



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

---

---

**FACULTAD DE INGENIERÍA  
DIVISIÓN DE INGENIERÍA MECÁNICA E  
INDUSTRIAL**

**“PROGRAMACIÓN DE OPERACIONES EN LA  
INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN”**

**TESINA QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
INGENIERO INDUSTRIAL**

**PRESENTA:**

**CARLOS IVÁN ABÁ RAMÍREZ**

**DIRECTOR:**

**M.I. SUSANA CASY TÉLLEZ BALLESTEROS**



**MÉXICO, D.F.**

**JUNIO 2015**

# ÍNDICE DE CONTENIDO

I.	PROTOCOLO .....	6
A.	ANTECEDENTES .....	6
B.	PROBLÉMÁTICA.....	8
C.	OBJETIVO.....	8
D.	METODOLOGÍA .....	9
E.	DESCRIPCIÓN DEL CONTENIDO.....	9
II.	MARCO TEÓRICO .....	10
A.	LA COMPAÑÍA .....	10
B.	PLANEACIÓN Y CONTROL DE PROYECTOS .....	10
1.	HISTORIA DE LA PLANEACIÓN .....	10
2.	CONCEPTO DE PLANEACIÓN .....	11
3.	ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS.....	12
4.	PLANEACIÓN OPERACIONAL.....	15
III.	PROGRAMACIÓN DE OPERACIONES EN PROYECTOS INDUSTRIALES .....	23
A.	INTRODUCCIÓN.....	23
B.	CONDICIONES DEL PROYECTO .....	23
C.	ESTRUCTURA DESGLOSADA DE TAREAS (WBS).....	24
1.	UNIDADES .....	25
2.	FASES.....	27
3.	DISCIPLINAS.....	31
4.	PAQUETES DE TRABAJO .....	33
5.	ACTIVIDADES.....	33
D.	DIAGRAMAS DE GANTT Y ESPACIO-TIEMPO.....	35
E.	CONTROL DEL PROYECTO .....	37
IV.	APLICACIÓN DE PROGRAMACIÓN DE OPERACIONES EN UN PROYECTO EPC .....	38
A.	ANTECEDENTES .....	38
B.	DESCRIPCIÓN.....	38
C.	ALCANCES DEL PROYECTO .....	39
D.	PLANEACIÓN Y CONTROL DEL PROYECTO .....	39

1.	ESTRUCTURA DESGLOSADA DE TAREAS (WBS).....	40
2.	RED DE ACTIVIDADES .....	42
3.	RUTA CRÍTICA .....	45
4.	CONTROL DEL PROYECTO .....	48
V.	CONCLUSIÓN.....	82
VI.	REFERENCIAS.....	84
VII.	TABLA DE FIGURAS.....	85
VIII.	TABLA DE DIAGRAMAS DE GANTT .....	86



Figura 1 Panorámica del Proyecto Termoeléctrica en Pesquería, Mty<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Fuente: Fotografía Proyecto Termoeléctrica

