



**BUAP**

**BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA**

**Facultad de Ingeniería**

**Secretaría de Investigación y Estudios de Posgrado**

**“METODOLOGÍAS DE PROGRAMACIÓN EN  
CONSTRUCCIÓN DE OBRAS IMPLEMENTANDO LAST  
PLANNER SYSTEM”**

**TESIS**

Que para obtener el grado de:

**MAESTRO EN INGENIERÍA**

CON OPCIÓN TERMINAL EN CONSTRUCCIÓN

Presenta:

**ING. PABLO MARÍN CHAPARRO**

Asesor:

**M.I. FERNÁNDO DANIEL LAZCANO HERNÁNDEZ**

Co-Asesor

**CARLOS BUSTOS MOTA**

Puebla, Pue.

Diciembre, 2018



Oficio No. 3876/2018

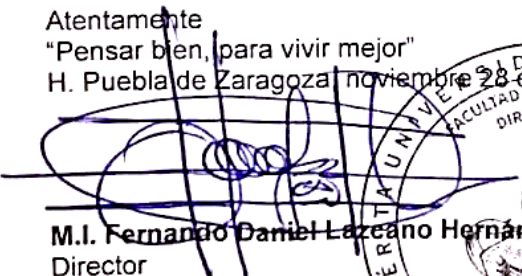
**C. Pablo Marín Chaparro**

Pasante de la Maestría en Ingeniería  
con opción terminal en Construcción  
Facultad de Ingeniería, BUAP.  
Presente

Por medio del presente, el suscrito M.I. Fernando Daniel Lazcano Hernández, Director de la Facultad de Ingeniería, de acuerdo a su solicitud de aprobación de Tema de Tesis, le autoriza desarrollar el tema intitulado: Metodología de programación en construcción de obras implementando Last Planner System. Para obtener el grado de Maestro en Ingeniería con opción terminal en Construcción. Asignándose como Director al M.I. Fernando Daniel Lazcano Hernández

Sin otro particular de momento, reciba un cordial saludo.

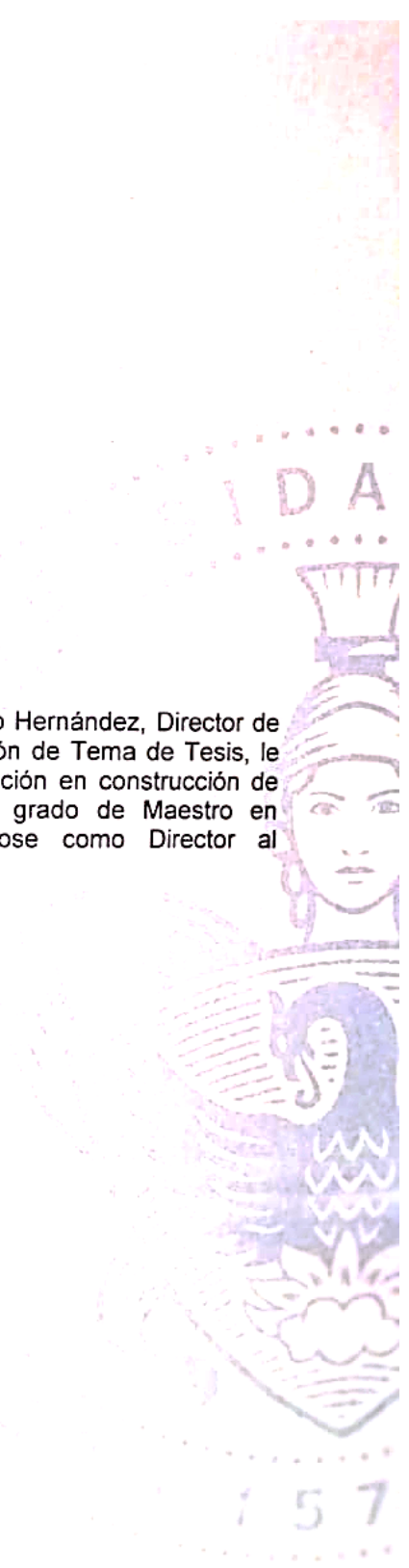
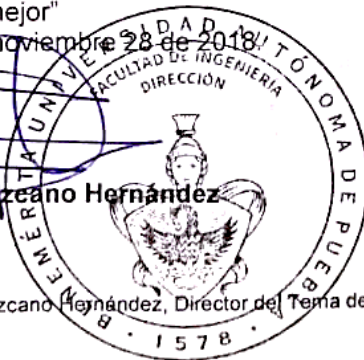
Atentamente  
"Pensar bien, para vivir mejor"  
H. Puebla de Zaragoza, noviembre 28 de 2018

  
M.I. Fernando Daniel Lazcano Hernández  
Director

C.c.p, M.I. Fernando Daniel Lazcano Hernández, Director del Tema de Tesis.

C.c.p. Archivo

ABHWVL/sco\*



H. Puebla de Z., a 11 de diciembre de 2018

**Dr. Alejandro Bautista Hernández**  
**Secretario de Investigación y Estudios de Posgrado**  
**Presente:**

Por este medio comunico a Usted que el Ing. Pablo Marin Chaparro alumno de la Maestría en Ingeniería con opción terminal en Construcción, ha concluido su trabajo de tesis denominado "Metodología de Programación en Construcción de Obras, implementando Last Planner Syustem", mismo que autorizo su impresión, para su pronta defensa de la misma.

Sin otro particular quedo a sus órdenes.

Atentamente



M.I. Fernando Daniel Lazcano Hernández  
Director de tesis

## **AGRADECIMIENTOS**

Es el momento de agradecer a Dios por la culminación de este trabajo de tesis, y muy especial a mi señora madre Glafira Chaparro Uscanga, quien partió a la otra vida hace poco tiempo; por ello, expreso mi pena y agradezco su infinito amor y bendiciones; y a mi señor padre Pablo Marín Gamboa, quien me ha brindado su incondicional y enorme apoyo moral y material durante todo éste periodo de ocupación.

No menor reconocimiento para mi esposa María Sonia Morales López, y a mis hijos Ricardo y José Pablo, quienes son los verdaderos impulsores en mi ánimo, y que, sin duda, vivieron el esfuerzo en éste proceso y depositaron su confianza en mí; a la memoria de mi hermano Francisco Javier, a mis hermanas y amigos, a todos muchas gracias.

Expreso mi agradecimiento a todos los profesores del nivel posgrado de la Facultad de Ingeniería que con su esfuerzo y dedicación hacen posible que nosotros, los estudiantes de posgrado, incurramos en los senderos del saber y conocimiento de las disciplinas que nos forjan mejores personas y mejores ingenieros, atentos a servir a la demanda de la sociedad. Especial reconocimiento al Maestro y amigo Fernando D. Lazcano Hernández, por su constante estímulo y su invaluable apoyo.

# INDICE

<b>Capítulo 1 INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>1.1 ANTECEDENTES</b> .....	3
<b>1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	6
<b>1.3 JUSTIFICACIÓN</b> .....	7
<b>1.4 OBJETIVO GENERAL</b> .....	9
<b>1.4.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b> .....	9
<b>1.5 HIPÓTESIS</b> .....	10
<b>1.6 MARCO DE REFERENCIAS</b> .....	12
1.6.2 EL MÉTODO CPM (de la ruta crítica).....	13
1.6.3 PMBOK (Project Management Body of Knowledge).....	14
1.6.4 UNIDAD DE TOMA DE DECISIONES SOBRE LA PRODUCCIÓN.....	16
1.6.5 CONTROL DE FLUJO DE TRABAJO; CFT.....	16
1.6.6 MODELO DE LA TEORÍA TRANSFORMACIÓN-FLUJO-VALOR (TFV) PARA LA PRODUCCIÓN.....	18
1.6.7 TEORÍA DE LA PRODUCCIÓN FLEXIBLE (TPF).....	19
1.6.8 LEAN CONSTRUCTION.....	19
1.6.9 LAST PLANNER SYSTEM.....	22
<b>Capítulo 2 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO</b> .....	27
2.1 DESCRIPCIÓN DEL TERRENO, UBICACIÓN Y PLANOS DEL TERRENO.....	27
2.2 FINALIDAD DEL PROYECTO.....	30
2.3 SERVICIOS MUNICIPALES, AFECTACIONES Y RIESGOS.....	30
2.4 PLANTEAMIENTO DE LOS PROCESOS.....	31
<b>Capítulo 3 CONSIDERACIONES PARA EL DESARROLLO DEL PROCEDIMIENTO TÉCNICA “LEAN”</b> .....	34
3.1. IMPLEMENTANDO CONSTRUCCIÓN SIN PÉRDIDAS.....	37
<b>CAPÍTULO 4 GESTIÓN DEL COSTO Y DEL TIEMPO; DOCUMENTOS TÉCNICOS BASE DE PLANEACIÓN</b> .....	41
4.1 FASE DE PLANEACIÓN. PRESUPUESTO.....	41
4.2 PRIMERA PLANIFICACIÓN. OBTENER EL PROGRAMA MAESTRO MEDIANTE EL DESARROLLO DEL CÁLCULO DE LOS TIEMPOS Y COSTOS.....	44

4.2.1 EL DIAGRAMA DE RED POR MÉTODO CPM .....	44
4.2.2 CÁLCULO DEL TIEMPO TOTAL DE LOS TRABAJOS .....	44
4.2.3 CÁLCULO DE LA HOLGURA TOTAL Y TIEMPO DE LAS ACTIVIDADES NO CRÍTICAS .....	45
4.2.4 DETERMINACIÓN DE LA RUTA CRÍTICA DE LOS TRABAJOS DE OBRA .....	45
4.2.5 PROGRAMA GENERAL DE LAS ACTIVIDADES DE OBRA .....	46
4.2.6 PROGRAMA DE EROGACIONES SEMANALES: PROFORMA.....	46
<b>Capítulo 5 Desarrollo de la metodología Last Planner System .....</b>	<b>47</b>
5.1 APLICACIÓN DEL MODELO LAST PLANNER SYSTEM .....	47
5.1.1 Convocatoria. Interacción de acciones .....	47
5.2 APLICACIÓN DEL MÉTODO LAST PLANNER SYSTEM.....	55
5.2.1 MÉTODO DE EXTRACCIÓN PULLING .....	56
5.2.2 Visión adelantada. Programa Lookahead.....	58
5.2.3 PROGRAMA SEMANAL COMPROMETIDO. LO QUE SE HARÁ.....	62
<b>Capítulo 6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>64</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>68</b>
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>76</b>

## GLOSARIO DE TÉRMINOS

La definición de los términos contenidos en esta tesis, procura expresar el sentido de la interpretación en el contexto de la administración de proyectos, gestión y construcción de obras civiles.

**Ingeniería concurrente.** El modelo concurrente se distingue del tradicional por no tener una concepción de la empresa por etapas, en la cual el producto, como elemento integrador de la obra, pasa por cada departamento de forma ordenada; requiere de una implicación global de toda la empresa, no solo los directivos o encargados de desarrollarla, si no toda la empresa en conjunto.

**Gestión de proyectos.** Es una disciplina que consiste en administrar el proyecto optimizando la relación recursos-resultados mediante la aplicación de conocimientos, metodologías, técnicas y herramientas para la definición, planificación y realización de actividades, con el objeto de transformar objetivos en realidades; es considerada como una aproximación sistemática y estructurada de como las organizaciones implementan sus actividades no recurrentes.

**Proyecto.** De acuerdo con la Norma Internacional ISO 10006, el proyecto se puede definir como aquel proceso único, que consiste en un conjunto de actividades coordinadas y controladas con fechas de inicio y finalización, llevadas a cabo para lograr un objetivo conforme con requerimientos específicos, incluyendo las limitaciones de tiempo, costo y alcance. El proyecto debe ser elaborado no solamente respetando la voluntad del cliente y las normas y especificaciones, sino que también debe contemplar los eventuales motivos básicos de atraso verificados en la implementación y construcción. Los proyectistas, conjuntamente con los ingenieros responsables, y si es posible, con los encargados de obra, deben elaborar un proyecto de tal forma que se contemple una disminución del riesgo causado por los aspectos identificados: recursos humanos, equipamientos y herramientas, instalaciones, materiales y la propia distribución de los recursos.

**Project manager.** Término utilizado en la gestión de proyectos y hace referencia a la figura del Director de Proyectos, como la persona quién toma decisiones sobre el terreno o campo de acción y supone un trato profundo y directo en el rol: Definición y presentación del proyecto; Planificación; Establecer los objetivos; Supervisión de tareas; Implementación de soluciones o cambios.

**Planificación de proyectos.** Consiste en determinar lo que se debe hacer, cómo se debe hacer, qué acción debe tomarse, quién es el responsable de ella y por qué. Es un proceso de toma de decisiones para alcanzar un futuro deseado, teniendo en cuenta la situación actual y los factores internos y externos y significa estudiar anticipadamente los objetivos y acciones a desarrollar, definiendo los procedimientos adecuados para alcanzarlos en un plazo determinado por lo general con etapas definidas, y con recursos limitados procurando utilizarlos racionalmente. La planificación no se concibe como un sistema, sino que se basa en las habilidades y el talento del profesional a cargo de la programación.

**Buenas prácticas.** Dentro de la gestión de proyectos es la forma más eficaz de evitar el fracaso de proyectos del ramo de la construcción, y su implementación aporta a una mejor imagen en el desempeño de la dirección de proyectos reflejando el beneficio de obtener mejores resultados, facilitando primordialmente el uso óptimo de los recursos disponibles minimizando errores y maximizando beneficios.

**Eficiencia** Referida a la construcción eficiente, que refiere una nueva forma de construir orientada hacia la administración de la producción enfocada a eliminar cualquier tipo de actividad que no agregue valor y pueda generar pérdidas, entiendo a éstas como ineficiencias en la gestión de la mano de obra, de los materiales o de los residuos. Un sistema de construcción eficiente es capaz de identificar los errores de una forma temprana para que la resolución sea totalmente eficaz.

**Eficacia** Implica la relación entre los resultados previstos y no previstos y el cumplimiento de los objetivos y la calidad en el tiempo.

**Productividad.** La medición de la eficiencia con que los recursos son administrados para completar un proyecto específico, dentro de un plazo establecido y con un estándar de calidad dado.

**Desempeño.** Referida a la capacidad que tiene la organización para gestionar adecuadamente sus recursos y dar cumplimiento a los objetivos y metas establecidas.

**Calidad** Referente de la norma ISO 9001, norma de sistema de gestión de la calidad (SGQ) internacionalmente reconocida, usada por organizaciones que desean verificar su capacidad para proveer productos y servicios que atienden las necesidades del cliente, bajo el principio del ahorro de dinero maximizando los beneficios, enfoque en procesos, enfoque en sistemas para la gestión, enfoque basado en hechos para la toma de decisión y la mejora continua. La calidad de una construcción es entendida como la capacidad de satisfacer las exigencias de los respectivos utilizadores, en condiciones de uso para la que ha sido prevista, y resulta de tres cualidades: de la planificación, del proyecto y de la ejecución de la obra.

**Proceso.** Es un conjunto de procedimientos concretos a seguir considerados rutinarios para la consecución de un objetivo concreto; a diferencia de un proyecto, un proceso no es flexible. Se aplica la metodología más eficaz para lograr un determinado producto o servicio.

**Metodología de un proyecto.** Es el conjunto de procedimientos para la planificación y gestión de todos los componentes del proyecto siguiendo los requisitos y pasos de acuerdo a su naturaleza y tienen la finalidad de encontrar rutas de trabajo optimizadas. desde la gestión de recursos hasta la coordinación del equipo de trabajo y la relación con todos los interesados en los resultados del mismo.

**Mejora continua.** Modelo de gestión que dé forma permanente y sostenible en el tiempo, permitirá a la organización eliminar las operaciones que no agregan valor a sus procesos.

**Tiempo de ciclo.** Tiempo promedio entre la producción de dos unidades consecutivas.

**Hitos.** Serie de etapas dentro de un mismo proyecto. Se determinan desde la planificación previa del mismo; se van revisando a medida que avanza nuestro trabajo y se pueden ir modificando según las necesidades del interesado.

**Producción flexible.** Aquellas acciones sobre la fuerza de trabajo o maquinaria que ayudan a absorber las variaciones de la carga de trabajo en las operaciones individuales que son causadas por caídas en el volumen, flujos erráticos o programaciones no adecuadas.

**Flujo de trabajo (workflow).** Estudio de aspectos operacionales de una actividad de trabajo sobre cómo se realizan y estructuran las tareas, cuál es su orden correlativo, cómo se sincronizan, cómo fluye la información y cómo se hace su seguimiento del estado de las etapas y las herramientas que son necesarias para gestionar esto.

## **RESUMEN**

El presente trabajo refiere al tema de la programación de obras, y pretende aportar al interesado la secuencia de aplicación de las metodologías que en la actualidad son utilizadas para la realización de proyectos de ingeniería y construcción de obras, particularmente, da a conocer los lineamientos para obtener la calendarización de los trabajos mediante la implementación del sistema LPS (last planner system), también nombrado “el último planificador”. Las metodologías están referidas dentro del CVP (ciclo de vida de los proyectos), y se enuncia como parte inicial la EDT (estructura de desglose de los trabajos o tareas) orientada a actividades secuenciales, y con ello el fundamental desarrollo de la metodología elemental de programación conocida como CPM (método de la ruta crítica; critical path method).

Las metodologías se aplicaran a un proyecto ejecutivo el cual se pretende construir en corto plazo y que presenta condiciones tipificadas dentro de la generalidad de un proyecto de nivelación de terreno y edificación, considerando a manera de premisa, que los conceptos de trabajo contenidos en su presupuesto fueron visualizados con el enfoque de la filosofía LC (lean construction), debido a que ésta se postula como una forma de pensamiento cuya acción aporta eficiencia en la planeación de proyectos de construcción. La dinámica de planificación se inspira en el procedimiento con enfoque dinámico “just-in-time” dentro del marco de la “ingeniería concurrente”, para lograr con ello la reducción de costos, ahorro de tiempo y el consecuente beneficio.

## **ABSTRAC**

This work refers to the subject of the programming of works, and intends to provide the interested party with the sequence of application of the methodologies that are currently used for the execution of engineering and construction projects, particularly, discloses the guidelines for obtain the scheduling of the works by means of the implementation of the LPS system (last planner system), also named "the last planner". The methodologies are referred to within the CVP (life cycle of the projects), and the EDT (work or task breakdown structure) is indicated as initial part, oriented to sequential activities, and with this the fundamental development of the elementary methodology of Program known as CPM (critical path method).

The methodologies will be applied to an executive project which is intended to be built in the short term and which presents typified conditions within the generality of a land leveling and building project, considering as a premise, that the work concepts contained in its budget they were visualized with the focus of the LC (lean construction) philosophy, because it is postulated as a way of thinking whose action contributes efficiency in the planning of construction projects. The planning dynamic is inspired by the procedure with a "just-in-time" dynamic approach within the framework of "concurrent engineering", in order to achieve the reduction of costs, time saving and the consequent benefit.

## PROLOGO

En materia de elaboración de proyectos de ingeniería y construcción de obras, en los últimos años se han incorporado varias herramientas metodológicas en los procesos de planificación y programación para intentar reducir el impacto de la variabilidad tiempo-costo; lo anterior genera certeza a los directivos y a los programadores de proyectos y ejecución de obras. Justo antes de dar inicio a los trabajos de obra, es indispensable se realice la “**calendarización del último planificador**” a través del Last Planner System, herramienta que tiene como objeto el mejoramiento de la productividad con fundamento en las bases de la filosofía de Lean Construcción, por lo tanto, considero será de mucha utilidad el proponer esquemas, cuadros de análisis y de control en el contexto de elaboración de un proyecto y planificación con “visión anticipada”. Lo anterior nos facilita detectar los trabajos que por alguna razón se omitieron en el procedimiento y presupuesto, y registrar las “restricciones” que surjan durante la ejecución de obra.

