabajadores en una sola obra, es probable que se susciten estas diferencias.

Esta obra se encuentra en una fase intermedia, teniendo en pie gran parte de su estructura. El cuadro principal de esta nave se encuentra conformado por muros Tilt-Up, un piso de concreto pulido al que se le añadieron fibras para la resistencia del concreto y un acelerante de tiempo de fraguado. Su estructura es de acero, sus cuartos secundarios son realizados con muros de block hueco, que son reforzados con varilla en los centros, finalizando con una losa de concreto. Cuenta también con un estacionamiento de carga y descarga, andadores que conectan a la arteria principal del parque industrial y otros que conectan al edificio principal existente.

3.5 Aplicación de encuestas.

Se aplicaron encuestas a 20 trabajadores, para ello se requirió de dos días en los que aún permanecían realizando los trabajos en las obras. Dichas encuestas se inclinaban a obtener información sobre la metodología de trabajo de Lean Construction. La aplicación de la encuesta duró aproximadamente 10 minutos por trabajador, se mantuvo una plática con cada uno, respetando los tiempos para no perjudicar las actividades que realizan en cada una de las obras y así pudieran reincorporarse a la brevedad a ellas.

En su mayoría, las respuestas a la encuesta sobre la metodología de Lean Construction fueron positivas, coincidiendo en que la implementación de este sistema ha sido de vital apoyo para la planificación de las obras. Sin embargo, se recibieron respuestas que concuerdan con que los tiempos de entrega de entrega no discrepan de las obras que no manejan este sistema, entendiéndose que Lean Construction no reduce tiempos en la entrega de las obras, sino que se mantienen siendo igual que aquellas que no se apoyan de esta forma de trabajo. Es importante recordar que no solo se trata de un sistema que mejoré los tiempos de finalización, pero para que funcione, debe ser constante el trabajo en equipo, el aporte de los subcontratistas, así como la constante comunicación entre ellos.

Existen subcontratistas que toman en cuenta la opinión de sus obreros, sobre todo cuando surge un detalle o problema, ya que ellos con base a la experiencia dan soluciones y recomendaciones que ayudan a resolver asertivamente los inconvenientes que llegan a surgir. Esto ayuda en la interacción subcontratista-obrero, pero sin duda es útil para el rendimiento y la motivación durante la jornada laboral, que, si bien se sabe, cuando un líder les da confianza a sus trabajadores estos les responderán desempeñándose de la mejor manera en su trabajo.

En este punto del proyecto ya se comienzan a ver reflejados los resultados obtenidos mediante la implementación del sistema Lean Construction en las obras, es aquí donde los verdaderos impulsores del sistema (personal de la obra) reiteran que el cambio total en la metodología de trabajo es realmente funcional y que este dá resultados.

3.6 Testimonios sobre Las Planner.

Durante tres semanas interactuando dentro de la “OBRA 1” y “OBRA 2”, se llevaron a cabo una serie de entrevistas, al personal que participa en las reuniones semanales. Dichas entrevistas se realizaron con el fin de obtener testimonios y opiniones reales de sus experiencias en el uso de esta metodología; los comentarios u opiniones, fueron realmente positivos, por lo que a continuación se comparten algunos de ellos:

Juan V. (Supervisor): “Realmente marca la diferencia, como encargado de la seguridad de la obra no me tomaban tanto en cuentas cuando comencé a trabar, ya que como lo dije, solo era un supervisor de seguridad. En cambio, cuando comencé a trabajar de la mano con este sistema ME SENTÍ AL FIN PARTE DEL EQUIPO, mis recomendaciones y puntos de vista son tomados en cuenta. Te hace trabajar en equipo, mejorando en muchos aspectos la dirección del proyecto. Creo yo que lo más importante que nos ha enseñado esta metodología es que si no planeas y no ejecutas, no lograras marcar la diferencia”.

José E. (Residente): “La implementación de esta metodología funciona al momento de optimizar recursos, tiempo y dinero. El ambiente se torna mejor en la zona de trabajo, en un principio puede llegar a ser algo difícil de establecer, pero con el paso del tiempo te das cuenta que realmente está funcionando con la comunicación que hay del día al día con los demás residentes y encargados de la obra, hasta con tus trabajadores. Ya no existen los clásicos fue tu culpa, tu tenías que finalizar la semana pasada, ahora yo me retrasaré”.

Melissa (Adm. de proyecto): “Se les da más seguimiento a las tareas que hay que realizar semana tras semana, se llegan a cumplir en tiempo y forma. Gracias a las reuniones semanales nos hemos percate donde se encuentran las fallas de las tareas que no fueron realizadas, se crea una solución y se pone en práctica, evitando así demoras y perdidas. Algo que es muy importante aquí es el trabajo en equipo ya que siempre es notorio el SI TU AVANZAS YO AVANZO”.

Alberto B. (Líder del proyecto): “Si es importante y los resultados que hemos obtenido hablan por sí solos. Se ha logrado sensibilizar al contratista, dándole la seguridad y confianza que este sistema le brinda. Se identifican las áreas de oportunidad para la mejora, siendo una metodología y organización que puede identificarse y el cliente lo ve como un VALOR AGREGADO AL CONTRATARNOS”.

Michael G. (Super intendente): “Es importante en el momento de la organización, porque así todo el equipo está coordinado y de acuerdo a la meta se puede organizar un programa de obra, sabiendo así la fecha en que se finalizará. Aumentando los esfuerzos por parte de cada residente que se encuentra en la obra, ya que, si alguno de ellos se atrasa, esto puede ser un problema para la tarea que sigue provocando pérdidas de tiempo”.

Julio M. (Supervisor): “Hay mayor planeación, mejor comunicación unos con otros y la optimización de tiempo y recurso es visible, hay veces en que algunos no residentes no logran entender el significado de esta metodología, porque es su primera vez trabajando con ella, pero cuando se dan a la tarea de trabajarla se dan cuenta del beneficio que puede llegar a tener en una obra y les agrada”.

Alejandro L. (Super intendente): “Te enseña a ser una persona proactiva, el equipo de trabajo se vuelve mejor porque todos comprenden la meta a la que se quiere llegar y todos la quieren cumplir. De lo que se encarga este sistema es darle pie a la mejora continua, en programar, proyectar y entregar en tiempo y forma un proyecto. Te hace programar actividades a futuro, coordinar un equipo y así poder ANTICIPARSE A LOS PROBLEMAS que puedan surgir durante el proceso”.

Issac R. (Líder de proyecto): “Ayuda a la reducción de garantías esto que quiere decir, que lo retrabajos se irán eliminando conforme se vayan dando. El tener en cuenta esto la reducción de las garantías es algo muy importante, porque de aquí deriva todos los problemas, desperdicios y otras actividades que suelen ser un factor de riesgo para el poder entregar el proyecto en tiempo y forma. Así mismo evitando que se aumente los costos establecidos en un principio de la obra. Muchas veces el cliente se siente más confiado cuando se le informa con la metodología que se trabajará durante el proyecto”.

3.7 Desarrollo de juntas semanales Last Planner.

Uno de los elementos más importantes en el desarrollo del proyecto, es la implementación del planificador, dado que este es la guía y el soporte en el que se apoyan cada semana. Al inicio de la obra se tiene que realizar un plan conocido como “plan maestro”, dicho plan se realiza al menos con cuatro meses antes de echar en marcha la obra, esto con la finalidad de identificar posibles mejoras que faciliten el flujo continuo de la obra, realizando las reuniones necesarias para finalizarla correctamente, así mismo se desarrolla la estrategia de trabajo mediante una “pull session”. Posteriormente se plasma en un diagrama que está dividido por fases o hitos. Dentro de la base de datos de la empresa en donde se encuentra cada una de sus obras, se localiza el diagrama que fue realizado previamente por el equipo de desarrollo del proyecto de Last Planner, este está plasmado en un diagrama de Gantt, que se encuentra dentro de la sala de reunión, mostrando las diferentes fases del proyecto y el tiempo estimado en que se debe realizar cada actividad.

Cuando el plan maestro se encuentra completado, se desarrollan dos planificadores más que desglosan de manera más específica las actividades que se realizarán semana tras semana, con la finalidad de crear un “plan intermedio” y “plan semanal”, siendo una guía para los involucrados en el proyecto, en la que colaboran cumpliendo con los pendientes semanales. Su función es aumentar la confiabilidad de la planificación, atrayendo un mejor desempeño para el cumplimiento de metas.

