



Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla

Centro Interdisciplinario de Posgrados

e Investigación

Escuela de Ingeniería

Maestría en Sistemas Integrados de Manufactura y Estrategias de
Calidad

Adaptación de herramientas de planeación de la manufactura a una empresa del
sector de la construcción.

Tesis que para obtener el Grado de Maestro
en Sistemas Integrados de Manufactura y Estrategias de Calidad

Presenta

Everardo Sebastián Díaz Rodríguez

Director

Dr. Elías Olivares Benítez

Puebla, México.

Enero, 2016



UPAEP – Secretaría General

Dirección General de Apoyos Académicos

Dirección del Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación.

Biblioteca Central - **Karol Wojtyła**

Tesis Digitales Restricciones de uso:

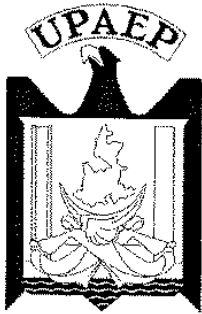
DERECHOS RESERVADOS ©

PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de textos, imágenes, gráficas, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente de donde la obtuvo mencionando el autor o autores involucrados en el documento.

Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla

Centro Interdisciplinario de Posgrados

e Investigación

Escuela de Ingeniería

Maestría en Sistemas Integrados de Manufactura y Estrategias de
Calidad

Se aprueba la Tesis:

Adaptación de herramientas de planeación de la manufactura a una empresa del
sector de la construcción.

Comité de Revisión.

Dr. Elias Olivares Benítez

Director

Mtro. Daniel Espinosa Freyre

Dr. Juan Carlos Pérez García

Asesor

Asesor

Puebla, México.

Enero, 2016

RESUMEN

El sector de la construcción es considerado como extenso y bien remunerado, sin embargo estudios previos han demostrado que la mayoría de las empresas dentro de este sector presentan problemas para desarrollar proyectos de una manera estructurada, ordenada y controlada; todo como consecuencia de la alta variabilidad de los proyectos y la poca atención que se ha prestado a estos temas.

Este trabajo de tesis se enfoca en atacar dichos problemas detectados dentro de una empresa, por medio de la implementación de herramientas utilizadas en la industria de la manufactura, demostrando que son de igual manera efectivas en el sector de la construcción, ya que estas proporcionan un mayor control interno y reducen o eliminan el impacto negativo de las malas prácticas que normalmente se llevan a cabo dentro de este sector. La implementación consta de dos herramientas, la primera es un software enfocado a la administración y planeación de proyectos conocido como Microsoft Project; la segunda es una plantilla de Excel diseñada para la planeación de materiales de cualquier obra o construcción y que interactúa con Microsoft Project. El uso de ambas herramientas permitió la reducción del tiempo de retraso en proyectos como consecuencia de la mala planeación, eliminar los costos extra de pedido por faltantes de material y la reducción en el costo del inventario.

En conclusión se demuestra que la falta de herramientas adecuadas dentro de las empresas constructoras afecta su desempeño generando pérdidas monetarias; y aunque las herramientas han sido adaptadas al proceso de negocios de la empresa de estudio, la arquitectura de las mismas permite que sean utilizadas para diversas empresas.

INDICE GENERAL

CAPITULO I	1
INTRODUCCION	1
1.1 Antecedentes	1
1.1.1 Conceptos fundamentales	2
1.2 Planteamiento	3
1.3 Objetivos	5
1.4 Descripción de la empresa	7
1.4.1 Sectores de mercado	7
1.4.2 Misión y Visión	8
1.4.3 Actividades	8
CAPITULO II.....	9
MARCO TEORICO.....	9
2.1 Inicios de la administración y planeación	9
2.1.1 Planeación y control de proyectos en el sector de la construcción	13
2.2 Proyectos	14
2.2.1 Fases de los proyectos.....	15
2.2.2 Diseño de los Proyectos de Construcción.....	16
2.2.2.1 <i>Diseño Técnico</i>	18
2.3 PYMES.....	19
2.4 Sistemas de administración	21
2.4.1 Estructura Desglosada de Trabajo (EDT).....	22
2.4.2 Diagrama de Gantt	23
2.4.3 Método de la Ruta Crítica.....	23
2.4.4 Técnica de Evaluación y Revisión de Programas.....	24
2.5 Técnicas de planeación y control	25
2.5.1 Sistemas de Control y Planeación de la Manufactura	25
2.5.1.1 <i>Plan maestro de producción (MPS Master Production Schedule)</i>	26
2.5.1.2 <i>MRP y BOM</i>	29
2.6 Un nuevo enfoque en planeación y control	31
2.6.1 Last Planner	32
CAPITULO III	34
CASO DE ESTUDIO	34
3.1 Metodología	34
3.1.1 Análisis de actividades.....	34
3.1.2 Administración de Proyectos	36

3.1.2.1	<i>Uso de MS Project</i>	38
3.1.3	Sistema de control de materiales	39
3.1.3.1	<i>Lista de Materiales</i>	40
3.1.3.2	<i>Explosión</i>	40
3.1.3.3	<i>Plan Maestro de Producción</i>	41
3.1.3.4	<i>Planeación de los requerimientos de materiales de construcción.</i>	44
3.2	Capacitación	50
3.3	Resultados	51
3.3.1	Indicadores.....	56
CAPITULO IV		59
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		59
4.1	Conclusiones	59
4.2	Recomendaciones	60

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Detección, clasificación y solución de las fallas dentro de la empresa.....	4
Figura 2. Los 14 Principios de la Administración por Henry Fayol	10
Figura 3. Interacción entre los grupos de proceso o fases dentro de un proyecto	16
Figura 4. Representación de la EDT y sus diferentes tipos como niveles.....	22
Figura 5. Diagrama de redes usado por las herramientas PERT/CPM.....	25
Figura 6. Atributos de las diferentes estructuras de cadenas de suministro.	27
Figura 7. Ejemplo del MPS con producción constante	28
Figura 8. Ejemplo del MPS con políticas de tamaño de lote e inventario de seguridad	29
Figura 9. Explosión de materiales estableciendo relaciones y secuencia.....	30
Figura 10. Ejemplo de MRP	31
Figura 11. Microsoft Project y su estructura para administración de proyectos	39
Figura 12. Plantilla de la explosión de materiales por actividad	42
Figura 13. Plantilla del Plan Maestro de Producción	45
Figura 14. Tabla para el control semanal del material de acuerdo a las actividades.....	47
Figura 15. Etiquetas para la modificación de fórmulas.....	47
Figura 16. Control del inventario final de cada actividad.	50

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Porcentajes de responsabilidad en las diversas actividades propias de los proyectos.	20
Tabla 2. Porcentajes de afectación por no llevar a cabo la planeación y el control apropiadamente.....	21

CAPITULO I

INTRODUCCION

1.1 Antecedentes

En la actualidad las empresas sin importar su rubro se enfrentan a una ineludible e innegable situación, la cual se puede expresar como un obstáculo o una oportunidad dependiendo de la capacidad, habilidad y rapidez para hacerle frente. Esta situación ha encaminado a las empresas en la búsqueda de nuevas tecnologías o métodos para mejorar los procesos, nuevas estrategias para reducir los costos, nuevos métricos y herramientas para controlar e incrementar la calidad del producto, dando como resultado la satisfacción del cliente y la estabilidad dentro del mercado; a esto se le conoce como competitividad.

La globalización es otro factor a considerar por su importante rol dentro del desarrollo y evolución del mercado. Para fines prácticos esta se puede expresar como la integración entre diversas sociedades con un único mercado internacional, donde dicha integración ha permitido que el nivel de competitividad se incremente. Las empresas actualmente no solo se enfrentan a resolver sus problemas internos, a veces relacionados con una inadecuada administración o un inadecuado control, sino que también se enfrentan a un amplio mercado exigente donde la única forma de satisfacerlo y permanecer en el será si cada una de las empresas busca la forma de que sus estrategias y metodologías sean más precisas y mejor enfocadas hacia las necesidades del cliente.

Ambas condiciones tienen una estrecha relación con el sector de la construcción, área de estudio de esta tesis, el cual se caracteriza por ser un conjunto de actividades productivas relacionadas con el proceso de la construcción (Chávez et al. 2000), haciendo referencia al uso y disponibilidad de materiales procedentes de otras industrias como el acero, hierro, cemento, madera, aluminio, etc. De acuerdo a la Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción (2013), por sus siglas CMIC, se establece a la industria como:

- Generador de empleo con 5.6 millones de puestos de trabajo y 2.8 millones de puestos de trabajo indirectos.
- Cuarta actividad económica con mayor capacidad de generación de empleo.

- Generador de riqueza aportando el 6.7% al PIB total de la economía en 2011.
- Impacta a 63 de las 79 ramas productivas.
- Aporta el 16.0% al empleo total.

La industria de la construcción es uno de los grandes sectores con un amplio margen de oportunidad y desarrollo, en donde las empresas constructoras juegan un rol indispensable, por lo tanto el tener una buena planeación, administración y control de las operaciones tanto como de los recursos es de suma importancia para ser competitivos.

1.1.1 Conceptos fundamentales

La administración de una empresa es el pilar más importante de la misma ya que permite a los diversos componentes y áreas funcionar de una manera adecuada y sincronizada, desempeñando sus respectivas actividades de una forma estructurada, donde cada una es indispensable para dirigir la empresa hacia la meta establecida. Goldratt y Cox (2005) concluyen que “la meta de una organización industrial es la de ganar dinero” (p. 46). Por lo tanto, se puede establecer que si las empresas llevan una adecuada administración entonces la meta será alcanzada, sin embargo la administración adopta diferentes roles. Adizes (2004) en su libro *Management/Mismanagement Styles* describe cuatro roles de la administración:

- **Productor de resultados:** encargado de satisfacer las necesidades de los clientes.
- **Administrador:** responsable de ver si los procesos están sistematizados, secuenciados y con la correcta intensidad; debe de prestar atención a los detalles.
- **Emprendedor:** combina creatividad con disponibilidad a tomar riesgos, prepara el camino hacia el futuro de la empresa.
- **Integrador:** crea un ambiente y un sistema conformado por valores que motivaran a los colaboradores para trabajar juntos y en armonía.

Al coordinar los cuatro roles se genera el código **PAEI** (surge por la inicial de cada uno de los roles de la administración) el cual debe de ser utilizado por las empresas de manera adecuada otorgándole el mismo valor a cada rol para que la

administración sea coordinada, bien orientada y estructurada con el fin de cumplir la meta de la empresa. En la actualidad términos como lean, kaizen o mejora continua han aparecido en la búsqueda de hacer las cosas de una manera más rápida y sencilla eliminando actividades innecesarias y a la vez implementando mejoras por el bien de las empresas, es por eso que ahora también podemos hablar de una *administración lean* o *administración esbelta*.

Dentro de este contexto se establece otra herramienta, considerada como brújula o guía sobre la cual se llevaran a cabo las operaciones y toma de decisiones, nombrada como *planeación* y definida como “la acción de trazar un plan” (Diccionario de la Real Academia Española, 2007). También se habla del término *planeación estratégica* la cual proporciona las directrices, define el alcance, lo que se quiere ser y establecer, y cuál es la razón de ser de la empresa siendo aspectos que plantearán las estrategias necesarias para cumplir con lo que se espera (Contreras, 2013). En contexto lo que las empresas requieren es tener siempre un plan, ya sea para un proyecto, para el crecimiento de la empresa, para un cambio en el mercado, para toda actividad que les permita seguir avanzando y seguir siendo competitivos.

1.2 Planteamiento

Para facilitar la comprensión de este trabajo de tesis, primero se mencionaron algunos factores externos (globalización, competencia) e internos (administración y planeación) que permiten ver cómo es que una empresa constructora puede ser afectada sustancialmente sino se adoptan las medidas y herramientas necesarias. Dentro del estudio de esta tesis se ha encontrado que muchas empresas al momento de ser establecidas no cuentan con buenos cimientos indispensables para su constitución y lamentablemente el sector de la construcción es parte de estas malas prácticas. De acuerdo a García-Naranjo (2009) es un sector con:

- Planificación deficiente.
- Menor grado de desarrollo.
- Movilización de personal.
- Sensible al clima y su entorno.

- Presión por el cumplimiento ajustado a plazos.
- Capacitación y reciclaje limitado.

Se realizó un previo análisis en la empresa de estudio dentro de dos áreas relevantes para la misma, en el ámbito administrativo se encontró los siguiente: problemas del área administrativa en general, falta de orden y documentación de los archivos relacionados con los proyectos, mala estructura de los presupuestos con información no sustentada, el control de los proyectos basado solo en la experiencia del ingeniero civil y obras no concluidas en las fechas establecidas. En el área operativa se detectó que en las construcciones no se lleva un control de los materiales, la comunicación entre supervisores y su personal no es adecuada, existen muchos tiempos muertos debido a la falta de material, no se siguen las reglas de seguridad y por último la calidad del producto final no es la esperada ya que existe registro de reparaciones posteriores a la liberación de la obra.

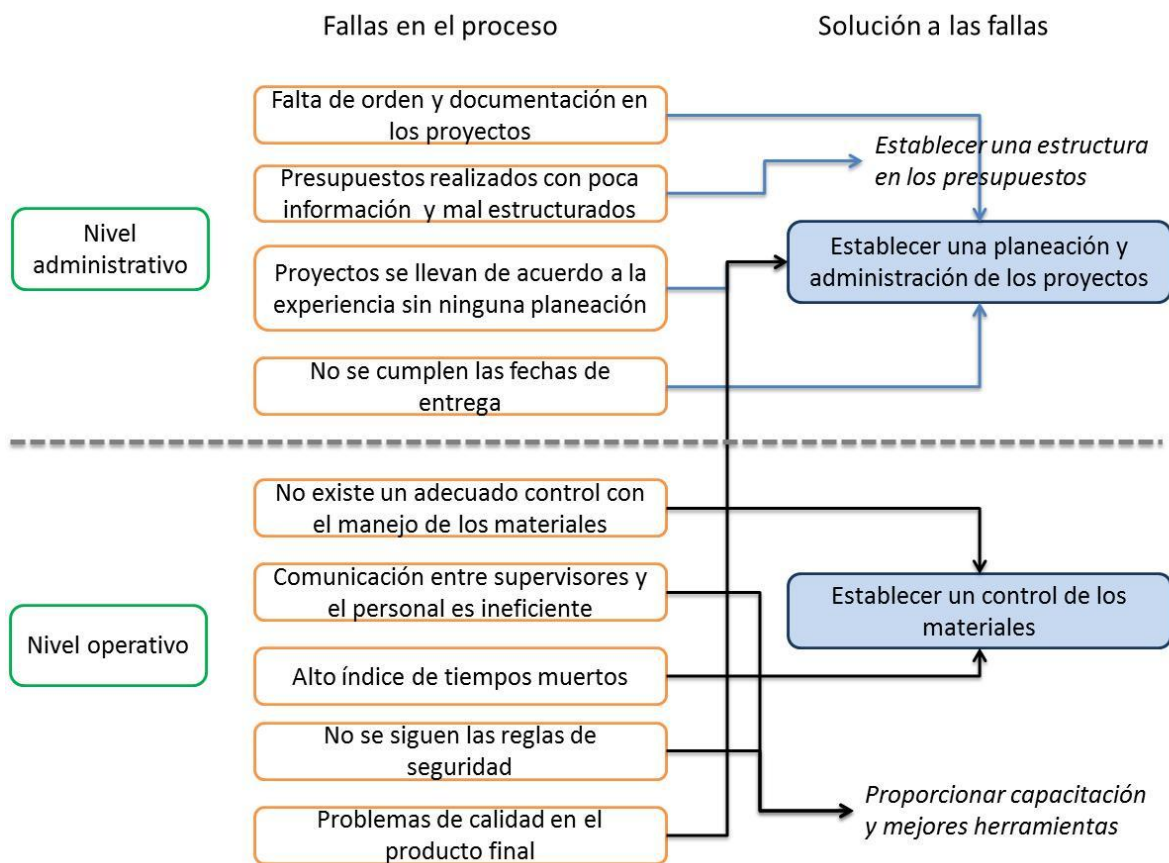


Figura 1. Detección, clasificación y solución de las fallas dentro de la empresa

Fuente: Elaboración propia.

La Figura 1 muestra la clasificación de las fallas y sus relaciones así como las posibles soluciones correspondientes a cada falla. Estas soluciones se expresarán como la problemática principal de la empresa debido a que la misma no cuenta con dichas estrategias y/o herramientas y por lo tanto la falta de estas son la causa de las fallas mencionadas anteriormente. De acuerdo a este contexto, lo previamente establecido permite definir la problemática como *la falta de una planeación y administración de proyectos, así como la necesidad de establecer un control de los materiales*.

Parte del análisis realizado dentro de la empresa demostró que ésta no emplea alguna herramienta específica con enfoque a la administración de proyectos e incluso para la planeación y control de materiales; sin embargo se encontró que la empresa hace uso de Excel para realizar los presupuestos y coordinar algunas actividades relacionadas con pagos y compras de materiales. Dicha ausencia de herramientas adecuadas y la falta de experiencia en el uso de otras, permite abordar de manera efectiva la problemática definida dentro de este trabajo de tesis, adaptando herramientas de bajo costo y gran aporte por medio de una estructura que permita eliminar o reducir en su mayoría el impacto negativo que generan las fallas mencionadas, dentro de la operación a corto, mediano y largo plazo.

Para presentar dichas herramientas, este estudio se centrará en la construcción de una vivienda con el fin de mostrar el impacto positivo y la efectividad de las mismas, siendo esto la base para futuros proyectos en diferentes tipos de construcciones y en proyectos aún más grandes.

1.3 Objetivos

La presente tesis cuenta con un objetivo general, el cual se define como *optimizar la administración y planeación de los proyectos así como el manejo de los materiales, a través de la adecuada adaptación de las herramientas dentro de la empresa*. Esta optimización pretende demostrar que las herramientas empleadas en la industria de la manufactura son de igual manera efectivas en el área de la construcción, las cuales proporcionan un mayor control interno y reducen o eliminan el impacto negativo de las malas prácticas que normalmente se llevan a cabo dentro de este sector.

Para alcanzar este objetivo general, se han definido tres objetivos específicos necesarios para la consecución del objetivo general asentado.

El primer objetivo específico se define como *el análisis de las operaciones actuales, su funcionamiento y dependencia, con el fin de mejorarlas, simplificarlas y optimizarlas*. Este consiste en analizar la situación actual de la empresa con el fin de conocer las operaciones que lleva a cabo, su ejecución y el efecto que tienen sobre los resultados. De igual manera se trata de analizar la forma en que las operaciones puedan ser reducidas en tiempos, eliminar actividades que no generen un valor agregado y simplificar la forma de ejecutarlas a lo largo de la empresa.