El presente trabajo de tesis desarrolla la aplicación del **LPS** en un proyecto simple y sistemático que contiene los trabajos o tareas necesarias para realizar la nivelación de un terreno y edificación en el mismo; no se pretende desarrollar un proyecto pero se incide en la dinámica de desarrollo y la aplicación de las metodologías. Se realiza el desarrollo completo de la programación CPM, y de los otros métodos solo los pasos representativos procurando desarrollar una secuencia lógica y ordenada que sea fácilmente digerible y procesable, pero sobre todo práctica. Con lo anterior, se persigue dar a conocer la metodología en sus componentes relevantes de manera esquemática y simplificada: preparación de los trabajos en el **Pull Seccion, la planificación de Lookahead y los compromisos adquiridos (Weekly Word Plan)**, con la finalidad de estimular su implementación en la ejecución de obras, disminuyendo las pérdidas y generando valor a los procesos.

Este trabajo aporta a quien consulte respecto al tema, lo siguiente:

- ❖ La representación gráfica de las líneas de acción pretendiendo servir como guía metodológica para la elaboración de un proyecto ejecutivo de ingeniería con la interacción del LPS;
- ❖ Cuadros de arreglo que contiene la planeación con la instrumentación cíclica de las acciones que implementan el sistema
- ❖ Cuadro de manejo y control que enlistan las tareas y compromisos adquiridos
- ❖ Cuadro del registro de las razones de no cumplimiento y obtención de los índices de medición (mediciones de desempeño) entre lo planeado-realizado y el resultado-compromiso (desempeño contra el objetivo para identificar variaciones negativas)
- ❖ Cronograma basado en las tareas del programa plan maestro mediante un “cuadro numérico de la producción” entre lo programado por medio de la ruta crítica y las acciones del último planificador por cada periodo semanal.

## Capítulo 1

### INTRODUCCIÓN

En el sector de la construcción las obras de infraestructura son un factor esencial en el desarrollo de un país por su enorme influencia en la productividad de un sector influyendo en una región, debido a que con ésta se mejora el nivel socioeconómico, la conectividad y las posibilidades de desplazamiento. Hay una relación directa entre el empleo de metodologías de proyecto y la eficiencia en la ejecución de obras y como consecuencia la productividad; ésta última no podrá suceder mientras los proyectos y obras sigan siendo desarrollados de manera tradicional, *con una* escasa y porque no decirlo, deficiente planificación y empleo de metodologías por las entidades públicas y privadas. El problema es aún mayor cuando se trata principalmente de una empresa constructora mediana, debido a la forma en que éstas administran sus obras, por lo que la variabilidad no solo no es posible identificarla y combatirla, sino que se presenta con más continuidad e incluso *magnificada*. (Rojas Anaya, 2015).

*“Es por esta razón que muchas empresas constructoras han visto como una necesidad el optimizar la relación entre los proyectos y la ejecución de las obras, con el fin de mejorar la productividad y la calidad de éstas; en realidad hasta hoy se les considera dos actividades que se desarrollan separadamente y hay una escasa coordinación entre ellas”.*

Lo anteriormente citado, demanda el uso de mejor tecnología, herramientas de la gestión y dirección de proyectos, así como el establecer una estructura organizacional adecuada y la aplicación de metodologías de planificación que dan buenos resultados. La dinámica económica global ha provocado cambios estructurales en todos los ámbitos en los cuales se desenvuelven las acciones cotidianas que los seres humanos realizamos, y actualmente un amplio sector de la construcción está replanteando la forma en que desarrolla sus procesos constructivos, siendo cada vez más común que las empresas

orienten sus esfuerzos a través de proyectos con metodologías probadas de competencia mundial, y no mediante operaciones aisladas y dispersas.

Herman Glenn Ballard (1994), profesor de la Universidad Berkeley, en California EEUU, plantea que una buena planificación ocurre cuando se superan algunos obstáculos presentes en la industria de la construcción, como son los siguientes:

- La planificación no se concibe como un sistema, sino que se basa en las habilidades y el talento del profesional a cargo de la programación.
- El desempeño del sistema de planificación no se mide.
- Los errores en la planificación no se analizan, ni se identifican las causas de su ocurrencia.

“Los controles del proyecto se han centrado tradicionalmente en la detección de variaciones después del hecho. Esta tesis propone un sistema de control, el sistema Last Planner, que causa la realización de planes y, por lo tanto, complementa la preocupación de la gerencia de proyectos por la gestión de los contratos con la gerencia de producción”.

## **1.1 ANTECEDENTES**

Es obligado no pasar por alto que México como país posee una cultura cuya mentalidad humana se gestó por determinados accidentes en su historia, donde las personas desarrollaron hace más de un siglo tendencias en su manera de pensar, lo cual crea identidad y distingue el modo de ser de las personas (*Jiménez, 2010*). Esa mentalidad y la costumbre, sin temor a equivocarme, no ha sido propicia para permitirnos incurrir en estrategias de planeación, establecer indicadores para evaluar los resultados y el uso de metodologías importantes y reconocidas a nivel internacional, referidas al desarrollo de los proyectos de ingeniería, la gestión y la ejecución de sus obras.

Los proyectos y la ejecución de obra, tienden a ser cada vez más complejos y es muy común que cuando se presentan disparidades que afectan el tiempo y el costo esperados se tiende a culpar a la ingeniería, pero si analizamos a fondo los motivos, el origen de los problemas suele ser por no contar con la estructura organizacional apropiada o por una deficiente gestión. Hay personas que por distintas causas, una de ellas para ganar plazo y ahorrar costos, afrontan el reto y deciden realizar la tarea con la estructura organizacional que en ese momento tienen, y otras omiten realizar todas las etapas o avanzan sin completar los estudios tanto básicos como recomendables que se deben realizar para pasar a la siguiente etapa; muchas veces la omisión es por descuido, pero también con el propósito de apurar la finalización de las obras.

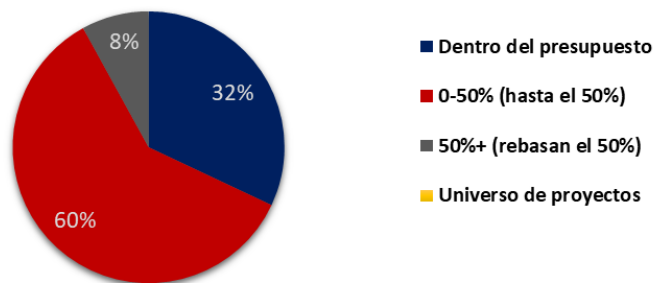
En la construcción de obras de infraestructura y en particular en las de edificación, es ampliamente conocido que éstas generalmente presentan problemas de diferente índole, algunos de ellos generados por diversos riesgos de procedencia interna a la organización y también externa, pero aún más grave, la falta del empleo de metodologías que inducen desviaciones en las metas y que en algunas ocasiones son motivo de fracaso de las empresas al no poder desarrollar satisfactoriamente la gestión del proyecto y la construcción de la obra. Los factores pueden ser la falta de materiales, los accidentes, rendimiento de las cuadrillas, retraso en entregas de insumos, entre otros, trayendo

consigo graves problemas; algunos de los motivos más comunes pueden ser: **el retraso en el programa y el incremento en el costo.**

*“En sobre costo y tiempo sólo 1 de cada 3 proyectos en México tienden a finalizar en presupuesto y tiempo. La falta de definición del alcance y la planeación son las principales causas de falla de los proyectos. Sólo 1 de cada 3 empresas desarrollan planes de ejecución o dirección de sus proyectos. 3 de cada 4 empresas no involucran a todos los interesados en las primeras fases de los proyectos ni disponen de registros históricos para mejorar la planeación”*

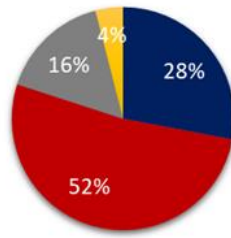
*(Waterhouse, 2013)*

### RANGO DE PORCENTAJE DE SOBRECOSTOS



*“También se investigó el dato del excedente de tiempo de los proyectos y, en esta ocasión, 52% de los encuestados afirma rebasar el tiempo estimado en hasta un 50%, 28% dicen terminar en el tiempo que tenían programado, 16% tiene excesos en tiempo de entre el 50% y el 100% y el 4% restante afirma que sus proyectos han llegado a duplicar el tiempo programado”. (Waterhouse, 2013)*

## PORCENTAJE DE TIEMPO QUE REBASAN LOS PROYECTOS



■ Dentro de lo estimado planificado ■ 0-50% ■ 50%+ ■ 100%+

*(Waterhouse, 2013).*

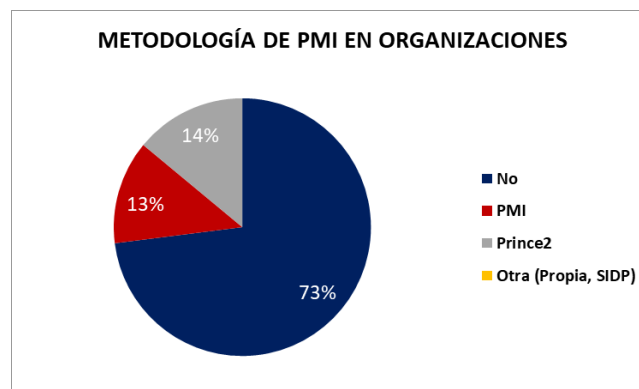
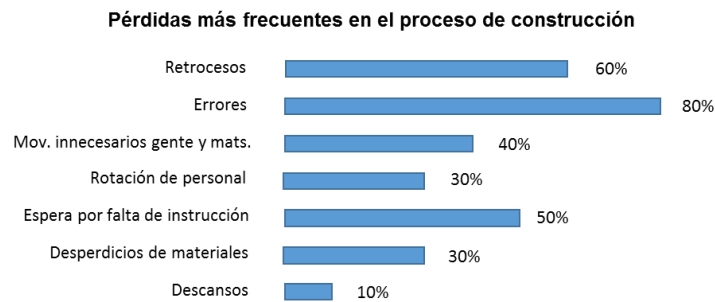
## CONSTRUCCIÓN DE OBRAS



*Porcentaje del tiempo desperdiciado en la construcción de obras  
(Shehadi, 2016)*

## 1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la actualidad, la industria de la construcción en nuestro país se encuentra en una situación en la que los desperdicios y las demoras son parte de su desempeño cotidiano, trayendo consigo diversas pérdidas, debiéndose en gran parte a la falta de instrumentación y empleo de metodologías en los procesos de planeación y ejecución de las obras. Esta es la principal causa que motiva la disminución en el logro de las metas en términos de tiempo y costo, trayendo consigo una problemática en lo particular de cada proyecto que permea en la eficiencia en la fase de la ejecución de las obras; por lo tanto, debe considerarse imprescindible el estudio, adecuación y puesta en marcha de metodologías que contribuyen a un eficiente proceso administrativo y que han sido probadas en otros países arrojando como resultado una mejora sustancial en la productividad y logro en las metas contractuales entre los involucrados.



(Waterhouse, 2013).

### **1.3 JUSTIFICACIÓN**

Existen metodologías y buenas prácticas que facilitan el entendimiento y la aplicación de la administración de proyectos. En México las empresas que las ponen en práctica son muy pocas y es conveniente subrayar que el término “buenas prácticas” refiere el correcto ejercicio de cada actividad en función a la experiencia del ejecutor y el entorno en el que desarrolla su actividad.

La empresa contratista supone que conoce mejor que nadie los métodos de construcción sin dejar de lado el procedimiento y cumplimiento de la normativa. **El uso de metodologías de planeación, programación, seguimiento y control en los procesos constructivos de edificación, nos permite en gran parte, optimizar las acciones y uso de recursos de manera analítica, lógica y sistemática, dando certidumbre en el cumplimiento de plazos y costos trayendo consigo el aumento en los compromisos del personal de la organización, y en su capacidad de prever situaciones que afecten el normal desarrollo de las actividades. Además, que el uso de metodologías minimiza en buena parte los riesgos que son inherentes al giro y que permite lograr las competencias que exigen estos tiempos globalizados, como también la continuidad de las actividades de la empresa constructora y la mejora continua en sus procesos.**

La aplicación de la metodología Lean en la planeación de nuestros proyectos, tiene como principal objetivo generar las acciones que nos permitan alcanzar la eficiencia y la mejora continua en los procesos de construcción, minimizando pérdidas y maximizar el valor del producto final, y con la aplicación de técnicas que incrementan la productividad conseguimos eliminar los desperdicios y mejorar la rentabilidad total del proyecto, entendiéndose el término “desperdicios”, como "todo aquello que no agrega valor al producto final. (PROGRESSA, 2015)

	Método tradicional	Método Last Planner
<b>Foco de interes</b>	Se relaciona con productos y servic.	Afecta a todos los involucrados y las actividades de la empresa
<b>Alcance de las tareas</b>	Métodos de control	Gestión y asesoramiento; métodos de control
<b>Conceptualización del proceso</b>	Todas las acciones o actividades añaden valor al producto, no agregan valor al producto	La producción consiste en convenciones y flujos; las actividades añaden y agregan valor
<b>Modo aplicación de las acciones</b>	Delibera la Dirección	Por convencimiento y participación; Dirección
<b>Metodología</b>	Planea, controla y corrige	Planea sin perdidas, programa con System Planner; Controla y corrige
<b>Responsabilidad</b>	Sistema interno control- calidad	Compromiso todos los miembros de la empresa
<b>Clientes</b>	Ajenos a la empresa	Internos y externos
<b>Control</b>	Costos de las actividades	Dirigido al costo, al tiempo y al valor de los flujos
<b>Mejora</b>	Implementa producción con nuevas mejoras	Reducción de las tareas de flujo y aumento de la eficiencia del proceso con mejoras continuas y tecnología

Bajo el contexto de lo comparativo en el cuadro anterior, se muestra evidente el beneficio que resulta la implementación del LPS para la ejecución de obras, como acción consecuente de la aplicación de la técnica Lean Construction, probada y aceptada en empresas constructoras, en países como Estados Unidos, Reino Unido, Dinamarca, Finlandia, Indonesia, Australia, Venezuela, Brasil, Chile, Ecuador y Perú. (Inmaculada Sanchis Mestre, 2013). **LPS es una metodología de programación, seguimiento y control de proyectos de construcción que se concentra fundamentalmente en la ejecución de las obras, pero también posee un componente de planificación inicial, previa al inicio de éstas.** (Ureta, 2018)

## **1.4 OBJETIVO GENERAL**

Desarrollar los esquemas y gráficos que muestren la secuencia del empleo de las metodologías para el desarrollo de un proyecto de ingeniería civil y la construcción de obra, incorporando la EDT (estructura de desglose de las tareas), el enfoque de eficiencia LC (Lean Construction), la programación CPM (ruta crítica), y la implementación de la calendarización LPS (Last Planner System).

### **1.4.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- ✓ Identificar de manera anticipada las restricciones que se observen durante los procedimientos constructivos con el propósito de prever situaciones que pudieran afectar el desarrollo de las tareas mediante
- ✓ compromisos de acción anticipados.
  
- ✓ Determinar el porcentaje de compromisos cumplidos e identificar las causas y los responsables en los casos de los compromisos no cumplidos.
  
- ✓ Obtener los importes económicos de lo realizado en cada semana mediante la implementación de la metodología, contrastando contra lo programado en el plan maestro.

## 1.5 HIPÓTESIS

Todo proceso productivo forma parte de un plan y requiere de la inversión de recursos en un tiempo determinado. Un proceso constructivo es aquel que se realiza a través de un proyecto que resolverá alguna necesidad transformando el espacio físico, que también, al igual que el proceso productivo utiliza diferentes recursos y tiempo para el logro de los entregables (la obra y sus partes), es por ello que los procesos de construcción están inmersos en los procesos productivos.

Cada vez es más frecuente que las empresas constructoras pretendan lograr sus objetivos mediante la realización de actividades a través de proyectos formulados con metodologías, y no en base a la experiencia con esfuerzos aislados y dispersos; por tanto, la administración de proyectos constituye una herramienta muy poderosa en el éxito de los proyectos ya que permite focalizar las acciones y estrategias de las organizaciones contribuyendo a la maximización de sus beneficios optimizando sus recursos. **“La planeación de tiempos y costos es fundamental en la administración de un proyecto ya que permite incrementar las posibilidades de éxito durante la ejecución del mismo”**. (Cassidy, 2015)

Este proyecto de tesis consiste en desarrollar un conjunto de actividades inmersas en las metodologías para un proyecto de ingeniería que se aprecian en un esquema, mostrándolas de manera secuencial y que se encuentran interrelacionadas, cuya finalidad es alcanzar objetivos específicos propios de esas metodologías, planteados dentro de los límites que impone el presupuesto en un lapso de tiempo, el cual será definido por la aplicación de la metodología de programación y obtención de la ruta crítica (CPM), bajo las condiciones y características peculiares que presenta el tipo de obra en el sitio de los trabajos y los alcances del proyecto; los procedimientos constructivos suponen que las tareas incluyen desde su etapa de inicio del proyecto las perspectivas de la filosofía Lean, con el propósito de lograr optimizar los procesos de construcción reduciendo gastos y mejorando la producción.

Posteriormente, llevaremos a cabo la técnica LPS (Last Planner System) en la fase de ejecución y control para realizar la calendarización de los trabajos durante la realización de la obra (último planificador), sometidas a un proceso cíclico semanal que induce a la eficiencia en cada periodo de tiempo y a la mejora continua en los procesos, priorizando sobre los conceptos “restricciones y compromisos” y desarrollando los cuadros básicos representativos de cada tarea, y las acciones que muestren “cumplimientos y mediciones”; y por último, las “razones y los responsables” por las cuales no fueron alcanzadas las metas comprometidas.

La implementación del LPS consistirá en cinco pasos:

*(productivity, 2015)*

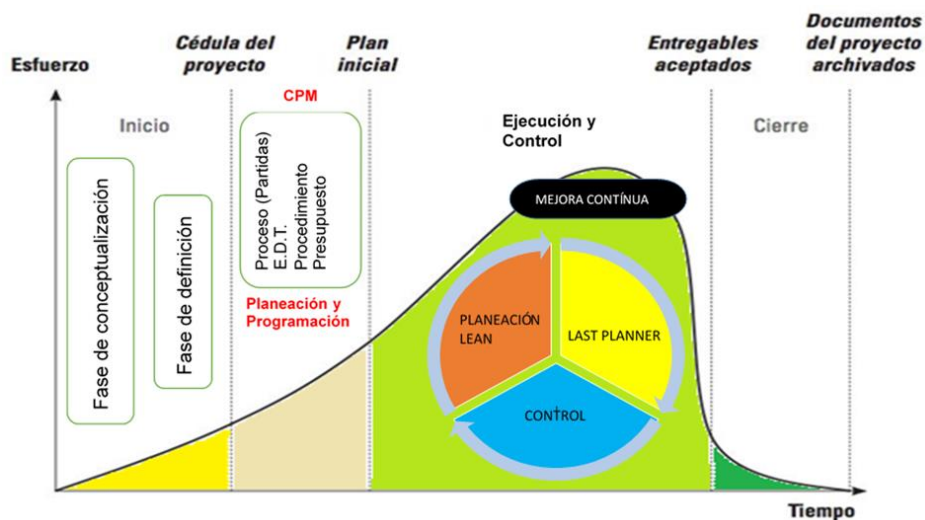
1. Elegir al equipo humano de colaboración adecuado
2. Escoger la opción adecuada de ejecución dentro del el proyecto
3. Seguir la metodología de forma estricta al inicio
4. Adaptar la metodología a la cultura y mostrar posibles adecuaciones
5. Mostrar resultados

## 1.6 MARCO DE REFERENCIAS

Todos los proyectos tienen en común una serie de etapas o fases a nivel genérico, luego se concretan en función de la naturaleza y de la complejidad del proyecto en sí.

(Management, 2016)

En el marco de la gestión de proyectos, es referido el “ciclo de vida de los proyectos” como una serie de fases o etapas generalmente secuenciales en las que están contenidas las acciones que conforman o harán posible la realización del proyecto u obra.