En esta etapa del proyecto se aplica cada uno de los pasos establecidos por Last Planner para la planificación de cada obra.

3.6.3 OBRA 1



Figura 3. 9 Junta OBRA 1

En la “OBRA 1”, las reuniones se realizaban los días lunes a las 9:00 a.m., con una duración de 30 min, esto con el fin de buscar soluciones solo a los puntos más importantes de la semana, lo que sucedió la semana previa y lo que se realizaría en la semana en curso. El líder del proyecto argumentó que la duración de estas juntas es corta ya que se percató de que cuando se extiende el tiempo, las reuniones suelen volverse pláticas fuera del tema de trabajo, siendo esto un problema en el cumplimiento de los planeado, perdiendo el tiempo antes de reincorporarse a sus labores. Los subcontratistas o encargados de cuadrillas deben tener consigo las notas de los problemas que se suscitaron la semana anterior en cada una de sus sus áreas y de esa forma agilizar la junta. Esta da inicio con los comentarios de seguridad, seguido de las observaciones en las tareas realizadas y las no realizadas mostrándolas en una gráfica de %PPC (Figura 3.12).

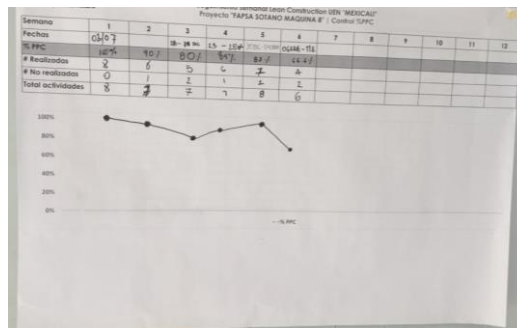


Figura 3. 10Tabla %PPC

Se procede en dar a conocer las tareas que se realizarán en la semana en curso, escuchar opiniones de todo el personal y se debate el progreso que se desea alcanzar, haciendo énfasis en la colaboración en equipo, la cual ha funcionado en que todos los integrantes sientan que sus ideas son tomadas en cuenta, logrando generar confianza en ellos mismos y hacia los demás.

Otra de las tablas que se encuentran en este “big room” son las del seguimiento semanal Lean Construction mostrada en la figura 3.13, donde se pueden visualizar las razones por las cuales no son cumplidas las tareas semanales (ejemplo: en espera de aprobación, cambios del cliente, diseño, etc.), y se coloca en una columna la cantidad de tareas no cumplidas, brindando conocimiento de porqué estas no se realizaron o porqué se tendrá un retraso en dicha semana de trabajo.

Esta tabla se encarga de mostrar las restricciones que no permiten el avance de una tarea, teniendo claro que pueden ser por tres variables diferentes:

1. **Se impide el inicio de una actividad.** Por falta de planos o material.
2. **Detener una actividad que ya está iniciada.** Problemas de calidad o condiciones de seguridad.
3. **Un impedimento que no permita finalizar la actividad.** Por protocolos, supervisión de la obra o controles de calidad.

En la primer junta semanal a la que se asistió, pudo observarse que uno de los indicadores más importantes para el cumplimiento de las reuniones (Tabla 3.1), no fue alcanzado. La reunión debió iniciar a las 9:00 a.m., pero esta se vio afectada por un atraso de 15 minutos y terminando hasta las 9:46 de la mañana, recorriendo de manera significativa el inicio de las actividades en la obra; el resto de los indicadores fueron alcanzados de forma satisfactoria. Se tomó nota de algunos puntos de vista mencionados por el personal, que ayudaron a conocer si se está cumpliendo con las tareas asignadas o si surgieron problemas que deban ser solucionados a la brevedad, dentro de los cuales se encontraron:

- “La manera de debatir lo que hace falta dentro de la obra es muy tranquila”.
- “Se está reduciendo el precio total en el contrato, colocándolo en precio unitario”.

- “Lo que se necesita durante la obra es que se vea gente trabajando, no tiene que estar la gente sin realizar nada”.
- “No solo se trabaja entre semana, hay veces que se tienen que realizar tareas en fin de semana”.

Tabla 3. 1 Junta Semanal en OBRA 1 13/01/2020

	¿Cumple?		Observaciones
	Si	No	
La reunión fue realizada en tiempo y forma.		X	La junta comenzó 9:15 a.m.
El “big room” cuenta con las dimensiones necesarias para la comodidad y desarrollo adecuado de la junta.	X		Cuenta con la pizarra de actividades, se tiene un espacio especial para la realización de esta junta.
Se cuenta con un master plan	X		
La pizarra de trabajo esta presentada de manera adecuada.	X		Todo está bien especificado.
Cada departamento tiene su color de post asignado.	X		Cada uno cuenta con un color diferente.
Los jefes de cada cluster asistieron a la reunión.	X		
Todos los asistentes ponen atención a lo que el LP dice durante la reunión.	X		
Todos los presentes o parte de ellos dan su opinión o recomendaciones.	X		
El LP toma en cuenta las opiniones/sugerencias de los demás.	X		
Se cuenta con un registro de actividades cumplidas.	X		Se realizaron gran parte de las actividades de la semana 19. Solo una se reprogramo.
Se cuenta con un registro de actividades no cumplidas.	X		

Durante la segunda semana que se estuvo presente en la junta, se mejoró en la puntualidad y cumplimiento de los tiempos, se inició la reunión a la hora acordada, no hubo observaciones negativas y se logró un resultado totalmente positivo durante esta evaluación (Tabla 3.2). de la misma manera fueron anotados los comentarios y aportaciones de los participantes en la reunión, quienes mencionaron lo siguiente:

- “El rendimiento de trabajo esta semana está disminuyendo”.
- “Se incorporan cuatro personas y un residente para relleno”.
- “El inicio de la estructura metálica se cumplió”.

Tabla 3. 2 Junta Semanal en OBRA 1 20/01/2020

	¿Cumple?		Observaciones
	Si	No	
La reunión fue realizada en tiempo y forma.	X		Se comenzó 9:00 a.m.
El “big room” cuenta con las dimensiones necesarias para la comodidad y desarrollo adecuado de la junta.	X		
Se cuenta con un master plan	X		
La pizarra de trabajo esta presentada de manera adecuada.	X		
Cada departamento tiene su color de post asignado.	X		
Los jefes de cada cluster asistieron a la reunión.	X		Todos estaban dentro de la reunión.
Todos los asistentes ponen atención a lo que el LP dice durante la reunión.	X		
Todos los presentes o parte de ellos dan su opinión o recomendaciones.	X		Todos aportan recomendaciones para la realización de tareas.
El LP toma en cuenta las opiniones/sugerencias de los demás.	X		Gracias a esto han logrado un mejoramiento en las actividades cumplidas.
Se cuenta con un registro de actividades cumplidas.	X		
Se cuenta con un registro de actividades no cumplidas.	X		

3.6.2 OBRA 2



Figura 3. 11 JUNTA SEMANAL OBRA 2

Mientras tanto en la “OBRA 2”, la junta se realiza regularmente a las 8:00 a.m., pero por lo general inicia unos minutos más tarde debido al alto número de personal que se encuentra laborando. Por ser una obra de mayor magnitud, las reuniones duran más tiempo, pueden ser de una hora o más según sean las necesidades que se presenten.

La problemática más común en las juntas de esta magnitud, es que al durar tanto tiempo, los asistentes dejan de poner la debida atención. De este modo se observó que uno de los problemas que conllevan a la mala comunicación dentro de la sala de juntas, es el uso de los teléfonos celulares y dispositivos electrónicos (figura 3.15). Otro error eminente es la mala comprensión por parte de algunos subcontratistas, dado a que desconocen las metas semanales que les son asignadas, cuando se les preguntaron si sabían algo acerca de las tareas que les habían sido asignadas, estos solo negaron con la cabeza, mostrando la poca atención que prestan durante esta reunión; otra de las razones por las cuales no conocen sus responsabilidades es su desinterés al no acercarse a la pizarra y verificar si tienen algún pendiente.