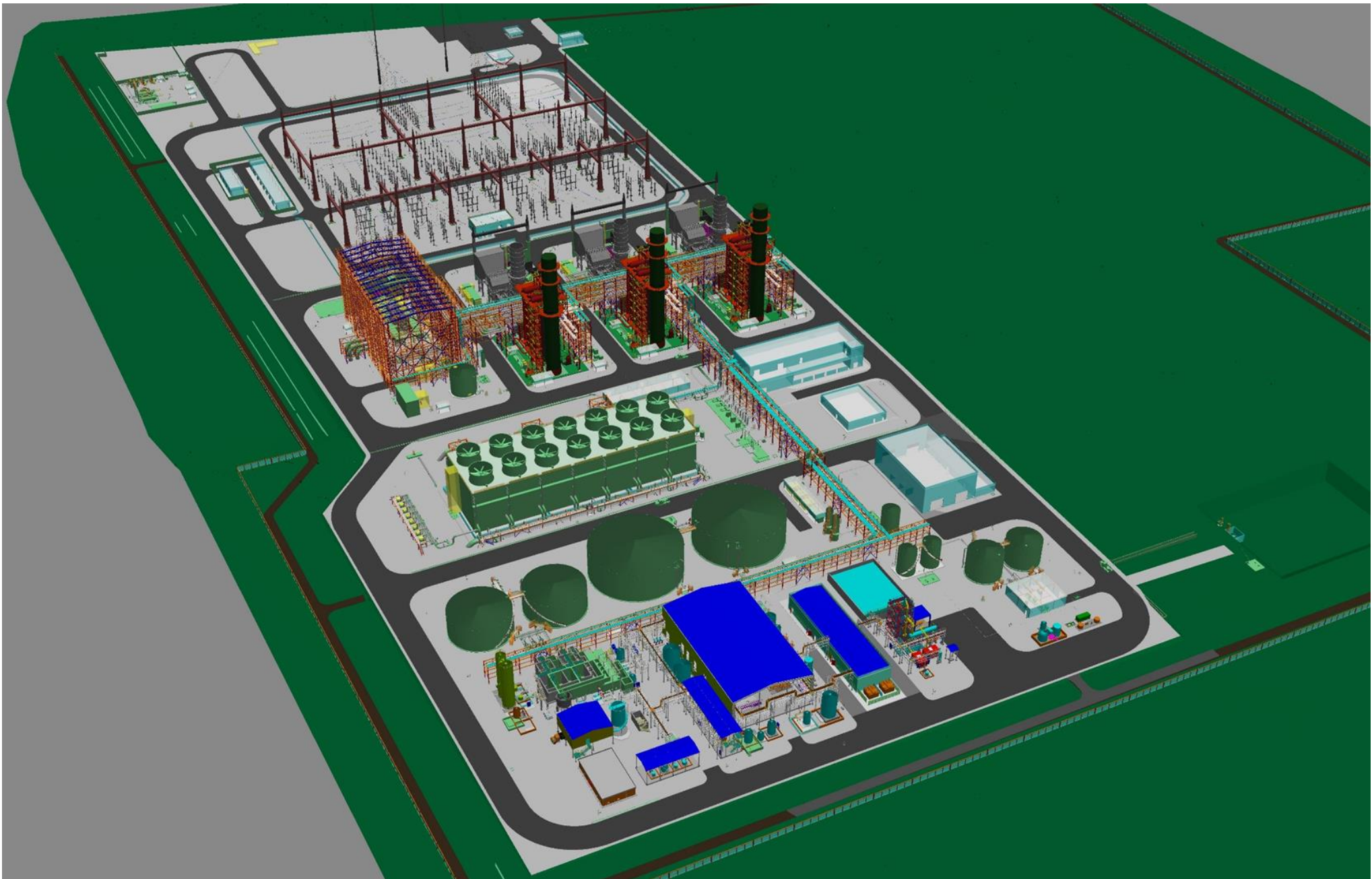


Figura 2 Maqueta 3D Proyecto Termoeléctrica<sup>2</sup>

<sup>2</sup> Fuente: Maqueta 3D Proyecto Termoeléctrica

# I. PROTOCOLO

## A. ANTECEDENTES

Hoy en día la Industria de la Construcción ha cobrado un gran auge debido a distintos factores como el crecimiento demográfico en los países, la necesidad de muchas empresas por ampliar su mercado de trabajo, las nuevas tecnologías e incluso los mismos cambios políticos que actualmente vive nuestro país durante el nuevo sexenio. Todo esto ha venido a cambiar la ideología de muchas personas, han creado descontento en muchos más y seguirá siendo motivo de discusión entre los grupos políticos y sociales que hoy por hoy acaparan las primeras planas en los periódicos y generan inquietud en la sociedad mexicana por medio de las redes sociales y los medios de comunicación.

En la rama de la Construcción muchas empresas se están viendo beneficiadas por estos cambios hechos en lo que va del periodo de Enrique Peña Nieto. Para ser precisos con la Reforma Energética la industria privada se verá especialmente favorecida, dando la oportunidad de realizar proyectos de ampliación y mejoramiento en distintas partes del proceso de exploración, extracción, procesamiento, transmisión y distribución de petróleo e hidrocarburos en distintas regiones de México.

La Reforma Energética emitida por el presidente Enrique Peña Nieto hace una modificación a los artículos 25, 27 y 28 Constitucionales, en los cuales se menciona lo siguiente:

*“...Corresponde exclusivamente a la Nación la planeación y el control del sistema eléctrico nacional, así como el servicio público de transmisión y distribución de energía eléctrica; en estas actividades no se otorgarán concesiones, sin perjuicio de que el Estado pueda celebrar contratos con particulares en los términos que establezcan las leyes, mismas que determinarán la forma en que los particulares podrán participar en las demás actividades de la industria eléctrica.*