Fuente: Propia

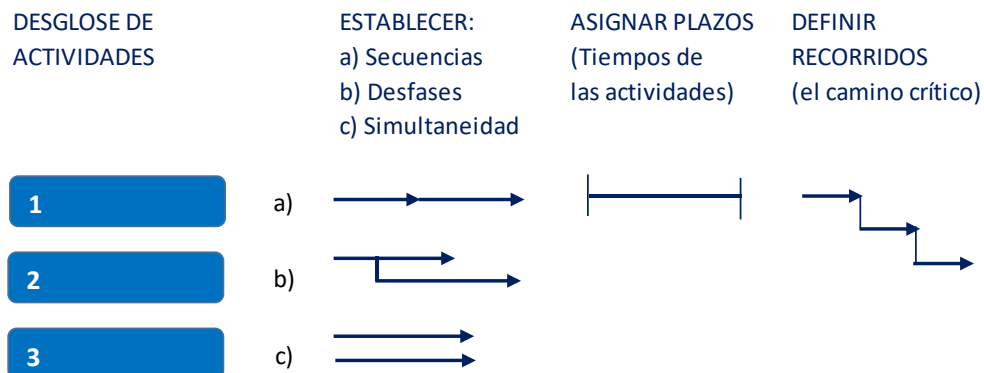
En este desarrollo de tesis y en base a lo expuesto en el párrafo anterior, nos vemos involucrados en la etapa III “ejecución y control”, donde se dan las acciones de implementación del LPS y la oportunidad de realizar la mejora de los procesos como resultado de la aplicación de acciones para la medición de la productividad y la mejora continua.

El término ejecución proviene del latín “exsecutio” que hace referencia a una acción que se concreta o se pone por obra. La fase de ejecución es la intervención transformadora de la realidad o situación que inicialmente se consideró insatisfactoria o problemática; representa el conjunto de tareas y actividades que suponen la realización del proyecto. También se le llama fase de puesta en marcha, y para esta fase es necesario:

- Organizar los medios o recursos así como asignarlos a cada actividad nuevamente programada.
- Controlar para asegurar la adecuada ejecución y control del riesgo.
- Concluir para obtener los resultados después de haber realizado todas las actividades.
- La acción de la mejora continua en los procesos. (Orellana, 2012)

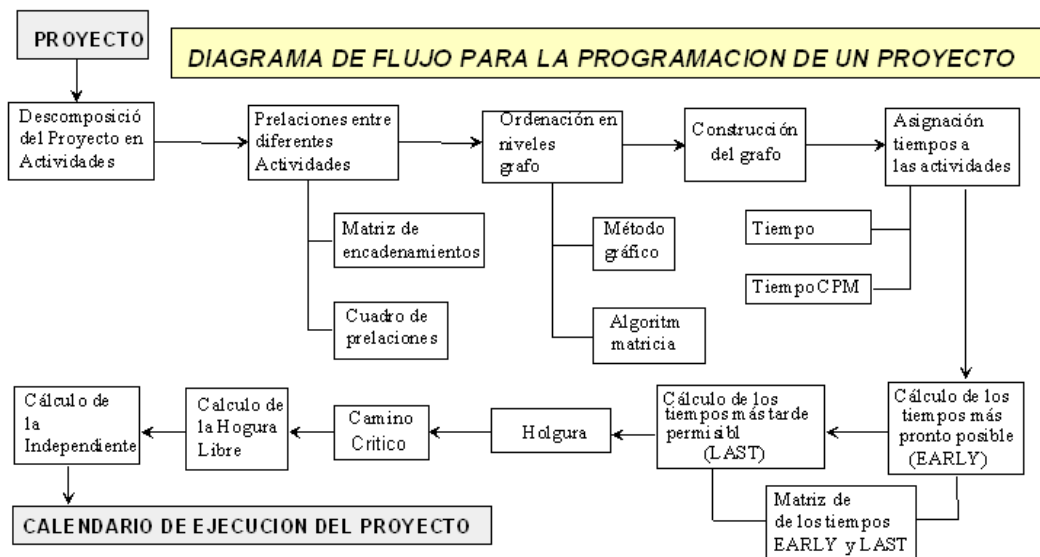
### 1.6.2 EL MÉTODO CPM (de la ruta crítica)

Determina el tiempo de duración de un proyecto u obra, identificando la secuencia de actividades a seguir dentro de un arreglo viable, el cual nos define el camino más conveniente (camino crítico o ruta crítica) optimizando el tiempo y el costo del proyecto. Consta básicamente de dos fases; la fase de planeación y programación y la fase de dirección y control. El cálculo de la ruta crítica es uno de los aspectos más importantes que debe gestionar un Project Manager, y de ninguna manera es sustituible por la implementación del LPS; la metodología CPM sienta las bases de la programación de obras para un proyecto maestro y para el LPS su desarrollo se considera en la etapa “primera planificación”.



En esta tesis consideramos que los tiempos para la realización de actividades de obra son determinados (calculados) de acuerdo a los históricos ya experimentados en

condiciones semejantes a las de la zona de realización de la obra; esto nos hace congruentes con las características del método definido como “determinalístico”.



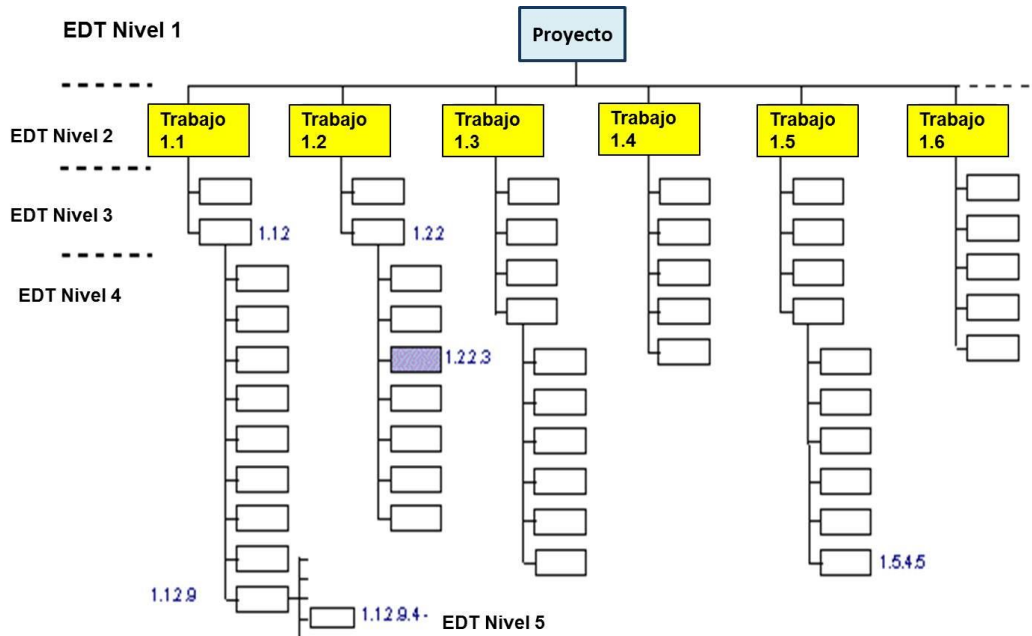
### 1.6.3 PMBOK (Project Management Body of Knowledge).

Es el instrumento a través del cual la entidad internacional llamada Project Management Institute (PMI) postula las directrices que orienten la dirección y gestión de proyectos, dentro de la consideración del “ejercicio de las buenas prácticas”. Para el eficiente logro de los objetivos; agrupa 10 áreas del conocimiento en 5 procesos de acción, abarcando todos los procesos constructivos, ya que se procuran las especificaciones en la optimización de los recursos utilizados, se reducen costos de producción, se logra generar mayor confianza, menos desperdicios y retrocesos en el proceso, y el cumplimiento en las programaciones.

El PMBOOK emplea técnicas y herramientas de los procesos tipificados en su generalidad, estableciendo entre otras, la **estructura y organización del EDT**. (Esquembre, 2016).

**El PMI define la EDT de la siguiente manera:** “La EDT es una descomposición jerárquica orientada al entregable, relativa al trabajo que será ejecutado por el equipo del proyecto, para lograr los objetivos del proyecto, y crear los entregables requeridos.

Organiza y define el alcance total del proyecto facilitando el conocer mucho mejor el proyecto. Permite controlar mejor el proyecto, tanto al project manager como a todos los actores interesados.



En concordancia con la guía PMBOK, el desarrollo del plan para la dirección del proyecto produce un plan de gestión del cronograma que selecciona: una metodología, una herramienta de planificación, y establece el formato y los criterios para desarrollar y controlar el cronograma del proyecto. (PMBOK, 2013)



Grupo de procesos de Planificación:  
 Planificar, definir las actividades, secuenciar las actividades, estimar los recursos, estimar la duración de actividades, cronograma  
 Grupo de procesos de Monitoreo y control:



Grupo de procesos de  
Planificación:  
Planificar la gestión de los costos,  
estimar los costos, determinar el  
presupuesto,  
Grupo de procesos de Monitoreo  
y control:  
Controlar los costos

“Sobre las fases iniciales de la obra y el estudio de viabilidad, las decisiones tomadas son las que tienen mayor capacidad de influenciar el costo final”. (PMBOOK L. G., 2016)

#### 1.6.4 UNIDAD DE TOMA DE DECISIONES SOBRE LA PRODUCCIÓN

La dimensión clave en un sistema de planeación en el nivel de producción radica en la calidad de su producción. Esta teoría en su generalidad es aplicada a la industria de procesos de productos, sin embargo, es conveniente para la industria de la construcción, en particular en la construcción de obras, el considerar sus principios con el ánimo de no dejar a un lado que estamos insertos en el mundo de los procesos productivos. “Las decisiones sobre la capacidad de producción pueden ser estratégicas y operativas, a largo y corto plazo. Los factores que afectan a la capacidad de producción se interrelacionan para un nivel provocando que un cambio en uno afecta potencialmente a todo”. Es conveniente su aplicación a los conceptos de **materias primas. equipo, mano de obra y almacenamiento.**

#### 1.6.5 CONTROL DE FLUJO DE TRABAJO; CFT

El Control de Flujo de Trabajo permite el movimiento del trabajo entre las diferentes unidades de producción en una secuencia y monto adecuados, a diferencia de la Unidad de Control de Producción, la cual coordina la ejecución del trabajo dentro de los límites de las mismas unidades. Entiéndase **como flujo de trabajo** la coordinación de diseño (planos), proveedores (materiales y equipos), recurso humano, información y requisitos previos, que son necesarios para que la cuadrilla cumpla su trabajo. (Tito, 2017)

**El método de Extracción (Pulling).** La construcción ha tenido por tradición programas basados en técnicas de Empuje (Push); bajo el sistema de "**Empuje**" los materiales son apresurados con la finalidad de llegar a la fecha adecuada en la que los productos son enviados al cliente esperado. *(Jones, 1991).*

Dentro de la jerarquía de planes y programas, el procedimiento de Visión Adelantada es definir quién tiene la tarea de controlar el trabajo. Los programas de trabajo de Visión-Adelantada son comúnmente utilizados en la industria de la construcción para enfocar la atención administrativa las actividades que sucederán en algún momento en el futuro y alentar acciones en el presente que originen el futuro deseado.

La planificación mediante la Visión-Adelantada puede ser considerada como la clave para mejorar el PPC, (porcentaje del plan cumplido) en consecuencia reducir el costo y la duración del proyecto. Comúnmente los programas tipo

Visión-Adelantada cumplen únicamente con la función de señalar lo que "DEBE" ser realizado, pero dentro del concepto del Último Planificador. *(Vargas, 2013)*

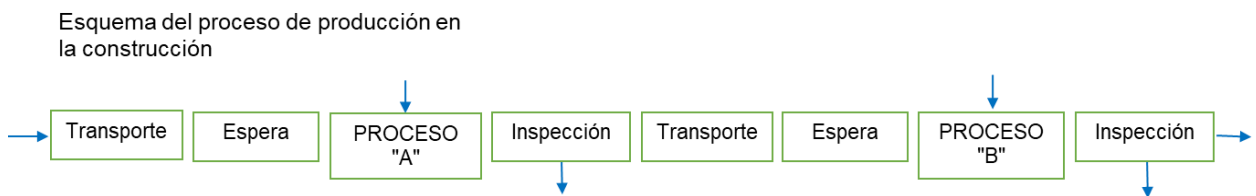
Este cumple con varias funciones:

## 1.6.6 MODELO DE LA TEORÍA TRANSFORMACIÓN-FLUJO-VALOR (TFV) PARA LA PRODUCCIÓN

Como todo proceso de producción, la construcción consta principalmente de tres aspectos o conceptos que cualquier proceso de producción posee. La aportación más importante de este modelo es: la extensa atención hacia el modelaje; diseño; control y mejora de la producción.

**Transformación de entradas y salidas.** La transformación total en el proceso se da en pequeñas y simples transformaciones, tareas, y lograr éstas lo más eficiente que sea posible.

**Flujo.** Se pueden observar: **tiempos de espera, inspección y etapas en movimiento** (traslados-transporte).



### TEORÍA MODELO DE PRODUCCIÓN

	TRANSFORMACIÓN	FLUJO	VALOR
<b>Conceptualización de la producción</b>	Como una transformación de entradas y salidas		Como un proceso donde el valor para el cliente es creado a través de la satisfacción de sus necesidades
<b>Principio básico</b>	Lograr que la producción sea realizada eficientemente	Eliminación del desperdicio (actividades sin valor)	Eliminación de la pérdida del valor
<b>Principios asociados</b>	Descomponer las tareas de producción. minimizar los costos de las tareas descompuestas	Comprimir el tiempo de proceso. Reducir la variabilidad. Incrementar la transparencia. Incrementar la flexibilidad	Asegurarse de que todos los requerimientos sean registrados. Asegurarse del flujo de los requerimientos del cliente. Trasladar los requerimientos hacia todos los entregables. Asegurar la capacidad de medición del valor por parte del sistema de producción

. (Vargas, 2013)

### **1.6.7 TEORÍA DE LA PRODUCCIÓN FLEXIBLE (TPF)**

Administrar los flujos en la construcción es mucho más dificultoso que en la fase de producción de la manufactura debido a que hay incertidumbre tanto en lo que va a ser completado como en la provisión de los requerimientos para ensamble. La minimización de la incertidumbre en el flujo de decisiones e información requerida durante la planeación es tan importante como la minimización de la incertidumbre en el flujo de materiales - información.

El proyecto de construcción llega a ser en vez de una serie de transmisiones de órdenes de dueño a trabajador a una serie de negociaciones. "Reducir la incertidumbre relacionada con el ¿Qué? y el ¿Cómo? define el proceso de "construir un prototipo en el lugar". El cambio hacia la TPF consiste en reducir el desperdicio a través de la introducción de estabilidad al proceso de planeación en tanto que el ¿Qué? y ¿Cómo? son definidos".

La TPF en un proceso de construcción, define:

- Los planes en el proceso de construcción determinan el nivel "que debe" llevarse a cabo.
- Las entradas tales como materiales o procesos de trabajo determinan que es lo que "Puede" ser realizado
- La TPF, tal y como se reconoce, reduce el desperdicio mediante una rápida reducción de la incertidumbre. La estrategia de implementación consiste en estabilizar el flujo de trabajo mediante una protección, la cual consiste en reducir la variación en el flujo, y entonces, emparejar la mano de obra con la cantidad de trabajo disponible, y finalmente mejorar el desempeño del desarrollo del flujo.

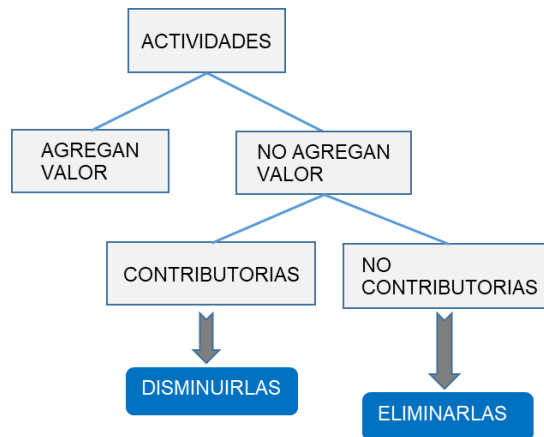
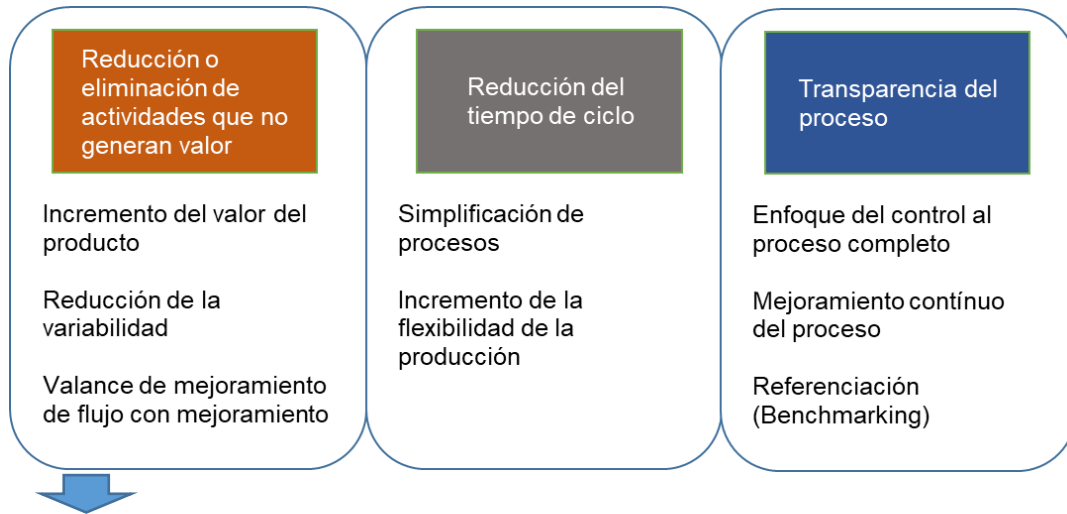
### **1.6.8 LEAN CONSTRUCTION.**

Está basado en la gestión de proyectos de construcción siguiendo los principios de la mejora continua y el Lean Manufacturing. 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 no agregan valor al proyecto y optimizar las actividades que sí 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 (todo lo que no genera valor a las actividades necesarias para completar una unidad productiva). (Díaz, 2014). Esta filosofía tiene como objetivo maximizar el valor y disminuir el desperdicio: “De manera general, se puede decir que la filosofía Lean consiste en eliminar todos aquellos procesos, actividades, requisitos, que no generan valor adicional al producto dentro de un sistema de producción”.

Para eso se sugieren diferentes formas de proyectar, de proveer y de producir. Esta forma de gestión, deriva directamente de los modelos de Lean Production y se basa en seis pilares elementares de las filosofías Lean (Salem et al., 2005, Kenley, 2005): 1. Control; 2. Desempeño; 3. Desarrollo; 4. Valor; 5. Pull; 6. Descentralización. (Cruz-Machado, 2007)

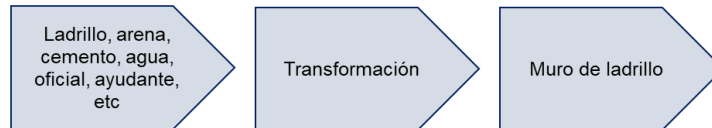
Se postulan sus principios en tres bloques:



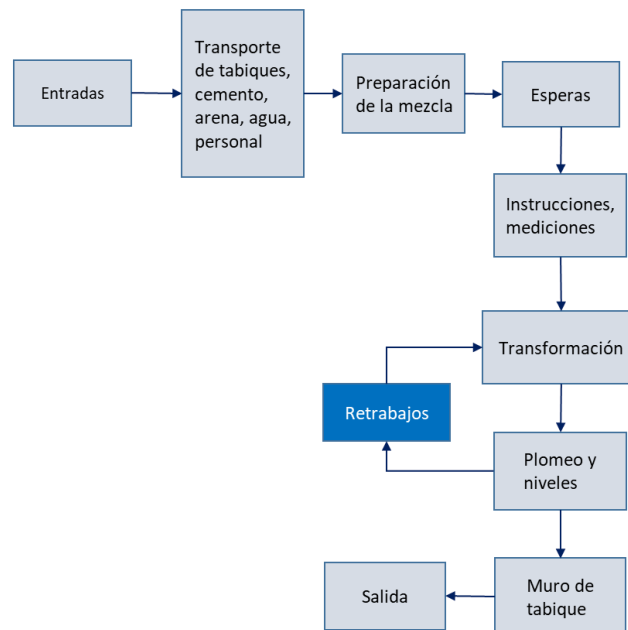
(Villavizar, 2016)

Los resultados del LC se reflejan en una disminución del costo, un aumento de la calidad y una reducción en el plazo de entrega de las construcciones. (Journal, 2015)

Ejemplo del modelo tradicional para la puesta de tabique. Tomado de Last Planner System, Mestre. S.