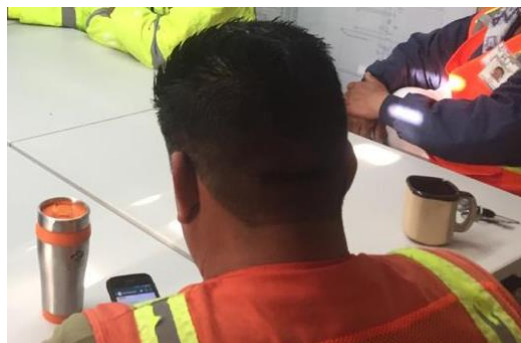


Figura 3. 12 Utilización de aparatos electrónicos durante la junta

No se puede culpar al líder, ya que él les está brindando la información necesaria para que conozcan sus compromisos. Son profesionales y deben poner atención a los asuntos de suma importancia.

Se inició el tema de seguridad y sobre qué tan bien se ha llevado, continuando con los problemas que deben resolverse de carácter inmediato y se mencionó al personal que se debe capacitar en dicho tema. No se presentó ningún accidente dentro de la obra ni hubo problemáticas en los papeleos correspondientes al ingreso de nuevos contratistas.

En la tabla 3.3 se pueden observar que al ser una obra de mayor magnitud, surgen inconvenientes e incomodidades para los asistentes a la junta, hay desabasto tanto de espacio, como de lugares para que todo el personal se sienta cómodo y esto los motive a poner atención a las indicaciones que se les estén brindando.

Tabla 3. 3 Junta Semanal OBRA 221/01/2020

	¿Cumple?		Observaciones
	Si	No	
La reunión fue realizada en tiempo y forma.	X		
El “big room” cuenta con las dimensiones necesarias para la comodidad y desarrollo adecuado de la junta.		X	Hay muchos contratistas que quedan en pie, el tamaño de la obra es grande, por lo cual hay mucho personal
Se cuenta con un master plan	X		
La pizarra de trabajo esta presentada de manera adecuada.	X		
Cada departamento tiene su color de post asignado.	X		
Los jefes de cada cluster asistieron a la reunión.	X		
Todos los asistentes ponen atención a lo que el LP dice durante la reunión.		X	
Todos los presentes o parte de ellos dan su opinión o recomendaciones.	X		
El LP toma en cuenta las opiniones/sugerencias de los demás.	X		
Se cuenta con un registro de actividades cumplidas.	X		
Se cuenta con un registro de actividades no cumplidas.	X		

3.8 Identificación de desperdicios dentro de la obra.

Es importante distinguir cada uno de los elementos que la filosofía Lean Construction agrupó como “desperdicios”, de esta forma se podrán identificar las fallas de una manera más fácil.

Los 7 desperdicios que establece esta metodología son:

- Sobreproducción.
- Esperas.
- Defectos.
- Sobreproducción.
- Movimientos.
- Transportes.
- Sobre procesamiento.

La metodología Lean Construction nos señala como desperdicios a estos 7 elementos, sin embargo, pueden surgir otros que causen algún desperfecto en el flujo de trabajo de la obra. considerando todo lo anterior, se debe cuidar la imagen que dá el proyecto y evitar que el entorno de trabajo ya no luzca limpio y seguro.

Debido al trabajo y entrega de los integrantes del proyecto, solo se detectaron 4 desperdicios, dentro de los cuales, tres forman parte de la filosofía de Lean Construction, mientras que el restante puede considerarse como un elemento a tomar en cuenta en futuro por ser de los más recurrentes pero que no se encuentra especificado en la teoría de esta metodología.

Capítulo IV. Resultados.

4.1 Resultados de las encuestas.

Dentro de esta sección se dan a conocer los resultados obtenidos durante la realización de encuestas. Fueron 20 las personas entrevistadas, de las cuales se logra obtener comentarios sobre el funcionamiento de la metodología, publicando los resultados mediante una serie de graficas que serán de utilidad para la comprensión de estas mismas.

Cada encuesta consta de 7 preguntas, tomando solo las más relevantes y funcionales para la creación de estos gráficos. Se trato de una encuesta rápida que no tomara gran parte de su tiempo, teniendo como resultado comentarios positivos y negativos.

Es en esta sección donde se proyecta si realmente está funcionando la aplicación de la metodología y el impacto que está teniendo sobre cada uno de los trabajadores en la obra. No solo fue entrevistado el personal de la empresa, también se tomó en cuenta aquellos residentes de empresas externas que deben adaptarse al sistema que se está aplicando.

Recordemos que LC no es una metodología que se esté aplicando en todas las empresas, es por esto que se requiere de las opiniones de aquellas personas que desconocían sobre este tema y que por primera vez se encuentran trabajando dentro de un proyecto que esta de la mano con esta metodología.

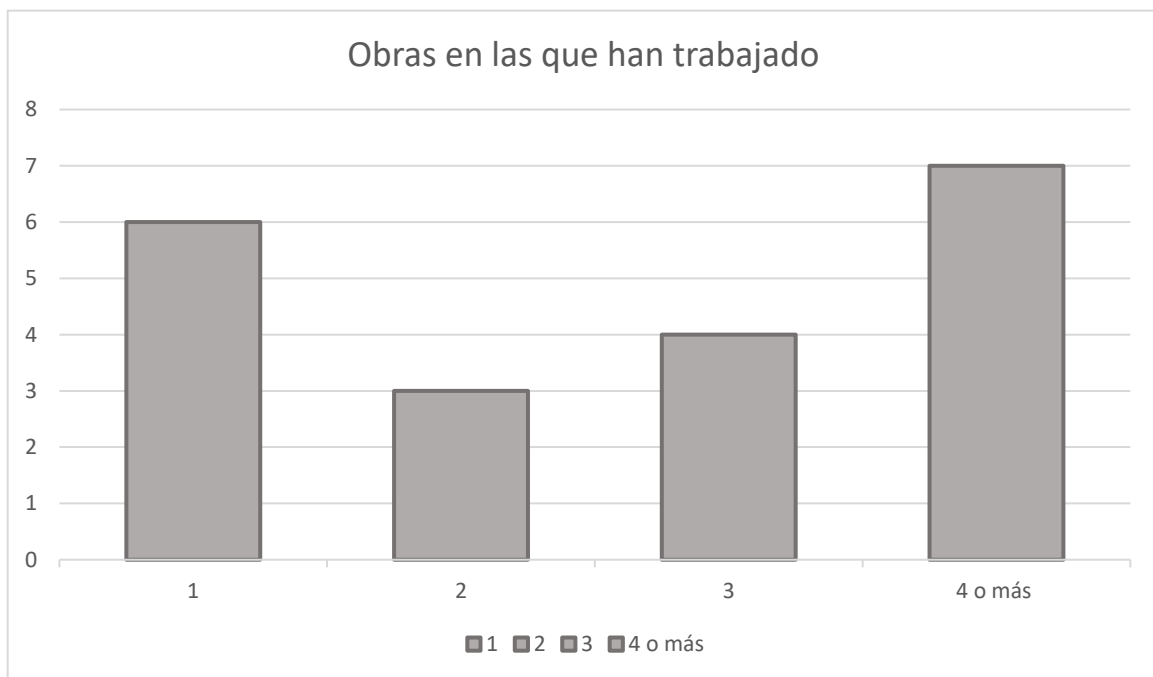
A continuación, se presentan mediante una serie de gráficas los resultados que se obtuvieron en la realización de esta encuesta. Desglosando un poco más algunas de ellas gracias a la participación de algunos encuestados que dieron sus puntos de vista un poco más a fondo, con la finalidad de que este trabajo fuera más completo y se logré una visión más completa de lo que es trabajar mediante esta metodología.

4.1.1 ¿En cuántas obras ha trabajado con la aplicación de esta metodología?

En cada una de las obras se encuentra con personal que ya tiene experiencia de trabajo bajo esta metodología, pero de otro lado se encuentran personas que no tienen experiencia alguna o que simplemente no han tenido la oportunidad de escuchar algo sobre este tema. Siendo esta una de las causas que generalmente pueden ocasionar un retrabajo dentro de la obra, con la finalidad de conocer el porcentaje de personal que no cuenta

Es por eso que se le pregunto a cada uno de los encuestados ¿en cuántas obras han trabajado con la implementación de esta metodología?, con el fin de dar a conocer cuál es el avance obtenido y cómo reacciona el personal que apenas es su primera vez trabajando bajo esta metodología.