El segundo objetivo específico se define como *el llevar a cabo la integración de las actividades, procesos, personal y materiales dentro de un sistema coordinado y estructurado*. Este consiste en implementar las herramientas propuestas dentro de las cuales se integraran las actividades desglosando los materiales, procesos y el personal necesario para llevarlas a cabo. Siguiendo esta pauta, se desea estructurar el proceso de planeación de proyectos con la ayuda de las herramientas para finalmente tener un mayor control y realizar una apropiada ejecución y seguimiento de los proyectos.

El último objetivo específico se define como *el generar indicadores para evaluar el funcionamiento de las herramientas y a su vez poder proporcionar resultados confiables y de manera rápida sobre el estado de la empresa en función de sus proyectos*. Este tiene la finalidad de evaluar el desempeño de las herramientas y a la vez la ejecución de los proyectos por medio de métricos representativos que permitirán visualizar como están impactando en los resultados esperados por la empresa. Por otro lado se pretende que la empresa se enfoque en la mejora continua y por medio de estos métricos se podrá apoyar para llevar a cabo esta filosofía, la cual le permite visualizar las medidas a adoptar y cuyo objetivo será el de ir reduciendo o eliminando los problemas que enfrentará, orientado hacia su crecimiento y competitividad.

1.4 Descripción de la empresa

La empresa sobre la cual se realiza este trabajo de tesis se denomina bajo la razón social de Edificadora DR S.A. de C.V. (ver Anexo 1). Esta empresa fue fundada en el año 2000 con el fin de proporcionar servicios de compra-venta y/o construcción de bienes inmuebles: terrenos, viviendas, departamentos, etc. Permitiendo que actualmente la empresa cuente con un valor comercial de 1.5 MDP.

Edificadora DR S.A. de C.V. empezó sus operaciones dentro de la ciudad de Puebla con una plantilla de solo 4 personas. Actualmente cuenta con un equipo conformado por 7 personas a nivel administrativo y 10 personas a nivel operativo, apoyados con operaciones subcontratadas y personal eventual, dedicados a cumplir con todos los requerimientos de los proyectos.

1.4.1 Sectores de mercado

La empresa proporciona servicios de compra-venta y construcción de viviendas estando al alcance de cualquier cliente que requiera un bien inmueble. A lo largo del tiempo Edificadora DR S.A. de C.V. ha expandido sus servicios llevando a cabo actividades de mantenimiento y reestructuración dando como resultado la penetración de su marca en un mercado más amplio, realizando trabajos dentro de otros sectores o tipo de establecimientos.

Como resultado de la expansión y trayectoria de la empresa, ésta cuenta con una cartera de diversos clientes, dentro de los cuales se resaltan los siguientes:

- Desarrollos BAME S.C. de R.L. de C.V.
- Grupo Empresarial Dante S.A. de C.V.
- Desarrolladora NUBE S.A. de C.V.
- Grupo KEB S. de R.L. de C.V.
- Fabricaciones Industriales WG S.A. de C.V.
- Gobierno del Estado de Puebla

1.4.2 Misión y Visión

La misión de la empresa se establece como: “Proporcionar el mejor bien inmueble a nuestros clientes ajustándolo a sus necesidades, funcionando como inmobiliaria y constructora integrando servicios de diseño e innovación, donde nuestros materiales son garantía de alta calidad y durabilidad empleando sistemas de construcción de vanguardia para finalmente satisfacer a nuestros clientes y superar sus expectativas” (Cabrera, 2002).

La visión de la empresa se establece como: “Ser empresa líder en construcción y servicios de inmobiliaria fuera y dentro de la ciudad de Puebla, ofreciendo la más alta calidad e innovando constantemente en beneficio de la inversión de nuestros clientes” (Cabrera, 2002).

1.4.3 Actividades

Actualmente Edificadora DR S.A. de C.V. cuenta con diversas actividades propias del negocio y que son importantes para la empresa; entre ellas se enlistan las siguientes:

- Estudios de Impacto Urbano.
- Estudios de Impacto Vial.
- Estudios y proyectos arquitectónicos: habitacionales, comerciales, industriales.
- Estudios y proyectos del sistema de agua pluvial.
- Estudios y proyectos de drenaje sanitario.
- Construcción de infraestructura y/o edificaciones en sus diferentes tipos.
- Construcción de ampliaciones y modificaciones de edificaciones.
- Trámites para obtención de licencias de construcción.
- Compra y venta de bienes inmuebles.
- Mantenimiento de edificaciones para la industria y el comercio.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1 Inicios de la administración y planeación

Uno de los primeros expositores de la administración es Frederick Winslow Taylor con su obra “Principios de la Administración Científica” desarrollada a inicios del siglo XX dentro de una época donde la eficiencia, racionalidad, organización, productividad y ganancias eran características requeridas dentro de las nacientes plantas industriales (Carro y Caló, 2012). Dentro de su obra original Taylor (1969) mencionaba que “el objeto principal de la administración ha de ser asegurar la máxima prosperidad para el patrón, junto con la máxima prosperidad para cada uno de los empleados” (p. 19). La premisa de la correcta administración para Taylor se centra no solo en la fuerza laboral como se había realizado en tiempos pasados, sino que ahora los altos niveles de la jerarquía tendrán a su cargo nuevas tareas, nuevas responsabilidades y nuevas obligaciones agrupadas en cuatro principios fundamentales:

- Primero. Crean una ciencia para cada elemento de trabajo del obrero, ciencia que viene a sustituir e sistema empírico.
- Segundo. Escogen científicamente y luego adiestran, enseñan y forman al trabajador, mientras que, en el pasado, éste se escogía su propio trabajo y se adiestraba lo mejor que podía.
- Tercero. Colaboran cordialmente para asegurarse de que todo el trabajo se hará de acuerdo con los principios de la ciencia que se ha ido creando.
- Cuarto. Hay una división casi por igual del trabajo y de la responsabilidad entre la dirección y los trabajadores (Taylor, 1969, p. 41).

Con base a lo expuesto anteriormente se resume que “en la administración científica una buena mitad del problema está a cargo de la dirección” (Taylor, 1969, p. 42).

Los primeros trabajos de Taylor sobre la administración científica fueron objeto de estudio para diversos investigadores y la pauta para el desarrollo de nuevas estrategias y teorías de cómo debía ser concebida la administración dentro de las empresas sin importar el rubro. En la búsqueda de la adecuada conceptualización de la administración cabe mencionar

que Taylor no fue el único en enfocarse en este tema ya que aparece en escena Henry Fayol, el cual establece que “la administración no es ni un privilegio exclusivo ni una carga personal del jefe o de los directores de la empresa: es una función que se reparte, como las otras funciones esenciales, entre la cabeza y los miembros del cuerpo social” (Fayol, 1969, p. 132). Para Fayol una empresa está constituida por operaciones técnicas, comerciales, financieras, de seguridad, de contabilidad y administrativas siendo estas últimas las más complejas de manejar y que requieren mayor atención; él las consideraba como las encargadas de “articular el programa general de acción de la empresa, constituir el cuerpo social, de coordinar los esfuerzos, de armonizar los actos” (Fayol, 1969, p. 138). Bajo este contexto se define a la administración como la responsable de “prever, organizar, dirigir, coordinar y controlar”.

A lo largo de las investigaciones hechas por Fayol cabe resaltar una de sus grandes aportaciones a la administración, la cual surgió debido a su preocupación por generar una doctrina sobre la administración, como él lo menciona, y cuyo fin era el de establecer un conjunto de principios los cuales podrían ser enseñados. En la Figura 2 se puede observar los principios a los que hace mención Fayol conformado por un total de 14, siendo un instrumento para el buen funcionamiento del cuerpo social dentro de la función administrativa.

Principios Generales de la Administración	
1. División del trabajo	8. Centralización
2. Autoridad – Responsabilidad	9. Jerarquía
3. Disciplina	10. Orden
4. Unidad de mando	11. Equidad
5. Unidad de dirección	12. Estabilidad del personal
6. Subordinación del interés particular al interés general	13. Iniciativa
7. Remuneración del personal	14. La unión del personal

Figura 2. Los 14 Principios de la Administración por Henry Fayol

Fuente: Fayol, H. (1969).

El concepto de administración tanto para Taylor como Fayol implica una nueva forma de llevar a cabo las operaciones de las empresas, donde el primero se basa más en el estudio del trabajo humano en un aspecto científico y el segundo se enfoca más en la estructura

empresarial. Estos pensamientos dan lugar a dos perspectivas que pueden trabajar integralmente en pro de las empresas adaptando este esquema dentro de sus operaciones, proyectos y diversas tareas con el fin de tener una adecuada gestión y desarrollo de las mismas.

Es importante resaltar que a más de cien años de distancia de los trabajos de estos pioneros en materia de administración aun representan una herramienta útil para las empresas de hoy en día donde el concepto de Taylor aun radica como herramienta para el posicionamiento estratégico del personal operativo así como el control de las operaciones. El modelo de Taylor en la actualidad necesita integrarse a controles de gestión que le permitan ampliarse y adaptarse a la actualidad en donde existe una acelerada innovación y creciente apertura comercial para que las empresas permanezcan siendo competitivas (Hernández y Ramírez, 2010).

La administración acogió el concepto de “planeación” como una actividad fundamental para todo tipo de administración, este se remonta a la época de Taylor y aunque no lo define de manera muy amplia y clara, es un hecho que desde entonces ya era indispensable. Planteaba que el trabajo de cada operario debería de ser totalmente planeado con anticipación a fin de generar instrucciones por escrito, coordinando de esta manera las tareas a realizar y las herramientas necesarias para llevarlas a cabo (Taylor, 1969).

Henry Fayol dentro de sus trabajos considero abordar el concepto de la planeación como una acción de previsión la cual era la responsable de “calcular el porvenir y prepararlo” (Fayol, 1969, p. 185). La planeación (de acuerdo al libro se maneja como previsión) se podría expresar como un “programa de acción” el cual representaba el resultado al cual se quería llegar, coordinando y armonizando las diferentes etapas a seguir, estableciendo los medios a utilizar basándose en los recursos disponibles y en las operaciones a realizar con el único fin de poder vislumbrar un futuro lleno de acontecimientos ya previstos (Fayol, 1969).

Alrededor de este concepto se han establecido diversas definiciones a lo largo de los años por diversos autores. John Friedmann la define como “motivo de acción en una red de actividades entrantes a través de la intervención de ciertas estructuras y procesos de decisión” (1967, citado en Steiner, 2010). Harold Koontz y Cyril O’Donnell (1972) la definen como:

La planeación consiste en decidir por adelantado que se va hacer, como se va hacer, cuando se va hacer y quien lo va hacer. La planeación es el puente que va desde donde estamos hacia donde queremos estar. Esta hace posible que las cosas ocurran que de otra manera no sería posible. Sin embargo el futuro exacto muy pocas veces puede ser previsto y los factores fuera de control pueden interferir con los planes trazados, por lo tanto sin planeación los eventos quedan sujetos al azar. La planeación es un proceso intelectual, una determinación consciente de cursos de acción, la base de las decisiones, hechos y estimaciones previamente consideradas (p. 113, citado en Steiner, 2010).

Drucker por su parte establece que la planeación empieza con los objetivos de la empresa y la esencia de esta se encuentra en tomar decisiones en el presente con el conocimiento de a donde se quiere llegar en el futuro (Drucker, 2009). Dentro de su libro *Management: Tasks, Responsibilities, Practices* establece que todo lo que es planeado se convierte en trabajo inmediato y en compromiso por alcanzar los resultados donde no importa si la planeación realizada es de corto, mediano o largo plazo. Si se desea definir como algo a largo plazo esta será representada como el conjunto de varias planeaciones de corto o mediano plazo, por lo tanto se establece que la efectividad de la planeación debe de concentrarse en la habilidad para tomar decisiones estratégicas o más bien en realizar una planeación estratégica, la cual se define como:

1. Proceso de pensamiento analítico y compromiso.
2. Necesaria ya que no se pueden realizar pronósticos.
3. Decisiones hechas en el presente que repercutirán en el futuro.
4. Capacidad de tomar grandes riesgos con el fin de obtener los resultados esperados (Drucker, 2009).

Otros trabajos relacionados con la planeación (Ackoff, 1970 y Wildavsky, 1971 citado en Steiner, 2010) coinciden en que esta es esencial para el diseño de un futuro deseado a través de actividades efectivas y acciones que permitan alcanzarlo. Finalmente se establece que “la planeación estratégica estará hoy y siempre inextricablemente entrelazada dentro de la administración, y solo en casos raros, será esencial para la efectiva administración” (Steiner, 2010, p. 342).

2.1.1 Planeación y control de proyectos en el sector de la construcción

Durante mucho tiempo se ha oído acerca de la planeación como concepto y la mayoría considera que esto solo le incumbe a las empresas de gran renombre; la cuestión es que esta herramienta está al alcance de cualquiera.

La industria de la construcción es un sector que a lo largo del tiempo se ha desarrollado bajo una estructura de poco énfasis en la planeación y mayor participación en el presupuesto, dependiendo de este último la realización del proyecto, sin embargo ambos deben de ser considerados igual de importantes ya que el éxito del proyecto depende de ello. Dentro del contexto de establecer una estructura, se establece que todo proyecto y su administración deben de siempre iniciar con la planeación, la cual establece que operaciones se requieren, señala como se deben de ejecutar e indica que acciones deben de tomarse, preparando de esta manera el terreno sobre el cual se llevará a cabo la construcción en un futuro (Suárez, 2000). Con la planeación es posible prever potenciales dificultades y anticipar los riesgos que estarán presentes durante la ejecución (Serpell y Alarcón, 2003, citado en González, Solís y Alcudia, 2010).

Las compañías que manejan varios proyectos importantes, como en este caso las empresas constructoras, pueden encontrar en la planeación del proyecto una manera efectiva de asignar personas y recursos físicos necesarios. El planear ya no debe de ser una opción para las constructoras, más bien se debe de considerar como una condición obligada parte de sus principales operaciones apoyada por estrategias tales como el llevar un apropiado seguimiento de las obras de principio a fin; con base a esto los autores Uribe y Cupaban (2013) establecieron lo siguiente:

El control de una obra consiste en medir el avance de está, registrarlo y compararlo continuamente con lo estimado en la programación del proyecto. Este es un proceso continuo que le permite al gerente de los proyectos prever los posibles cambios en cuanto a la magnitud de la obra, posibles problemas y por ende cambios en su costo y tiempo de terminación (p.13).

Complementando el concepto de control, se establece como la representación de “un círculo de retroalimentación para revisar el plan del proyecto y tener la capacidad para canalizar los recursos a donde más se necesiten” (Heizer y Render, 2004, p. 60).

En la construcción, lo fundamental es la planeación; la otra cara de la moneda, si hay 15% para planeación y 85% para obra, los recursos técnicos están al revés. (Castillo, 1998, citado en Guillén, 2011).

2.2 Proyectos

“Un proyecto es una agrupación multidisciplinaria de actividades ordenadas por fases o etapas, lógicamente interrelacionadas y programadas según un calendario establecido, dirigidas a alcanzar un objetivo preciso” (García, 2002, p.5, citado en Suniaga, 2010). En una forma sintetizada se establece que “los proyectos se definen como una serie de tareas relacionadas dirigidas hacia un resultado importante” (Heizer y Render, 2004, p. 56).

Cuando se hace referencia de un proyecto surgen tres factores del mismo que deben ser tomados en cuenta; primero se establece el tiempo (lapso dentro del cual el proyecto debe de ser cumplido) el cual se puede denominar como una línea de tiempo temporal ya que tiene bien establecida una fecha de inicio y una fecha de terminación. El segundo factor es el costo (cantidad monetaria establecida para cubrir los gastos generados por el proyecto) el cual se establece de acuerdo a un presupuesto inicial. Finalmente el tercer factor es el alcance (la magnitud del proyecto a realizar) el cual establece todo el trabajo que se debe de llevar a cabo para garantizar el cumplimiento con base a los requisitos y criterios acordados (Suniaga, 2010).

El desarrollar proyectos es considerado como la “unidad más operativa” y fundamental dentro de la planeación; sin embargo cada proyecto tiene sus riesgos y contratiempos. De acuerdo a Cruz y Rosa (2007) siempre es importante contemplar los causantes de atraso ya verificados y que ocurren en la implementación y producción. Cabe resaltar que en ocasiones los atrasos pueden surgir por la distribución de recursos económicos y no necesariamente por una mala planeación sino por el flujo lento de efectivo por parte del cliente o usuario, en estos

casos es importante mantener una constante comunicación con los encargados del proyecto, de la obra y cliente para replantear el proyecto y ajustarse a las nuevas medidas.

2.2.1 Fases de los proyectos

Todos los proyectos son únicos e irrepetibles ya que no existe un proyecto que cuente con los mismos objetivos, los mismos procesos, e incluso los mismos recursos; sin embargo siguen una serie de pasos o fases para poder llevarse a cabo con éxito, siendo estas necesarias y complementarias a la vez, para alcanzar la meta establecida.

Las fases o pasos en los cuales se dividen los proyectos de acuerdo a diversos autores (Chamoun, 2003, citado en Rodríguez, 2011; Carranza, 2011 y Esquivel, 2011) son los siguientes:

1. Inicio del proyecto: Definir el proyecto y establecer su objetivo o la razón de ser del mismo, identificar a los involucrados y establecer la justificación, limitaciones y supuestos.
2. Planeación: Generar el plan y establecer las estrategias, actividades, recursos, análisis y todo elemento necesario para llevar a cabo el proyecto.
3. Ejecución: Implementar el plan establecido en el paso anterior, gestionarlo y llevar a cabo cada estrategia planteada; sin embargo en esta fase pueden surgir cambios y situaciones no anticipadas los cuales podrían modificar en parte al proyecto.
4. Control: Dar seguimiento al proyecto en toda la implementación, comparar lo ejecutado contra lo planeado, mantener una comunicación constante y verificar el cumplimiento de costos y tiempos; cabe resaltar que esta fase es crucial ya que puede detectar y prevenir problemas permitiendo implementar nuevas medidas.
5. Cierre: Concluir el proyecto y finiquitar documentos, finalmente tener una retroalimentación para futuros proyectos.

Las cinco fases están en constante interacción y por lo tanto cada una es esencial para que el proyecto llegue al cierre con los mejores resultados, en la Figura 3

se puede apreciar la forma en que las fases interactúan y se interrelacionan entre ellas, y a su vez muestra en que momento inicia una y termina la otra.