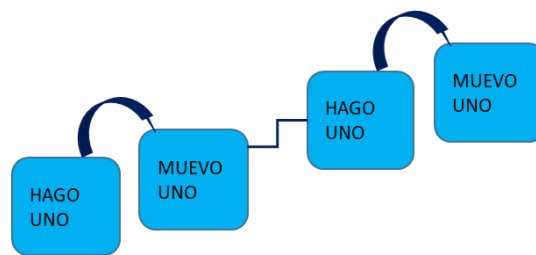
Tomado de Productividad en la construcción de un muro aplicando conceptos de la filosofía Lean Construction.



### 1.6.9 LAST PLANNER SYSTEM.

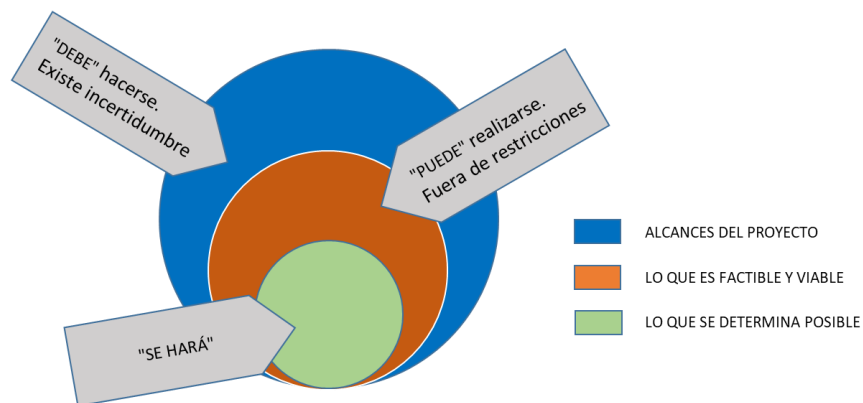
Una de las herramientas más útiles en la aplicación del Lean Construction. Su finalidad es considerar el conjunto de actividades que realmente pueden hacerse de una manera más específica para controlar más de cerca los impedimentos que eviten la ejecución de estas en obra, de esta forma la probabilidad de que las actividades programadas se lleven a cabo es muy alta y como consecuencia la incertidumbre de no poderlas hacer disminuye y se evitan retrasos en la realización de los trabajos en obra. (Rivera, 2014)

El sistema consiste en llevar un control semanal de los trabajos mediante un proceso de búsqueda hacia adelante controlando el flujo de los trabajos, para ello, el método se inspira en la técnica de “flujos continuos de producción” (Sanchis, 2013), la cual consiste en realizar una estrategia de producción, dentro de los procesos de construcción, que produce una parte a través de un justo a tiempo (Just of Time), haciendo “uno” y moviendo “uno”, con apoyo del enfoque de la producción Kanban (rendimiento en el flujo de trabajo), cuya finalidad es lograr líneas de producción equilibradas con un desperdicio mínimo, al menor costo posible, en el tiempo y la producción libre de defectos.



Flujo Continuo de Producción

Planificar consiste en determinar lo que “deberá” hacerse para desarrollar los trabajos y completar una obra; también decidir lo que de ese conjunto “se hará” en un corto período de tiempo; debe reconocerse que probablemente y debido a restricciones no todo “podrá” hacerse consecutivamente, lo que producirá retrasos probablemente en efecto cascada y de forma reiterada.



El proceso de planificación debe centrarse principalmente en la gestión del “puede”; mientras más podamos agrandar el “puede”, mayor será la posibilidad real de avance.

La finalidad del sistema del Último Planificador, es eliminar las actividades o elementos considerados como "desechos", los cuales restan eficiencia y productividad a los procesos constructivos que se llevan a cabo durante la ejecución de un proyecto. Lo podemos definir como un modelo de aplicación basado en la construcción sin pérdidas (filosofía Lean). Consiste en una filosofía, reglas y procedimientos, así como una serie de herramientas las cuales facilitan la implementación de dichos procedimientos de mejora. También podemos definirlo como el modelo de procedimientos a seguir desde el punto de vista del Último Planificador; éste es el último en una cadena de planificadores de procedimientos de construcción.

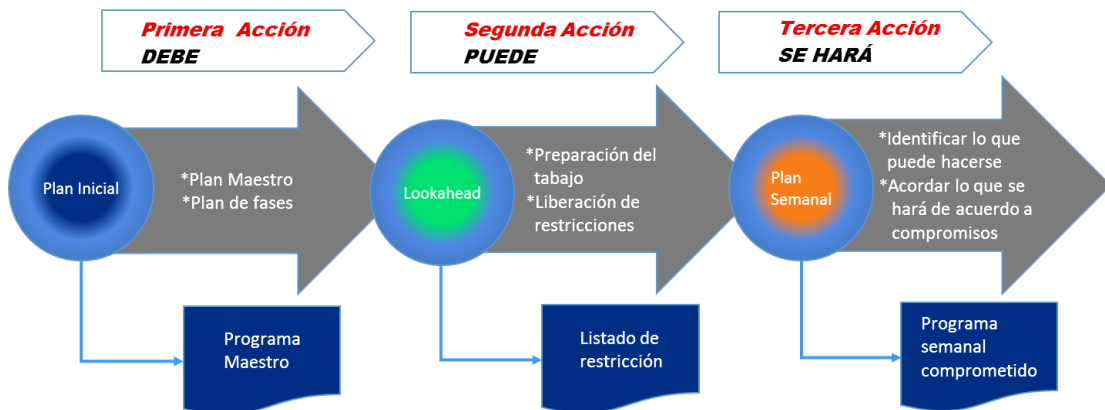


En una obra tradicional, la planificación de la obra no considera todas las variables específicas para la realización de los trabajos de obra, debido a que el método de la ruta crítica se basa en la consideración de que los trabajos tienen condiciones que se suponen "ideales", siendo que no es así, pues existen en todos ellos un alto grado de incertidumbre.

Define criterios explícitos de asignación que se consideran compromisos de producción anticipados con el fin de proteger a las unidades productivas de la incertidumbre y la variabilidad.

Algunas variables no valoradas habitualmente son: la disponibilidad de existencias por parte de los proveedores, la indefinición de diseños y requerimientos, los problemas de disponibilidad de mano de obra, los problemas administrativos o los rendimientos incorrectamente estimados.

Para la aplicación del método es fundamental que antes de decidir lo que **“se hará”** se tenga un conocimiento adecuado de lo que **“puede”** hacerse. El ejecutor de la metodología debe instrumentar su análisis bajo la observancia de la viabilidad en la ejecución de los trabajos, ordenando los procesos de los trabajos en etapas o periódicos de planificación; los gestores y analistas de la ejecución de las actividades deben primero identificar lo que “puede” hacerse y posteriormente acordar lo que “se hará” durante una semana como periodo de tiempo.



Algunas características comprometidas en la realización de planes acertados de trabajo semanal son las siguientes:

La correcta selección de la secuencia del trabajo, de acuerdo con el plan maestro establecido, las estrategias de ejecución y la constructividad (características que hacen que un diseño pueda ser construido)

La correcta cantidad de trabajo seleccionada, teniendo en cuenta la capacidad de trabajo de las cuadrillas que ejecutarán las actividades

La definición exacta del trabajo por realizar y que puede hacerse, es decir, la garantía de que todos los prerrequisitos se han ejecutado y que se cuenta con recursos disponibles para tal fin. (*Ingeniería&Desarrollo, 2005*)

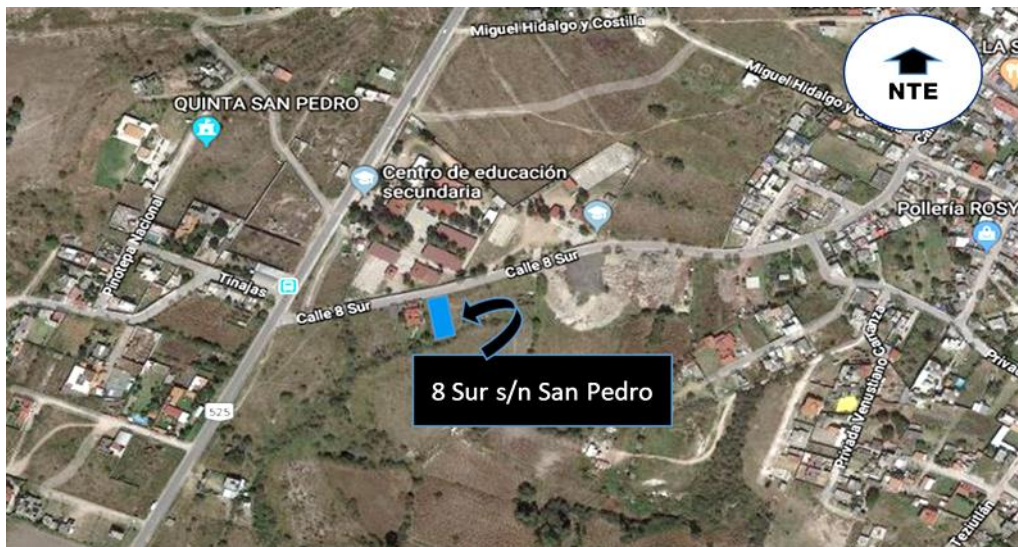
# DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

## 2.1 DESCRIPCIÓN DEL TERRENO, UBICACIÓN Y PLANOS DEL TERRENO

Por su grado de complejidad nuestro proyecto se clasifica dentro de la categoría del tipo “proyecto simple”, y por su nivel de jerarquía, hipotéticamente lo consideraremos clasificado como “proyecto ejecutivo” (ver anexo 1). Los procesos constructivos para llevar a cabo la construcción de la obra son catalogados como típicos, ya que la disposición y manejo de los recursos (materiales, mano de obra y maquinaria) son comunes en la región y en el estado; más adelante se describen los procesos.

### Ubicación

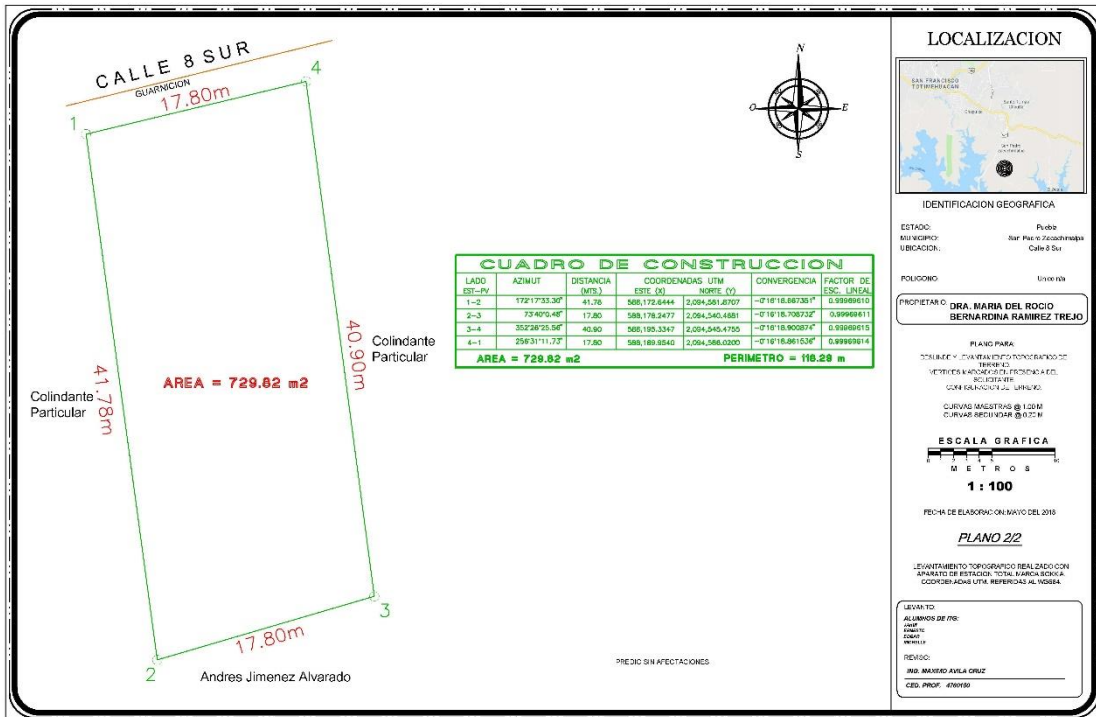
Se encuentra ubicado a en un terreno de la comunidad de San Pedro Zacachimalpa del municipio de Puebla, a 2122 m de altitud, a una distancia de aproximadamente 2 km al entronque con carretera a Valsequillo, y 5.5 km al centro de la comunidad de San Francisco Totimehuacan. Tiene las siguientes medidas y colindancias: al norte 17.80 m colinda con calle 8 sur; al sur 17.80 m y colinda con propiedad; al oriente 40.90 m con propiedad terreno en breña; al poniente 41.78 m con propiedad casa habitación.





El terreno cuenta con una superficie de 729.82 m<sup>2</sup> y tiene una geometría prácticamente regular de dimensiones 17.80 de frente y 41.35 mts promedio de fondo. Por su relieve, éste tiene una pendiente considerable teniendo en los primeros 30 m un desnivel del 8-10%; continúa con 11 metros más (sobre su lado oriente) hasta su colindancia sur, con una pendiente abrupta mayor al 30-40%, debido a la presencia de una barranquilla, que tiempo atrás, captaba los escurrimientos pluviales de la zona. Actualmente cruzan por el predio personas y animales hacia los terrenos de cultivo que se tienen al fondo.







## **Afectaciones y riesgos**

El terreno tiene construcción existente en su colindante poniente, siendo esta una malla ciclónica montada sobre mojoneras de concreto que puede ser afectada durante la excavación de la cimentación. Se evalúa una “probabilidad alta” del riesgo.

No se estiman ninguna otra afectación en los otros colindantes, ni riesgo de instalaciones o inundaciones.

## **2.4 PLANTEAMIENTO DE LOS PROCESOS**

Por las condiciones del relieve del terreno se requiere gran cantidad de material de relleno compactado sobre todo en el área de la barranquilla, y en consecuencia la construcción de un muro de contención sobre toda la longitud de la colindancia sur, y un segmento en las colindantes del fondo lado oriente y poniente. El resto de los tramos del terreno se pretende contener el relleno con cimiento de mampostería de piedra de la región, con desarrollo tipo balcón y con altura variable.

### **Procesos de obra**

Lo que a continuación se describe es de modo generalizado; las especificaciones de las actividades de obra se indican en los conceptos del presupuesto. Se muestran agrupadas por partidas:

#### **Preliminares**

Se realiza el deslinde del terreno por medio de mojoneras de concreto, deshierbe por medios mecánicos y el trazo según las indicaciones de los colindantes y ubicación de las estructuras que correspondan a la edificación. El proyecto de construcción indica realizar la cimentación sobre el frente del terreno y los colindantes oriente y poniente, con piedra de la región y de altura variable. El muro de contención del fondo colindante sur, se construirá a base de concreto reforzado en forma de “L” de 15 cms de espesor y 20 cms de altura de zapata, el cual tendrá una altura total de 4.00 mts en toda su longitud.

## **Excavación**

Por los antecedentes proporcionados en el sitio, en la zona prevalecen suelos superficiales del tipo aluvial, areniscas conglomeradas y escasa presencia de roca caliza en estratos más bajos. La excavación se realizará por medios mecánicos estimando una profundidad promedio de 0.50 m y 1.40 m para la cisterna; se utilizará rompedor neumático en caso de encontrar suelo rocoso.

## **Especiales**

Se construirá provisionalmente un almacén de madera y lámina de asfalto para albergar algunos materiales de construcción y una mesa de trabajo, así como un área techada para comedor. También se construirá y será definitiva una cisterna de agua con capacidad de 20 m<sup>3</sup> con muros de mampostería y cerramientos de concreto armado.

## **Cimentación**

Mampostería de piedra de la región. Será a un escarpio por su condición de ser colindante, con altura promedio de 80 cm, base de 60 cm y corona de 30 cm. Se construirán bases de concreto a cada 4 m para anclaje de la cadena de cimentación.

## **Estructura**

Muro de contención de concreto armado tipo "L" De dimensiones 4.00 m de altura, 15 cm de espesor y largo según proyecto. Será armado con parilla de doble plano y acero del #4; cimbra con tarima de triplay y concreto premezclado.

## **Relleno del terreno**

El terreno será nivelado con material de banco (tepetate), en capas y compactado con rodillo vibratorio liviano al 90% proctor, hasta alcanzar 0.50 m por abajo del nivel de banquetta.

## **Edificación**

El muro o "barda colindante", tendrá una altura total de 2.80 mts y yacerá de la cimentación de mampostería y del muro de concreto armado. La edificación del muro será a base de block hueco de dimensiones 14x20x40 cm desplantado de una cadena

de concreto armado sobre el cimiento de mampostería, en la que se anclaran varillas de refuerzo ahogadas en los huecos del block, y en la parte superior llevará la cadena de remate o cerramiento conformada con varillas y block prefabricado para ese fin.

### **Herrería**

Portón de perfiles de herrería de acero de 4.00 mts de largo por 2.80 mts de alto; deberá ser sujeto a cada lado a una columna de sección cuadrada de concreto reforzado.

### **Presupuesto de los procesos de obra**

Para el desarrollo de la metodología LPS, es necesario identificar las tareas, alcances y especificaciones del proyecto a través del presupuesto de obra, documento del proyecto que se desarrollará en el capítulo \_\_mostrando la metodología elegida y conteniendo los procedimientos del Lean Construction, y posteriormente realizar el calendario o programa de las actividades de obra mediante la metodología Last Planner (del último planificador) como sistema de planificación y control de proyectos de construcción.

# CONSIDERACIONES PARA EL DESARROLLO DEL PROCEDIMIENTO TÉCNICA “LEAN”

Para la implementación de la metodología Lean en el modelo del proyecto “nivelación y edificación”, es necesario caracterizar algunas premisas que están envueltas en la planificación de la construcción civil. Virgilio Cruz-Machado y Pedro Rosa, de la Universidad de Nova de Lisboa, Departamento de Engenharia Mecânica e Industrial, Caparica-Portugal, establece en su documental que para desarrollar un sistema de planificación hay que considerar las características del sector construcción referente a los proyectos y construcción de obras, y que una vez identificada su especialidad se debe tomar alguno de los modelos de planificación dirigidos para la reducción de pérdidas y optimización de los procesos productivos (constructivos), que sea viable de aplicar en obras de corta duración. Se desarrolló un modelo de planificación y control que permite una mejoría en la gestión de la producción y un mejor cumplimiento de los plazos de entrega de la obra. En el documento, se establece que existen características del tipo de planificación en la construcción: “**La Planificación Táctica**. incide en las políticas organizacionales y productivas de medio plazo (nivel táctico). **La Planificación Operacional** a través de las órdenes de Compra, órdenes de Producción y órdenes para Servicios a Terceros, está dirigido para acciones de corto plazo (nivel operacional)”.

También establece que cualquiera que sea el tipo de planificación, ésta va a recaer sobre los recursos empleados, los considera limitados y los caracteriza dependiendo de sus periodos de aplicación; los autores denominan recursos materiales renovables a la “mano de obra”, y recursos materiales no renovables a los “materiales”. Derivado de ello, el estudio identifica cuatro tipos elementares de recursos (Ichihara, 1998):

En obras pequeñas, la planificación pre-obra y las respuestas a las variaciones de la planificación tienen que ser rápidas y precisas. La planificación debe ser ejecutada abreviando el mayor número de pasos comunes, sin descuidar conclusiones y resoluciones esenciales al desarrollo de la planificación. En obras con presupuestos

controlados es esencial no desprender recursos en actividades que no traigan beneficios inmediatos o que, porque tienen estructuras pesadas, no sean capaces de responder a las solicitudes de la obra.