En la siguiente gráfica se muestra en porcentajes (teniendo en cuenta que el 100% son de las 20 encuestas realizadas) la cantidad de obras en las que han trabajado cada uno de los encuestados.

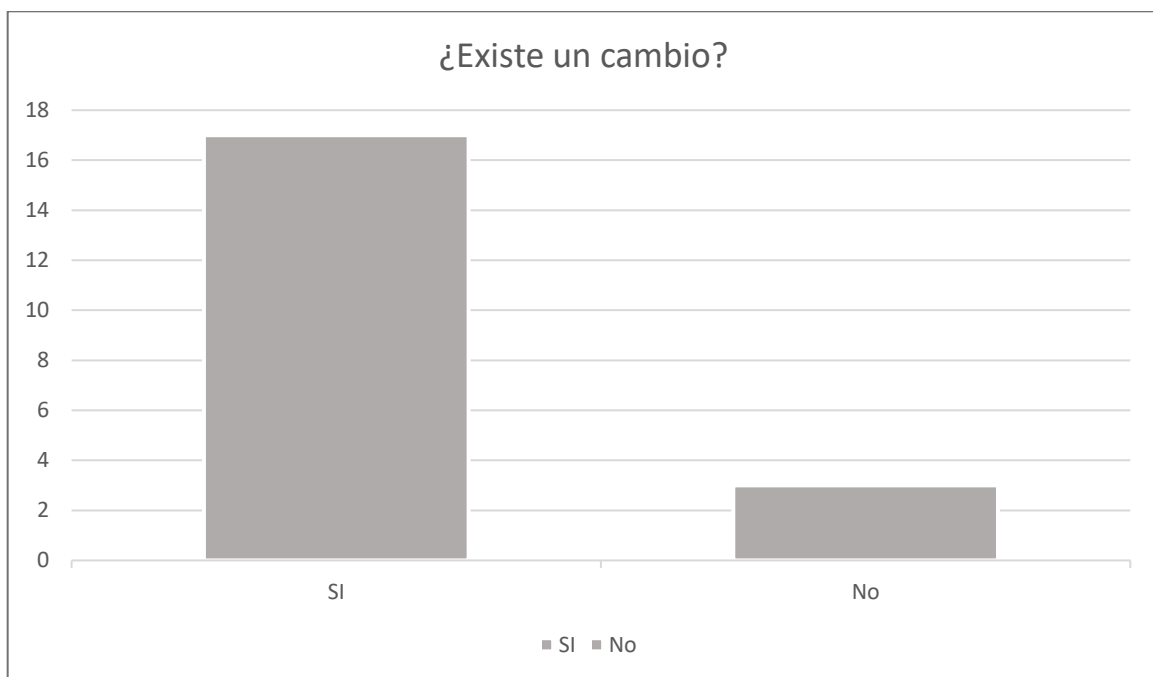


Interpretando los datos, nos damos cuenta que un 35% han trabajado en 4 o más obras, argumentando que no tiene mucho tiempo que comenzaron a trabajar bajo esta metodología,

mayormente son personal de la empresa Hermosillo los que cuentan con una ambigüedad con este método de trabajo.

En cambio, el personal que es primerizo son de empresas externas que trabajan por un periodo corto y solo han trabajado con este sistema cuando realizan contratos con la empresa. Esto nos da a entender que aún son muy pocas las obras en el país bajo esta metodología, colocando a la empresa Hermosillo como una de las únicas en conocimiento y con gente capacitada para poner en práctica la metodología LC.

4.1.2 Existe un cambio con su aplicación.



En esta pregunta existió un desacuerdo con algunos trabajadores, comentando que realmente no se obtiene un cambio, creen que solo se realizan las cosas con más orden, pero sin ningún fin que se favorable; cabe destacar que fueron personas que apenas era su primera obra con la metodología, entre ellas se encontraban otras que ya tenían tres o más obras aplicándola, pero seguían sin notar la diferencia. Es aquí donde realmente es notoria la frase sobre “la gente se resiste al cambio”.

Por otro lado, la mayoría de los trabajadores si están de acuerdo en que existe un cambio dentro de las obras con la implementación de esta metodología. Concuerdan en que su ambiente de trabajo es más confortable y distinto, opinan que al principio es muy costoso el

adaptarse a una planificación tan estructurada como lo es con esta metodología, pero al pasar el tiempo y las obras en las que esta implementada uno se adapta, es entonces cuando se comienza a percibir el cambio y los resultados suelen ser más visibles.

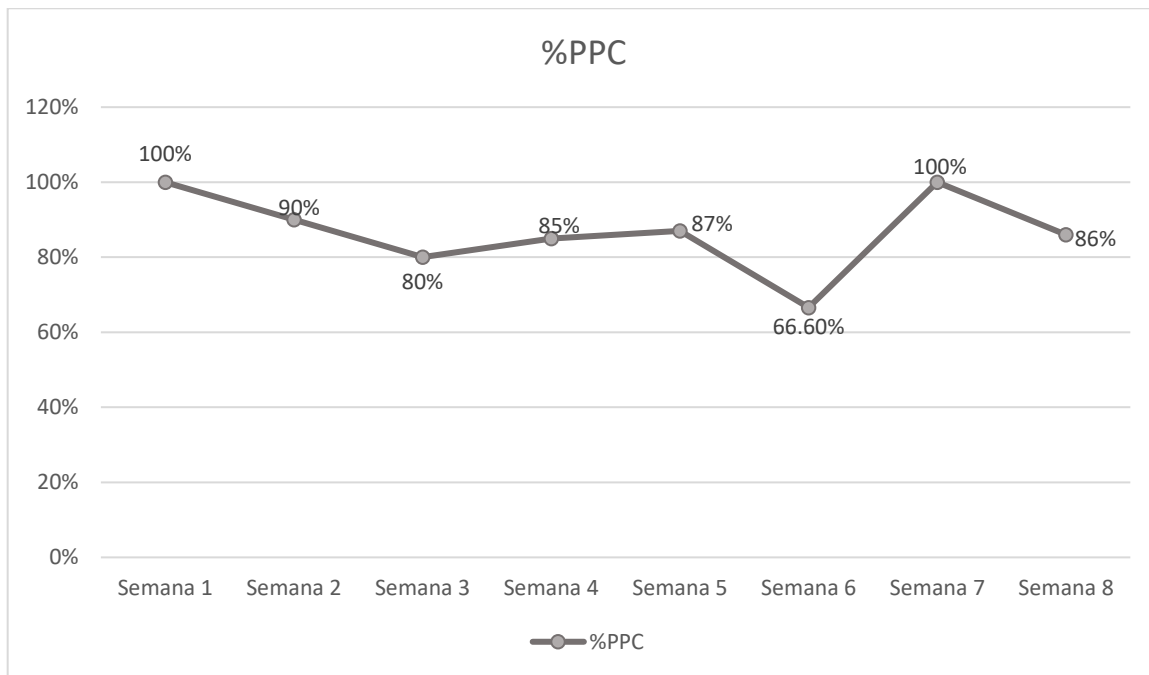
4.2 Porcentaje del Plan Completado (PPC).

Durante la ejecución de cada proyecto, semana tras semana son plasmados en una gráfica los resultados del cumplimiento de las metas semanales. Esto es visto mediante un porcentaje del plan completado, teniendo como finalidad revisar la eficiencia de producción que se tiene durante las semanas, tomándolo como un indicador de confiabilidad cuando se asume un compromiso como equipo.

En esta sección del proyecto se necesita que el equipo de trabajo asuma responsabilidad ante los incumplimientos de sus actividades. Se identifican las restricciones por las cuales no se logró el objetivo de dicha actividad, volviendo a mirar las hojas que colocaron durante la planeación del plan intermedio, donde se especificó las restricciones por las cuales no se podría cumplir dicha tarea. Todo esto es anotado en una tabla de restricciones, desglosada como ya se había mencionado anteriormente, colocando el nombre de la restricción, el impacto en que se ve afectado, la acción que se tomara para su liberación, indicar al autor responsable de dicha restricción y por ultimo las fechas en que se encontró, se liberara y cuando se podrá finalizar dicha actividad.