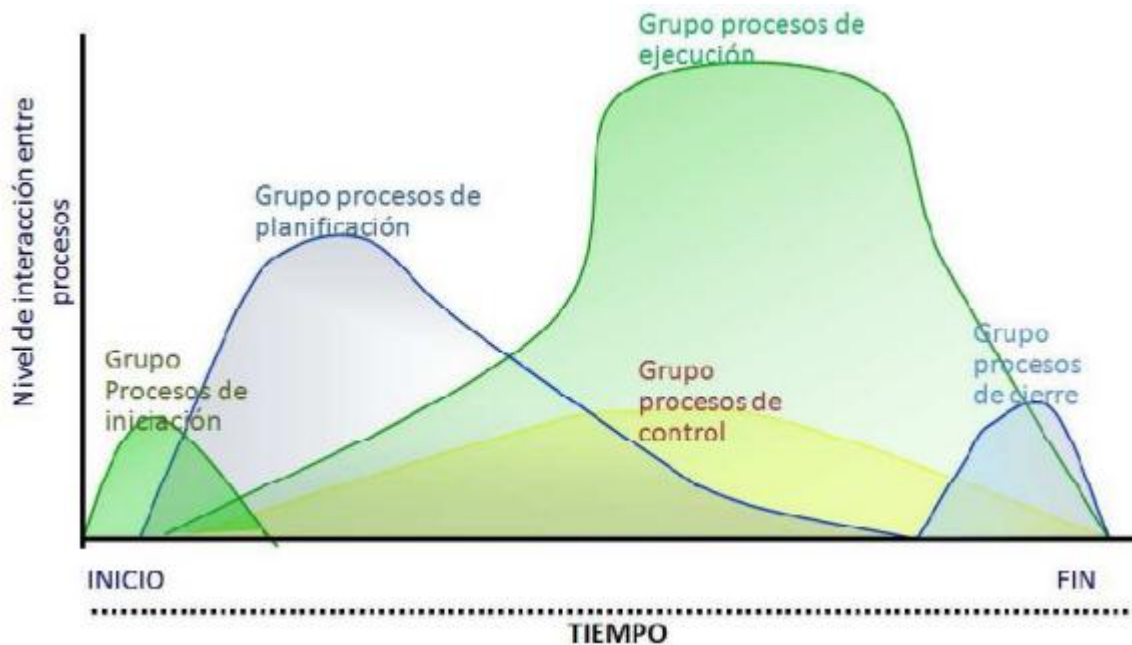


Figura 3. Interacción entre los grupos de proceso o fases dentro de un proyecto

Fuente: Esquivel, L. (2011).

2.2.2 Diseño de los Proyectos de Construcción

Los proyectos de construcción están conformados por diferentes etapas las cuales se deben de ejecutar bajo un orden a fin de diseñar el proyecto con base a los requisitos legales, normatividades y requerimientos del cliente; como se muestra a continuación:

- a) **Estudios Geotécnicos y Primeros Trámites:** Actividades relacionadas con el estudio y análisis del subsuelo donde se desea realizar la construcción a fin de detectar si las condiciones son las óptimas o se requieren adoptar ciertas medidas para que el suelo sea el apropiado, de igual manera se puede generar un plano topográfico del terreno si se requiere. Por otro lado los trámites aunados a esto implican el realizar pagos de las licencias de derecho basados en la Ley de Ingresos correspondiente al municipio y estado donde

se llevará a cabo la construcción, y obtener el alineamiento del terreno así como el número oficial (dirección del terreno) por medio de la escritura y el pago predial al corriente.

- b) Esquema Básico:** Creación de la propuesta del proyecto para identificar espacios y áreas, revisar las normatividades, definir las restricciones de obra, tener una distribución general, generar una propuesta del diseño y la apariencia; así como establecer los materiales a emplear.
- c) Anteproyecto:** Conjunto de actividades, datos, estudios, gráficas, croquis, planos e incluso maquetas que representan el diseño de la construcción a fin de dar una idea aproximada del funcionamiento, el tiempo y el costo de la obra. El anteproyecto es un bosquejo necesario debido a que este “conlleva una información espacial, funcional, estructural, constructiva, elevaciones y dibujos tridimensionales” (Uribe y Cupaban, 2013, p. 16).
- d) Proyecto Arquitectónico:** Define al proyecto, los planos, esquemas y dibujos. Estos últimos muestran las plantas, alzados, cortes, perspectivas, modelos 3D, la planimetría a escala, acotada, con la ubicación del predio y orientación. Por medio del proyecto arquitectónico se podrán programar las actividades, recursos materiales, maquinaria y todo elemento necesario para la construcción.
- e) Proyecto Estructural:** También se conoce como “Memoria Descriptiva de Cálculo” la cual permite materializar el proyecto de construcción y se divide en diferentes estudios:
 - Estructuración: Analiza todas las estructuras propuestas que soportarán a la construcción, detectando áreas claves y marcos sobre los cuales estarán las cargas verticales y horizontales, así como los muros de carga. Analiza la cimentación superficial, profunda y las losas. El calculista con base al diseño podrá proponer algunas trabes secundarias o incluso juntas constructivas a fin de permitir que la construcción sea estable y segura.
 - Análisis de Cargas: Se realiza con base a las normas y especificaciones establecidas por el Reglamento de Construcción de acuerdo al Estado en

donde se llevará a cabo la construcción y el cual se enfoca en tres tipos de cargas que son: cargas permanentes las cuales se refieren a las cargas por el propio peso de los materiales, las cargas variables consideradas normalmente para las estructuras las cuales soportan los diferentes niveles, y las cargas accidentales consideradas por la acción del sismo sobre la estructura.

- Análisis Sísmico: Consiste en realizar una prueba en modo estático a través de una computadora y medir de esta manera la estabilidad y el comportamiento de los muros los cuales deben de resistir el cortante sísmico tanto en la dirección vertical como horizontal.
- Análisis Estructural: Se realiza a las vigas secundarias, también se aplica a los marcos midiendo la rigidez lo cual da como resultado los “elementos mecánicos” del diseño que son estudios sobre las cargas axiales, las fuerzas cortantes y los momentos de flexión.
- Diseño Estructural: Es el conjunto de todos los análisis previos en el cual se analiza cada material y forma de construcción con el fin de definir el diseño de los elementos estructurales apropiado para que la edificación sea estable y no sufra ningún daño o colisión.

2.2.2.1 Diseño Técnico

Contiene los diversos diseños necesarios dentro de una construcción como son: el diseño hidráulico, sanitario, eléctrico, comunicaciones, mecánicos (elevadores, aire acondicionado, etc.), de gas y ambiental. Al contar con todas los diseños o sub-proyectos mencionados con anterioridad y que son parte del proyecto general de construcción, se procede a tramitar la licencia de construcción dando pauta al inicio del proyecto de edificación.

2.3 PYMES

La empresa de estudio se clasifica dentro de las llamadas Micro, Pequeñas y Medianas Empresas (Micro PYMES), las cuales a lo largo del tiempo han enfrentado problemas en su administración, sin embargo aunque sus procesos sean sencillos o complejos estos se pueden estandarizar, controlar, administrar y mejorar.

En algunos estudios realizados se ha demostrado la importancia de las PYMES para el desarrollo de un país y su gran impacto en la economía. De acuerdo a las estadísticas mostradas por ProMéxico (s.f.) con base a datos del INEGI “existen aproximadamente 4 millones 15 mil unidades empresariales, de las cuales el 99.8% son PYMES que generan 52% del Producto Interno Bruto (PIB) y 72% del empleo en el país”. A pesar de los datos mencionados se presentan los siguientes cuestionamientos: ¿Por qué el 80% de las PYMES fracasa antes de los 5 años y el 90% no llega a los 10 años?, ¿Por qué las PYMES no presentan un crecimiento sustancial y se quedan estancadas?

Para responder a estas preguntas es necesario analizar los factores externos e internos que afectan a las PYMES. Los primeros se refieren a nivel macroeconómico en donde los aspectos políticos, reformas, escasez de apoyo, deficientes programas y altas tasas son las causas que llevan a las PYMES al fracaso. El segundo se enfoca en el desempeño interno de la empresa, donde la inadecuada gestión, planeación, organización, control, capacitación y falta de conocimiento en aspectos financieros conducen a las PYMES al fracaso.

En un análisis más profundo, se demuestra que las PYMES son afectadas por las exigencias gubernamentales que dañan a la economía y el crecimiento de las mismas; sin embargo todas las empresas están expuestas a los factores externos y aun así algunas salen adelante y crecen significativamente hasta el punto de expandirse y crear franquicias. Por lo tanto la atención se enfoca en los factores internos, los cuales en primer instancia representan las actividades y el desempeño de las PYMES y en segunda estos se encuentran bajo el control de los dueños y pueden ser modificados y/o mejorados.

En México el 95% de las constructoras pertenecen a la categoría de las PYMES (González et al. 2010). Las dependencias gubernamentales como la Secretaría de Economía establecen que se encuentran creando programas capaces de apoyar a las empresas

implementando políticas industriales en aras de la Globalización, programas de financiamiento en apoyo a empresarios y emprendedores, campañas de información, entre otras; el adoptar estas medidas “sería coherente en los casos en que las PYMES cuenten con una gestión de sus procesos apropiada” (Palomo, 2005, p. 30). El 97% de los casos, el fracaso se debe a una mala gestión. El éxito de una micro PYME está fuertemente condicionado por los conocimientos de su dueño.

Tabla 1. Porcentajes de responsabilidad en las diversas actividades propias de los proyectos

Actividades	Factores	Responsabilidades		
		Gerente General	Equipo especializado	Personal que dirige la ejecución
Planeación de los programas y/o gestión	Tiempo	36%	27%	32%
	Recursos Humanos	16%	16%	63%
	Materiales	14%	18%	59%
	Maquinaria	16%	16%	63%
	Recursos Financieros	63%	10%	10%
Control de la utilización y/o suministro	Tiempo	17%	21%	55%
	Recursos Humanos	17%	21%	48%
	Materiales	15%	22%	37%
	Maquinaria	20%	24%	52%
	Recursos Financieros	70%	15%	3%

Nota. Los porcentajes calculados se obtuvieron con base al total de la muestra de empresas que fue de 23. La tabla fue elaborada con base a la información proporcionada en el estudio presentado por González, Solís y Alcudia (2010). Diagnóstico sobre la Planeación y Control de Proyectos en las PYMES de Construcción.

En la Tabla 1 se muestran los resultados del estudio sobre la planeación y el control dentro de las constructoras PYMES observando que las responsabilidades dentro de la gestión de proyectos no es balanceada o bien jerarquizada, sin integración. Por otro lado en la Tabla 2 se muestran resultados relacionados con la inadecuada planeación y control los cuales afectan a la ejecución del proyecto en todos los aspectos. A los resultados se desea agregar que el 46% de las empresas estableció que suple la planeación por la experiencia y que el 80% ha obtenido buenos resultados sin planear por lo tanto el 60% de estas no desea planear proyectos a futuro.

Tabla 2. Porcentajes de afectación por no llevar a cabo la planeación y el control apropiadamente

Factores	Frecuencia en las fallas de programación, cumplimiento, suministro, disponibilidad			Programación antes de ejecución
	Muchas veces	Algunas veces	Pocas veces	
Tiempo	28%	61%	11%	89%
Recursos Humanos	6%	67%	27%	43%
Materiales	11%	78%	11%	67%
Costo de materiales	6%	67%	28%	-----
Maquinaria	6%	67%	27%	45%
Recursos Financieros	22%	50%	28%	80%

Nota. Los porcentajes calculados se obtuvieron con base al total de la muestra de empresas que fue de 23. La tabla fue elaborada con base a la información proporcionada en el estudio presentado por González, Solís y Alcudia (2010). Diagnóstico sobre la Planeación y Control de Proyectos en las PYMES de Construcción.

Se puede concluir que la planeación y control de proyectos es esencial para el adecuado funcionamiento de las constructoras; siempre y cuando haya personal capacitado y un adecuado seguimiento a los proyectos. “Las PYMES deben implementar varias modificaciones y ajustes a su práctica actual de administración de proyectos de construcción para lograr que las fases de planeación y control sean más completas e integrales” (González et al. 2010).

2.4 Sistemas de administración

Toda empresa debe de contar con una administración y planeación cuando se trata de desarrollar proyectos. Actualmente se han desarrollado diversas herramientas apoyadas en sistemas de cómputo permitiendo un mayor control, reducción de tiempo y mayor precisión, y la clave radica en saber implementarlas y adecuarlas al tipo de proceso.

2.4.1 Estructura Desglosada de Trabajo (EDT)

La EDT también conocida por sus siglas en inglés WBS (Work Breakdown Structure) se define de acuerdo a Martínez (1997) como:

Herramienta que ayuda a planear, organizar y controlar cualquier tipo de proyecto, entendiéndose como proyecto, al grupo de tareas que se ejecutan en un periodo de tiempo determinado para lograr un conjunto de objetivos específicos. En esta época donde existen técnicas de administración, es más frecuente reconocerla debido a su simplicidad. Rápidamente, dicha simplicidad, hace del WBS una poderosa herramienta para la administración de proyectos que puede ser utilizada con bajos recursos financieros o de personal (p. 15).

De acuerdo a Palomares (2011) se dice que la EDT permite descomponer un proyecto en diversas actividades a fin de desarrollar los entregables para verificar el progreso; los niveles superiores de la EDT se utilizan para evaluar al equipo, medir el cumplimiento y comunicar a los interesados de los avances; y los niveles inferiores son los adecuados para la gestión.

La EDT se presenta en forma de diagrama de árbol en donde se puede representar jerárquicamente las actividades, desglosadas en diferentes niveles hasta donde sea necesario; como se muestra en la figura 4.

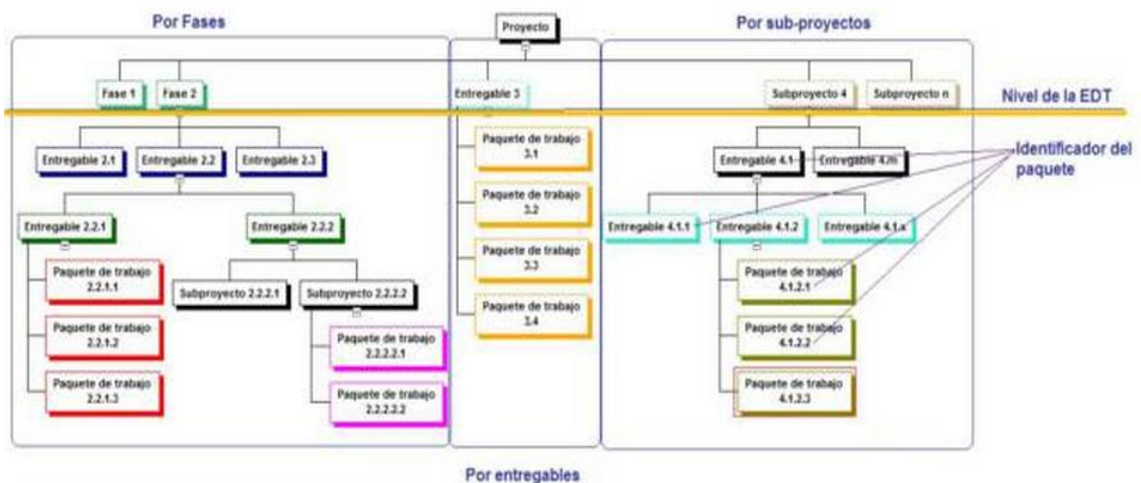


Figura 4. Representación de la EDT y sus diferentes tipos como niveles

Fuente: Yepes, V. (2014).

2.4.2 Diagrama de Gantt

Herramienta creada por Henry L. Gantt con la intención de resolver los problemas de programación, enfocada a realizar una distribución de actividades con base a fechas de inicio y termino para visualizar la duración de las mismas y el tiempo total del proyecto así como percatarse de si había retrasos o adelantos (Suniaga, 2010).

“El diagrama de Gantt se utiliza cuando las actividades de un plan están bien definidas, claramente en secuencia y poseen un comienzo y una terminación definidos” (Rodríguez, 2011, p. 72).

Los diagramas de Gantt son considerados como una herramienta de fácil uso y con un costo bajo. Consisten de un plano donde el eje vertical muestra barras horizontales que representan a las actividades, mientras que en el eje horizontal se coloca un calendario (horas, días, semanas, meses o años) y sobre el cual la barra se delimita representando de esta manera la duración de la actividad.

De acuerdo a Heizer y Render (2004) “los administradores se aseguran de: **1.** planear todas las actividades; **2.** tomar en cuenta el orden de desempeño; **3.** registrar las estimaciones de tiempo por actividad y; **4.** desarrollar el tiempo global del proyecto” (p. 58).

Esta herramienta tiene la desventaja de que no considera interrelaciones entre las actividades programadas, no muestra al responsable de la actividad e incluso no permite que se puedan evaluar otras alternativas para resolver los problemas presentados a lo largo de la ejecución del proyecto. Por lo tanto el uso de la herramienta dependerá del proyecto que se desarrolle y de su integración con otras herramientas que se discutirán más adelante y que le permiten compensar esas deficiencias.

2.4.3 Método de la Ruta Crítica

Herramienta conocida por sus siglas en inglés CPM (Critical Path Method), desarrollada para establecer interrelaciones entre las actividades considerando sus

tiempos, con el fin de definir la ruta crítica sobre esas actividades que no tienen holgura, por lo tanto sí sufren de atrasos o modificaciones repercutirán en el desarrollo y el tiempo total del proyecto.

De acuerdo a Heizer y Render (2004) y Suniaga (2010), CPM se establece para:

1. Definir y desglosar las actividades propias del proyecto a realizar.
2. Desarrollar las interrelaciones de las actividades.
3. Elaborar un diagrama de red para visualizar las relaciones.
4. Asignar los costos y/o tiempos de duración de las actividades.
5. Identificar la ruta crítica del proyecto.
6. Planear, programar y controlar de manera efectiva las actividades del proyecto teniendo en cuenta la ruta crítica para cumplir con el proyecto.

2.4.4 Técnica de Evaluación y Revisión de Programas

Por sus siglas en inglés PERT (Program Evaluation Review Technique), su diseño es muy similar al CPM orientado para la planificación, programación y control de los recursos. Sin embargo difiere en aspectos como el grado en la terminología, la construcción de la red de actividades interrelacionadas y la forma de considerar el tiempo de duración de las actividades. PERT utiliza una variable aleatoria descrita por una distribución de probabilidad donde considera tres estimaciones de tiempo para cada actividad que a su vez permitirán calcular los valores esperados con sus desviaciones estándar, denominadas como: optimista (a), pesimista (b) y normal (n). El cálculo de la duración de la actividad se puede realizar mediante una fórmula considerando las tres estimaciones $T = (a + 4n + b)/6$.

De acuerdo a Suniaga (2010) el uso de PERT se recomienda para:

- Determinar las actividades necesarias.
- Buscar el plazo mínimo de ejecución del proyecto.
- Buscar las ligaduras temporales entre actividades del proyecto.
- Identificar las actividades críticas, así como el camino crítico.

- Detectar y cuantificar las holguras de las actividades no críticas, es decir, el tiempo que pueden retrasarse sin que el proyecto se vea afectado por ello.
- Ubicar las actividades que se requieren forzar cuando se está fuera de tiempo durante la ejecución del proyecto (p. 66).