- **Materiales** - Teniendo en cuenta que los edificios están físicamente bien definidos, las necesidades de materiales no mudan en función de alteraciones de plazos o de reprogramaciones de los períodos de actividades.
- **Recursos humanos** - son los componentes más complejos de cualquier actividad. Diversos factores deben ser considerados: la legislación, la ética, la instrucción, entre otros. Su gestión tiene como objetivo dimensionar las capacidades profesionales para la perfecta ejecución de la obra, reduciendo sobrecargas de trabajo y distribuyendo, lo más uniformemente posible, los perfiles de competencia en los trabajos.
- **Equipamientos y herramientas** - Su necesidad es definida por el tipo de trabajo a ser realizado, por la tecnología disponible, por el volumen de trabajo, por el plazo contractual y por las condiciones físicas del inmueble. Sus costos son variables en función del tiempo (costo horario, depreciación).
- **Instalaciones** - En general son los locales donde se realizan las actividades (de apoyo, preparación, verificación o adquisición). El costo de las instalaciones no varía apenas con el tipo de actividad más también cambia en función del tiempo (rentas, mantenimiento)

Una alternativa a los procesos de planificación más comunes está basada en la filosofía Lean Construction (Bertelsen, 2004, Diekmann et al., 2004, Beary, 2005). Esta filosofía tiene como objetivo maximizar el valor y disminuir el desperdicio. Para eso se sugieren diferentes formas de proyectar, de proveer y de producir. Esta forma de gestión, deriva directamente de los modelos de Lean Production y se basa en seis pilares elementares de las filosofías Lean (Salem et al., 2005, Kenley, 2005): 1. Control; 2. Desempeño; 3. Desarrollo; 4. Valor; 5. Pull; 6. Descentralización.

Lean Construction desarrolla “modelos de planificación Lean” caracterizados por algunas premisas que generalizadas en la planificación de la construcción civil, donde el modelo Lean sugerido a utilizar debe responder a las particularidades de cada proyecto: **clásico**; proceso productivo; diagnóstico de la empresa; **secuencial**; ritmo de ejecución (preplanning); compromisos; reducción de pérdidas.

En particular, debido a las características de nuestro proyecto de obra, abordaremos el modelo Lean: “reducción de pérdidas”, bajo las siguientes acciones:

CARACTERÍSTICA	VENTAJAS	DESVENTAJAS
<p><b>Optimizar el flujo productivo a través de la eliminación de actividades que no añaden valor al proceso</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Verificación de equipamientos;</li> <li>- Evaluación de la satisfacción del cliente;</li> <li>-Acompañamiento y medida de las mejoras propuestas</li> </ul>	<p>Una vez que las variantes positivas fundamentadas y registradas dejan de ser practicadas y se retoman las prácticas anteriores , es necesaria una implicación elevada de los equipos de personas para el buen funcionamiento de las actividades</p>

*(Cruz Machado, 2007)*

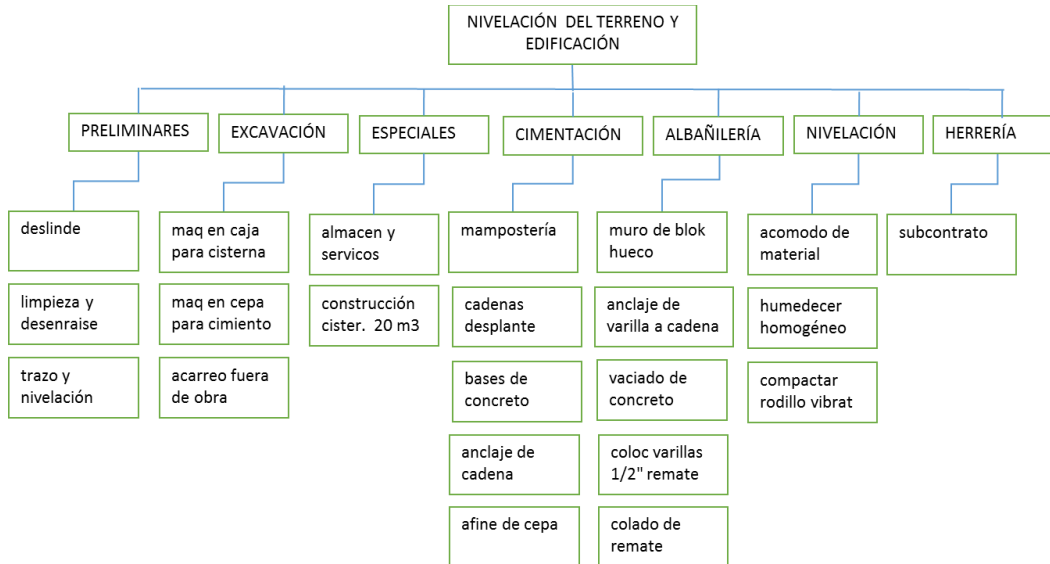
El procedimiento a seguir en la elaboración del proyecto será en dos fases:

**Primera fase.** Sobre un terreno existente en el cual se pretende desarrollar trabajos de nivelación y edificación, se realizará un procedimiento de construcción en cuyos procesos estarán contenidos los principios de la filosofía Lean Construction; en consecuencia, se obtendrá un proyecto sobre condiciones y necesidades reales que tomaremos como proyecto base de nuestro desarrollo. Posteriormente, con la finalidad de contar con información amplia y adecuada, consultaremos material bibliográfico especializado en los temas respectivos a la programación del “último planificador” y consultas en direcciones electrónicas, recopilando información de carácter teórico y práctico que sea útil y congruente a la metodología de nuestro marco teórico.

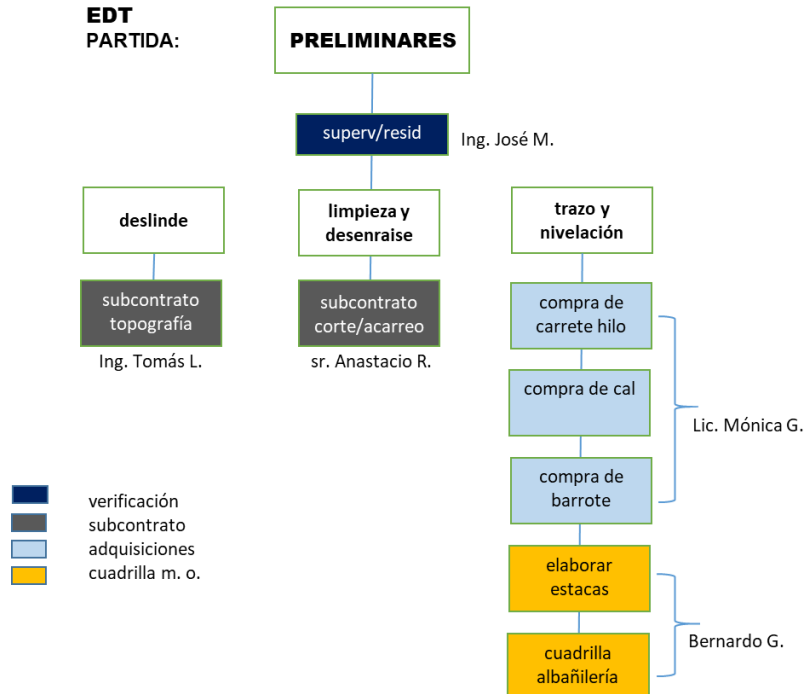
**Segunda fase:** Se implementará la metodología LPS sobre el proyecto por construir, bajo cuatro acciones teóricas fundamentales:

### 3.1. IMPLEMENTANDO CONSTRUCCIÓN SIN PÉRDIDAS

#### a) Descomposición de los trabajos en partidas de trabajo



#### b) Descomposición de los trabajos en tareas por partida (EDT)



#### Medición indirecta de la productividad

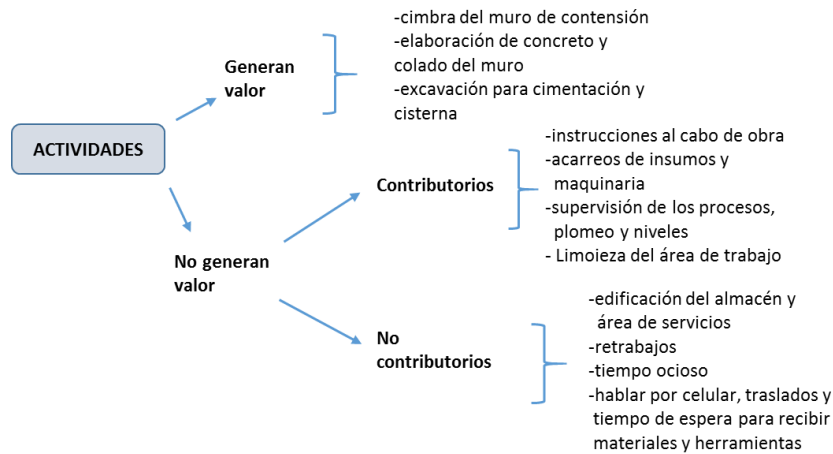
Se debe realizar el EDT de todas las partidas y todas las tareas

#### c) Identificar las tareas que no sean productivas

Lo que busca el Lean Construction es generar procesos de producción más eficientes, mediante la implementación de distintas metodologías de pensamiento y acción. En su generalidad se trata de **mejorar la continuidad de los procesos y eliminar el desperdicio generado por las interrupciones en los trabajos, a través del control de la variabilidad y la continuidad de los flujos.**

## Eliminar el desperdicio

También deben registrarse las acciones de trabajo contributorio y no contributorio, y en base a ello podremos saber en dónde radican los problemas que dificultan hacer un mejor trabajo; luego de ello, aplicaremos la filosofía Lean Construction,



Productividad es la relación entre lo producido y lo gastado en ello y se puede expresar como:

$$\text{Productividad} = \frac{\text{cantidad producida}}{\text{recursos invertidos}}$$

Se piensa que la causa más frecuente de pérdida de productividad es la variabilidad del clima y los rendimientos que dependen del factor humano cuyo comportamiento no es totalmente predecible, ya que los constantes cambios que surgen en el desarrollo de una obra civil inciden en los tiempos y en los costos de la obra. Los estudios realizados, han

reflejado que las principales causas que inducen a la pérdida de productividad en el desarrollo de un proyecto constructivo, se clasifican en su generalidad en 8 categorías:

- Problemas de diseño y planificación
- Ineficiencia de la administración
- Métodos inadecuados de trabajo
- Grupos y actividades de apoyo deficientes
- Problemas del recurso humano
- Problemas de seguridad
- Problemas de los sistemas formales de control
- El clima

La fase previa a la aplicación de un procedimiento de mejora de la productividad, consiste en la realización de un estudio de las distintas actividades que conforman la obra. Para lo anterior es necesario desarrollar un **plan de diagnóstico**, que tiene como objetivo detectar los problemas de productividad y asociarlos a alguna de las cinco categorías de tiempos no- productivos.

El plan de diagnóstico puede estar conformado en base a las siguientes herramientas:

- a) Observación directa
- b) Muestreos del trabajo
- c) Análisis de la información de costos
- d) Análisis del programa y puntos de control
- e) Información de rendimientos
- f) Encuestas de detención
- g) Cuestionarios a los obreros

Posterior a la recopilación de la información, se procede a clasificar los problemas encontrados en alguna de las siguientes categorías de tiempo no-productivo:

- a) Detención o espera
- b) Viajes excesivos
- c) Trabajo lento
- d) Trabajo inefectivo
- e) Trabajo rehecho

## CAPÍTULO 4

### GESTIÓN DEL COSTO Y DEL TIEMPO; DOCUMENTOS

### TÉCNICOS BASE DE PLANEACIÓN

#### 4.1 FASE DE PLANEACIÓN. PRESUPUESTO

EMPRESA, S.A. DE C.V.		NEODATA®	
Cliente:	DRA. MARÍA DEL ROCÍO BERNARDINA RAMÍREZ TREJO		
Concurso No.			Duración: 0 días naturales
Obra:	Presupuesto para la Fase 1 del Complejo a construir en el municipio de San Pedro Zacachimalpa.		Fecha:
Lugar:	Calle 8 Sur, Puebla, Puebla		Inicio Obra:
	ART 45 A.IX RLOPySRM		Fin Obra:
			DOCUMENTO

#### PRESUPUESTO DE OBRA

Código	Concepto	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Importe
<b>Preliminares</b>					
PERO01	Permisos y Licencia de Construcción; incluye: gestión de trámite	PZA	1.0000	\$12,500.00	\$12,500.00
MAQ101	Alquiler de retroexcavadora; incluye: traslado, operación, mantenimiento, otros gastos.	PZA	1.0000	\$6,944.88	\$6,944.88
MAT502	Adquisición de materiales para deslinde del terreno y construcción de mojoneras	PZA	1.0000	\$503.09	\$503.09
DES100	Deslinde y colocación de mojoneras; incluye: excavación, hechura y colocación de concreto y herramienta.	PZA	4.0000	\$188.86	\$755.44
MAT205	Adquisición de materiales para almacén y área de comedor	Lote	1.0000	\$8,880.00	\$8,880.00
BOD010	Construcción de bodega y área de comedor; incluye: habilitado de madera, trazo, colocación de láminas de cartón asfaltado, mano de obra, equipo y herramienta	PZA	1.0000	\$5,920.00	\$5,920.00
MAT115	Adquisición de materiales para cisterna	PZA	1.0000	\$46,345.03	\$46,345.03

PLM220	Desenraibe y limpieza del terreno; incluye: maquinaria pesada, operación, mantenimiento, y otros gastos.	M2	729.6	\$10.71	\$7,814.23
TZO1000	Trazo y nivelacion con equipo topográfico, estableciendo ejes de referencia y bancos de nivel, incluye: materiales, mano de obra, equipo y herramienta. (Hasta 1000 m2)	M2	729.6200	\$7.24	\$5,282.45
<b>Cimentación</b>					
CP12124	Cimiento de piedra braza de 0.60 m. de altura por 0.60 m. de base y corona de 0.30 m., asentada con mortero cemento arena 1:4, acabado común, incluye: materiales, acarreo, cortes, desperdicios, mano de obra, equipo y herramienta.	M3	30.7700	\$1,265.30	\$23,359.68
COMPMO	Afine en excavación, nivelación y compactación de piso en cepá por medios manuales.	M2	92.2000	\$13.02	\$1,200.84
CCA6615	habilitado, armado y colado de cadena de cimentación con 4 varillas de 3/8", concreto f'c= 250 kg/cm2, incluye:cimbra común, materiales, desperdicios, mano de obra, equipo y herramienta	ML	80.8100	\$133.32	\$10,774.06
<b>Excavaciones</b>					
ECE02IIA	Excavación de caja a máquina en material tipo II-A, de 0.00 a -2.00 m, incluye: mano de obra, equipo y herramienta.	M3	72.5800	\$55.80	\$4,049.84
<b>Albañilería</b>					
CIST04	Construcción de cisterna de 20 m3 de capacidad de 4.00x3.00x1.70 m, a base de muros de mampostería confinados por cadena y castillos repellados, acabado pulido; y losa base de piso de concreto con malla de 8 cm. de espesor y losa de techo de concreto armado de 10 cm. de espesor, incluye: trazo, excavación, carga y acarreo de material sobrante fuera de la obra, plantilla, armado, cimbrado, descimbrado, colado, vibrado, relleno, carcamo, aplanado interior acabado pulido, escalera marina, tapa registro de lámina y limpieza.	PZA	1.0000	\$20,122.64	\$20,122.64
MCA122	Habilitado y armado de acero para muro de contención con varilla de 3/8" en doble parrilla a cada 15 cms, incluye traslapes, escuadras y desperdicio, mano de obra, equipo y herramienta.	Kg	2187.0816	7.03	15,383.01
CCC106	Cimbra común en muro de contención, incluye: dos caras con madera de pino de 3a, polines, barrotes, duela, alambre recocado, clavo, mano de obra, equipo y herramienta.	M2	268.2	38.23	10,255.58
MBC12	Colado en muro de contención con concreto premezclado de f'c= 250 kg/cm2, TMA 3/4"; incluye: vibrado, pruebas de laboratorio, mano de obra, equipo y herramienta.	M3	20.1200	\$1,199.83	\$24,140.51

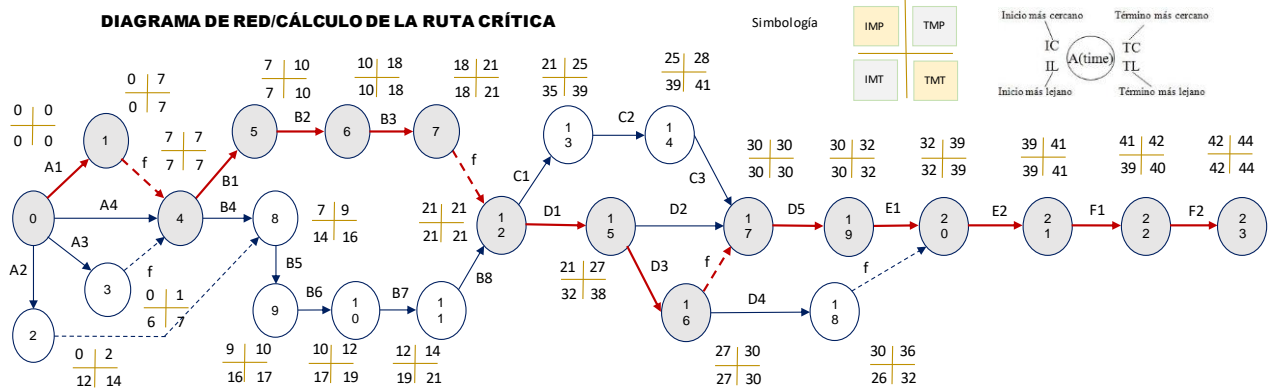
MAT005	Adquisición de block de cemento hueco medidas 15-20-40, norma NMX-C-441	PZA	3,216.0	\$8.00	\$25,728.00
MCE050	Construcción de muro de block hueco, incluye: block de cemento, varilla de 1/2" anclada a la cadena de cimentación, escalerilla, mortero de cem-cal-arena, colado, mano de obra, equipo y herramienta	M2	268.07	174.56	\$46,796.05
<b>Relleno</b>					
RET600	Relleno con tepetate, compactado con rodillo vibratorio al 90% proctor, adicionando agua, incluye: mano de obra, equipo y herramienta.	M3	1,328.2700	\$263.98	\$350,636.71
<b>Finales</b>					
HEMAB1	Portón en dos hojas abatibles de 4.00 x 2.80 m. a base de marco de PTR de 1 1/2" x 1/8" y tablero de lamina cal. 20, acabado con pintura de esmalte, incluye: puerta de acceso personal de 0.80x1.80 m, bisagras tubulares, cerradura de sobreponer, bibel y tejuelo, pasador portacandado dos pasadores de maroma, materiales, acarreos, cortes, desperdicios, soldadura, fijación, mano de obra, equipo y herramienta.	PZA	1.0000	\$12,543.90	\$12,543.90
PMT460	Colocación de portón metálico, incluye: anclajes, soldadura, resanes, maniobras, equipo y herramienta.	PZA	1.0000	\$3,135.98	\$3,135.98
PIE100	Pintura de esmalte 100 de la marca Comex, sobre superficies metálicas a dos manos, aplicada con compresora, incluye: preparación de la superficie, materiales, mano de obra, equipo y herramienta.	M2	22.4000	\$88.42	\$1,980.62
LGRUESA	Limpieza gruesa durante la obra, incluye: mano de obra, equipo y herramienta.	M2	729.6200	\$17.23	\$9,543.43

TOTAL DEL PRESUPUESTO MOSTRADO SIN IVA:  
(seiscientos cincuenta y cuatro mil quinientos noventa y cinco pesos 96/100 m.n.)