A continuación, se muestran las gráficas de la OBRA 1 y OBRA 2 donde se plasma la eficiencia de productividad que se tuvo durante las primeras 9 semanas de trabajo. aclarando que las obras eran de magnitudes diferentes, teniendo más equipo de trabajo en uno de ellas, siendo un factor que puede causar los incumplimientos de las actividades. Se analizan las gráficas colocando en cada una de ellas las causas por las cuales no pudieron ser completadas y las posibles soluciones que puedan funcionar para su mejora, conservando el flujo continuo de trabajo.

4.2.1 OBRA 1.



Esta grafica permite analizar la eficiencia de trabajo obtenida semanalmente en la obra. Es visible una variación de resultados, esto nos dice que no todas las semanas se ha cumplido con el objetivo de realizar los compromisos que se establecen cada inicio de semana.

En la semana 1 se logró una eficiencia de productividad del 100% de actividades cumplidas, demostrando que el equipo fue capaz de realizar todos sus compromisos. Pero en la segunda semana se aprecia una disminución de un 10%, esto quiere decir que algo no está funcionando dentro de la planificación, no es mucho de que alarmarse debido a que no se espera que todas las semanas se cumpla con todas las actividades que se colocan, pero al menos que si sean terminadas la mayor parte de ellas. Con resultados no tan bajos aún se logra obtener un flujo de trabajo continuo en donde esta línea puede seguir en ese rumbo con la condición de siempre ir subiendo.

No obstante, en las siguientes cuatro semanas se logra apreciar una disminución bastante notable que se toma como un riesgo a que las restricciones no son liberadas a tiempo o que el equipo de trabajo no está en la misma sintonía, dejando a un lado sus compromisos y retrocediendo con toda la planificación, creando un retroceso considerable para la entrega final de la obra.

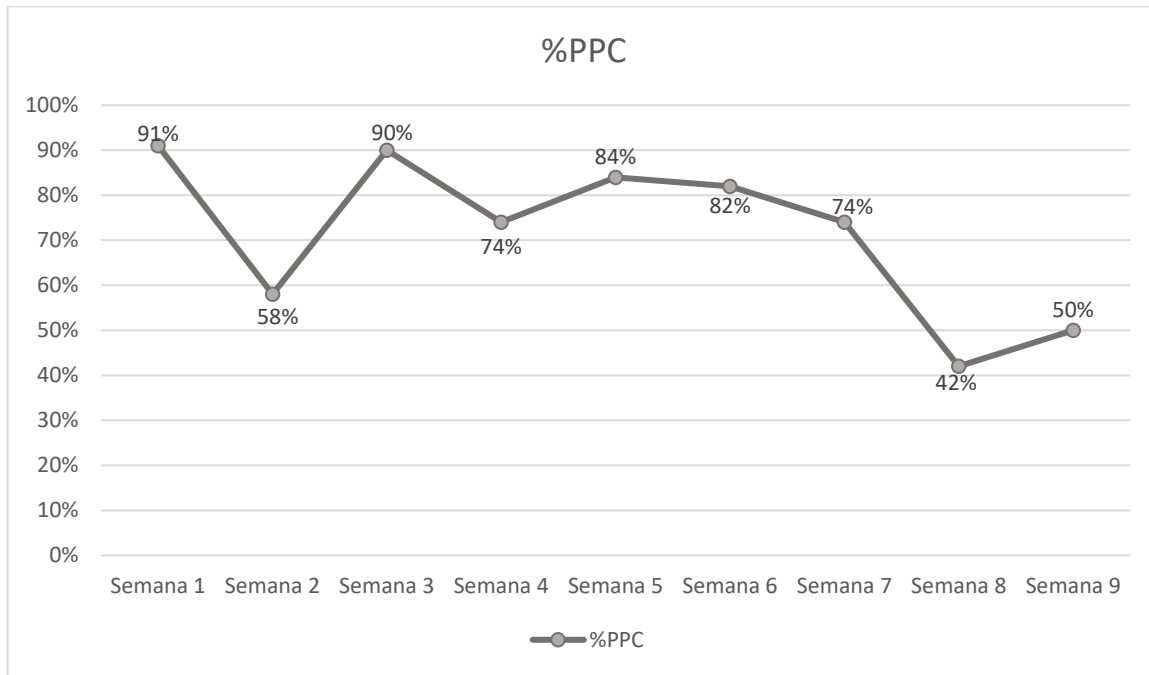
Dentro de las siguientes 4 semanas se nota una variación, la cual nos indica que este problema aún no se ha solucionado. Las causas que pueden ocasionar estos resultados son las siguientes:

- Distracciones dentro de la sala de juntas.
- No asumir sus compromisos con las fechas de entrega.
- No tomar con seriedad cada una de las juntas semanales.
- Restricciones provocadas por la empresa contratista.

Fue en la semana número 7 cuando nuevamente se obtuvo un rendimiento del 100%. Esto nos dice que es cuestión de tiempo para que las personas comiencen a familiarizarse con el sistema y noten la diferencia que se traza cuando se cumplen con sus metas semanales.

Uno de los factores que crearon contratiempos en la obra fue el incumplimiento de las tareas acordadas por el personal de la empresa contratista, demorando las actividades que seguían en la ruta crítica del proyecto. Esto ocasiono una serie de “desperdicios” y que es reflejado en la gráfica de la semana 8.

4.2.2 OBRA 2.



En la obra 2, se puede analizar una línea sin estabilidad. Esto puede suceder debido a que es una obra de mayor magnitud, donde se cuenta con más personal de trabajo que provoque una mala interacción dentro de las juntas de Last Planner y no se logró el trabajo en conjunto con el que se espera se realice el proyecto.

En la semana 1 se logró un PPC del 91%, demostrando que los compromisos asumidos dentro de la primera semana fueron finalizados en tiempo y forma teniendo como resultado un buen flujo de trabajo con una eficiencia de productividad considerable. No fue buena, pero si lo suficiente para comenzar con un buen nivel de producción.

No mediante, solo basto a que pasara una semana más para tener el primer problema de productividad en la obra, dejando un resultado insuficiente en la semana dos. Se fue en decline esta eficiencia, llegando a un 58% de PPC, esto solo demuestra que pueden estar pasando algunos problemas dentro de las restricciones que aparecen en obra y que se encuentran fuera del alcance del equipo.

En las siguientes 5 semanas de trabajo se mostró una línea más recta, pero con una eficiencia de productividad algo baja. Probablemente se logró una mejor identificación de las

restricciones que fueron apareciendo a lo largo de las semanas y se atacaron a tiempo, con la finalidad de tener resultados favorables.

Fue en la semana 8 y 9, que nuevamente volvió a caer en picada el flujo de trabajo con el que está laborando, con estos resultados un puede darse cuenta que mientras más grande sea el proyecto mayor serán las complicaciones para obtener un PPC del 100%, no solo se trata por la cantidad de personal que se encuentra trabajando en la obra, también es causado por restricciones que no pueden ser solucionadas de manera rápida y que se necesita de tiempo para resolverlas.

Las juntas semanales de trabajo no solo se tratan de asumir compromisos que se realizarán en obra, también es importante la comunicación para la solución de problemas. Todos deben participar, en caso que no se pueda presentar alguno de los “últimos planificadores” este deberá mandar a un representante que cuente con toda la información necesaria para plasmar todos los compromisos que fueron realizados y asuma los de la próxima semana.

Como punto de partida, se dan las siguientes observaciones que pueden ser unas de las causas que estén provocando este problema en el flujo de trabajo que se lleva a cabo en la obra, siendo los siguientes puntos alguno de los causantes:

- Restricciones que se encuentren fuera de la mano del equipo de trabajo. Por ser un proyecto grande, se pueden encontrar semana tras semana restricciones que no puedan ser solucionadas con rapidez y eficacia, un ejemplo de ellas seria la autorización para el colado de losas.
- Incumplimiento en las actividades importantes. Esto quiere decir que se podrán estar cumpliendo actividades que no llevan una secuencia con otra, dando como resultado tareas realizadas que no aporten un valor a la obra.
- Problemas con la entrega de materiales. Una de las actividades que suelen ser más vistas en proyectos de construcción, son el retraso de la entrega de materiales que serán utilizados para la continuidad de actividades, esto puede ser un problema de parte del proveedor o el encargado de la administración de la obra el cual no pide a tiempo lo necesario.

- Otra causa que puede ser un poco insignificativa es que los trabajadores de la obra no tienen un diagrama de trabajo actualizado, se tiene una pizarra en la obra, pero de dejar de colocarse las actividades que realizarían semana tras semana.