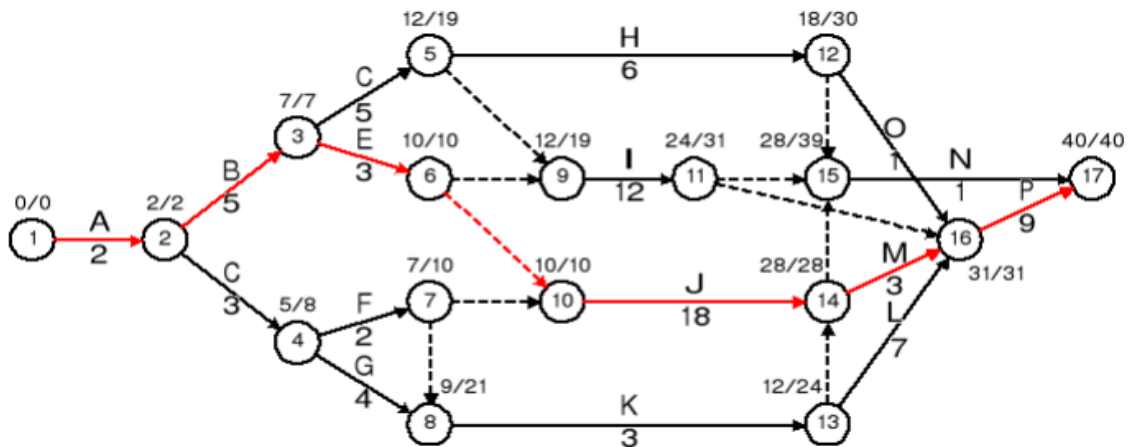


Figura 5. Diagrama de redes usado por las herramientas PERT/CPM

Fuente: Rodríguez, V. M. (2011).

La Figura 5 muestra el diseño que consiste de redes conformadas por flechas y nodos, donde las flechas representan las actividades y se coloca la duración de la actividad, y los nodos contienen en la parte superior las estimaciones de tiempo, para finalmente detectar las holguras y las actividades que conforman la ruta crítica.

2.5 Técnicas de planeación y control

La planeación de proyectos y el control de recursos dentro de la cadena de suministro de la construcción permiten reducir costos de inventario, eliminar tiempos muertos por falta de material, y finalmente cumplir con el programa de construcción evitando retrasos en el mismo.

2.5.1 Sistemas de Control y Planeación de la Manufactura

MPC (Manufacturing Planning and Control) enfocado al control de la manufactura, incluyendo los materiales, maquinaria, recursos humanos y proveedores.

“Los sistemas MPC necesitan constantemente adaptarse y responder a los cambios del ambiente de la empresa, estrategias, requerimientos del cliente, problemas particulares y nuevas oportunidades en la cadena de suministro” (Jacobs, Berry, Whybark y Vollmann, 2011, p.1).

De acuerdo a Wacker y Sheu (2006) el MPC es considerado como una herramienta que permite generar dos tipos diferentes de beneficios, los internos que están enfocados a mejorar el desempeño de los procesos y los externos en incrementar la competitividad de la empresa con base a sus objetivos de desempeño establecidos. Estos últimos no tienen tanto impacto ya que no todos los elementos del MPC son efectivos para lograr el incremento de competitividad, sin embargo son considerados como prerequisites para alcanzarla.

El uso del MPC está alineado con los requerimientos del mercado y con la planeación como es: 1) planeación maestra, 2) planeación de materiales y 3) control de producción (Olhager y Selldin, 2007).

2.5.1.1 Plan maestro de producción (MPS Master Production Schedule)

El MPS es la conceptualización del plan de operaciones y ventas traducido en un plan de acción, el cual muestra cuando los productos estarán disponibles a futuro. Este se considera como un mapa hacia un futuro planeado, el cual especifica los productos que serán realizados y como serán provistos, el tiempo requerido y las cantidades que serán completadas (Jacobs et al., 2011).

Para diseñar el MPS es necesario conocer el ambiente del producto sobre el cual se va a realizar, es por esta razón que el MPS se divide en seis tipos de ambientes: make-to-stock (MTS), make-to-order (MTO), buy-to-order (BTO), ship-to-stock (STS), assemble-to-order (ATO) y engineer-to-order (ETO). La Figura 6 muestra las diferencias entre cada uno de los ambientes así como también se hace mención del término punto de desacoplamiento del pedido de cliente o también conocido como el punto de penetración del pedido. Este término se refiere al punto en donde la demanda cambia de independiente a dependiente, o de una forma más específica es el punto en donde la responsabilidad de determinar el tiempo y

cantidad de material a ser comprado, hecho o terminado pasa de ser del cliente a ser responsabilidad de la empresa.

Atributos	Engineer to order (ETO)	Buy to order (BTO)	Make to order (MTO)	Assemble to order (ATO)	Make to Stock (MTS)	Ship to stock (STS)
Punto de des-acoplamiento	Diseño	Compras	Fabricación	Ensamble	Distribución central	Distribución local
Compras	Identificar proveedores	Programar entregas de productos de proveedores	Elegir las materias primas o componentes	Fabricar o comprar módulos	Elegir los productos terminados centralizados	Elegir los productos terminados localmente
Inventario	Sin inventario	Sin inventario	Materia prima	Módulos pre-ensamblados	Producto terminado	Producto terminado
Diseño	Produce un nuevo diseño	Modifica un diseño existente	Escoge de una amplia variedad de opciones	Escoge entre un rango limitado de opciones de diseño	Toma el diseño como es	Toma el diseño como es
Método	Proyecto o taller de trabajo	Taller de trabajo	Lote	Lote/flujo	Flujo	Flujo
Exactitud de Pronóstico	Extremadamente bajo	Muy bajo	Bajo	Moderado	Alto	Muy alto
Mercado						
Nivel de personalización	Extremadamente alto	Muy alto	Alto	Moderado	Bajo	Muy bajo
Variabilidad	Extremadamente alto	Muy alto	Alto	Moderado	Bajo	Muy bajo
Volumen	Extremadamente bajo	Muy bajo	Bajo	Moderado	Alto	Muy alto
Tiempo de comercialización	Extremadamente alto	Muy alto	Alto	Moderado	Bajo	Muy bajo

Figura 6. Atributos de las diferentes estructuras de cadenas de suministro.

Fuente: Gosling, J. (2011).

De acuerdo a las cadenas de suministro y atributos mostrados en la Figura 6, la empresa de estudio se identifica como engineer-to-order (ETO). Al ser parte del sector de la construcción la empresa se desempeña en un ambiente donde se manejan proyectos, los cuales son siempre diferentes y el nivel de personalización es muy alto ya que el cliente se involucra

desde el diseño. Sin embargo cabe mencionar que las cadenas de suministro de ETO han recibido muy poca atención dentro de la literatura a lo largo del tiempo, así como la incertidumbre y la flexibilidad no han sido investigadas dentro del contexto de la construcción de cadenas de suministro ETO (Gosling, 2011).

La lógica básica del diseño de un MPS se conforma por el registro de las relaciones entre los resultados de producción, el establecer los pronósticos de la demanda y finalmente el balance del inventario esperado, dándole el apropiado seguimiento y actualización al plan establecido (Jacobs et al., 2011). En la Figura 7 se puede observar la estructura del MPS, donde los valores del pronóstico se obtienen a través del plan de operaciones y ventas; donde el balance disponible proyectado se obtiene a través de la fórmula:

$$\text{Balance disponible proyectado} = \text{Balance Inicial} + \text{Plan Maestro de Producción} - \text{Pronóstico.}$$

Finalmente el MPS representa las unidades que se producirán para cumplir con la demanda y el cual emplea diversos enfoques como la estrategia de nivel que se enfoca en mantener una producción (siendo el caso de la Figura 7). Otra estrategia es la de persecución, donde la producción es igual a la demanda y por lo tanto no se maneja un inventario; y la estrategia mixta la cual emplea aspectos de las otras dos estrategias mencionadas anteriormente.

En la Figura 8 se han incluido aspectos de tamaño de lote el cual delimita la cantidad de producto que será recibido y el concepto de inventario de seguridad el cual es considerado como el inventario adicional a la producción el cual debe de ser planeado en el MPS ya que sirve de protección en caso de que haya errores en el pronóstico.

Inventario		Periodo				
		1	2	3	4	5
Pronóstico		5	5	8	10	15
Balance disponible proyectado	20	25	30	32	32	27
Plan Maestro de Producción		10	10	10	10	10

Figura 7. Ejemplo del MPS con producción constante

Fuente: Jacobs, F. R., et al. (2011).

Inventario		Periodo				
		1	2	3	4	5
Pronóstico		5	5	8	10	15
Balance disponible proyectado	20	15	10	32	22	7
Plan Maestro de Producción				30		
Tamaño de lote = 30						
Inventario de seguridad = 5 unidades						

Figura 8. Ejemplo del MPS con políticas de tamaño de lote e inventario de seguridad

Fuente: Jacobs, F. R., et al. (2011).

Todo MPS necesita de ciertos elementos que le permiten ser más efectivo como son: lista de materiales conocida como BOM (Bill Of Materials) que permite identificar los materiales parte del proceso; y la Planeación de Requerimientos de Material conocido como MRP (Material Requirements Planning) la cual permite realizar una planeación y tener un control más eficiente.

2.5.1.2 MRP y BOM

El MRP es una herramienta que permite planear la materia prima y componentes en cuanto a cantidad, tiempos de entrega e inventarios; necesarios para cumplir con las cantidades que establece el MPS de acuerdo a los requerimientos del cliente.

El BOM es una herramienta que permite explosionar el producto visualizando todos las partes y componentes que lo conforman. Este se puede expresar a través de un diagrama o tabla donde se establecen las demandas dependientes o independientes; lo cual se refiere a definir las relaciones de todas las partes explosionadas por medio de las dependencias entre los materiales. Finalmente se coloca la cantidad de material necesario para cada secuencia o etapa de creación, desde la parte más pequeña hasta el producto terminado, como se muestra en la Figura 9.

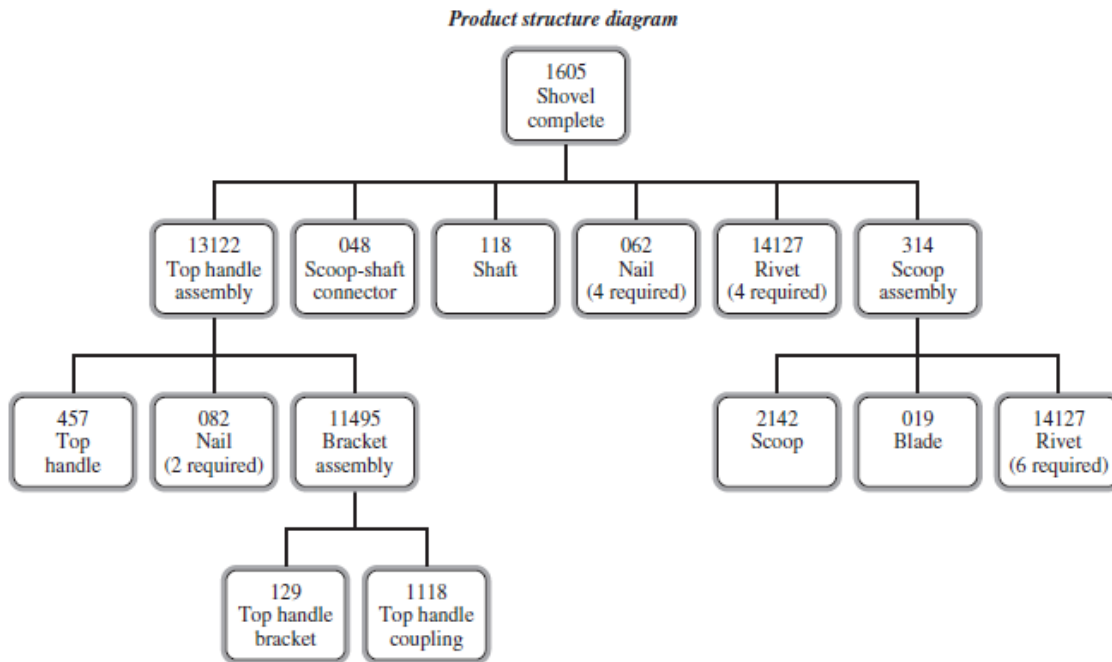


Figura 9. Explosión de materiales estableciendo relaciones y secuencia

Fuente: Jacobs, F. R., et al. (2011).

		Semana									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
13122 Top Handle assembly Tiempo de entrega = 2	Requerimientos netos		20		10		20	5		35	10
	Ordenes programadas										
	Balance disponible	25	25	5	5	0	0	0	0	0	0
	Proyectado										
	Ordenes planeadas			5		20	5		35	10	
457 Top handle Tiempo de entrega = 2	Requerimientos netos		5		20	5		35	10		
	Ordenes programadas			25							
	Balance disponible	22	22	17	42	22	17	17	0	0	0
	Proyectado										
	Ordenes planeadas					18	10				
082 Nail (requiere 2) Tiempo de entrega = 1 Tamaño de lote = 50	Requerimientos netos		10		40	10		70	20		
	Ordenes programadas	50									
	Balance disponible	4	54	44	44	4	44	44	24	4	4
	Proyectado										
	Ordenes planeadas				50		50				
11495 Bracket assembly Tiempo de entrega = 2	Requerimientos netos		5		20	5		35	10		
	Ordenes programadas										
	Balance disponible	27	27	22	22	2	0	0	0	0	0
	Proyectado										
	Ordenes planeadas			3		35	10				

129 Top handle bracket Tiempo de entrega = 1	Requerimientos netos				3		35	10				
	Órdenes programadas											
	Balance disponible	15	15	15	12	12	0	0	0	0	0	0
	Proyectado					23	10					
1118 Top handle coupling Tiempo de entrega = 3 Inventario de seguridad = 20	Requerimientos netos				3		35	10				
	Órdenes programadas			15								
	Balance disponible	39	39	54	51	51	20	20	20	20	20	20
	Proyectado				4	10						
Órdenes planeadas												

Figura 10. Ejemplo de MRP

Fuente: Jacobs, F. R., et al. (2011).

La Figura 10 muestra la estructura del MRP, donde se señala el horizonte de tiempo (horas, días, semanas, meses, etc.), los requerimientos netos (materia prima, componente o producto terminado), las órdenes programadas con anterioridad, el balance disponible proyectado (la suma del balance anterior con las órdenes programadas menos los requerimientos netos) y las órdenes planeadas. De igual manera se incluyen las políticas:

- Tamaño de lote: pedidos de acuerdo a lo que se necesita (lote por lote), o pedidos establecidos por el tamaño de lote (lotes definidos).
- Tiempo: lapso en el que cada pedido será recibido después de levantar la orden.
- Inventario de seguridad y tiempo de entrega de seguridad: inventario en existencia para absorber fluctuaciones en la demanda; tiempo que se agrega a la entrega normal para asegurar el pedido al momento que es requerido.

El MPS, MRP y BOM permiten tener una buena planeación y control, donde “el control de los materiales es el insumo más importante que interviene en la construcción, ya que el porcentaje de incidencia es de aproximadamente el 75% de un proyecto u obra por lo que es necesarios su control” (Martínez, 1997, p. 73).

2.6 Un nuevo enfoque en planeación y control

En búsqueda de la optimización donde las empresas llevan sus procesos de una manera más rápida y sencilla surge el concepto de *lean manufacturing*, el cual establece un modo de gestión enfocado al valor agregado y a eliminar las actividades innecesarias, incrementando la

calidad del producto y reduciendo costos y tiempo. Los principios de lean se basan en la participación de la dirección y los colaboradores para alcanzar la meta a través de diversas herramientas con el fin de reducir procesos y mejorar los que agregan valor para hacer el proceso más esbelto.

Parte de esta filosofía surge una variante conocida como “lean construction”, orientada a la gestión de las construcciones u obras cuyo objetivo es el de reducir las actividades que no generen valor en las mismas. Este sistema de gestión fue propuesto por Lauri Koskela con el objetivo de mejorar las operaciones llevadas a cabo en la construcción, incrementando la calidad y reduciendo los problemas comunes en el sector, tales como: no entregar las obras a tiempo y exceder los costos. En la construcción se habla de que el 30% del costo de una obra normalmente se considera como pérdida; esto se ejemplifica en un proyecto de construcción de cuatro torres, donde la cuarta torre podría realizarse del desperdicio de las otras tres torres, resaltando de esta manera el alto nivel de desperdicio dentro del sector.

2.6.1 Last Planner

Herramienta desarrollada por Ballard y Howell bajo el enfoque de lean construction, diseñada como apoyo para la planeación y control de los proyectos de construcción, orientada a reducir las pérdidas en el proceso productivo y a mejorar el rendimiento. Esta herramienta tiene su enfoque en el control del flujo de las actividades a través de asignaciones de trabajo con el fin de poder tomar decisiones oportunas en bienestar del proyecto. La filosofía del Last Planner proporciona un conjunto de procedimientos para reducir la variabilidad e incertidumbre partiendo de lo que se “debería hacer”, detectando lo que se “puede hacer” y finalmente llegar a lo que “realmente se hará” (Alarcón, 2011, citado en Castaño 2012).

De acuerdo a Castaño (2012) el Last Planner se conforma por las siguientes fases:

1. Programa Maestro: Representa todas las actividades o tareas del proyecto y las cuales se deben de realizar en determinado tiempo, estas actividades se representan dentro de un cronograma estableciendo los entregables.
2. Programa de Fase: Este representa una subdivisión del plan maestro para enfocarse en las fases o etapas del proyecto y cumplir las fechas establecidas.

3. Programa Intermedio: Establece el flujo de las actividades y métodos para llevarlas a cabo, de igual manera divide las actividades del plan maestro en tareas pequeñas, y finalmente mantiene una revisión de todas las actividades.
4. Análisis de restricciones: Permite detectar las limitantes para ejecutar alguna actividad y posteriormente buscar alternativas para erradicarlas, a través de identificar las necesidades y reasignar los recursos.
5. Programa Semanal: Actividades que se realizarán en la semana siguiente, las cuales serán ejecutadas de acuerdo a la planeación, bajo la correcta capacidad de trabajo y el seguimiento de los requerimientos.

Last Planner se presenta como una herramienta para establecer un control y dar seguimiento al desarrollo del proyecto, el cual permite dividir el plan maestro en actividades pequeñas para poder visualizar las posibles amenazas que entorpezcan al proyecto, dando lugar a que estas sean controlables y modificadas en el menor tiempo posible.

CAPITULO III

CASO DE ESTUDIO

3.1 Metodología

La administración y control de proyectos dentro del sector de la construcción requieren de procedimientos y herramientas apropiadas para llevarlas a cabo de manera exitosa, como ya se ha expuesto con anterioridad a lo largo de este trabajo; es por este motivo que las herramientas y estrategias se han adaptado al tipo de necesidades de la empresa.