**\$654,595.97**

## 4.2 PRIMERA PLANIFICACIÓN. OBTENER EL PROGRAMA MAESTRO MEDIANTE EL DESARROLLO DEL CÁLCULO DE LOS TIEMPOS Y COSTOS.

### 4.2.1 EL DIAGRAMA DE RED POR MÉTODO CPM



TAREAS	CLAVE	ACT	DUR	TAREAS	CLAVE	ACT	DUR
permisos y licencias	0-1	A1	7	habil. y coloc acero armado muro de contenc	12-13	C1	4
alquiler retroexcavadora	0-2	A2	4	cimbra común en muro concreto armado	13-14	C2	3
adquisición de materiales / bodega y servicios	0-3	A3	1	colado con concreto prefab en muro	14-17	C3	1
deslinde y colocación de mojoneras	0-4	A4	1	cimiento de mampostería	12-15	D1	6
adquisición de materiales para almacén y servicios	4-5	B1	3	adquisición de block hueco	15-16	D3	3
construcción de bodega y área de servicios	5-6	B2	8	habil, coloc, cimbrado colado cadena desplante	15-17	D2	4
adquisición de materiales para cisterna y cimentación	6-7	B3	3	Subcontrato relleno compactado	17-19	D5	2
limpieza y deshierbe con maquinaria	4-8	B4	2	subcontrato hechura de portón	16-18	D4	6
trazo y nivelación	8-9	B5	1	construcción de muro con block hueco	17-19	E1	7
excavación en cepa para cisterna y cemento	9-10	B6	2	colocación de portón	19-20	E2	2
afine en excavaciones	10-11	B7	2	pintura en portón	20-21	F1	1
construcción de cisterna	11-12	B8	12	limpieza general de obra	21-22	f2	2

### 4.2.2 CÁLCULO DEL TIEMPO TOTAL DE LOS TRABAJOS

Tiempo total de los trabajos: **44 días naturales** (ver gráfico 4.3)

## 4.2.3 CÁLCULO DE LA HOLGURA TOTAL Y TIEMPO DE LAS ACTIVIDADES NO CRÍTICAS

TABLA: **CÁLCULO DE HOLGURAS**

Simbología:

Holgura = 0, indica nodo de trayectoria crítica

IMP	TMP
IMT	TMT

Tareas / Duración		Iniciación más próxima	Terminación más próxima	Iniciación más tardía	Terminación más tardía	H. TOTAL		
Dato		TMP= IMP+DUR		IMT= TMT-DUR		Dato		
HT= IMT-IMP								
Nodo	Segmento	ACT	DUR	IMP	TMP	IMT	TMT	Holgura Total
1	0-1	A1	7	0	7	0	7	0
2	0-2	A2	2	0	2	12	14	12
3	0-3	A3	1	0	1	6	7	6
4	0-4	A4	1	7	8	6	7	-1
	1-4	f	0	7	7	7	7	0
5	4-5	B1	3	7	10	7	10	0
6	5-6	B2	8	10	18	10	18	0
7	6-7	B3	3	18	21	18	21	0
	7-12	f	0	21	21	21	21	0
8	4-8	B4	2	7	9	14	16	7
9	8-9	B5	1	9	10	16	17	7
10	9-10	B6	2	10	12	17	19	7
11	10-11	B7	2	12	14	19	21	7
12	11-12	B8	12	21	33	9	21	-12
13	12-13	C1	4	21	25	23	27	2
14	13-14	C2	3	25	28	27	30	2
15	12-15	D1	6	21	27	21	27	0
16	15-16	D3	3	27	30	27	30	0
17	14-17	C3	1	30	31	29	30	-1
	15-17	D2	4	30	34	26	30	-4
	16-17	f	0	30	30	30	30	0
18	16-18	D4	6	30	36	24	30	-6
19	17-19	D5	2	30	32	30	32	0
20	19-20	E1	7	42	49	42	49	0
21	20-21	E2	2	49	51	49	51	0
22	21-22	F1	1	51	52	51	52	0
23	22-23	f2	2	52	54	52	54	0

## 4.2.4 DETERMINACIÓN DE LA RUTA CRÍTICA DE LOS TRABAJOS DE OBRA

En este cuadro numérico o matriz de orden, se ingresan los “datos” solicitados y ejecutando las operaciones aritméticas se obtienen los tiempos de holgura; cuando el resultado es “0”, indica que el nodo donde concurren esas tareas obedece a un punto del camino crítico. La trayectoria de la ruta crítica también se aprecia en el gráfico 5.2.1. Una vez que se traza una línea que une de manera continua los nodos que como resultado de la resta de los tiempos de la iniciación más tardía menos la iniciación más temprana o próxima, resultan en “0”.

## 4.2.5 PROGRAMA GENERAL DE LAS ACTIVIDADES DE OBRA

Es de gran utilidad utilizar el modelo Diagrama de Gantt como hoja de control en la visualización de las actividades y da facilidad para comparar procesos entre lo planeado en el plan maestro en contraste con el proceso LPS. Ver el gráfico 5.2.6, siguiente

## 4.2.6 PROGRAMA DE EROGACIONES SEMANALES: PROFORMA

ESTADO PREFORMA				MES 1														MES 2																																			
No	ACTIVIDAD	CPM	IMPORTE	INC	Semana 1							Semana 2							Semana 3							Semana 4							Semana 5							Semana 6							Semana 7						
					(días)	(\$)	(%)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	permisos y licencias	A1	7	\$ 12,500.00	1.91	[Gantt bar]																																															
2	alquiler retroexcavadora	A2	2	\$ 6,944.88	1.06	[Gantt bar]																																															
3	adquisición de materiales / des	A3	1	\$ 503.09	0.08	[Gantt bar]																																															
4	deslinde y colocación de mojón	A4	1	\$ 755.45	0.12	[Gantt bar]																																															
5	adquisición de materiales para	B1	3	\$ 8,880.00	1.36	[Gantt bar]																																															
6	construcción de bodega y área d	B2	8	\$ 5,920.00	0.90	[Gantt bar]																																															
7	adquisición de materiales para	B3	3	\$ 46,345.03	7.08	[Gantt bar]																																															
8	limpieza y deshierbe con maq	B4	2	\$ 7,814.23	1.19	[Gantt bar]																																															
9	trazo y nivelación	B5	1	\$ 5,282.45	0.81	[Gantt bar]																																															
10	excavación en cepa para sistem	B6	2	\$ 4,049.84	0.62	[Gantt bar]																																															
11	afine en excavaciones	B7	2	\$ 1,200.84	0.18	[Gantt bar]																																															
12	construcción de sistema	B8	12	\$ 20,122.64	3.07	[Gantt bar]																																															
13	hacil, y coloc acero armado mur	C1	4	\$ 15,383.01	2.35	[Gantt bar]																																															
14	cimbra común en muro concreto	C2	3	\$ 10,255.58	1.57	[Gantt bar]																																															
15	colado con concreto prefab en m	C3	1	\$ 24,140.51	3.69	[Gantt bar]																																															
16	cimiento de mampostería	D1	6	\$ 23,359.68	3.57	[Gantt bar]																																															
17	adquisición de block hueco	D3	3	\$ 25,728.00	3.93	[Gantt bar]																																															
18	hacil, coloc, cimbrado colado c	D2	4	\$ 10,774.06	1.65	[Gantt bar]																																															
19	subcontrato relleno compactad	D5	2	\$ 350,636.71	53.57	[Gantt bar]																																															
20	subcontrato hechura de portón	D4	6	\$ 12,543.90	1.92	[Gantt bar]																																															
21	construcción de muro con block	E1	7	\$ 46,796.05	7.15	[Gantt bar]																																															
22	colocación de portón	E2	2	\$ 3,135.98	0.48	[Gantt bar]																																															
23	pintura en portón	F1	1	\$ 1,980.61	0.30	[Gantt bar]																																															
23	Detalles, limp y carr fuera de e	F2	2	\$ 9,543.43	1.46	[Gantt bar]																																															
					\$ 654,595.97	100.00	\$ 22,824.82	\$ 31,616.62	\$ 29,884.33	\$ 97,451.62	\$ 40,101.36	\$ 391,729.81	\$ 31,443.99	\$ 9,543.43																																							
Acumulado					\$ 22,824.82	\$ 54,441.44	\$ 84,325.77	\$ 181,777.39	\$ 221,878.75	\$ 613,608.55	\$ 645,052.54	\$ 654,595.97																																									

En este gráfico se obtiene el flujo de caja, también llamado flow cash; nos brinda los costos que se generan en un periodo de tiempo (en este caso es semanal), y durante todo el tiempo del proyecto u obra. Brinda la base para una precisa programación sobre las cantidades de recursos económicos y cálculo del financiamiento, además de tener los números económicos y compararlos con los que resulten después del proceso con LPS, tanto en tiempo como en monto.

## **Desarrollo de la metodología**

### **Last Planner System**

#### **5.1 APLICACIÓN DEL MODELO LAST PLANNER SYSTEM**

##### **5.1.1 Convocatoria. Interacción de acciones**

#### **En base a las etapas siguientes**

Para el diseño de la propuesta es necesario lo siguiente:

1. Ubicar correctamente la secuencia lógica y práctica del proceso constructivo, que contemple los principios Lean (construcción sin pérdidas).
2. Realizar una EDT (WBS) para cada tarea de cada involucrado  
Se recomienda elaborar un diagrama de red con tareas y tiempos para su ejecución
3. Determinar los problemas recurrentes en el proceso de ejecución.  
Se recomienda elaborar un cuadro indicativo por cada tarea estableciendo estadísticas y razones.

Una vez que se cuenta con el Proyecto Maestro (ejecutivo), el cual cuenta con un gráfico Preforma que contiene las tareas de cada proceso de obra y el diagrama de barras calendarizado, el cual es la base para el control de las actividades críticas obtenido a través de la metodología CPM, y justo antes de dar inicio a las actividades de obra en la etapa de ejecución y control referida al CVP, se implementaran las acciones que gestionan la calendarización del último planificador.

Es importante considerar que el inicio de los trabajos y el cumplimiento de los tiempos deben ser direccionados por los lineamientos según se indican en la programación CPM. El LPS se implementa una vez que la obra se tiene en proceso, pues es de la interacción de las actividades que podemos realizar mediciones de eficiencia y productividad para realizar compromisos en función de una visión adelantada.

## **Medición de la productividad**

El sector construcción se caracteriza por contar con un índice muy alto de rotación de personal por diferentes causas, y es un problema debido al aumento de los costos de reclutamiento, de selección, de capacitación y de competencia; no se puede eliminar, y sus efectos se pueden minimizar, sobre todo entre los empleados con un alto nivel de desempeño. Es conveniente, en primera instancia realizar una medición de la productividad.

## **Planteamiento de la estrategia**

Se propone desarrollar una matriz que contenga la mayor parte de los conceptos dentro de las categorías descritas en el capítulo 3, inciso c), referidas a Identificar las tareas que no sean productivas. En este rubro se debe realizar la “prueba de los 5 minutos”. Se requieren los siguientes instrumentos de medición: cronómetro y matriz de registro. Se recomienda tomar mínimo 50 mediciones distribuidas durante el horario laboral, en tareas aleatorias, para iniciar el proceso de análisis de la información. Esta permite una medición directa de las pérdidas en las actividades de construcción.

Ejemplo de actividades en la tarea de relleno y nivelación.

Para desarrollar esta prueba, montemos hipotéticamente el escenario siguiente:

1. El proceso de relleno está a un 25% de avance.
2. Hubo lluvia ligera un día antes humedeciendo el material pero permitiendo desarrollar los procedimientos de relleno con maquinaria.
3. El material de banco (tepetate) es de baja calidad y no se cuenta con laboratorio de control de compactación.
4. El almacenamiento de material se concentra al centro del predio.
5. Se cuenta con maquinaria semipesada arrendada con operador; retroexcavadora 416F de 96 H.P. y un rodillo compactador liso vibratorio Caterpillar CS323C de 80 H.P. y 4.5 tn de peso.
6. Se dispone de un ayudante general a mando del contratista.

Se propone un ejemplo de matriz de registro:

Tabla *Relación efectividad y productividad*

**PRODUCTIVIDAD EN LA ORGANIZACIÓN**

UTILIZACIÓN DE LOS RECURSOS



**MECANISMOS FORMALES DE PLANIFICACIÓN Y CONTROL DE LA COORDINACIÓN**

Programar los mantenimientos y revisiones a los equipos, conciliadas y en seguimiento con los arrendadores

Ajustar los pedidos a almacenes ajustados a la capacidad de producción, o medidas para modificar dicha capacidad

Definir un procedimiento ágil de compra de repuestos de equipos en obra

Planificación diaria de las rutas de transporte y maniobras

Mantener registros de atrasos en los suministros

Crear formatos de pedido de materiales a los almacenes

Personal responsable de hacer los pedidos por cada etapa

Canales de comunicación abiertos a nivel cargos superiores

	SI	NO




**PRODUCTIVIDAD EN OBRA**

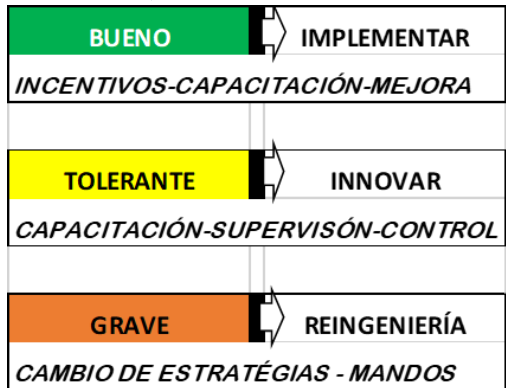
Verificación en obra de acciones no productivas

ALTA    MEDIA    BAJA  
        

**FACTORES DE INCIDENCIA EN LA PRODUCTIVIDAD**

Distribución inadecuada de los materiales en obra	1		
Falta de materiales requeridos		1	
Falta de suministro de equipos y herramientas		1	
Falta de especificaciones y/o instrucciones			1
Espacios con condiciones difíciles para las actividades	1		
Excesivo control de calidad	1		
Duración y tamaño de la obra que no motivan al personal		1	
Clima y condiciones adversas de la obra		1	
Esperas por falta de equipos, herramientas o materiales			1
Esperas debido a actividades previas que no se han terminado o están mal ejecutadas			1
Esperas por falta de una correcta instrucción para realizar el trabajo	1		
Tiempo ocioso debido a la actitud del trabajador en el sitio de trabajo		1	
Desplazamientos innecesarios debido a falta de materiales e inadecuada planeación del sitio del trabajo			1
Reprocesos por trabajo que no cumple con las especificaciones y cambio en los diseños		1	

          
 4    6    4



## **Acciones de mejora:**

De los resultados que se desprenden de la matriz, debemos atender el recuadro en semaforo “tolerante”, que recomienda realizar **acciones referentes a la innovación en el contexto del cambio para la mejora en concepto de productividad**, específicamente en los rubros número 4, 9, 10 y 13.

Consideremos tres grupos esenciales que debemos mejorar:

- ✓ **Flujos de información.** Los cabos de frente deben recibir por parte del encargado de obra la información necesaria para el buen desempeño de sus labores a través de un pizarrón destinado al fin; debe ser permanente:
- ✓ Nombre de la obra y del representante por parte de la empresa; lona del sindicato con el que haya compromiso sindical; días no laborables por ley y por costumbre; horarrio normal y horario especial programado; dias y horario de reunión semanal para asuntos generales de obra y lista de asitentes a las juntas de trabajo; tablero informativo de plano de planta general de la obra y plano de avances semanales por frente; nombres de los encargados de frente; área de manejo de materiales y residuos peligrosos (aceites, gasolina).
- ✓ **Flujos de materiales.** Estos estan relacionados con los inputs:
- ✓ **La debida gestión de adquisiciones:** Planificar las Adquisiciones es el proceso que consiste en documentar las decisiones de compra para el proyecto, especificar la forma de hacerlo e identificar posibles vendedores cumplidos y generar el medio de comunicación que genere la propuesta. Deben incluir los lineamientos y políticas de la empresa para realizar los procesos de gestión del contrato y de control de cambios en las adquisiciones y las partes encargadas para ello para desarrollar y administrar contratos u órdenes de compra emitidas. Deben implementarse formatos de solicitud de materiales por parte del cabo de obra y formatos de salida del material por parte del encargado de almacén y un soporte sistemático (software).
- ✓ **La definición del alcance.** Tiene que ver con las características que debemos lograr en el entregable; Debe procurarse clara y suficiente y en concordancia con

las indicadas en el proyecto; por ejemplo: Varilla del número 4 suministrada por tonelada; madera: barrote 2"x4"x8'; triplay de pino 3ª de 16 mm, alambre recocido calibre 18; clavo de 2 ½" y 4" suministrado por caja; mortero holsim suministrado por tonelada; cemento portland tipo I; grava de ¾"; block hueco de concreto de 14x20x40 cm color gris natural suministrado por millar.

- ✓ **Flujos de mano de obra.** La empresa debe tener ante ellos la imagen de buena disposición en la colaboración para los trabajos de obra referentes al cumplimiento de compromisos y entrega de incentivos: oferta de bonos por mayor producción, asistencias, horas extras, apoyo para su equipo de seguridad personal, capacitación periódica para estrategias en la aplicación de la producción flexible en la construcción; reducir la variación del flujo, y mejorar el desempeño en flujos administrados.

## IDENTIFICAR LAS CAUSAS DEL TIEMPO NO PRODUCTIVO

### **Productividad en la empresa:**

- Problemas de diseño y planificación
- Ineficiencia de la administración
- Métodos inadecuados de trabajo
- Grupos y actividades de apoyo deficientes
- Problemas del recurso humano
- Problemas de seguridad
- Problemas de los sistemas formales de control
- El clima

## **Productividad en la obra:**

También deben registrarse las acciones de trabajo contributorio y no contributorio. En base a ello podremos saber en dónde radican las tareas que no arrojan valor. Luego de ello, aplicaremos la filosofía Lean, específicamente principios generales del Sistema Last Planner (sectorización del proyecto, tren de actividades, plan maestro y lookahead), de tal manera que haya un **plan general** en donde se plasmen las partidas que se deberán hacer, un **plan intermedio** que contenga las partidas que se pueden hacer y por último **planes semanales** en los cuales se debe controlar a la unidad de producción teniendo en cuenta la partida que se realiza. *(Aguilar, 2014)*

# Identificar las actividades productivas de obra

tareas **PRODUCTIVAS**

tareas **NO PRODUCTIVAS**

tareas **CONTRIBUTORIAS**

## IDENTIFICAR LAS PARTIDAS DE PRELIMINARES

<b>1. Deslinde del terreno</b>
· Posición de la unidad total
· Mojoneras de concreto
<b>2. Limpieza y desentrañe del terreno</b>
· Trascabo
· Carga y retiro del material
<b>3. Trazo y nivelación</b>
· Cisterna
· Colindantes

Deshierve con machete
Deshierve con machete

Excavación, elabor. y vaciado de concreto
---

Enbarque de llegada y regreso
Mantenimiento, parchar llantas

Tiempo de espera fuera de ciclo de trabajo
Carga de combustible

Falta de plano y especificaciones
-----------------------------------

--

## IDENTIFICAR LAS PARTIDAS DE EXCAVACIÓN

1. Excavación en caja/maq. material tipo II
2. Excavación en cepa/maq. material tipo II
3. Afine de la excavación según niveles
· Cisterna
· Cepas de cimentación

Enbarque de llegada y regreso
Enbarque de llegada y regreso
Inundación de la zanja
Bombeo de achique
Bombeo de achique

Tiempo de espera fuera de ciclo de trabajo
Tiempo de espera fuera de ciclo de trabajo

## IDENTIFICAR LAS PARTIDAS DE NIVELACIÓN

1. Nivelación del terreno
· Relleno con material de banco
· Compactación con maquinaria 90 %

Acarreo y tendido a dist. Mayor a 10 mts
Compactar sin humedecimiento óptimo

Sacar baches
Humedecer y homogenizar el material

## IDENTIFICAR LAS PARTIDAS ESPECIALES

1. Almacén
2. Construcción de cisterna

Deshierve y limpieza
Falta de plano y especificaciones

Acarreo de materiales
Acarreo de materiales

## IDENTIFICAR PARTIDAS DE CIMENTACIÓN

1. Cimiento de mampostería
2. Bases en cimiento
· Anclaje de castillos armados
· Elab. del concreto y colado de bases
3. Murete de cimentación
a) Cadena de cimentación
· Habilitado, armado y colocado
· Cimbra
· Colado
b) Castillos
· Habilitado, armado y colocado
· Cimbra
· Colado
c) Cadena de desplante
· Habilitado, armado y colocado
· Cimbra
· Colado

Acarreo fuera del alcance inmediato
Acarreo del mortero
Acarreos

Seleccionar tamaños y acercar al sitio
Elaboración del mortero
Acarreo de los agregados

Habilitar bancos de trabajo
Desperdicios o sobrantes de la madera
Abundamiento mayor a 14 cms

Elaboración del concreto
Que se tengan modulos
Acarreo de los agregados

Habilitar bancos de trabajo
Desperdicios o sobrantes de la madera
Abundamiento mayor a 14 cms

Elaboración del concreto
Que se tengan modulos
Acarreo de los agregados

Habilitar bancos de trabajo
Desperdicios o sobrantes de la madera
Abundamiento mayor a 14 cms

Elaboración del concreto
Que se tengan modulos
Acarreo de los agregados

## IDENTIFICAR LAS PARTIDAS DE ALBAÑILERÍA

1. Anclaje de varillas
· Habilitado y amarre
2. Muro de block extruido hueco
3. Relleno de huecos con concreto
4. Cadena de remate
· Habilitado, armado y colocado
· Cimbra
· Colado

Balloneteos de ajuste

Contraventeo
Elaboración del concreto
Andamiaje para la operación

Habilitar bancos de trabajo
Desperdicios o sobrantes de la madera
Abundamiento mayor a 14 cms

Elaboración del concreto
Que se tengan modulos
Acarreo de los agregados

La ejecución de la obra está expuesta a posibles causas que generen ampliación de plazo y costo, y algunos otros. Para la culminación de esta enunciamos algunas causales más comunes como: la falta de materiales, falta de comunicación entre personal obrero y técnico, rendimiento de las cuadrillas, retraso en entregas de insumos, etc. las cuales pueden ser planificadas con anterioridad y controladas en su debido tiempo. Ante esta situación, consideramos conveniente determinar el costo de los procesos a través del “análisis de precios unitarios”; esto incluye las partidas de limpieza y deshierbe, relleno con material de banco y compactado con maquinaria, desplante de cimentación, albañilería (muros de block y elementos de concreto armado como cerramientos. El costo de la cisterna de concreto armado, su albañilería y acabados es analizada mediante el método de ensamble.