Figura 4. 1 Tablero ubicado en obra.

Una solución que puede funcionar en esta situación es la aplicación del método de los “5 por qué” con la finalidad de llegar a la causa raíz que este provocando estos resultados y no solo solucionar problemas que no mejoren el flujo de trabajo.

De acuerdo a los resultados que se obtuvieron en las encuestas, varios de los trabajadores no contaban con una vasta experiencia en el mundo de Lean Construction, esto significa que muchos apenas se están adaptando a esta metodología, queriendo decir que el proceso será lento conforme avance la obra, pero si todos ponen su empeño para mejorar el trabajo en equipo y salir adelante con el proyecto se obtendrán resultados favorables.

2.3 Desperdicios en las obras.

A continuación, se muestran los cuatro desperdicios que fueron identificados en obra, describiéndolos de tal forma que sea fácil de comprender y agregando sugerencias que pueden funcionar para optimizarlos:

Esperas.

Sucede en el momento en que algunos trabajadores no se encuentran realizando alguna labor (figura 3.16) sus causas pueden variar, pero principalmente pasa cuando existen tareas aguas arriba y aguas abajo que deben ser ejecutadas a la par y llegan a ocasionar interrupciones una con otra. Suelen ser evitadas mediante la sesión del last planner donde todos los contratistas verifican que sus actividades semanales no sean interrumpidas por alguna otra que

También sucede cuando una restricción aparece durante el proceso de ejecución y esta no se encuentra dentro de los alcances de los trabajadores para poder resolverla. Fue el caso de un empleado que se dedica a la operación de maquinaria pesada, argumentando que no pudo avanzar en la actividad que se le fue asignada debido a un problema externo a la empresa que surgió durante el desarrollo del trabajo, provocando su inactividad durante un periodo de dos horas aproximadamente. Esto no quiere decir que no tengan una planeación bien estructurada, simplemente demuestra que existirán problemas al paso de las semanas que no podrán ser anticipados, pero teniendo su debida postura ante estos se pueden solucionar de manera rápida y eficaz, liberando las restricciones y consiguiendo que el flujo de trabajo siga siendo continuo.

No solo se trata de personal que se encuentra parado debido a restricciones, también se cuenta cuando la gente se toma un tiempo de descanso cuando están en horas laborales. Fue el caso de unos obreros que se tomaron el tiempo de recostarse por un momento en su área de trabajo sin tener algún motivo que hiciera detener su actividad, simplemente no contaban con el entusiasmo para seguir realizando sus actividades, esta acción no pudo ser evidenciada debido a que uno de ellos alarmo a los demás que se estaban tomando notas sobre su comportamiento. Causándoles temor a que se les aplicara una sanción, haciendo que se levantaran del lugar donde se encontraban descansando y comenzarán a realizar nuevamente sus actividades. Cabe destacar que la empresa constructora asigna una hora de comida para su libre esparcimiento.

Todo este tipo de inactividad solo absorbe recurso, pero no creo ningún valor en ellos. Teniendo como único resultado un mal flujo de producción causando retrasos o incumplimientos de actividades semanales, que serán reflejados en la eficiencia de productividad.



Figura 4. 2 Operador de maquinaria descansando.

Siempre es bueno verificar que cada uno de los trabajos en espera, sean solucionados a tiempo, manteniendo activado a todo el personal buscando la eficiencia productiva día con día, para que el resultado no sea solo plasmado en una gráfica que también sea visible en el momento de la entrega de la obra. Por tal motivo a continuación se muestran unas sugerencias para poder mejorar en esos aspectos y continuar con un proyecto eficiente:

- Aprender a visualizar las restricciones cuando ocurren y hacerlos visibles, de tal forma que sean solucionados más rápido.
- Tratar de solucionar los problemas de inmediato, para no perder el flujo de trabajo con el que se está laborando.
- El sub contratista siempre debe estar al tanto de su gente, con la finalidad de no tener personal inactivo durante las horas de trabajo.
- Sancionar a toda aquella persona que se encuentre sin realizar sus actividades durante la jornada laboral, si es que no existen ninguna restricción que no le permita avanzar.

Basura en el área de trabajo.

Como bien se sabe una obra limpia habla mucho de sus trabajadores, una obra sucia habla más. Ocasiona un aspecto desfavorable para los clientes que se toman el tiempo de visitar la obra, además de ser un problema que no debe encontrarse en ningún proyecto.

La ubicación de botes de basura en los distintos sectores de la obra es importante, como el mantener platicas constantes con todos los trabajadores sobre la limpieza y el orden. Es posible la eliminación de este desperdicio que tanto afecta la imagen. Durante la visita en campo se hizo visible la falta de higiene, teniendo en cuenta que parte del personal no se toma la molestia de tirar su basura adecuadamente y simplemente opta por lanzarla al bote sin siquiera acertar; botellas de refresco, envolturas de golosinas y vasos desechables son algunos de los principales residuos que fueron encontrados en gran parte de la obra.

Se creería que solo ese tipo de residuo sería encontrado, sin embargo, en una de las zonas más alejadas fueron encontradas unas cuantas llantas (figura 3.18). Mas que una mala imagen, esto puede llegar a provocar un accidente en algún momento, parte de los desechos se encontraban en zonas de trabajo donde una persona puede pisarlos y caer.

No obstante, esto puede crear un foco de enfermedades para los trabajadores, recordando que las llantas no funcionales, si llegasen a ser rociadas con agua, esta se estancaría creando un nido perfecto para la creación de moscos. Provocando una seria cadena de enfermedades dentro la obra, creando bajas temporales y retrasando trabajos en los cuales falte personal.



Figura 4. 3 Basura en la entrada de la obra.



Figura 4. 4 Llantas.



Figura 4. 5 Basura en la zona trasera de la obra.

Es importante mostrarle al trabajador las consecuencias de estas malas costumbres, realizando una plática en donde se les explique por qué no deben colocar basura en áreas de trabajo, los cuidados que se deben tomar para cuidar la imagen del proyecto y sanciones que serán tomadas si esto vuelve a ocurrir. Desglosando en la plática los siguientes puntos:

- Sancionar aquella persona que se encuentre tirando basura en lugares prohibidos, colocando una multa que tendrá como castigo el levantar la basura que se encuentre en toda el área de la obra.
- Colocar botes de basura cerca de las áreas de trabajo y de comida, agregando un pequeño cartel que sea visible para todos los trabajadores.
- Inspección semanal de limpieza en obra, con la finalidad de mantener siempre limpia toda el área de trabajo.

Talento.

Gran parte de las obras no suelen ser perfectas, no se puede realizar un trabajo a la perfección es inevitables, pero si pueden reducirse esas imperfecciones. Es importante contratar gente con capacidad y profesionalismo para encargarse del trabajo que se le asigna evitando problemas en el momento en que se esté realizando, por tal motivo es necesario personal que puede comprender la lectura de planos, realizar un cálculo correcto para una estructura, supervisar el momento en que se colocan los aceros y en que son reforzados para el vaciado de un concreto.

Un defecto que puede ser peligroso para el personal que se encuentra laborando en la obra, fue la presencia de un ligero pandeo o columpio que se encontró en una de las losas interiores que estaban siendo coladas (figura 3.20).

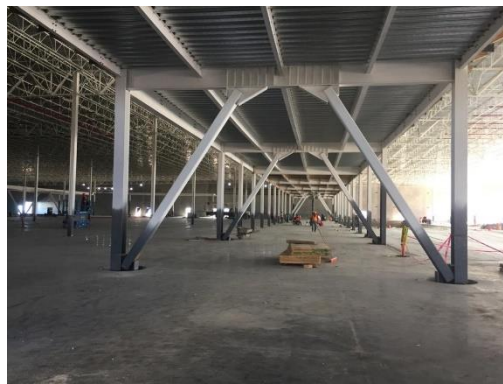


Figura 4. 6 Losa colgando.

Este problema se puede relacionar con varios factores que suelen ser un peligro si no se toman en cuenta desde un principio. Un buen ingeniero estructurista es aquel que sabe distribuir las cargas y dar proporción a las partes de la estructura de manera en que montaje sea practico, que cuenten con la resistencia suficiente y sea económicamente razonable. La estructura de acero debe soportar las cargas impuestas, generando seguridad a las personas que trabajaran en ella.