La metodología empleada se divide en dos fases principales:

- La primera fase se enfoca al inicio de un proyecto, donde la planeación es la piedra angular del mismo. El objetivo de esta fase es el de realizar un análisis de las actividades que se desarrollan alrededor de un proyecto de construcción, con la finalidad de identificarlas, clasificarlas e integrarlas, bajo un orden y secuencia lógica; logrando de esta manera una estandarización del proceso de construcción. Posteriormente se pretende mostrar de una manera visual la planeación del proyecto a través de un programa que permita controlar todas las actividades, cumpliendo de esta manera con el proyecto de construcción.
- La segunda fase se enfoca en la manera de administrar los insumos. Como parte de una buena planeación es importante establecer un control de los insumos propios del proyecto, con la finalidad de definir los consumos y los inventarios. Esta fase se orienta a implementar una herramienta económica y de fácil uso para el manejo de todos los insumos a fin de reducir los tiempos muertos y pérdidas monetarias consecuencia de un inapropiado control.

3.1.1 Análisis de actividades

La primera fase de la metodología se enfocó en llevar a cabo un estudio sobre los diferentes tipos de construcciones (viviendas, fraccionamientos, edificios, entre otros), con la finalidad de conocer todas las actividades implicadas en las mismas. El estudio se enfocó en

recolectar toda la información de proyectos previos, estudios de campo y la experiencia del constructor, con el objetivo de registrar cada actividad parte de la construcción. Posterior a esto se realizó un análisis con la finalidad de definir las diferentes etapas de una construcción y de esta manera clasificar todas las actividades y agruparlas dentro de las mismas.

El primer objetivo de este estudio era el definir etapas estándar para cada proyecto, sin embargo el tipo de construcción define cuales son necesarias para el cumplimiento del mismo.

A continuación se muestran las etapas:

- a) Preliminares: Todo proyecto requiere de esta etapa ya que permite definir el tipo de terreno y prepararlo para llevar a cabo la construcción.
- b) Cimentación: Se enfoca en el desarrollo de las primeras bases de la construcción, siendo esta etapa necesaria para todo tipo de construcción. En el caso de un fraccionamiento se pueden excluir las etapas siguientes a excepción del inciso e), f) y k).
- c) Estructura y albañilería: Esta etapa estará regida por el tamaño de la construcción, por ejemplo si se construye una casa o un edificio esta etapa tendrá que ser empleada para cada nivel o piso parte del mismo.
- d) Acabados y yesería: Esta etapa se enfoca en la estética de la construcción y en colocar todos los accesorios parte de la misma.
- e) Instalación eléctrica: Esta etapa es muy importante ya que toda construcción requiere de la colocación de un sistema eléctrico.
- f) Instalación hidráulica y sanitaria: Como en el punto anterior, esta etapa es igual de relevante ya que se enfoca en el suministro de agua y disposición de desechos.
- g) Cancelería: Esta etapa se enfoca en la colocación de vidrios, aluminio y otros elementos relacionados, la utilidad de esta etapa depende de los requisitos del cliente.
- h) Carpintería: Esta etapa se enfoca en la colocación de madera (puertas, muebles especiales), la utilidad de esta etapa depende de los requisitos del cliente.
- i) Instalación de gas: Esta etapa se considera como opcional ya que dependerá de si la construcción lo requiere o no.

- j) Acabados adicionales: En el caso de que la construcción requiera de más detalles, se pueden abarcar en esta etapa.
- k) Limpieza: Finalmente se deben de llevar a cabo las actividades incluidas en esta etapa, con la finalidad de entregar la construcción presentable y en buenas condiciones.

El segundo objetivo de este estudio es el de utilizar la información recopilada para generar un catálogo de conceptos conformado por todas las actividades relacionadas con la construcción. Este catálogo tiene la función de ser una base de datos disponible en todo momento para el constructor, con la finalidad de poder consultarla al momento de empezar con un proyecto, facilitando de esta manera el definir las actividades necesarias para el mismo (ver Anexo 2).

Como se puede observar el primer objetivo específico establecido en este trabajo de tesis se cumple con el análisis de las actividades implicadas dentro de los proyectos de construcción, con la finalidad de conocerlas, simplificarlas y estandarizarlas.

3.1.2 Administración de Proyectos

La adecuada administración de los proyectos de construcción empieza con definir el tipo de proyecto a realizar, las actividades necesarias para llevarlo a cabo y la planeación del mismo.

Todo proyecto requiere de una estructura y un orden, donde las actividades se deben de llevar a cabo dentro de los tiempos establecidos para que se cumpla el objetivo del proyecto; es por estas razones que dentro de la empresa de estudio se implementa un sistema que permita administrar cada proyecto de construcción de una forma sencilla; visualizándolo en su totalidad para tener un buen control y seguimiento al desarrollo del mismo.

La empresa hasta el momento no ha llevado a cabo una forma adecuada de planeación de sus proyectos debido a la falta de sistemas apropiados para dichas tareas, sin embargo la gran experiencia del constructor ha permitido que los proyectos se concluyan. Con la finalidad

de eliminar las malas prácticas de la empresa, de reducir las fallas y de implementar un proceso orientado a la planeación de proyectos se ha definido este trabajo de tesis.

El sistema propuesto a la empresa de estudio es el de implementar un software de fácil uso, bajo costo y muy flexible para la administración de los proyectos, conocido como Microsoft Project, el cual cuenta con diversas herramientas que permiten administrar el proyecto a lo largo del mismo. Una de las herramientas más útiles dentro de este software es el uso del Diagrama de Gantt, el cual permite representar todas las actividades de un proyecto a través de dependencias y una secuencia lógica, representadas por medio de barras que muestran la duración de las actividades a través de una fácil y rápida interacción.

La Figura 11 muestra la pantalla principal del software, resaltando el uso del Diagrama de Gantt que permite visualizar las actividades pertenecientes al proyecto con la finalidad de definir los plazos para llevarlas a cabo. Por otro lado, este software permite conocer las actividades que son precedentes y subsecuentes, así como también muestra las dependencias que existen; todo con la finalidad de que el encargado del proyecto pueda definir un plan de acción y cumplir con el proyecto.

El software cuenta con diversas características:

- a) **Ruta crítica:** Se utiliza para detectar aquellas actividades que deben de ser cumplidas en el tiempo establecido, ya que de lo contrario estas repercutirán en el tiempo total definido para concluir el proyecto.
- b) **Holgura:** Este concepto se define como el rango dentro del cual las actividades pueden ser retrasadas sin afectar el tiempo total del desarrollo del proyecto, sin embargo se debe de tener cuidado para no convertir una actividad con holgura en una actividad crítica.
- c) **Control y seguimiento al proyecto:** Esta característica permite que a lo largo del proyecto se realice una revisión de los avances, actualizando el estado de las actividades y la posibilidad de reprogramación de las mismas a fin de cumplir el proyecto en tiempo y forma.

3.1.2.1 Uso de MS Project

Como se ha comentado previamente, el uso de MS Project para la administración de proyectos es muy útil; ya que el usuario solo debe de ingresar la información siguiendo una serie de pasos (en este caso para proyectos de construcción):

- a) Definir el nombre del proyecto.
- b) Asignar las actividades necesarias para cumplir con el proyecto (extraídas del catálogo de conceptos); esta deben de estar ordenadas y clasificadas de acuerdo a las diferentes etapas de la construcción.
- c) Colocar la fecha de inicio del proyecto.
- d) Asignar a cada actividad el tiempo que tardará en ser cumplida (duración de la actividad); la cual se obtuvo a través de la experiencia del constructor y por medio de estudios previamente realizados.
- e) En la sección del Diagrama de Gantt, se generan de manera automática las barras correspondientes a cada actividad asociadas con el tiempo de duración asignada a cada una.
- f) Definir las actividades que son secuenciadas; estas se visualizan con flechas.
- g) Si todas las actividades con sus plazos correspondientes han sido asignadas se procede a realizar el análisis de ruta crítica y holgura, los cuales son generados automáticamente por el software.
- h) El proyecto estructurado en MS Project da la pauta para empezar a trabajar en el mismo con la finalidad de cumplirlo dentro del tiempo establecido. A lo largo de este se deben llevar a cabo revisiones que permiten monitorear el avance y de esta manera detectar si existen atrasos, con el objetivo de tomar acciones tales como: cambiar la estrategia, re-estructurar o reprogramar las actividades, e incluso discutir con el cliente sobre algún cambio dentro del proyecto.

Respecto a lo anteriormente mencionado, cabe resaltar que MS Project permite administrar y controlar cualquier tipo de proyecto con la finalidad de que el usuario no pierda

de vista el mismo, orientando los recursos al cumplimiento del mismo en los tiempos establecidos. Esta administración de proyectos representa un primer paso hacia el segundo objetivo específico; donde MS Project es considerado como una herramienta para controlar las actividades de una manera sistémica y ordenada.

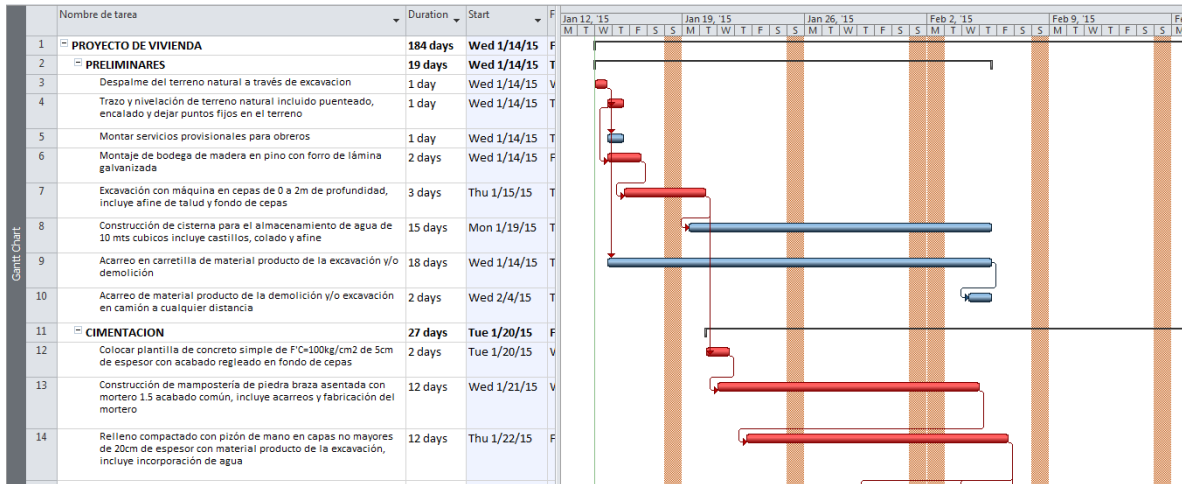


Figura 11. Microsoft Project y su estructura para administración de proyectos
Fuente: Elaboración propia.

3.1.3 Sistema de control de materiales

Dentro de este trabajo de estudio se implementó una segunda herramienta esencial para la administración de proyectos, la cual se define como complementaria al vincular los materiales con las actividades definidas en MS Project. La herramienta se encuentra diseñada en Microsoft Excel, la cual proporciona una estructura semi-automática bajo un esquema de fórmulas, estableciendo una manera sencilla y efectiva el control de: tipos de materiales a pedir, cantidades, tiempos, inventarios y finalmente los costos asociados.

Se decidió adoptar esta herramienta ya que es de fácil uso para el usuario y representa un costo mínimo el implementarla; esta simplemente se apoya de un conjunto de fórmulas interrelacionadas que permiten realizar cálculos de manera rápida.

La plantilla creada a través de Excel pretende ser una herramienta con la finalidad de realizar la planeación de los materiales de una construcción, la cual está conformada por

cuatro hojas vinculadas entre sí, y que cuentan con tablas y fórmulas para su correcto funcionamiento. Cabe resaltar que la implementación de las herramientas se realizó con base al proyecto de construcción de una sola vivienda, sin embargo estas se pueden estandarizar para ser usadas en diferentes proyectos y construcciones de mayor alcance o magnitud.

3.1.3.1 Lista de Materiales

La primera hoja diseñada para la planeación de los materiales está conformada por una tabla que concentra toda la información respecto a los materiales utilizados dentro de la construcción, esta hoja esta titulada como “BOM” (Bill of Materials) que en español significan “Lista de Materiales, la cual contiene la siguiente información:

- Clave del material.
- Descripción del material.
- Unidad de medida.
- Tamaño del lote por cada material (tamaño mínimo del pedido).
- Costo Unitario del material.
- Tiempo de entrega de cada material.

Estos datos forman la lista de materiales, la cual permite al constructor tener fácil acceso a todos los materiales de una manera sencilla y así asignarlos a todas las actividades requeridas para realizar el proyecto de construcción solicitado. Es importante recordar que la lista de materiales implica una constante revisión y actualización ya que mientras más proyectos se tengan más información será incluida; en el caso de los costos que son susceptibles a cambios en el mercado y/o reformas deberán ser actualizados con base a estos para así poder generar una planeación apropiada.

3.1.3.2 Explosión

La segunda hoja titulada “Explosión” fue creada por medio de un profundo análisis realizado a cada actividad (obtenida del catálogo de conceptos y colocada en MS Project); el cual consiste en revisar la actividad (concepto) de manera independiente y asignar los recursos

necesarios para poder desempeñarla. Se debe resaltar que este apartado requiere de una gran experiencia del constructor y del uso de otras herramientas (softwares y/o estudios alternos) que permiten llevar a cabo la explosión (se define como el desglosar cada actividad en todos sus elementos) de manera efectiva, mostrando la siguiente información:

- Materiales
- Mano de obra
- Herramientas

Este trabajo de tesis solo se va a enfocar en mostrar los materiales necesarios para llevar a cabo las actividades; los demás elementos no serán contemplados para la planeación y los costos.

La hoja diseñada para la asignación de materiales a cada actividad tiene como objetivo concentrar la información de una manera específica, contemplando los materiales necesarios, las cantidades requeridas, la unidad de medida y finalmente el costo, con el objetivo de obtener la relación de los materiales con una unidad de la actividad (ya sean metros cuadrados, metros cúbicos, metros lineales, kilogramos, piezas, salidas, juegos o lotes). En la Figura 12 se puede observar la estructura propuesta de la explosión de materiales por actividad, así como los costos asociados, siendo este un atributo solicitado por el constructor ya que le permite controlar la obra de una manera mucho más efectiva.

Cabe resaltar que para mayor flexibilidad se estableció una relación entre la hoja titulada “BOM” y la de “Explosión” a través de fórmulas, con la finalidad de simplificar el proceso y poder relacionar los datos permitiendo de esta manera el llevar a cabo actualizaciones y/o modificaciones en una de estas, y reflejándose automáticamente en la segunda hoja.

3.1.3.3 Plan Maestro de Producción

El tercer paso de la metodología es una parte fundamental dentro de la estrategia general establecida, ya que la creación de un Plan Maestro de Producción es fundamental para

314 Apuntalamiento de viguetas incluye nivelación M2					
Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo	Importe
Materiales					
MACI-001	Polín 3 1/2 x 3 1/2" x 8 1/4'	pt	1.00580	\$ 7.19	\$ 7.23
MACI-003	Duela Economica 3/4" x 3 1/2" x 8 1/4'	pt	0.57610	\$ 28.54	\$ 16.44
MACI-009	Barrote 1 1/2" x 3 1/2" x 8 1/4'	pt	0.09180	\$ 9.14	\$ 0.84
ACEL-002	Alambre recocido núm. 16	kg	0.03620	\$ 12.00	\$ 0.43
ACEL-007	Clavo con cabeza de 2"	kg	0.20700	\$ 12.78	\$ 2.65
Suma de Materiales					\$ 27.59
315 Cimbra acabado comun en losas macizas incluye cimbrado, descimbrado, habilitado, reclavado y acarreo M2					
Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo	Importe
Materiales					
MACI-001	Polín 3 1/2 x 3 1/2" x 8 1/4'	pt	1.43362	\$ 7.19	\$ 10.31
ACEL-010	Clavo con cabeza de 3 1/2"	kg	0.02444	\$ 12.78	\$ 0.31
ACEL-009	Clavo con cabeza de 3"	kg	0.02776	\$ 12.79	\$ 0.36
MACI-009	Barrote 1 1/2" x 3 1/2" x 8 1/4'	pt	1.01733	\$ 9.14	\$ 9.30
MACI-002	Triplay de 16 mm.	m2	0.13750	\$ 98.31	\$ 13.52
COMB-006	Diesel	litro	0.50000	\$ 5.78	\$ 2.89
MACI-003	Duela Economica 3/4" x 3 1/2" x 8 1/4'	pt	0.69034	\$ 28.54	\$ 19.70
Suma de Materiales					\$ 56.38
Mano de Obra					
MOCA-013	Cabo de oficios 1/20	jor	0.01111	\$ 510.22	\$ 5.67
MOCA-002	Ayudante General	jor	0.11111	\$ 273.27	\$ 30.36
MOCA-018	Carpintero Obra Negra	jor	0.11111	\$ 408.21	\$ 45.36
Suma de Mano de Obra					\$ 81.39
316 Colocar acero de refuerzo FY=4200kg/cm2 incluye cortes, acarreo y habilitado de 3/8" de diámetro en losas macizas KG					
Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo	Importe

Figura 12. Plantilla de la explosión de materiales por actividad

Fuente: Elaboración propia.

alcanzar el objetivo de generar un control de los materiales. La creación del Plan Maestro requiere de un enfoque diferente, ya que al realizar proyectos dentro de la construcción estos no se pueden englobar como una producción de línea continua y repetitiva, sino que son proyectos especializados y que cambian totalmente entre ellos, es por esta razón que se han definido diferentes fases para lograr un Plan Maestro adecuado y funcional.

La primera fase se denomina como la estructura del MPS ya que en esta se define la forma en la que los datos serán colocados dentro de la plantilla. Como primer paso es necesario colocar todas las actividades utilizadas en el MS Project; la plantilla facilita esta tarea ya que al momento de escribir la clave de la actividad toda la información relacionada a la misma se mostrara; en este caso el nombre de la tarea y la unidad. Posterior a esto es necesario colocar la demanda de cada actividad (metros cuadrados, metros cúbicos, metros lineales, piezas, kilogramos, juegos, lotes, salidas; todos definidos por sus respectivas iniciales M2, M3, ML, PZA, KG, JGO, LTE, SAL). Esta información se obtiene a través del

levantamiento de la obra, los planos, y el análisis realizado por el constructor desde un principio, definiendo de esta manera lo que se requiere para realizar la construcción. Al haber definido lo previamente establecido se debe de llevar a cabo la asignación del tiempo bajo el cual las actividades serán reflejadas; es importante aclarar que todas las actividades implicadas en el proyecto de construcción deben reflejarse en ventanas de tiempo flexibles. Dentro de este trabajo se considera que esta asignación debe llevarse a cabo en lapsos de tiempo semanales, permitiendo de esta manera que se evalúe el avance del proyecto a lo largo de cada semana de una manera sencilla.