## 5.2 APLICACIÓN DEL MÉTODO LAST PLANNER SYSTEM

### PLAN INICIAL

#### Observancia del programa del proyecto maestro



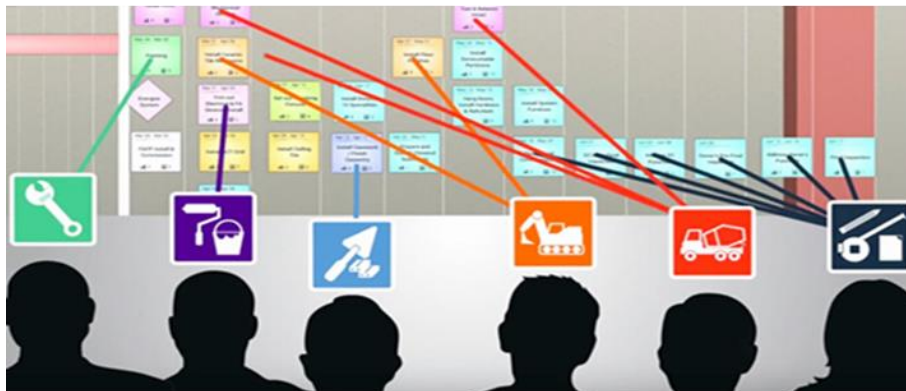
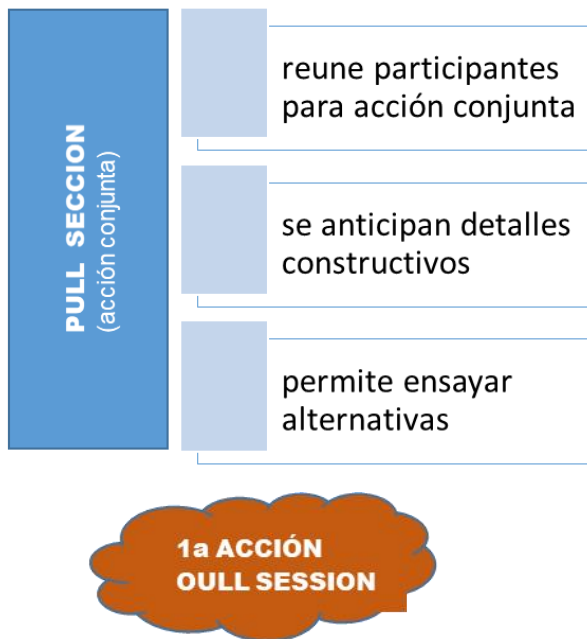
## 5.2.1 MÉTODO DE EXTRACCIÓN PULLING

### ***Acción 1***

***Pull Session.*** (ver anexo 2)

#### PRIMERA SITUACIÓN

El desarrollo de una Pull Session es una parte integral de la aplicación de Last Planner System para un proyecto. De hecho, es la base para un plan Lookahead y finalmente el Programa de Trabajo Semanal.



**Fernando L.**  
Arrendador

**Alonso R.**  
Proveedor

**Gustavo C.**

**Pablo M.**  
Director de obra

**Carlos B.**  
Director de proyecto

**Luis P.**  
Gestor del trámite

Se convoca a sección conjunta a los principales involucrados, proveedores, trabajadores de albañilería, residente de obra y el director de construcción, exhibiéndose:

a) Pliego documental del proyecto ejecutivo

El director de obra expone los documentos de permisos, licencia de construcción, plano del proyecto planta general, donde se identifique la obra por realizar; pliego de planos de obra; los anexos conteniendo alcances y especificaciones.

b) Programa de obra

Se da a conocer el programa de obra general a través del diagrama de Gantt perteneciente al plan del proyecto ejecutivo, el cual de manera abstracta y clara contendrá esencialmente:

- Las actividades de obra;
- La duración de cada actividad;
- Las actividades críticas; y
- El tiempo total de la duración de obra

## ACCIONES Vs RESPONSABLES

### SEGUNDA SITUACIÓN



- En oficinas, se procede a elaborar la **estructura de acciones y sus responsables** en un panel sobre un muro o pizarrón lo suficientemente grande para ser apreciado por todos los participantes y que contenga las fechas calendarizadas de inicio a fin, según el programa de obra.

## 5.2.2 Visión adelantada. Programa Lookahead

- Se indica el momento en que se libera la actividad para otros involucrados

### **Acción 2** (ver anexo 3 y 4)

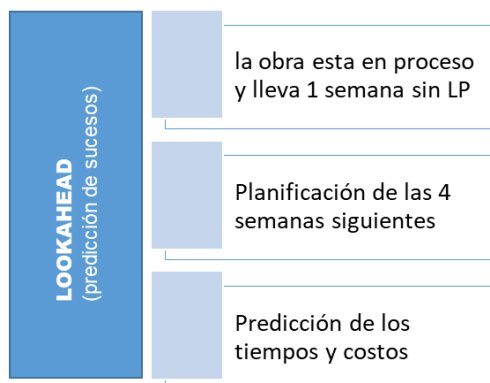
#### **Se modifica lo inicialmente planeado:**

#### SEGUNDA SITUACIÓN

#### LOOKAHEAD PROGRAM

#### Mecánica de la acción:

- a)
  - Emplear post-it's como elementos de publicación de los hitos o etapas dentro del proyecto
  - Se establecen las fechas más relevantes de cada etapa
  - Análisis sobre las posibilidades reales de dar cumplimiento
  - Fijación del equipo al final del programa
- b)
  - Análisis de acción para resolver los trabajos con mira de atrás hacia adelante
  - Análisis del riesgo que afecte al cumplimiento
  - Análisis de los recursos necesarios para cada etapa
  - Análisis del tiempo



## ➤ Controlar el flujo de trabajo

### Mecánica de la acción:

<https://es.slideshare.net/ivan160785/lookahead-11>

- Definición del intervalo de tiempo del Lookahead;
- Definición de las actividades de la Planificación Lookahead
  - Identificación de los objetivos
  - Balanceo de recursos
  - Análisis de secuencias
- Análisis de Restricciones

SE PUEDE  
2do. nivel

PLANIFICACIÓN  
INTERMEDIA  
(Lookahead)

Preparar los trabajos  
considerando las  
restricciones

#### Identificar las **RESTRICCIONES** hacia la 1a semana

- No se tiene la inscripción al RPP
- No se pueden solicitar licencias ni permisos
- No se pueden hacer contratos sindicales, fiscales y ante la CFE
- No se puede tener permisos de conexión de servicios públicos
- No se pueden iniciar trabajos de construcción definitivos (cisterna, cimientos, murete de contención, bardas)

**Acción del director de proyecto**

1. Solicitar al gestor de trámites agilice la inscripción de la escritura ante el RPP
2. Solicitar al personal de proyecto y administrativo proporcione los documentos técnicos y legales, y asignar personal para la integración del expediente para solicitud de licencia de construcción.

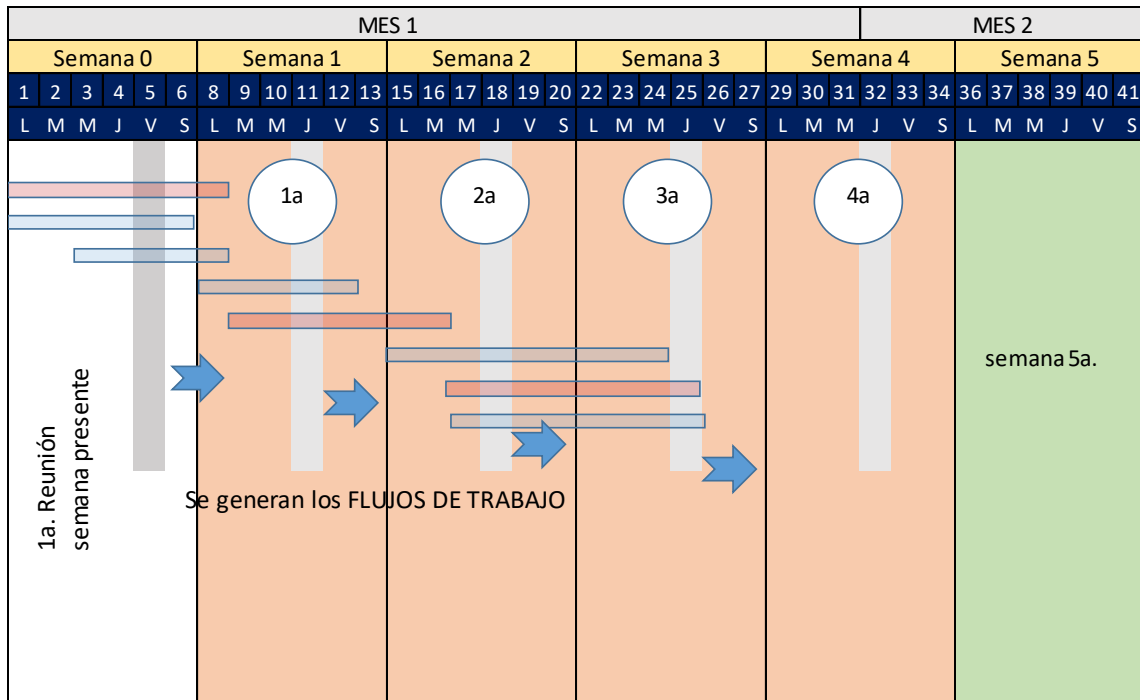
**Acción del director de obra**

3. Trabajos de topografía para deslinde y colocación de mojoneras
4. Alquiler y traslado de retroexcavadora para deshierbe, limpieza del terreno y nivelación para bodega-servicios
5. Alquiler de cimbra y compra de materiales para construcción de bodega y comedor
6. Contrato de mano de obra para construcción de bodega-comedor
7. Alquiler de luminarias
8. Contrato de técnico electricista para canalización de bodega y luminarias

- Inventario de trabajo ejecutable (ITE)

Metodología Lean >LAST PLANNER<		LISTA DE RESTRICCIONES			Fecha/control:		
		Obra:			Realizó:		
Partida	Etapa	Actividad	Tipo restricción	Descripción de la restricción	Responsable liberación	Fecha compromiso	Fecha real liberación
		No se tiene la inscripción al RPP					
		Licencias y permisos					
		Contratos CFE, sindicales					
		Conexión a servicios públicos					
		Trabajos de construcción definitivos					

## Visión adelantada. Programa Lookahead (ver anexo 5)

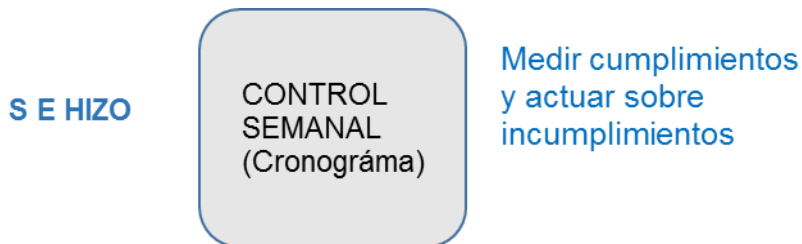


### 5.2.3 PROGRAMA SEMANAL COMPROMETIDO. LO QUE SE HARÁ

#### **Acción 3** (ver anexo 6)

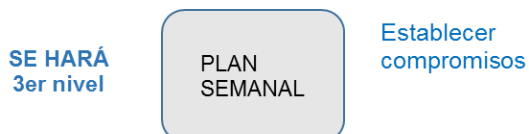
#### Se realiza una última planeación

##### ➤ Programación de trabajo semana



#### Mecánica de la acción:

- Formación del Programa de Trabajo Semanal
- Porcentaje de Programa Cumplido
- Reunión de Planificación Semanal
- Resumen ejecutivo de una buena reunión de planificación semanal



#### CONSIDERAR A 4 SEMANAS

1. Inscripción de la escritura ante el RPP (A-no contributiva)
2. Integración del expediente para solicitud de licencia de construcción (A-no contributiva)
3. Deslinde del terreno (A-productiva)
4. Deshierbe y limpieza del terreno con maquinaria (A-productiva)
5. Trazo y nivelación del terreno (A-productiva)
6. Nivelación con relleno compactado en área de bodega y servicios (A-contributiva)
5. Adquisición de cimbra para bodega y servicios (A-no contributiva)
6. Construcción de bodega-comedor (A-no contributiva)
8. Canalización eléctrica en bodega y área interna del predio (A- no contributiva)

En el anexo 7, se muestra un desarrollo de la planeación Lookahead que muestra las acciones que se supone acontecen interactuando en una plantilla “modelo” propuesta para este ejercicio. En ella se registran las restricciones de las tareas a partir del momento de ser solicitada la liberación por parte del director y se va registrando el estatus una vez a la semana. El registro contiene las causas de la restricción y la relación entre las acciones comprometidas y las cumplidas, así como también registra el índice de medición de la eficiencia de la implementación del sistema.

En el anexo 8, se muestra un cuadro numérico de control ejecutivo, que contiene la programación del proyecto Maestro por el método de la Ruta Crítica, CPM; también muestra un cuadro de control sobre la producción estimada una vez que se han liberado las restricciones de las tareas correspondientes. Puede obtenerse la producción obtenida resultado de la implementación del LPS en el periodo de 4 semanas confrontándolo con el importe de las erogaciones de lo programado en el mismo periodo.

# CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones:

#### a) Ventajas

El LPS (Last Planner System) es una herramienta poderosa, que reduce la variabilidad e incertidumbre que sin duda son inherentes al sector construcción; la utiliza la dirección de obras debido a que proporciona elementos cuantitativos durante la fase de ejecución y control referenciada en el ciclo de vida de los proyectos, arrojando indicadores numéricos que incidirán para la toma de decisiones de la gerencia. Considero que es una herramienta relevante de gran utilidad por estar destinada a dar continuidad en los flujos de trabajo de nuestros procesos toda vez que está soportada en los principios del Lean Production, a través del Lean Construction.

#### b) Desarrollo

Para la construcción de obras de ingeniería y la implementación del LPS, es imprescindible que la empresa constructora cuente con la estructura organizacional diseñada para el desarrollo de la construcción dentro de la especialidad de la empresa, lo que permitirá tener mayor fortaleza y viabilidad en las acciones para el logro de sus objetivos.

En primera instancia, debemos determinar todos los factores sobre las tareas de lo que debe hacerse para cada partida, en base a la programación analítica que brinda la metodología CPM, que, sin lugar a dudas, es primordial desde el punto de vista de la planificación de proyectos y obras de ingeniería.

La metodología LPS consiste en comenzar el análisis con una visión anticipada en la Pull Session, con la inclusión de todas las tareas que deben realizarse en cada proceso enfocadas a “un todo” para cumplir los alcances del proyecto ejecutivo; lo que “puede hacerse” dependiendo de las restricciones encontradas en la planificación Lookahead en periodos de tiempo determinados, así como la asignación de responsables para la

liberación de éstas; lo que “se decida hacer” como parte de los compromisos adquiridos en un periodo por cada persona comprometida en la construcción de la obra. Cada proyecto de construcción cuenta con sus tiempos de inicio y término de obra y será a criterio del ingeniero director de la obra elegir el número de periodos semanales que conformaran la calendarización de la misma.

El “expertise” del líder del proyecto y de la gente que se involucra en la ejecución de los procesos y procedimientos de obra, es de gran valor para el logro de las metas debido a que la metodología, en gran medida, obliga a planificar a modo de “visión adelantada” y en un periodo a “mediano plazo” las tareas a ejecutar.

Si la duración total de la obra lo permite, se recomienda que los periodos de planificación en el Lookahead no sean menores a 6 semanas, determinando los procedimientos consecutivos de inicio a fin y el tiempo de duración de los mismos; para éste proyecto de tesis ilustrativo, fue conveniente realizar dos periodos de 4 semanas cada uno.

En la implementación del método LPS, es relevante tomar todas aquellas actividades que se vayan a ejecutar en el periodo anteriormente citado observando aspectos como: atribuciones del director de obra, la mano de obra, los subcontratos, disponibilidad de materiales, maquinaria y equipos especiales, los trabajos previos a cada actividad o tarea, la influencia de las condiciones externas y la respuesta de los proveedores; también puede incluirse: la demora en aprobación de compras, tiempos de espera en despacho de proveedores y contrataciones, organización y disposición de sitios de trabajo y seguridad en los mismos, planes de manejos de residuos y demás que se consideren necesarios para la ejecución del tipo de obra que se programe, y otros más.

Se definen en la planeación “Lookahead” las personas responsables de cada tarea, y se asientan en el cronograma con el fin de que cada uno se obligue a liberar restricciones y evitar atrasos en la ejecución de las tareas consecuentes.

### **c) Resultados**

Como resultado de nuestro ejercicio, se presenta un cuadro numérico el cual contiene los datos base del presupuesto de obra de todas las interrelaciones de las tareas obtenido mediante la programación tradicional CPM; también se aprecia la producción en dinero

resultante de las acciones del Lookahead, misma que resultan favorables con las erogaciones necesarias para el logro de las tareas en el mismo periodo, según se aprecia.

Se resalta lo siguiente:

- ❖ -Con la finalidad de identificar la secuencia de acciones para el desarrollo de un proyecto de obra de infraestructura civil, se expone un esquema ilustrativo con ordenamiento secuencial que identifica sus etapas desde el anteproyecto como un documento flexible e informal, hasta su culminación como proyecto ejecutivo según la clasificación jerárquica de los proyectos; lo anterior con la finalidad de visualizar el escenario donde intervienen las diferentes metodologías objeto de esta tesis.
- ❖ -La implementación del LPS no está condicionado al tiempo de duración de la obra; responde con apego a la realización del trabajo con eficiencia en cualquier periodo de obra por corto que éste sea.
- ❖ -Sus principios deben aplicarse de manera rigurosa, y dependiendo de su manejo, siempre garantizará mejores resultados en comparación con el sistema tradicional de programación CPM.