Probablemente el fallo que se estaba haciendo visible en esta zona, puede ser por la falta de atención en los detalles de conexiones, a las deflexiones que ocasiono el vaciado del concreto por medio de vibraciones o ladeos que pudieron ser ocasionados por el camión revolvedora

o algún problema de montaje que se pasó por alto. Muchas cosas suelen ocurrir durante el montaje.

Tomando en cuenta estos aspectos se puede decir que siempre hay que tener su debida precaución con la instalación de este tipo de estructuras, y siempre considerando:

1. Que el transporte del acero sea adecuado y que en su desembarque se tomen las medidas necesarias para que ningún miembro salga dañado.
2. Tener exactitud en los cálculos, si es necesario rectificar con la ayuda de otro estructurista los resultados obtenidos.
3. Supervisar desde el inicio hasta el final del montaje de la estructura, con la finalidad de evitar algún desperfecto que pueda ocasionar un problema.
4. Estar atentos a que los miembros de acero que llegaron sean los indicados y no sean de otro perfil que no esté marcado en el plano.

Movimientos innecesarios.

Al momento de llegar a las estaciones donde se encuentra el personal de la obra, se pasa por un área donde se encuentra una aglomeración de escombros en un área que no fue asignada con esa funcionalidad. Se bloquea una parte del pequeño acceso vehicular que se tiene, poniendo en riesgo a que uno de los carros se pinche de un neumático.

Esto requiere de personal que se dedique a mover todo ese escombros hacia un área asignada en la que este no sea un peligro latente para el flujo vehicular. Lo cual es un desperdicio debido al tiempo y esfuerzo que invertirán los trabajadores que se encuentran realizando otras actividades, generando un desgaste y bajando su rendimiento durante la jornada de trabajo restante o en probablemente perder un día completo de actividad. Todo esto pudo ser gracias a un mal entendido de parte de los trabajadores, los cuales desconocen sobre el área asignada que se tiene para este tipo de materiales, la cual está ubicada en uno de los extremos de la obra, donde se cuenta con un acceso que permita el libre tránsito para el acarreo de escombros. Es importante mencionar que estos escombros son divididos por el tipo de material que son, por ejemplo, hay un área especial para las maderas que se utilizaron para

el cimbrado, otro donde se encuentran los aceros utilizados para apuntalar y así acorde al funcionamiento de cada objeto.



Figura 4. 7 Escombros en el paso de vehículo.

Parte del sistema Lean es la introducción de áreas especiales para el almacenamiento de materiales, baños, campers, zona de comedor y escombros, con la finalidad de mantener un orden en general con la funcionalidad de dar un aspecto de limpieza a la obra. Para que estos lineamientos sean respetados, es importante acordar unos puntos que sean útiles para evitar nuevamente este tipo de desperdicios:

- En caso de que, entre un trabajador nuevo a la obra, darle un pequeño recorrido en las instalaciones donde se le ubiquen las zonas que están dedicadas para cada área.
- Evitar el traslado innecesario de materiales.
- Mantener las áreas de flujo vehicular y peatonal libres de escombros que puedan ocasionar un accidente.

2.4 Implementación Lean Construction en las obras.

La constructora se ha tomado muy en serio la implementación de la metodología Lean, realizando cambios en su formato de trabajo comprometiendo a todo el personal a colaborar de una manera más eficiente y proactiva, mejorando la eficiencia de productividad en obra. Creando planificaciones más exactas y de confianza para los clientes.

A lo largo del tiempo con el que la constructora lleva la implementación de este sistema, han realizado diferentes materiales que sirvan para la mejora continua que se busca día con día. Creando plataformas especiales que permitan el acceso a la información de cada una de las obras, generando la facilidad de mantenerse actualizado con los avances de la misma, colocando datos acerca de sus avances, restricciones encontradas, estrategias, soluciones, etc.; llevando a cabo diapositivas basadas en los resultados que se obtienen en las juntas semanales.

Estas diapositivas son encontradas en la plataforma BIM creada bajo una cuenta con el nombre de la constructora. Para poder ingresar es necesario contar con un perfil que este dado de alta por la empresa. La información no se encuentra disponible para todo el personal, comprende de varios archivos que se encuentran bloqueados y el personal solo puede ingresar la obra en la que se encuentra trabajando. Esto se hace con la finalidad de mantener discreción en cada una de ellas.

Entre las actividades realizadas por el equipo de trabajo se encuentran planeaciones y estrategias que funcionen para la optimización de tiempos en los trabajos que se realicen en las obras. Por ejemplo:

- **Logística para el vaciado de concreto en losa de cimentación.** Fue creada mediante estrategias que permitan tener el conocimiento del tiempo que realiza una revoladora que sale de la cementara hasta la obra (Figura 4.8).

Con la creación de un croquis (Figura 4.9) se marca la ruta que debe seguir para llegar al laboratorio de pruebas y continuar hasta la zona de trabajo. También se encuentra marcado por donde debe salir una vez que finaliza el vaciado del concreto, pasando por un área en la cual se lava la hoya para después el camión emprenda su camino a la salida.

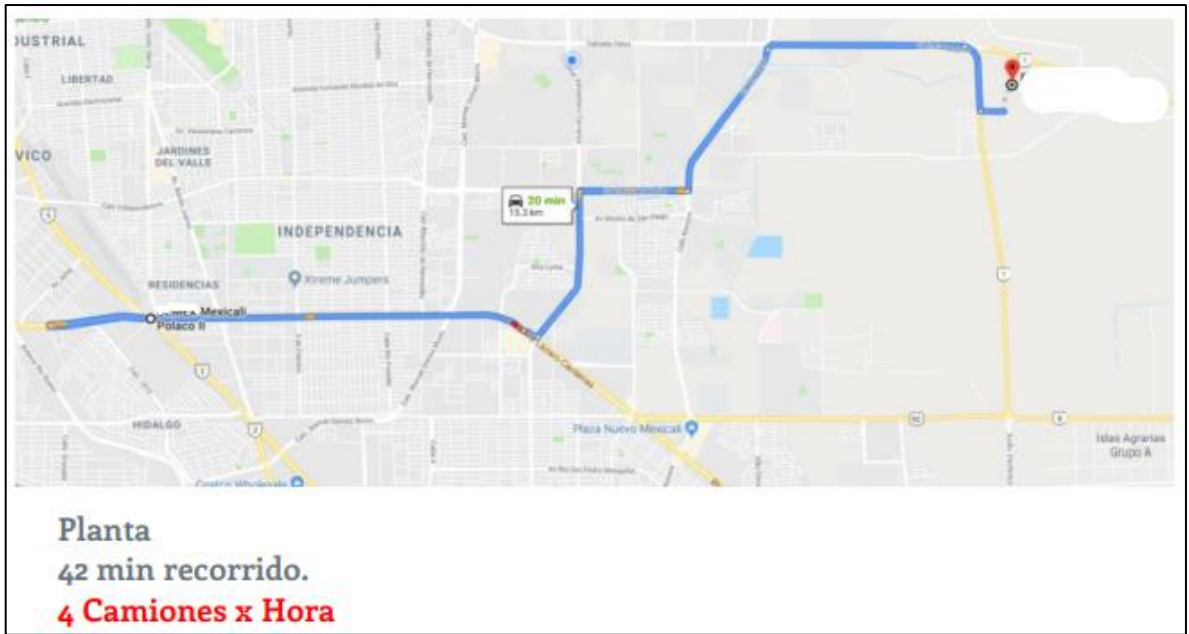


Figura 4. 8 Recorrido de camión PLANTA-OBRA



Figura 4. 9 Recorrido en obra para llegar al área de vaciado.

Se ha utilizado la herramienta de Last Planner, realizando juntas semanales en donde todos los contratistas de la obra asistan para actualizar la pizarra de actividades y se le asignen nuevos compromisos que deberán ser ejecutados en la semana en curso. Dentro de cada una de las obras se logró identificar los siguientes puntos:

- Todos los contratistas asisten a las reuniones semanales.
- Las reuniones son realizadas el mismo día semana tras semana.
- Se cuenta con todo el material de apoyo que es necesario para la planificación (pizarra de actividades, post de colores, plumillas, etc).
- Son anotadas las restricciones que surgen en la semana y que no permitan la ejecución de las actividades. Son plasmadas en una tabla de restricciones y se dan soluciones para su liberación.

Conclusiones.