La segunda fase se denomina como análisis, la cual se centra en transmitir la planeación realizada en MS Project dentro de la plantilla MPS en una forma cuantitativa. La estrategia a seguir se enfoca en usar la herramienta de revisión de avances que proporciona MS Project, la cual permite cambiar la fecha de estado, con la finalidad de visualizar el avance que deberá tener el proyecto en dicha fecha; representado dicho valor en porcentajes. Dentro de este contexto se debe hacer un apartado para resaltar la importancia de esta herramienta, ya que el tener la posibilidad de visualizar los avances del proyecto de acuerdo a lo programado, será posible realizar una comparación con la realidad; si estos son diferentes se deberá realizar una reprogramación cuidando que las actividades de la ruta crítica no sean afectadas y empleando las holguras de forma adecuada.

El objetivo de definir los porcentajes de avance es el de calcular los requerimientos semanales para de esta manera realizar la planeación de todos los materiales; resaltando a través de una matriz el porcentaje específico de avance requerido para cada actividad en un periodo de tiempo específico (en las semanas definidas en MS Project).

La tercera fase se enfoca en la captura e interpretación de los datos arrojados por la evaluación del avance del proyecto, los cuales se colocan en la plantilla de MPS con relación a los conceptos correspondientes del proyecto. El Plan Maestro de Producción para un proyecto de construcción se rige por todas las características, necesidades y requisitos especiales por parte del cliente, donde el constructor tiene el trabajo de establecer la demanda de los materiales y definir los procesos necesarios para llevar a cabo la construcción. En un caso contrario, se encuentra el Plan Maestro de Producción de un producto fabricado en línea y

estandarizado, donde los requerimientos del cliente definen la demanda y con base a eso se lleva a cabo la planeación de la producción.

Por último, al haber definido la demanda y al haber extraído los porcentajes de avance del proyecto se puede establecer una relación entre estos por medio de una fórmula con el objetivo de definir la demanda semanal (se puede calcular alcances diarios o de cualquier lapso de tiempo). Como resultado se obtiene una tabla la cual representa a todo el proyecto y que es necesaria para llevar a cabo la planeación de los materiales como se puede observar en la Figura 13. A continuación se muestra la fórmula utilizada para el cálculo de los requerimientos semanales:

$$(F1) \quad RS = P * D$$

Dónde:

RS= Requerimiento semanal (expresado en números).

P= Porcentaje de avance semanal requerido de cada actividad (calculado por medio de las herramientas de MS Project.

D=Demanda requerida de cada actividad

3.1.3.4 Planeación de los requerimientos de materiales de construcción.

El último paso dentro de esta metodología se enfoca en la integración de todas las tablas y en su relación con la plantilla generada para llevar a cabo la planeación, siendo esta última la que permitirá llevar el control de los materiales con la finalidad de tener una mejor administración de los tiempos y costos relacionados.

Clave	Nombre de tarea	Unidad	Cantidad	12/01/2015			19/01/2015			26/01/2015	
				Semana 1 %	Semana 1	Diario S1	Semana 2 %	Semana 2	Diario S2	Semana 3 %	Semana 3
CAHAB1	PROYECTO DE VIVIENDA			0.02			0.03				0.04
PRE1	PRELIMINARES			0.41			0.3				0.29
111	Despalme del terreno natural a través de excavación	M2	137.15	1	137.15	137.15	0	0	0	0	0
112	Trazo y nivelación de terreno natural incluido puenteado, encalado y dejar	M2	148.57	1	148.57	148.57	0	0	0	0	0
113	Montar servicios provisionales para obreros	LTE	7	1	7	7	0	0	0	0	0
114	Montaje de bodega de madera en pino con forro de lámina galvanizada	PZA	1	1	1	0.5	0	0	0	0	0
115	Excavación con máquina en cepas de 0 a 2m de profundidad, incluye afinar c	M3	53.72	1	53.72	17.906667	0	0	0	0	0
116	Construcción de cisterna para el almacenamiento de agua de 10 mts cubico	PZA	1	0.27	0.27	0.0675	0.4	0.4	0.066667	0.33	0.33
117	Acarreo en carretilla de material producto de la excavación y/o demolición	M3	30.48	0.31	9.4488	1.88976	0.38	11.5824	1.9304	0.31	9.4488
118	Acarreo de material producto de la demolición y/o excavación en camión a	M3	30.48	0	0	0	0	0	0	1	30.48
CIM2	CIMENTACION			0.01			0.12				0.25
211	Colocar plantilla de concreto simple de F'c=100kg/cm2 de 5cm de espesor c	M2	45	0.5	22.5	22.5	0.5	22.5	22.5	0	0
212	Construcción de mampostería de piedra brasa asentada con mortero 1.5 aci	M3	21.47	0	0	0	0.5	10.735	1.7891667	0.5	10.735
213	Relleno compactado con pizón de mano en capas no mayores de 20cm de e	M3	36.1	0	0	0	0.33	11.913	2.97825	0.5	18.165
214	Suministro tendido, junteo y prueba de tubería de PVC sanitario de 6" inclu	ML	20.32	0	0	0	0	0	0	0.33	6.706
215	Registro de tabique rojo recocido de 40*60*100cm de profundidad asentad	PZA	5	0	0	0	0	0	0	0.17	0.85
216	Anclaje de castillos ARMEX 15*20-4 para anclaje en cimentación	KG	37	0	0	0	0	0	0	0.67	24.79
217	Cadenas de cimentación FY=4200 kg/cm2 con varilla de 3/8" incluye habilita	ML	133.5	0	0	0	0	0	0	0.67	89.64
218	Curado de concreto con agua	M3	5.22	0	0	0	0	0	0	0.17	0.8874
219	Impermeabilización de cadenas y/o losas de cimentación para desplante d	ML	133.5	0	0	0	0	0	0	0	0
222	Preparación de mangueras poliflex para instalación eléctrica, tuberías de P	LTE	4	0	0	0	0	0	0	0	0
221	Firme de concreto F'c= 150kg/cm2 de 8cm de espesor acabado escobillado,	M2	70	0	0	0	0	0	0	0	0
117	Acarreo en carretilla de material producto de la excavación y/o demolición	M3	19.49	0	0	0	0	0	0	0	0

Figura 13. Plantilla del Plan Maestro de Producción

Fuente: Elaboración propia.

La hoja titulada “Planeación” se encuentra dividida en tres secciones consideradas de fácil manipulación ya que solo requieren de la modificación de algunas celdas gracias a la apropiada vinculación entre hojas a través de fórmulas. La primera sección muestra el tipo de actividad a realizar y los materiales necesarios para llevarla a cabo, donde el usuario con solo escribir la clave (ya sea de la actividad y/o del material) está mostrara automáticamente en los campos consecuentes toda la información relacionada a dicha clave reduciendo de esta manera el transcribir toda esa información que fue previamente capturada. Aunado a esta sección se ha colocado una columna para la captura del inventario inicial, el cual se deriva de un material que ya no se utilizó en un proyecto anterior o bien del proyecto actual el cual está generando inventario por cada actividad; por lo tanto este se debe emplear en las actividades subsiguientes.

La segunda sección se encarga de ejecutar la planeación de los materiales a lo largo de todo el proyecto, la cual se ha subdivido por tablas semanales que contienen columnas estructuradas por una serie de fórmulas indispensables para el cálculo de la cantidad de material requerido y sus costos. Estos últimos permiten que tanto el constructor como el cliente puedan visualizar la cantidad monetaria requerida cada semana para alcanzar el objetivo del proyecto; es importante recalcar que el involucramiento del cliente a lo largo de todo el proyecto permite que este se concluya con éxito. En la figura 14 se puede observar el

diseño de las tablas semanales para el cálculo de materiales en donde se muestran sus diversos componentes:

- Alcance en días del material para la semana en curso y de igual manera para la siguiente semana.
- El consumo del material para cada actividad, esta se encuentra relacionada con el MPS.
- El consumo permite definir la cantidad de pedidos, el cual se basa en el tamaño de lote del material, la demanda o consumo a cubrir y el inventario que se desea conservar para la siguiente semana.
- Los costos asociados a los pedidos
- Inventario virtual, el cual permite visualizar el material que estará disponible para la siguiente semana cuya finalidad es la de evitar faltantes o sobre inventarios así como también que se generen desperdicios y tiempos muertos.

Dentro de esta planeación se hace énfasis al control de los materiales, y un aspecto importante para la realización del mismo es la de considerar los tiempos de entrega de cada material. En la estructura de la plantilla nombrada como “BOM” se ha incluido el tiempo de entrega y el cual para este estudio se ha definido como un factor de bajo riesgo ya que los tiempos que involucran a la entrega del material, en su mayoría son muy cortos (normalmente de 2 días). Sin embargo, para este aspecto se recomienda que el constructor asegure con sus proveedores los tiempos de entrega al inicio del proyecto; y si es necesario realizar contratos para algunos materiales especiales, estos deberán de ser realizados para evitar retrasos y/o fallas.

Cabe resaltar que esta sección está diseñada de manera que el constructor solo necesita realizar sencillas modificaciones en las fórmulas de acuerdo a como va avanzando la línea de tiempo del proyecto, con el fin de facilitar la manipulación de la plantilla y ser adaptada a cualquier tipo de proyecto, para esto de igual manera se han creado etiquetas donde se especifican los cambios que se deben de realizar en las fórmulas tal y como se puede observar en la Figura 15.

\$ 27,414.58						
Semana 3						
Semana 3	Semana 4				Semana 3	
Alc	Alc rec	Contro	Pedido	Costo	Consum	Inv. Virtu
0.00	0	0	0.000	0.00	0	0
0.00	0	0	0.000	0.00	0	0.0040572
0.01	0	0	0.000	0.00	0	0.7518881
0.04	0	0	0.000	0.00	0	6.095735
0.00	0	0	0.000	0.00	0	0
0.00	0	0	0.000	0.00	0	0
0.00	0	0	0.000	0.00	0	0
0.00	0	0	0.000	0.00	0	0
0.00	0	0	0.000	0.00	0	0.0023
0.21	0	0	0.000	0.00	0	4.72425
0.19	0	0	0.000	0.00	0	4.2648
0.02	0	0	0.000	0.00	0	0.40105
0.31	0	0	0.000	0.00	0	6.98545
0.00	0	10.735	10.735	0.00	10.735	0
1.14	0	11.911	12.000	4,173.84	13.9555	0.089
2.11	1	0	0.000	0.00	1.6346185	2.1318131
0.00	2	0.9473039	0.950	1,032.60	0.948652	0.0026961
0.07	0	4.4580396	6.000	860.82	4.5911448	1.5419604
0.00	0	18.05	18.050	0.00	18.05	0
2.83	1	18	24.000	5,280.00	23.465	9.0481
0.00	0	7	6.706	0.00	6.7056	0
0.00	0	7	12.000	1,478.40	6.7056	5.2944
0.00	0	7	12.000	265.80	6.906768	5.093232

Figura 14. Tabla para el control semanal del material de acuerdo a las actividades.

Fuente: Elaboración propia.

Semana 2						
Semana 2	Semana 2		Pedido		Semana 2	Inv. Virtual
0.00			0			0
0.00			0			0.0040572
0.03	0	0	0	0	0	0.7518881
0.25	0	0	0	0	0	6.095735
0.00	0	0	0	0	0	0
0.17	0	0	0	0	0	1
0.00	0	0	0	0	0	0

Figura 15. Etiquetas para la modificación de fórmulas.

Fuente: Elaboración propia donde se muestran las etiquetas con instrucciones con el fin de evitar errores, e informar al constructor en que celdas deberá de realizar los cambios para que la plantilla funcione de manera adecuada.

La tercera sección del diseño de esta plantilla es la responsable de controlar el inventario que se genera al finalizar una actividad; el objetivo tras este control radica en la necesidad de la constructora por reducir las pérdidas y poder visualizar de una forma más sencilla la cantidad de material disponible que puede ser utilizado en las siguientes actividades parte del proyecto. La función de esta sección es simplemente mostrar el material disponible al final de cada actividad con el objetivo de emplearlo en las siguientes actividades que lo requieran; esta asignación se realiza a través de fórmulas que automáticamente sumarán o restarán el material.

Por último, esta plantilla permite mostrar el costo del inventario el cual se compone de la siguiente manera:

- Precio unitario de cada material: este precio de adquisición del material se considera ya que este es un sobrante y representa dinero invertido.
- Cantidad de material: este representa la cantidad de material sobrante.
- Gastos de operación: Los gastos generados por este concepto se han identificado dentro de los proyectos de la empresa de estudio y los cuales se han definido como un porcentaje de impacto dentro del inventario. El estudio realizado junto con el constructor permite definir a los gastos de operación como el 12% del inventario, conformado por dos costos relevantes y los cuales son:
 - a) Almacenamiento: el material adquirido se almacena dentro de la construcción, sin embargo el constructor puede recurrir a la renta de un área de almacén, este costo incluye el salario de la persona responsable de la seguridad del almacén.
 - b) Transporte: los costos del transporte del material representan un bajo impacto debido a las cortas distancias y al uso de equipos no tan sofisticados.

Respecto al material usado dentro de la construcción se debe hacer mención que dicho material varía en cada etapa de la construcción y por lo tanto el tiempo de almacenamiento debe de ser de pocos días, incluso horas, ya que el tener existencias en etapas posteriores

puede representar una pérdida neta dentro del proyecto, debido a que este material no será utilizado. Para este caso se recomienda el crear una cultura con filosofía JIT (justo a tiempo) la cual implica tener el material cuando se necesita y en la cantidad que se necesita, con el objetivo de tener cero inventarios. El enfoque de este trabajo de estudio no es el de implementar esta filosofía dentro de la empresa de estudio, sin embargo se detecta como un área de oportunidad dentro de la misma para trabajos posteriores.

La fórmula empleada para el cálculo del costo del inventario se muestra a continuación:

$$(F2) \quad CI = (\sum_{i=1}^n Q_i PU_i) GO$$

Dónde:

CI=costo de inventario

Q=cantidad de material sobrante

PU=precio unitario del material sobrante

GO=porcentaje de gastos de operación

La Figura 16 muestra el control del inventario como parte de la plantilla generada, con la finalidad de que el constructor considere los diversos aspectos alrededor de una adecuada planeación y de esta manera tomar las decisiones más apropiadas.

Finalmente, como parte de esta plantilla se implementó un control de inventario, de una forma sencilla y visual, el cual le permite al constructor detectar cuando existe un inventario y el tipo de material en inventario, permitiendo que el constructor lo utilice para actividades posteriores o adopte las medidas necesarias respecto a dicho material. El sistema de control de inventario se refleja en la primera sección de la plantilla “planeación” resaltando de color amarillo la clave del material de manera automática, como muestra de que hay existencias; en caso de que este material sea utilizado posteriormente (cero existencias) la clave no continuará resaltada en color amarillo.

Versión: 00		EDIFICADORA DR			Total			
Fecha: 12.01.15					Costo Total	\$ 576,206.72		
						\$ 10,315.03		
#EDIFICADOR	Descripción	Unid	Std Pa	Inv. Inicia	Consumo Inv. Final	Inventario Final	Costo Inventario	
112	Trazo y nivelación de terreno natural incluido puenteado	M2	1		0	0	0.00	
AGRE-004	Calhidra	ton	0.0025	0.005	0.0040572	0	0.00	
MDES-006	Hilo cáñamo o de plástico de 300 mts	pieza	1	1	0	0.7518881	11.67	
MACI-005	Barrote 1 1/2" x 3 1/2" x 8 1/4'	pt	8.25		6.095735	0	0.00	
114	Montaje de bodega de madera en pino con forro de lámina	PZA	1		0	0	0.00	
MAOB-001	Madera de pino de primera de 1 1/2 x 12 x 8	pieza	1		0	0	0.00	
CMC-22708	Lamina +3 Estropajos 25Cm 20900, Rubi De México S.A De C	pieza	1		0	0	0.00	
211	Colocar plantilla de concreto simple de F'c=100kg/cm2 de	M2	1		0	0	0.00	
AGLU-002	Cemento Gris Normal Tolteca	ton	0.005	0.02	0.0023	0	0.00	
AGRE-001	Arena x m3 (Camion de 6 M3)	m3	6		4.72425	0	0.00	
AGRE-002	Grava de 3/4" 19 mm. x M3 (Camión de 6M3)	m3	6		4.2648	0	0.00	
AGRE-016	Agua potable.	m3	1		0.40105	0.00000	0.00	
MACI-001	Polín 3 1/2 x 3 1/2" x 8 1/4'	pt	8.25	10	6.98545	0	0.00	
212	Construcción de mampostería de piedra braza asentada c	M3	1		0	0	0.00	
AGRE-007	Piedra braza.	m3	6	4	0	0.089	30.96	
AGRE-016	Agua potable.	m3	1	0.40105	2.1318131	0.00000	0.00	
AGLU-005	Mortero Tolteca	ton	0.005	0.01	0.0026961	0.00000	0.00	
AGRE-001	Arena x m3 (Camion de 6 M3)	m3	6	4.72425	1.5419604	0.00000	0.00	
213	Relleno compactado con pizón de mano en capas no may	M3	1		0	0	0.00	
AGRE-006	Petate	m3	6		0	1.07	235.40	
214	Suministro tendido, junteo y prueba de tubería de PVC sa	ML	1		0	0	0.00	
MUCU-010	Anticreto PVC blanca 300 mm, sello retenedor de agua, m	m	6		0	3.68	453.38	
MHPV-231	Tubo de PVC hidraulico de cementar extremos lisos de 38	ml	6		0	3.07040	68.01	
215	Registro de tabique rojo recocido de 40*60*100cm de pro	PZA	1		0	0.00000	0.00	

Figura 16. Control del inventario final de cada actividad.

Fuente: Elaboración propia.

La herramienta implementada para la planeación de los materiales involucrados en la construcción permite al constructor tener un mayor control del manejo de los mismos, con la finalidad de concluir los proyectos en tiempo y forma, así como el reducir e incluso eliminar las pérdidas a consecuencia del mal manejo.

3.2 Capacitación

Las dos herramientas implementadas dentro de la empresa de estudio se desarrollan bajo una estructura que involucra el uso de una computadora, considerada como un recurso sencillo para la manipulación; por lo tanto el adecuado uso del programa y la plantilla es clave para lograr los objetivos establecidos. Como parte del desarrollo de este trabajo se estableció un plan de implementación de estas herramientas, el cual en su actividad final contempla una capacitación del personal involucrado en el uso de las herramientas.

El proceso de capacitación consistió en dos etapas:

- Etapa 1 Parte teórica: en esta etapa se le explicó al personal el objetivo de las herramientas implementadas, así como la funcionalidad de las mismas; con la finalidad de demostrar que son herramientas de apoyo en las actividades de administración, planeación y control de proyectos dentro de la empresa.
- Etapa 2 Parte práctica: esta etapa se enfoca en llevar a la práctica la etapa 1, donde las personas involucradas interactúan con las herramientas diseñadas para conocer el sistema a detalle, demostrando de esta manera su funcionalidad y utilidad dentro de la empresa. La etapa 2 está enfocada a demostrar cómo se capturan los datos, como se actualizan y adaptan las fórmulas de acuerdo a las necesidades, y finalmente se demuestra la interacción entre las herramientas.