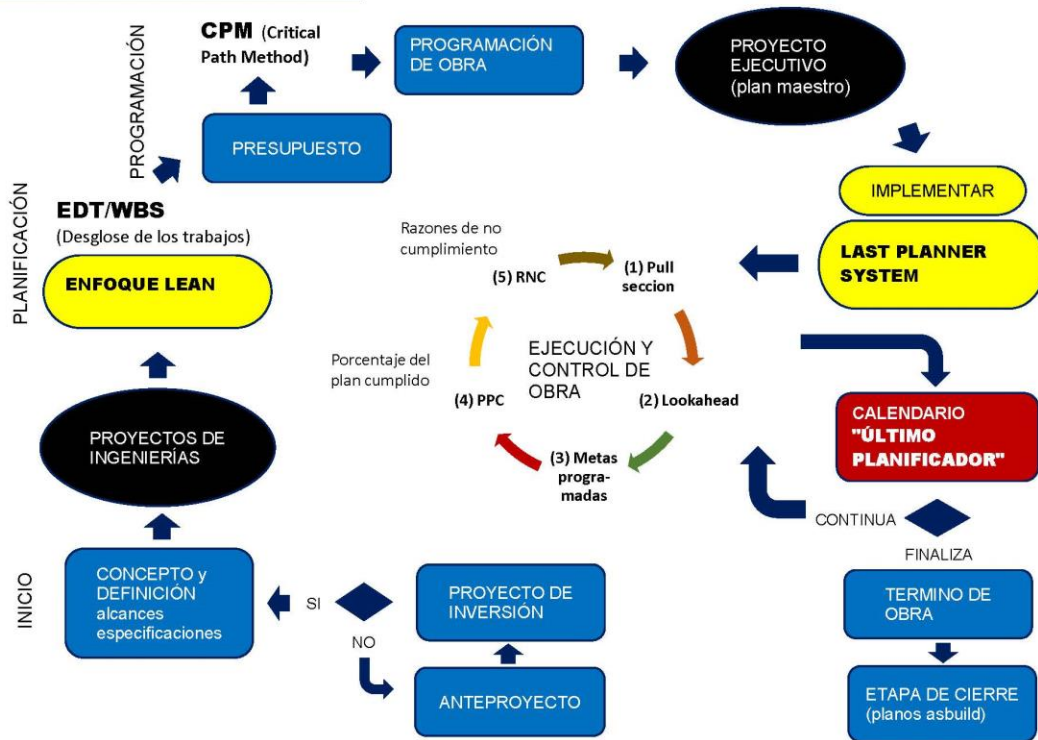
### **Recomendaciones:**

El sistema Last Planner debe concebirse desde la planeación de un proyecto de obra civil, ya que entre más pronta sea su implementación mayor será su beneficio. Sin temor a equivocarme es un gran desafío comprometer a los integrantes del proyecto y promover la participación activa de los contratistas y de los principales proveedores en la reunión de planificación (pull sesión); no menos difícil es dar a conocer la metodología del último planificador (LPS) al constructor final, es decir, cabos, operarios, especialistas de oficio, incluyendo al personal técnico-operativo de mando medio, que el acto de planificar mejora el desenvolvimiento de cada partida. Actualmente, el trabajador responsable de cada tarea de obra no está dispuesto a planificar porque considera que si no cumple lo prometido entonces se le castigará o multará, pero el objetivo es identificar

la causa del incumplimiento y plantear medidas correctivas, con la finalidad de evitar incurrir en el mismo error.

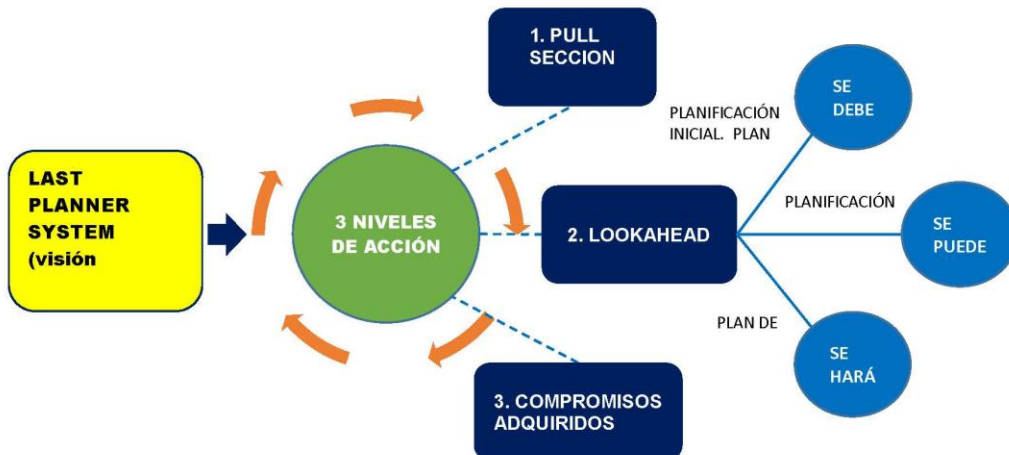
En el ámbito de la construcción en México y en el contexto de las estadísticas mostradas en este trabajo de tesis y otros documentales serios, manifiestan la ausencia de utilización de metodologías de planeación y programación para la realización de nuestros proyectos y construcción de las obras, que a manera de herramientas, nos faciliten el eficiente manejo de los recursos y como consecuencia nos den mayor certidumbre en los plazos, costos, y los alcances esperados, trayendo consigo la calidad de las obras y el éxito en el más amplio sentido. Es preocupante que las entidades gubernamentales y el sector privado continúen realizando proyectos sin considerar las metodologías que hoy día se utilizan en diversos países donde ha sido probado que el empleo de éstas ingiere en una mayor efectividad en el manejo de proyectos y realización de las obras, trayendo consigo la productividad y competitividad de las empresas en beneficio de las economías y el crecimiento de la infraestructura de un país. Considero como indispensable que las instituciones gubernamentales, las universidades, los colegios y otras asociaciones civiles, hagamos una reflexión y resolvamos exigir en nuestro quehacer constructivo, además de los métodos para determinar el tiempo y costo de construcción (CPM), el empleo de las metodologías Lean Construction en la realización de los proyectos, y el Last Planner System para una calendarización última y efectiva en la realización de las obras de construcción, y qué mejor, que sea impartida ésta metodología en las universidades a través de los atributos que las materias incluidas en los programas académicos aportan al perfil del egresado, así también, hacerlo obligado en el marco reglamentario de construcción en cada estado y municipio.

**ANEXO 1**  
**METODOLOGÍAS LEAN**  
 FLUJOGRAMA PROYECTO-OBRA



**ANEXO 2. LAST PLANNER SYSTEM**

**NIVELES DE INSTRUMENTACIÓN. Acción cíclica por cada semana**



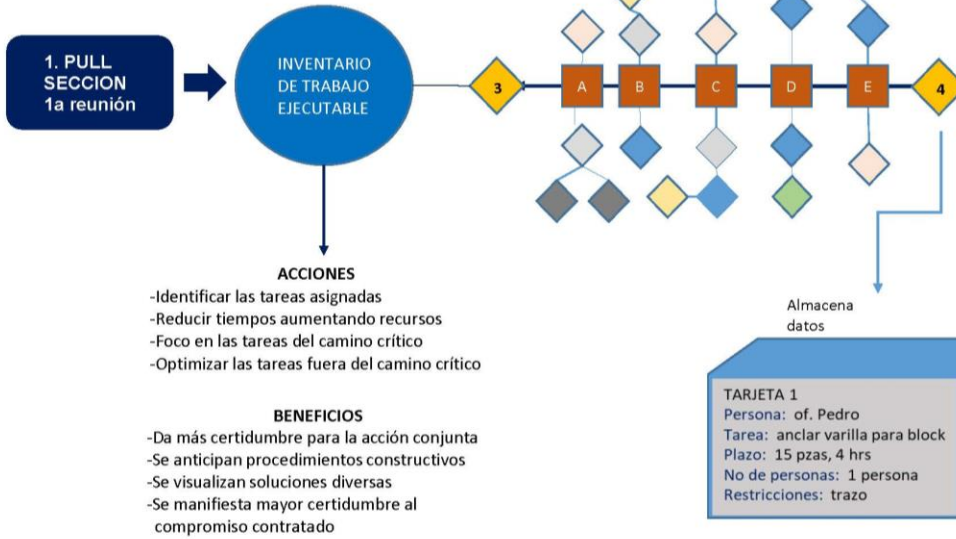
ANEXO 3

**REUNIÓN DE TODOS LOS EXPERTOS  
LIDERES DE SU ÁREA**

Reunión de todos los involucrados para realizar las tareas en la etapa de Ejecución y Control de obra.

TRABAJO COLABORATIVO

Post-it's de colores, uno para cada especialidad, y colocar sobre una pared con superficie lisa de forma secuencial



ANEXO 4

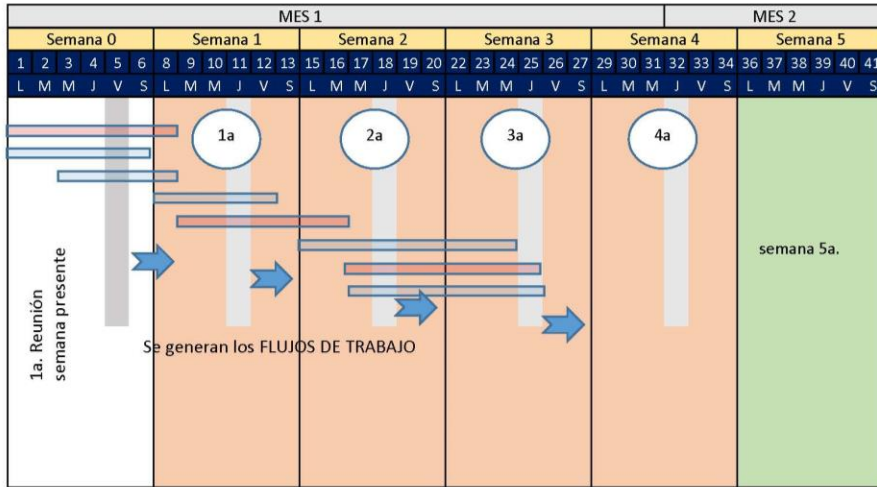
**NIVELES DE INSTRUMENTACIÓN. Acción cíclica por cada semana**

**2. LOOKAHEAD**  
Acciones básicas



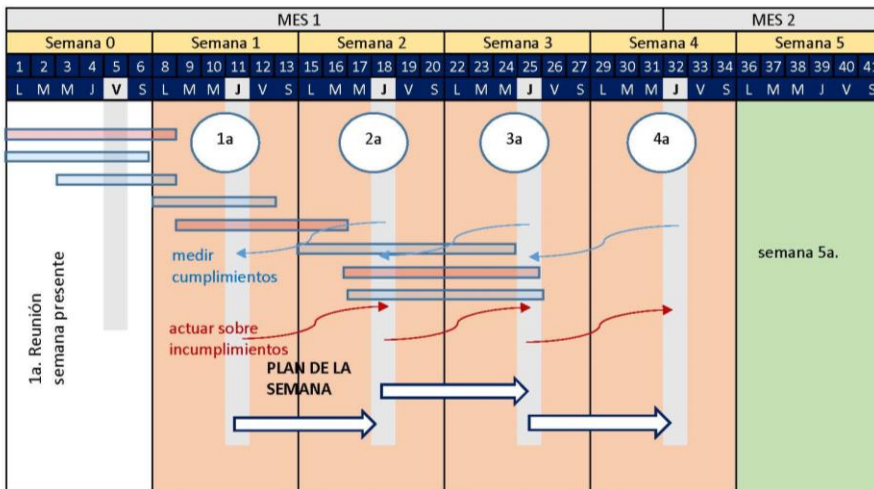
ANEXO 5

**MIRAR HACIA EL FUTURO. Proceso de planificación intermedia. SE PUEDE**



ANEXO 6

**MEDIR CUMPLIMIENTOS. SE HIZO. Actuar sobre incumplimientos**





PLANTILLA MODELO:

LOOKAHEAD

PLANTILLA "CERO"

Indica el día de reunión: JUEVES

PLANTILLAS: COMPROMISOS ADQUIRIDOS

0-1	permisos y licencias									
1-2	alquiler de retroexcavadora									
2-3	adquis. materiales-bodega/servicios									
3-4	deslinde y coloc de mojoneras									
4-5	construcción de bodega-comedor									
5-6	adquis. materiales-cisterna y ciment.									

TABLERO CON  
ACTIVIDADES. TODAS  
RESTRINGIDAS

SEMANA 0 (INSTRUCCIONES DE INICIO)

0-1	permisos y licencias		*							
1-2	alquiler retroexcavadora									
2-3	adquisición de materiales / desl y									
3-4	deslinde y colocación de mojoneras									
6-7	adquisición mater almacen y servic									
	desspalme y deshierbe con maq									

LOOKAHEAD

MEDICIÓN. SEMANA 1

PLANTILLAS: COMPROMISOS ADQUIRIDOS

0-1	permisos y licencias		*			0.75				0.75	Subcontrato
1-2	alquiler de retroexcavadora					1				1	
	adquisición materiales / desl y moj					1				1	
2-3	adquis. materiales-bodega/servicios								1	1	
3-4	deslinde y coloc de mojoneras		0.8			0.2				1	
6-7	despalme y deshierbe con maquinaria				**					0.8	Subcontrato
										PPC	PRODUCCIÓN
										0.7	\$ 32,709.80

SEMANA 1  
4 DE 6

INSTRUCCIONES PARA SEGUNDA SEMANA

	construcción de bodega-comedor									
	adquis. materiales-cisterna y ciment.									
7-8	trazo y nivelación									
8-9	excavación para cisterna y cemento									
9-10	afine en excavaciones									
10-11	construcción de cisterna									
11-12	habil, col y armado de acero en muro									

LOOKAHEAD		MEDICIÓN. SEGUNDA SEMANA									
		PLANTILLAS: COMPROMISOS ADQUIRIDOS									
0-1	permisos y licencias			0.25					0.25		
6-7	despalme y deshierbe con maquin					0.2			0.2		
	construcción de bodega-comedor	*			0.8	*			0.8	Director	
	adquis. materiales-cisterna y ciment.							1	1		
	trazo y nivelación					1			1		
	excavación para cisterna y cemento					1			1		
	afine en excavaciones	**							0.5	Director	
	construcción de cisterna				0.4	***			0.4	Director	
	habil, col y armado de acero en muro		0.4		0.6				1		
		<b>SEMANA 2</b>							PPC	PRODUCCIÓN	
		6 DE 9							0.7	\$ 94,435.86	

LOOKAHEAD		INSTRUCCIONES PARA TERCERA SEMANA						
14-15	cimbra común en muro de concreto	****						
15-16	cimiento de mampostería	***						
16-17	colado concreto prefabricado muro	****						
	cimiento de mampostería							

LOOKAHEAD		MEDICIÓN. TERCERA SEMANA									
		PLANTILLAS: COMPROMISOS ADQUIRIDOS									
	construcción de bodega-comedor					0.2			0.2		
	afine en excavaciones		0.5						0.5		
	construcción de cisterna		0.2		0.2	*		3	0.4	Clima	
14-15	cimbra común en muro de concreto		0.4		0.5	**		3	0.9	Clima	
15-16	cimiento de mampostería		0.5						0.5		
	colado concreto prefabricado muro		0.5		0.4	***		2	0.9	Clima	
		<b>SEMANA 3</b>							PPC	PRODUCCIÓN	
		3 DE 6							0.5	\$ 57,772.00	

LOOKAHEAD		INSTRUCCIONES PARA CUARTA SEMANA						
	colado concreto prefabricado en muro	****					3	
	adquisición de block hueco	***						

LOOKAHEAD

construcción de cisterna  
 cimbra común en muro de concreto  
 cimiento de mampostería  
 colado concreto prefabricado muro  
 adquisición de block hueco

MEDICIÓN. CUARTA SEMANA											
PLANTILLAS: COMPROMISOS ADQUIRIDOS											
	0.2									0.2	
	0.1									0.1	
	0.3				0.2					0.5	
	*										Director
							**			1	Proveedor
<b>SEMANA 3</b>										PPC	PRODUCCIÓN
<b>3 DE 5</b>										0.6	\$ 42,457.93

habil, coloc, cimbrado, colado cad cim

INSTRUCCIONES PARA QUINTA SEMANA									

\$ 227,375.59

LOOKAHEAD

colado concreto prefabricado en muro  
 adquisición de block hueco  
 habil, coloc, cimbrado, colado cad cim

MEDICIÓN. QUINTA SEMANA											
PLANTILLAS: COMPROMISOS ADQUIRIDOS											
<b>SEMANA 3</b>										PPC	
<b>2 DE 3</b>										0.7	

ESTA PERTENECE A LA SEGUNDA ETAPA; PERIODO DE LA 5a A LA 9a SEMANAS

PPC > 60%  
 en promedio aceptable

0.6

DE MANERA SIMILAR DEBEN REALIZARSE EL REGISTRO DURANTE LOS 4 PERIODOS SIGUIENTES, INCLUYENDO LA SEMANA DE MEDICIÓN QUE CIERRA



## BIBLIOGRAFIA

1. 5 CLAVES PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LAST PLANNER SYSTEM. (2015). *THiNK productivity*.
2. Aguilar, I. (2014). análisis de la planificación tradicional y propuesta de un sistema mejorado de planificación aplicando principios generales del sistema Last Planner.
3. Cassidy, B. L. (2015). PROJECT MANAGEMENT: TIME ESTIMATES AND PLANNING.
4. Cherry, R. (2013).
5. Cruz Machado, V. (2007). Modelo de Planificación Basado en Construcción.
6. Cruz-Machado, V. (2007). Modelo de Planificación Basado en Construcción .
7. Cruz-Machado, V. (2007). Modelo de Planificación Basado en Construcción Ajustada.
8. Díaz, H. P. (2014). Filosofía Lean Construction para la gestión de proyectos.
9. Díaz, H. P. (2014). Filosofía Lean Construction para la gestión de proyectos.
10. Jiménez, G. (2010). *CULTURA, IDENTIDAD Y PROCESOS DE INDIVIDUALIZACIÓN*.
11. Journal, A. E. (2015). MEJORA DE LA PRODUCTIVIDAD CON LEAN CONSTRUCTION. *PROGRESSA*.
12. LAVOZTX, P. (2014). Capacidad de producción.
13. Management, P. (2016). La importancia de conocer el ciclo de vida de un proyecto. *Business School*.
14. Orellana, L. (2012). Fase de Ejecución de un proyecto.
15. PMBOOK. (2013). Qué es la guía PMBOK y cómo influye en la administración de proyectos. *Business School*.
16. PMBOOK, L. G. (2016). Gestión del tiempo del proyecto.
17. productivity, T. (2015). 5 CLAVES PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LAST PLANNER SYSTEM.
18. PROGRESSA. (2015). EL LEAN MANUFACTURING APLICADO A LA CONSTRUCCIÓN.
19. PROGRESSA. (2015). LEAN CONSTRUCTION: LA MEJORA CONTINUA EN EL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN.

20. Rivera, O. G. (2014). Filosofía Lean Construction para la gestión de proyectos.
21. Rojas Anaya, J. A. (2015). *Metodología para la implementación del sistema Last Planner en un proyecto inmobiliario de habilitación urbana.*
22. Shehadi, A. (2016). La ineficiencia en la industria de la construcción.
23. Tito, C. F. (2017). Control de Flujo de Trabajo.
24. University. (2000). Gestión de los contratos. En *of Birmingham.*
25. Ureta, G. (2018). *Impactos en la Aplicación del Sistema Last Planner en Obras de Edificación con el Uso de Tecnologías de la Información.* Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/325007730\\_Impactos\\_en\\_la\\_Aplicacion\\_del\\_Sistema\\_Last\\_Planner\\_en\\_Obras\\_de\\_Edificacion\\_con\\_el\\_Uso\\_de\\_Tecnologias\\_de\\_la\\_Informacion](https://www.researchgate.net/publication/325007730_Impactos_en_la_Aplicacion_del_Sistema_Last_Planner_en_Obras_de_Edificacion_con_el_Uso_de_Tecnologias_de_la_Informacion) .
26. Vargas, L. M. (2003). Aplicación y Adaptación del Método Planificador Ultimo (Last).
27. Vargas, L. M. (2013). Aplicación y Adaptación del Método Planificador Ultimo (Last. *Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey.*
28. Villavizar, D. A. (2016). Implementación de los principios de Lean Construction. *Universidad de Santander.*