Hermosillo se ha destacado y ha ido escalando como una potencia en el sector de la construcción a nivel Nacional, esto por llevar a cabo obras que alcanzan los mejores parámetros de calidad. Otra de las características de la empresa que lo posiciona como una de las mejores, es porque ha creado equipos de trabajo bien calificados, preparándolos con certificaciones y cursos en el extranjero. Esta empresa ha demostrado que la implementación de Lean Construction no solo se emplea para reducir tiempos y costos en obra, la metodología se basa en mejorar el trabajo en equipo y anticipar problemas. Se trata de un cambio que no surge de la noche a la mañana, conlleva tiempo y paciencia para obtener buenos resultados.

Es conveniente mencionar que la era de la construcción como la conocíamos está por cambiar y desaparecer. Lean Construction que será el encargado de la planificación colaborativa en los proyectos de todas las empresas, dado que cada día se suman más de ellas, asumiendo el trabajo bajo esta metodología. Un sistema que realmente está dando resultados en varios países y que se proyecta como uno de los planificadores más eficientes del momento.

Como se ha venido mencionando, la implementación del sistema Lean Construction no solo trata de llevar un orden, organización y control sobre la obra, se requieren de mayores elementos para que este resulte ser exitoso, por ejemplo, se necesita conocer lo que se va a realizar, los costos, los horarios, a los trabajadores y su rendimiento, cuánto tiempo les llevará realizar una actividad, etc. Si se desconoce sobre estos componentes, la implementación del plan maestro no será exitoso y mucho menos objetivo.

En conclusión Lean Construction cumplió con la hipótesis que se realizó, mejora la eficiencia productiva del trabajo en las obras, ayuda en la colaboración por parte de todos los integrantes del proyecto, esto sucede al tomar en cuenta las opiniones e inquietudes del personal, mejorando así el trabajo en equipo. Antes de que se pusiera en práctica, todos los involucrados estaban disgregados, no existía la comunicación que se tiene hoy en día, los problemas no podían ser previstos y las soluciones eran improvisadas en el momento en que estos sucedían, causando conflictos entre el personal, malos entendidos y hasta rivalidades.

ANEXOS.

Glosario.

- **Ultimo planificador.**

Se refiere a las personas del equipo responsables de realizar la asignación final del trabajo a ejecutar, asegurando que se cuente con el material, el equipo y la información necesaria para completar sus actividades.

- **Aguas arriba y aguas abajo.**

Dentro de un proceso o flujo de valor, las tareas aguas abajo son las que están más próximas del cliente o más próximas de la última tarea a realizar dentro de una secuencia determinada, mientras que las tareas o actividades aguas arriba son las primeras en ejecutarse dentro de la misma secuencia de trabajo. por ejemplo, en la secuencia de las tareas de la construcción de una edificación, la colocación de los muebles de cocina estaría aguas abajo respecto a la colocación de azulejos.

- **Kaizen.**

Palabra japonesa que significa mejora continua, y se representa con dos caracteres chinos:

KAI = Cambio.

ZEN = Para algo mejor.

CLIC
2019
MONTERREY

1er Congreso Lean Internacional de la construcción
Innovando la Industria de la Construcción

IMLC
MEXICO
Instituto Mexicano de Lean Construction

El Instituto Mexicano de Lean Construction
Otorga la presente constancia a:

Edgar Ricardo Rosas Romano

Por su asistencia al taller

Introducción a Lean Construction

Llevado a cabo en el marco de actividades del
1er Congreso Lean Internacional de la Construcción CLIC 2019.
Monterrey, N.L., 11 de noviembre de 2019

Elisa López
Elisa López
Vicepresidenta CLIC 2019

César Valdez
César Valdez
Director CLIC 2019





CLIC
2019
MONTERREY

**1er Congreso Lean Internacional
de la construcción**
Innovando la Industria de la Construcción

IMI
MEXICO
Instituto Mexicano de
Lean Construction

El Instituto Mexicano de Lean Construction
Otorga la presente constancia a:

Edgar Ricardo Rosas Romano

Por su asistencia al taller

Lean Aplicado al Diseño

Llevado a cabo en el marco de actividades del
1er Congreso Lean Internacional de la Construcción CLIC 2019.
Monterrey, N.L. 11 de noviembre de 2019

Elisa Lopez
Elisa Lopez
Vicepresidenta CLIC 2019

César Valdez
César Valdez
Director CLIC 2019

Anexo 1. 4 Cuestionario aplicado para la obtención de resultados.

Cuestionario.

Nombre: _____ Obra: _____ Fecha: _____

Puestos: _____

1. ¿Ha sentido el cambio dentro de la obra con la aplicación de esta metodología?
2. ¿Han mejorado los tiempos de entrega a partir de la aplicación de Lean?
3. ¿Han logrado identificar y optimizar alguno de los desperdicios dentro de la obra?
4. ¿Las juntas de ~~Last Planner~~ realmente ayudan en la organización y planeación semanal de la obra?
5. ¿Se ha logrado un mejoramiento en el trabajo en equipo?
6. ¿En cuántas obras ha trabajado con la aplicación de esta metodología?
7. ¿Cree necesaria la aplicación de esta metodología?

Firma del entrevistado

Bibliografía

- Álvarez Newman, D. (Julio de 2018). El toyotismo como sistema de flexibilización de la fuerza de trabajo, una mirada desde la construcción de productividad en los sujetos trabajadores de la fábrica Japonesa . pág. 21.
- Anell, D. (6 de Julio de 2018). *TBM* . Obtenido de <https://www.tbmcg.mx/recursos/blog/cinco-respuestas-sobre-la-aplicacion-de-lean-construction/>
- Bonilla, E., Díaz, B., Kleeberg, F., & Noriega, T. (2010). *Mejora continua de los procesos* . Perú: FONDO EDITORIAL .
- California, G. d. (2015). *Gobierno de Baja California* . Obtenido de http://www.bajacalifornia.gob.mx/portal/nuestro_estado/municipios/mexicali/medio_fisico.jsp
- Conoce Monterrey* . (2018). Obtenido de <http://encuentroamic2018.uanl.mx/index.php/sede/conoce-monterrey/>
- CONSTRUCÍA* . (Enero de 2018). Obtenido de <https://www.construcia.com/que-es-lean-construction/>
- Gallardo, L., & Hernández, J. (2017). *SALTO AL BIM estrategias BIM de calidad para empresas punteras del sector AEC*. Madrid : JHGuadalupe Editores .
- Guzmán Arana, G. P., & Vela Cieza, J. P. (2020). *Integración sistémica y evaluación de herramientas de la filosofía lean construction: last planner system y pull planning y control de un túnel de trinchera cubierta en el Perú* . Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC) .
- Hermosillo. (2019). *Hermosillo Ezperience Matters*. Obtenido de <https://hermosillo.com/about/mission/>
- Ibarra Gómez, L. I. (Junio de 2011). *Lean Construction*. México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Osayawe Ehigie, B., & McAndrew, E. (2005). Innovation, diffusion and adoption of total quality management (TQM). *Management Decision* , 925-940.
- Pacheco Espejel, A. A. (2010). El Taylorismo: implicaciones técnicas y políticas, a cien años de distancia . 8.
- Pons Achell, J. (2014). *Introducción a Lean Construction* . Madrid : Fundación Laboral de la Construcción .
- Pons Achell, J. F. (2014). *Introducción a Lean Construction* . Madrid: Fundación laboral de la construcción .
- Pons, J. F., & Rubio, I. (2019) . *Lean Construction y la planificación colaborativa metodología del Last Planner System* . Madrid : Guías prácticas LeanConstruction .
- Sánchez Rivera, O. G. (2014) . *Filosofía Lean Construction para la gestión de proyectos de construcción: una revisión actual* .

Structuralia . (14 de Febrero de 2018). Obtenido de <https://blog.structuralia.com/las-7-dimensiones-del-bim-y-las-razones-para-su-dominio>

Tijuana, H. A. (2015). *Enciclopedia de los municipios y delegaciones de México* . Obtenido de <http://siglo.inafed.gob.mx/enciclopedia/EMM02bajacalifornia/municipios/02004a.html>

Zuccarino, M. (2012). Modelos estadounidense-fordista y japonés-toyotista: ¿Dos formas de organización productiva contrapuesta? . *Historia Caribe* , 192-215 .