3.3 Resultados

Dentro de las diversas fases de aplicación de la metodología se lograron visualizar los resultados de las mismas, los cuales reflejaron la gran utilidad de emplear las herramientas adoptadas dentro de la empresa de estudio.

En la primer parte de la metodología se implementó la herramienta de Microsoft Project, la cual tiene como objetivo administrar el proyecto de construcción en sus diversas actividades. Microsoft Project permite al planeador de la construcción visualizar la totalidad del proyecto con tiempos de duración por cada actividad, establece relaciones entre actividades permitiendo conocer las dependencias que existen y finalmente establece la ruta crítica a seguir para cumplir con el proyecto en tiempo en forma. Todas estas características permiten a la empresa de estudio administrar sus proyectos bajo un estricto orden y control, definiendo estrategias para anticiparse y poder cumplir con las fechas establecidas de las actividades, principalmente con las actividades parte de la ruta crítica.

La implementación de las herramientas permitió la integración de las actividades relacionadas con la construcción de una vivienda en una forma virtual, logrando de esta manera lo siguiente:

- Comunicación del proyecto de manera sencilla y visual entre todos los involucrados

- Definición de los alcances del proyecto
- Adecuada programación de todas las actividades
- Realizar modificaciones necesarias de forma anticipada, en caso de que existan acciones correctivas será posible visualizar el impacto de las mismas en todo el proyecto (suavizar consecuencias o buscar alternativas)
- Visualizar las actividades que son de holgura a modo de tomar ventaja de las mismas.

Un aspecto importante de esta implementación fue que las herramientas sustituyeron la forma de desarrollar los proyectos de la empresa reduciendo el tiempo invertido, ya que se estandarizó una estructura que permite al constructor tener una guía clara de hacia dónde se dirige el proyecto.

Ambas herramientas tienen como función principal interactuar entre sí con el objetivo de facilitar el manejo de la información, donde MS Project define las actividades necesarias para el proyecto y la plantilla de Excel extrae estas actividades a través de fórmulas ligadas con el catálogo de conceptos (solo se debe de escribir la clave de la actividad). La plantilla de Excel está estructurada en su gran mayoría con fórmulas interrelacionadas y con referencias cruzadas, haciendo uso de diversas tablas, todo bajo la necesidad de tener un control sobre los materiales debido a su relevancia dentro de la construcción, es por este motivo que el diseño de la misma requiere de cuatro hojas que interactúan entre sí para el manejo, disposición y actualización de la información de una manera sencilla.

El primer resultado obtenido por esta implementación fue la creación de una base de datos en donde se visualiza y concentran los materiales, consumos y costos para su fácil acceso y uso dentro de los diversos proyectos de construcción que se desarrollen en un futuro. Esta base de datos concentra la información en diversas tablas, las cuales se relacionan entre sí generando una matriz de materiales con su descripción y costos a fin de que el constructor pueda visualizarlos y ligarlos a su planeación con solo escribir el código asignado.

Como segundo resultado se encuentra la posibilidad de analizar los consumos de materiales con el fin de definir la cantidad requerida para cada actividad y ligar los costos correspondientes. El desarrollo de este análisis facilita el trabajo del constructor en proyectos futuros ya que los consumos de cada actividad se estandarizan, en caso de requerir

actualizaciones estas serán llevadas a cabo por: cambios en costos, cambio en tipos de materiales o cambios en el método de construcción. Por último cabe resaltar que el constructor está capacitado en la forma de almacenar esta información con el objetivo de poder ligarla a su planeación y facilitar la planeación de su proyecto en base a los materiales.

El tercer resultado fue la vinculación entre Microsoft Project y la plantilla en Excel donde el primero al concentrar toda la planeación del proyecto permitió establecer un puente de información sobre los requerimientos de cada actividad en un lapso (periodo) definido por el usuario; y de esta manera generar el Plan Maestro de Producción. Dentro de este contexto se resalta que en proyectos especializados como los de la construcción siempre existen complicaciones por su gran variabilidad y no repetitividad, con esto se logra resolver el problema que tenía la empresa para relacionar los proyectos con los consumos de materiales bajo un control interno.

Por último, se logró desarrollar una plantilla responsable de llevar a cabo la planeación de los materiales a lo largo de todo el proyecto, con el objetivo de conocer el material consumido en cada periodo y con base a eso realizar pedidos controlados, orientado a reducir pérdidas y disminuir los tiempos muertos. La implementación de esta planeación de materiales permite controlar el flujo de materiales y a su vez los inventarios, donde estos últimos anteriormente fluctuaban con gran frecuencia debido a que se desarrollaban bajo una estructura donde las necesidades diarias eran las que determinaban los pedidos de material, generando en ciertas ocasiones sobre-inventarios o escasez de material.

Actualmente la empresa ha logrado integrar las herramientas propuestas dentro de su estructura de trabajo de manera exitosa y principalmente dentro de un proyecto de construcción que desempeñaba previo a la implementación. Como se mencionó al principio de este trabajo, la empresa contaba con diversos problemas dentro de su organización y en el desarrollo de su proyecto de construcción en curso fue posible detectar su impacto.

Con la finalidad de demostrar la utilidad de las herramientas el proyecto de construcción fue adaptado a las herramientas propuestas desde el principio del mismo con la finalidad de evidenciar las ventajas y mejoras que estas pueden brindar a la empresa. El proyecto se encontraba en la etapa final de estructura y albañilería del segundo nivel, y con

base al contrato entre la empresa y el cliente se anexaron los materiales, recursos y las fechas definidas; sin embargo el análisis de la realidad contra lo planeado diferían en gran parte.

Problema 1: El proyecto no se estaba cumpliendo dentro de los tiempos establecidos, ya que se detectó que las actividades críticas habían sido desfasadas como consecuencia de retrasos en la entrega de materiales y re-trabajos en actividades. Existía un retraso en el proyecto global de 20 días (11% agregado al tiempo global planeado) con tendencia en aumentar hasta 64 días a lo largo del mismo (35% agregado al tiempo global planeado), esta tendencia se obtuvo de los proyectos anteriores de la empresa los cuales fluctúan entre 30% y 35% máximo de retraso.

Resultado de la implementación: El uso de las herramientas permitió reducir el problema debido a que se tomaron las medidas necesarias al detectar el mismo; siendo el tiempo de retraso final de 15 días, lo cual expresado en porcentajes implica:

$$\left(1 - \left(\frac{15}{64}\right)\right) 100 = 77\% \text{ menos del tiempo de retraso proyectado}$$

Para el caso específico de la construcción de la vivienda parte del análisis de este trabajo de tesis, el porcentaje de reducción en el tiempo de retraso del proyecto representa en términos monetarios tanto la recuperación de la utilidad y el evitar pérdidas. Esta reducción monetaria se representa en una cantidad de \$123,794.41 la cual permite reflejar la recuperación monetaria de la utilidad proyectada de \$100,951.42. La diferencia entre estas es de \$22,842.99 la cual es considerada como la cantidad recuperada fuera de la utilidad y que afecta directamente al presupuesto de la obra generando pérdidas monetarias en dicho proyecto de construcción.

Problema 2: la mala distribución de recursos se reflejaba en costos extras no planeados, por lo tanto al momento de implementar las herramientas se detectaron las siguientes situaciones: el material que se tenía en inventario no estaba bajo control:

- Existían faltantes de material debido a que no había una planeación de los mismos y no se contemplaban las necesidades de material para cada actividad,

lo cual incurría en costos extras a causa del proceso de pedido y recepción de material. De acuerdo a la información obtenida por el constructor estos costos representan el 10% del costo de material por unidad ya que implican el salario de la persona encargada de pedir material (ya se había pagado este salario la primera vez que se hizo el pedido) y el costo del transporte (gasolina, flete).

- Sobre inventario dentro de los diversos proyectos, el cual representaba el material que se tenía en exceso a consecuencia de la inadecuada planeación y de igual manera el material que no estaba bajo control y no se utilizaba de manera óptima en las actividades posteriores (el material se desperdiciaba). Según el estudio realizado por el constructor en los proyectos anteriores, este representa hasta el 14% del costo de todo el material comprado.

Resultado de la implementación: El uso de las herramientas permitió reducir el impacto negativo de los costos relacionados con el inadecuado control de los materiales. En el caso de los costos generados por los faltantes de material se logró eliminar el 10% del costo (100% de reducción) que se estaba generando por realizar pedidos extras. Respecto al sobre inventario, se logró reducir hasta el 86% del costo del mismo, donde el porcentaje restante representa un costo de inventario del 2% con base al costo total del material comprado.

El objetivo de este proyecto se enfocaba en lograr estos resultados, donde el constructor se permitiera hacer uso de una herramienta responsable del control de materiales a fin de reducir a lo mínimo los problemas que estaba reflejando la empresa. El proceso de implementación requirió de proveer capacitación al responsable y enseñarle la interacción de la plantilla para su uso adecuado, demostrando de esta manera el alcance y la adaptabilidad de la misma, obteniendo así resultados satisfactorios.

Cabe mencionar que esta implementación trabajó muy de la mano con un atributo que el constructor definió como crucial para su proceso y el cual le permite evaluar la factibilidad de sus proyectos, este se refiere a la integración con los costos en cada parte de la plantilla. Dicho atributo permite evaluar el proyecto, tomar decisiones y medir los avances del mismo, donde este último hace referencia al flujo de efectivo el cual representa la cantidad monetaria que proporciona el cliente al constructor en ciertos periodos de tiempo, condicionando de esta manera el avance del proyecto.

En conclusión los resultados obtenidos por parte de este proyecto fueron satisfactorios ya que se logró la implementación de las herramientas dentro de la empresa de estudio y a su vez la integración de las mismas dentro de un proyecto de la empresa facilitando de esta manera el control de los mismos y el control sobre los materiales. La reducción de pérdidas monetarias a consecuencia de la falta de control, la reducción de tiempos muertos por falta de material, la reducción del tiempo invertido para desarrollar los proyectos debido a que se logró la estandarización de algunas plantillas y procesos; y finalmente la mejora y actualización de sus procesos son parte de los resultados obtenidos a lo largo del proyecto.

3.3.1 Indicadores

Dentro del contexto de optimización y como estrategia para mantener los resultados obtenidos con este trabajo de tesis, se implementaron dos indicadores dentro del proceso, los cuales se definen como herramientas de evaluación que entregan información cuantitativa. La adaptación de estos indicadores permite visualizar el estatus actual de la empresa con base a las herramientas y estrategias adoptadas para finalmente tener un proceso controlado; en el caso de no alcanzar los resultados deseados se deberán realizar mejoras y/o adoptar nuevas estrategias, todo enfocado hacia la mejora continua.

Los indicadores definidos en base a fórmulas matemáticas son los siguientes:

1. Medición de eficiencia del personal definido por:

$$\frac{\text{ERP}_n * \text{Num. de personal requerido}}{\text{PP}_n * \text{Num. de personal requerido}} * 100$$

Dónde:

ERP= Ejecución real del proyecto: representa el avance real en todas las actividades planeadas en el periodo.

n= periodo de evaluación.

PP= Planeación del proyecto: representa la previa planeación de todas las actividades dentro de un periodo.

El valor obtenido representa la eficiencia del personal empleado para llevar a cabo las actividades programadas en cada periodo con el objetivo de poder visualizar si el personal cumple con la meta establecida del 95% de la eficiencia como mínimo. En caso de no cumplir con la meta se deberán analizar los factores que están involucrados en el incumplimiento como pueden ser: falta de material, tiempos muertos por falta de herramienta, nuevos ingresos e incluso mala planeación de las actividades o inapropiada carga de trabajo. El análisis del incumplimiento de la meta permite al constructor adoptar las medidas necesarias para alcanzar la meta establecida y así cumplir con el proyecto en tiempo y forma.

2. Porcentaje de inventario definido por:

$$\frac{(I_{an-1} * CI_{an-1}) + (M_{an} * CM_{an})}{I_{an} * CI_{an}} * 100$$

Dónde:

I= Inventario

an= Actividad en el periodo de evaluación

CI = Costo de inventario

M= Material comprado

CM= Costo de material adquirido

El objetivo de esta fórmula es poder evaluar el inventario en stock por medio del costo para así determinar el porcentaje que este representa en relación a la cantidad de material adquirido para llevar a cabo cierta actividad en un periodo. Al obtener dicho porcentaje se pretende comparar el valor obtenido contra la meta establecida que se refiere a que el inventario del material no debe de ser mayor al 7% (porcentaje definido como ideal ya que es considerado dentro de los costos contemplados para este fin). En caso de no cumplir con la meta se deberá realizar una evaluación de la planeación del suministro de materiales, adoptar

nuevas estrategias de inventario de seguridad, lotes de pedido e incluso evaluar la cantidad de material requerido para llevar a cabo las actividades definidas dentro del proyecto.

Los indicadores mencionados en este proyecto fueron diseñados con la finalidad de tener un monitoreo de las herramientas implementadas y evaluar su desempeño, ya que el objetivo es mantener la empresa bajo control con respecto al desarrollo de proyectos y permitir que se involucre en una filosofía de mejora continua.

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

Dentro del sector de la construcción la poca planeación afecta al desarrollo de mayoría de las empresas, donde las herramientas empleadas son ineficaces y no permiten alcanzar los resultados deseados, sin embargo la propuesta de la implementación de herramientas que originalmente están más enfocadas en la industria de la manufactura han permitido atacar este problema dentro de una empresa del sector de la construcción, obteniendo resultados favorables de las mismas.

La aportación principal de este trabajo fue en su primera fase la adaptación de un programa orientado a la administración de proyectos a través de un Diagrama de Gantt donde se muestran las actividades y sus tiempos, con la finalidad de mostrar en una manera sencilla y rápida el estado actual del proyecto con avances y/o retrasos. La segunda fase de la implementación se enfocó en el diseño de una plantilla en Excel con el único objetivo de controlar los materiales, su disposición y el inventario, en donde una simple captura de datos permite calcular los costos y el uso o disposición de material para cada periodo de tiempo, con el objetivo de reducir los desperdicios y pérdidas monetarias como consecuencia de la mala planeación.

Los resultados obtenidos de este trabajo de tesis permiten visualizar la efectividad de las herramientas implementadas, demostrando una mejora y optimización dentro de la empresa de estudio. Es de suma importancia que las empresas hagan uso de las herramientas apropiadas para desempeñar la labor deseada de la mejor manera, ya que en la actualidad se necesita de una constante modificación y/o actualización de los métodos de operación con el objetivo de continuar siendo competitivos.

Como conclusión de este trabajo de tesis se establece que los objetivos específicos y el objetivo general se cumplieron con buenos resultados, donde se resalta una reducción en el tiempo de retraso de los proyectos y sus actividades hasta en un 77% menos como consecuencia de una buena planeación (el porcentaje restante implica un análisis de factores no considerados en este trabajo de tesis). De igual manera se logró reducir la pérdida

monetaria derivada de faltantes de material, siendo esta reducción de un 100%; y en cuestión de los costos incurridos por sobre-inventario se logró la reducción de estos hasta en un 86%; como consecuencia de la buena implementación de la plantilla para la planeación de los materiales que permite tener un control de los mismos a lo largo del proyecto.

Finalmente se resalta que la implementación de las herramientas está acompañada de indicadores de eficiencia con la finalidad de mantener un funcionamiento adecuado y constante de las mismas:

- Eficiencia del personal; definida como mínimo del 95% y donde el incumplimiento de esta implica una revisión por parte de la empresa dentro de sus procesos y actividades.
- Nivel de inventario: definido como no mayor al 7% y en donde el incumplimiento de este implica una revisión de la planeación de materiales.

Los resultados obtenidos como parte de este trabajo de tesis demuestran que la empresa dentro del sector de la construcción logró emplear estrategias que otros rubros con procesos estandarizados manejan, permitiendo la optimización de los procesos y mayores ganancias. Sin embargo aunque las herramientas han sido adaptadas al proceso de negocios de la empresa de estudio, la arquitectura de las mismas permite que sean utilizadas para diversas empresas.

4.2 Recomendaciones

El trabajo realizado dentro de la empresa de estudio se enfocó en el área de administración de proyectos y control de materiales, permitiendo dar una solución a los problemas que presentaba la empresa en las mismas. El alcance definido dentro de este proyecto da la pauta a que se realice un mayor análisis de la empresa el cual se deberá de enfocar en la logística de los materiales desde la selección y clasificación de proveedores como en la planeación para los pedidos de materiales permitiendo tener un mayor control de los mismos.

Por otro lado durante el estudio se detectó un área de oportunidad dentro de la empresa la cual es de suma importancia para el mejor desempeño de los proyectos de construcción y la

cual se centra en la calidad. Dentro del rubro de la construcción es bien conocido que los problemas de calidad se presentan durante y al final de una obra, siendo este el factor que permita explorar los conceptos de la calidad y las posibles medidas a adoptar. El proceso de construcción requiere de la implementación de medidas y controles de calidad que se enfoquen en los tipos de materiales empleados y en la forma de llevar a cabo los procesos de las diferentes fases de la construcción, con lo cual se evitarían muchos re trabajos y problemas de calidad posteriores. Por otro lado es necesario asegurar la calidad en la construcción posterior a la entrega de un proyecto (construcción) ya que esta definirá el desempeño del mismo y la satisfacción del cliente.

Como parte de la mejora y con el objetivo de crear un sistema integral y eficiente para el control de los proyectos de obra, se recomienda la implementación a futuro de algunos software enfocados al manejo del presupuesto, precios unitarios, insumos, programa de obra, entre otros; con el objetivo de complementar las herramientas previamente implementadas y así tener un mayor control de los proyectos en sus diferentes componentes.

Finalmente se recomienda que la empresa se involucre en temas de innovación y mejora continua ya que esto le permitirá ser más competitiva y de esta manera proporcionar un mejor servicio a todos sus clientes. Como consecuencia de la complejidad expresada en el rubro de la construcción, gran variabilidad y poco control, a veces no es tomado en cuenta dentro de temas de mejora continua, sin embargo el adoptar medidas bajo esta filosofía si es factible, donde implementando nuevas herramientas y adoptando estándares permitirán un mayor crecimiento en beneficio de la empresa.

Referencias

- Adizes, I. K. (2004). *Management/Mismanagement Styles: How to Identify a Style and What to Do About It*. California, United States: The Adizes Institute Publishing.
- Álvarez, I. (2006). Introducción a la Teoría de Proyectos. En *Planificación y Desarrollo de Proyectos Sociales y Educativos*, (pp. 49-65). México: Limusa.
- Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción (CMIC) (2013). “Los Retos de la Infraestructura en México 2013-2018”. México: Gerencia de Economía y Financiamiento.
- Carranza, M. (2011). *Guía Metodológica para la Gestión de la Integración, Alcance, Tiempo, Costo, Comunicación, Riesgo y Adquisiciones en Proyectos de Construcción de Viviendas*. Tesis de Maestría, Escuela de Administración, Universidad para la Cooperación Internacional (UCI), San José, Costa Rica.
- Carro, F. D., y Caló, A. (2012). *La Administración Científica de Frederick W. Taylor: Una Lectura Contextualizada*. VII Jornadas de Sociología de la Universidad Nacional de La Plata “Argentina en el escenario latinoamericano actual: debates desde las ciencias sociales”. Buenos Aires, Argentina.
- Castaño, P. (2012). *Implementación del Sistema de Planeación y Control “Last Planner” en el Tramo 2B del Corredor Parcial de Envigado para Mejorar la Confiabilidad y Reducir la Incertidumbre en la Construcción*. Tesis de Maestría, Escuela de Ingeniería, Universidad EAFIT, Medellín, Colombia.
- Contreras, E. R. (2013). El concepto de estrategia como fundamento de la planeación estratégica. (Spanish). *Pensamiento & Gestión*, (35), 152-181.
- Cruz, V., y Rosa, P. (2007). Modelo de Planificación Basado en Construcción Ajustada para Obras de Corta Duración. En: *Revista Información Tecnológica 1* (18), pp. 107-118.
- Drucker, P. F. (2009). *Management: Tasks, Responsibilities, Practices* [versión electrónica] (19^a ed.). New Delhi, India: Allied Publishers Pvt. Ltd.
- Esquivel, L. (2011). *Plan de Gestión para el desarrollo del sistema Administrador de Documentos para la corporación Capital Access Network*. Tesis de Maestría, Escuela de Administración, Universidad para la Cooperación Internacional (UCI), San José, Costa Rica.

- Fayol, H. (1969). *Administración Industrial y General* (11ª ed.). Distrito Federal, México: Herrero Hermanos, SUCS., S.A.
- García-Naranjo, M. (2009, noviembre). *La Planificación y Control de Proyectos en la Industria de la Construcción*. Ponencia presentada en el XVII Congreso Nacional de Ingeniería Civil (CONIC), Lambayeque, Perú.
- Goldratt, E. M., y Cox, J. (2005). *La Meta: Un Proceso de Mejora Continua* (3ª ed.). Madrid, España: Diaz de Santos.
- González, J. A.; Solís, R.; Alcudia, C. (2010). Diagnóstico sobre la Planeación y Control de Proyectos en las PYMES de Construcción. En: *Revista de la Construcción I* (9), pp. 17-25.
- Gosling, J. (2011). *Flexibility Strategies for Engineer-To-Order Construction Supply Chains*. Degree of Doctor of Philosophy, Business School, Cardiff University, Michigan, United States.
- Guillén, M. A. (2011). *Sistema de planeación basado en la Calidad para las empresas constructoras con especialidad en naves industriales y estructura metálica del Area Metropolitana de Monterrey*. Tesis de Maestría, Facultad de Arquitectura, Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, México.
- Heizer, J., y Render, B. (2004). *Principios de Administración de Operaciones* (5ª ed.). Edo. de México, México: Pearson Educación.
- Jacobs, F. R.; Berry, W. L.; Whybark, D. C., y Vollmann, T. E. (2011). *Manufacturing Planning and Control for Supply Chain Management* (6ª ed.). New York, United States: McGraw-Hill/Irwin.
- Hernández, A., y Ramírez, G. (2010). El control Administrativo de F. W. Taylor, Cien Años Después. (Spanish). *Gestión y Estrategia* (38), pp. 61 -73.
- Martínez, M. H. (1997). *Planeación, Programación y Control de Obra*. Tesis de Licenciatura, Escuela de Ingeniería, Instituto Tecnológico de la Construcción, D.F., México.
- Miranda, J. J. M. (2005). *Gestión de proyectos: identificación, formulación, evaluación financiera-económica-social-ambiental* (5ª ed.). Bogotá, Colombia: MMEditores.

- Olhager, J., y Selldin, E. (2007). Manufacturing planning and control approaches: market alignment and performance. En: *International Journal of Production Research* 6 (45), pp. 1469-1484.
- Palomares, A. (2011). *Estructura de Desgloses del Trabajo (EDT)* [Video]. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.
- Palomo, M. A. (2005). Los procesos de gestión y la problemática de las PYMES. En: *Revista de Ingenierías* 28 (8), pp. 25-31.
- Paredes, C. (2010). *Simulación mediante Excel de la programación de la construcción de un proyecto de 66 viviendas de interés medio*. Tesis de Licenciatura, Escuela de Ingeniería, Universidad de las Américas Puebla, Puebla, México.
- PYMES, Eslabón fundamental para el crecimiento de México*. (s.f.). Recuperado el 20 de Febrero 2015, de <http://www.promexico.gob.mx/negocios-internacionales/pymes-eslabon-fundamental-para-el-crecimiento-en-mexico.html>
- Rodríguez, V. M. (2011). *Sistema Administrativo basado en la Planeación, para Procesos Productivos con Aplicación a Constructoras de Vivienda del Area Metropolitana de Monterrey*. Tesis de Maestría, Facultad de Arquitectura, Universidad Autónoma de Nuevo León, Nuevo León, México.
- Steiner, G. A. (2010). *Strategic Planning: What Every Manager Must Know*. New York, United States: Simon & Schuster Inc.
- Suárez, C. (2000). *Administración de Empresas Constructoras* (2^a ed.). Distrito Federal, México: Limusa.
- Suniaga, R. D. (2010). *Desarrollo del Programa de Construcción del Proyecto Urbanístico “Construcción de Viviendas de Interés Social en el Municipio Aragua – Distrito Social Anaco (grupo A)”, ubicado en el Estado de Anzoátegui, de acuerdo al método PERT-CPM*. Tesis de Licenciatura, Escuela de Ingeniería y Ciencias Aplicadas, Universidad de Oriente, Barcelona, España.
- Taylor, F. W. (1969). *Principios de la Administración Científica* (11^a ed.). Distrito Federal, México: Herrero Hermanos, SUCS., S.A.

- Uribe, L. A., y Cupaban, S. A. (2013). *Sistema de Planeación y Control para el proceso de Diseño en Proyectos de Construcción*. Trabajo de Especialidad, Escuela de Ingeniería, Universidad Pontificia Bolivariana, Medellín, Colombia.
- Wacker, J. G., y Sheu, C. (2006). Effectiveness of manufacturing planning and control systems on manufacturing competitiveness: evidence from global manufacturing data. En: *International Journal of Production Research* 5 (44), pp 1015-1036.
- Yepes, V. (2014). *Estructura del desglose del trabajo (WBS)*. Recuperado el 23 de Febrero de 2015, del Sitio web de la Universidad Politécnica de Valencia:
<http://procedimientosconstruccion.blogs.upv.es/2014/02/10/estructura-del-desglose-del-trabajo-wbs/#more-1339>

ANEXO 1

EDIFICADORA DR S.A. DE C.V.

Construcción

Inmobiliaria

Mantenimiento

H. Puebla de Zaragoza a 03 de Diciembre de 2015

Dr. Elías Olivares Benítez

Coordinador de la Maestría en Sistemas Integrados de Manufactura y Estrategias de Calidad
Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla

Por medio de la presente, yo José Emmanuel Escalante Garfias, hago constar que el C. Everardo Sebastián Díaz Rodríguez, ha llevado a cabo un proyecto de tesis al interior de Edificadora DR S.A de C.V, empresa en la cual me desempeño como Gerente de Proyectos Arquitectónicos. Dicho proyecto de tesis lleva por título "*Adaptación de Herramientas de Planeación de la Manufactura a una Empresa del Sector de la Construcción*", y establece una propuesta para el mejoramiento en la administración de proyectos y planificación de materiales al interior de esta empresa.

Los resultados obtenidos en este proyecto de Tesis, se implementaron con satisfacción dentro de la empresa, mismos que se mencionan a continuación:

- Creación de una base de datos estructurada, con el objetivo de facilitar la planeación de diversos proyectos dentro de la empresa.
- Implementación exitosa de un software para la administración de proyectos.
- Adaptación de una plantilla en Excel con enfoque en la planeación de materiales, orientado a tener un mejor control dentro de la empresa y reducir pérdidas monetarias.
- Reducción del 77% en el tiempo de retraso en los proyectos como consecuencia del control de los proyectos.
- Eliminación de los costos por la inadecuada planeación de los materiales, los cuales se generaban por pedidos extras a los proveedores.
- Reducción del 86% del costo del inventario.

Con base en lo anteriormente mencionado, se expide esta carta para los fines que al solicitante competen.

ATENTAMENTE



José Emmanuel Escalante Garfias
Gerente de proyectos arquitectónicos



UPAEP – Secretaría General

Dirección General de Apoyos Académicos

Dirección del Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación.

Biblioteca Central - **Karol Wojtyła**

Tesis Digitales Restricciones de uso:

DERECHOS RESERVADOS ©

PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de textos, imágenes, gráficas, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente de donde la obtuvo mencionando el autor o autores involucrados en el documento.

Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

ANEXO 2

Catálogo de conceptos

Clave	Descripción	Unidad
111	Despalme del terreno natural a través de excavación	M2
112	Trazo y nivelación de terreno natural incluido puentado, encalado y dejar puntos fijos en el terreno	M2
113	Montar servicios provisionales para obreros	LTE
114	Montaje de bodega de madera en pino con forro de lámina galvanizada	PZA
115	Excavación con máquina en cepas de 0 a 2m de profundidad, incluye afine de talud y fondo de cepas	M3
116	Construcción de cisterna para el almacenamiento de agua de 10 mts cúbicos incluye castillos, colado y afine	PZA
117	Acarreo en carretilla de material producto de la excavación y/o demolición	M3
118	Acarreo de material producto de la demolición y/o excavación en camión a cualquier distancia	M3
211	Colocar plantilla de concreto simple de F'C=100kg/cm2 de 5cm de espesor con acabado regleado en fondo de cepas	M2
212	Construcción de mampostería de piedra braza asentada con mortero 1.5 acabado común, incluye acarreo y fabricación del mortero	M3
213	Relleno compactado con pizón de mano en capas no mayores de 20cm de espesor con material producto de la excavación, incluye incorporación de agua	M3
214	Suministro tendido, junteo y prueba de tubería de PVC sanitario de 6" incluye excavación y relleno	ML
215	Registro de tabique rojo recocido de 40*60*100cm de profundidad asentado con mortero cemento arena 1.5 incluye excavación, marco, contramarco, pulido y media caña	PZA
216	Anclaje de castillos ARMEX 15*20-4 para anclaje en cimentación	KG
217	Cadenas de cimentación FY=4200 kg/cm2 con varilla de 3/8" incluye habilitado, colocación, cimbra y concreto	ML
218	Curado de concreto con agua	M3
219	Impermeabilización de cadenas y/o losas de cimentación para desplante de muros de tabique con dos capas de emulsión asfáltica y una de cartón con riego de arena	ML

221	Firme de concreto F'C= 150kg/cm2 de 8cm de espesor acabado escobillado, incluye fabricación y colocación	M2
222	Preparación de mangueras poliflex para instalación eléctrica, tuberías de PVC para instalación sanitaria, tuberías de tubo plus para instalación hidráulica	LTE
311	Muro de tabique hueco tipo talamsa de 12*24*30cm asentado con mortero cemento arena acabado común	M2
312	Colocar castillos de 15*20cm de concreto F'C=150kg/cm2 armados con ARMEX 15*20-4, incluye cimbrado, descimbrado, habilitado del acero y colado	ML
313	Habilitar y colocar cadenas de cerramiento tipo ARMEX 15*20-4, incluye cortes, cimbra y concreto	PZA
314	Apuntalamiento de viguetas incluye nivelación	M2
315	Cimbra acabado común en losas macizas incluye cimbrado, descimbrado, habilitado, reclavado y acarreo	M2
316	Colocar acero de refuerzo FY=4200kg/cm2 incluye cortes, acarreo y habilitado de 3/8" de diámetro en losas macizas	KG
317	Suministro y colocación de vigueta y bovedilla, incluye acarreo, elevación, malla y ajustes	M2
319	Cimbra perimetral acabado común en cadenas 15*20cm incluye cimbrado, descimbrado, acarreo y elevación	ML
320	Cimbrado acabado aparente en trabes, incluye acarreo	M2
321	Suministro y colocación de concreto premezclado F'C= 200kg/cm2 en capa de compresión y/o volados incluye vaciado y vibrado	M3
322	Impermeabilización de charolas de baño con emulsión asfáltica o similar con dos manos y riego de arena	M2
323	Relleno de tezontle o cacahuatillo en baños incluye acarreo, elevación y colocación	M3
324	Forjado de charolas de baño incluye nivelación y colado dando la pendiente requerida a cualquier nivel de 0.8*1.25m	PZA
325	Sardinel de concreto simple F'C= 150kg/cm2 de 8*8cm incluye cimbrado, descimbrado y colado	ML
326	Colocación de escalera de 1.8*2.45M incluye medición, ranurado y cimbra	ML
327	Pretil de ladrillo tipo talamsa 30cm de altura incluye aplanado acabado fino	M2
328	Enladrillado en azotea con ladrillo talamsa 30*30cm asentado con mortero incluye acarreo	M2
329	Zoclo de 7cm con ladrillo tipo talamsa en pretil de azotea	PZA

330	Bases para tinaco de 60*60*1.3m de tabique rojo recocido con aplanado de mortero acabado pulido, incluye losa	PZA
411	Repellado en muros exteriores y plafones incluye fabricación del mortero colocación a plomo y regla	M2
412	Boquillas de mezcla en aristas vivas con mortero 1.4 a plomo y regla incluye acarreo y elevación	ML
413	Aplanado acabado fino en muros exteriores y plafones incluye fabricación del mortero colocación a plomo y regla	M2
414	Concreto en salidas eléctricas y sanitarias incluye cimbrado, colado y vibrado	M3
415	Descimbrado y limpieza de áreas internas para colocar yesería	M2
416	Suministro y colocación de metal desplegado de 20cm de ancho incluye acarreos y colocación	M2
417	Yeso en plafones a nivel acabado afinado	M2
418	Yeso en muros a nivel y plomo acabado afinado incluye acarreos de material y mano de obra ambos niveles	M2
419	Boquillas de yeso en aristas vivas a plomo incluye material y mano de obra ambos niveles	M2
420	Limpieza de pisos después del yeso ambos niveles, incluye acarreos	M2
421	Suministro y colocación de loseta en muros y pisos en los 4 baños incluye repellado, colocación con cemento crest y lechareado con cemento blanco	M2
422	Pintura vinílica en muros exteriores y plafones sobre superficie de aplanado fino con dos manos de pintura incluye acarreos y aplicación ambos niveles	M2
423	Pintura vinílica en muros interiores y plafones sobre superficie de aplanado fino con dos manos de pintura incluye acarreos y aplicación ambos niveles	M2
424	Suministro y colocación de loseta cerámica con cemento crest y lechareado con cemento blanco de 3mm de distancia	M2
425	Suministro y colocación de lavadero de cemento con pileta, incluye ranurado, apuntalamiento, caja para desagüe e impermeabilización y acarreos	PZA
511	Suministro, colocación y conexión de un centro de carga QO-2 incluye cableado, entubado y material de acabados	PZA
512	Suministro, colocación y conexión de una red de alimentación de calle a tablero general acometidas incluye cableado y entubado	SAL
513	Salida para lámparas incluye cableado, material de acabado y pruebas	SAL
514	Salida para contactos incluye cableado, material de acabados y prueba de los mismos	SAL

515	Salida para t.v. incluye material de acabados	SAL
516	Alimentación y conexión de un sistema de bombeo incluye entubado, cableado y piezas especiales	SAL
517	Suministro y colocación de interfono incluye entubado, cableado, teléfono frente de calle y material de acabado	SAL
518	Suministro, colocación y conexión de un tablero de distribución de 14 derivados para acometida de C.F.E. incluye base para medidor, pastillas y bastidor de madera	PZA
611	Salida para tomas domiciliarias incluye material y pruebas a las instalaciones	SAL
612	Salida para calentador incluye ramaleos, desagües y prueba	SAL
613	Salida para W.C. incluye ramaleos, desagües y prueba	SAL
614	Salida para lavabo incluye ramaleos, desagües y prueba	SAL
615	Salida para fregadero incluye ramaleos, desagües, prueba y colocación de los mismos	SAL
616	Salida para tinacos incluye ramaleos y pruebas de los mismos	SAL
617	Salida para regadera incluye ramaleos y desagües	SAL
618	Suministro e instalación de motobomba de 1 H.P. incluye ramaleo hidráulico y prueba de la misma	PZA
619	Salida para alimentación de cisterna, incluye ramaleos, material y pruebas	SAL
620	Suministro y colocación de calentador automático de 60lts CAL-O-REX o similar incluye base y acarreo	PZA
621	Suministro y colocación de W.C. marca NACESA o similar incluye colocación y prueba del mismo	PZA
622	Suministro y colocación de accesorios de baño incluye ranurado y colocación	JGO
623	Suministro y colocación de lavabo MCA NACESA o similar incluye colocación y prueba del mismo	PZA
624	Suministro y colocación de regadera marca NIBCO o similar modelo económico incluye acarreo	PZA
625	Suministro y colocación de tinaco ROTOPLAS de 1100 lts de capacidad incluye recibirlos y elevación a cualquier nivel	PZA
711	Suministro, colocación y sellado de ventana de aluminio natural con cristal de 6mm tintex verde	PZA

712	Suministro, colocación y sellado de cancelería de aluminio natural con cristal de 6mm tintex verde	PZA
713	Suministro, colocación y sellado de cancel de baño de aluminio natural con cristal claro de 6mm	PZA
714	Suministro y colocación de portón para cochera de herrería tubular cal. 18 de 2.40*3m dos piezas incluye pintura de esmalte color aluminio, bisagras, pasadores y chapas	PZA
715	Suministro y colocación de barandal armado con tubo de herrería de 2" y cable acerado tensado y amarrado con pernos	ML
811	Suministro y colocación de puerta de acceso de 1.5*2.4m con bastidor de fierro tubular 2" y forrado con tabla de pino de 3/4 acabado con tinta chocolate incluye marco, bisagras y chapas	PZA
812	Suministro y colocación de puertas de intercomunicación para recamaras y baños de .9*2.4m con bastidor de fierro tubular 2" y forrado con tabla de pino de 3/4 acabado con tinta chocolate incluye marco, bisagras y chapas	PZA
813	Closet de madera de pino de 1.9*2.4m en tinte color chocolate	PZA
814	Suministro y colocación de zoclo de madera de 5cm incluye pegado y clavado	ML
911	Suministro y colocación de tanque estacionario para gas de 300kgs incluye ramaleo, válvulas, pintura en tuberías pruebas	PZA
1011	Detallado de muros interiores y pintura vinílica como acabado final	M2
1012	Suministro y colocación de paquete de cocineta integral de 1.85m incluye acarreos a cualquier nivel	PZA
1111	Limpieza de vidrios por ambas caras incluye material y mano de obra	M2
1112	Limpieza de cancelería	PZA
1113	Limpieza de muebles de baño, cocina, calentador, etc.	PZA
1114	Limpieza de azulejo en muros y pisos	M2
1115	Limpieza final de la obra	M2