*Tratándose del petróleo y de los hidrocarburos sólidos, líquidos o gaseosos, en el subsuelo, la propiedad de la Nación es inalienable e imprescriptible y no se otorgarán concesiones. Con el propósito de obtener ingresos para el Estado que contribuyan al desarrollo de largo plazo de la Nación, ésta llevará a cabo las actividades de exploración y extracción del petróleo y demás hidrocarburos mediante asignaciones a empresas productivas del Estado o a través de contratos con éstas o con particulares, en los términos de la Ley Reglamentaria. Para cumplir con el objeto de dichas asignaciones o contratos las empresas productivas del Estado podrán contratar con particulares. En cualquier caso, los hidrocarburos en el subsuelo son propiedad de la Nación y así deberá afirmarse en las asignaciones o contratos...”*

(Peña Nieto, 2014)

En los cambios hechos al Artículo 27 Constitucional destaca que solamente la Nación puede realizar la transmisión y distribución de energía eléctrica en el país, sin embargo, se pueden celebrar contratos con la industria privada para realizar otro tipo de actividades como la generación de energía eléctrica.

En el caso del petróleo y los hidrocarburos seguirán siendo propiedad de la Nación y ninguna empresa particular puede declararse propietario de éstos bienes. PEMEX y CFE seguirán siendo empresas públicas, las nuevas modificaciones a este artículo mencionan que la Nación puede realizar contratos con particulares para realizar la exploración o extracción de petróleo e hidrocarburos existentes en el subsuelo del país.

Por lo anterior y con la entrada en vigor de esta nueva Reforma, la Industria de la Construcción en México tiene un área de oportunidad bastante amplia en el sentido en que se podrá participar desde la exploración y explotación de hidrocarburos, el transporte y procesamiento, y finalmente en la distribución para los usuarios finales. Cabe aclarar que a pesar de la participación privada durante todo el proceso, estos bienes son únicos y exclusivos de la Nación, y debe estar expresado en los contratos con cualquier empresa.

Dejando un poco de lado el tema de las Reformas emitidas por el gobierno y abordando el tema de proyectos Industriales, comenzaré por mencionar algunas de las etapas que se deben considerar importantes dentro de un proyecto de construcción, empezando por la etapa Comercial, la elaboración de Presupuestos, Planeación y Control, el Diseño de la Ingeniería del Proyecto, los Suministros e Instalación de los equipos, materiales, instrumentos, etc. en el sitio de Construcción y finalizando por la realización de pruebas locales y en conjunto para la correcta puesta en marcha y entrega de la planta en cuestión, todo esto basado en un Sistema de Gestión de la Calidad y de Seguridad en cada fase del proyecto.

Dentro del área de Planeación y Control de Proyectos, existe una sub-área encargada de elaborar la planeación en etapa de Oferta de un proyecto en el que se desea participar, ésta a su vez realiza la Programación de Operaciones que se deben realizar durante el proyecto potencial para que posteriormente el Cliente evalúe cada parte de lo entregado por la empresa ofertante durante un proceso conocido como Licitación.

En el Programa de Operaciones, se muestra una programación lógica y secuenciada de las actividades que son cruciales para la ejecución del proyecto, tomando en cuenta aspectos característicos de cada proyecto y las especificaciones de cada cliente.

Este programa contiene las actividades propuestas por la empresa Licitante y por el Licitador, así como las secuencias, relaciones entre actividades, tiempos y fechas en que debe realizarse cada tarea. Sin embargo, un plan nunca es único, para que la Planeación de un proyecto sea lo más apegado a la realidad se tienen que hacer varios cambios durante la elaboración del Programa, de otra manera no se puede tener certeza que el programa mostrará lo que realmente está sucediendo en el proyecto. Las fechas y duraciones en la mayoría de las ocasiones son establecidas en base a proyectos similares que anteriormente se han llevado a cabo, sin embargo, es necesario hacer énfasis en que cada proyecto posee características y especificaciones que lo hacen único y por ello es indispensable conocer a fondo el proyecto, familiarizarse con las actividades y conceptos que lo componen, conocer el proceso que se llevará a cabo en la planta ya en operación, el clima y el lugar donde se realizará el proyecto, así como

una gran cantidad de factores que afectan y hacen que un proyecto que en principio parecía similar a otro, en realidad resulte totalmente distinto y con características que lo hacen único.

El objetivo de elaborar un Programa de actividades adecuado para cada proyecto es tener una base sobre la cual ir trazando los avances que se tienen programados para cada tarea o actividad, es decir, sin la planeación estaríamos actuando sin rumbo alguno; la planeación de tiempos y duraciones nos proporciona el rumbo que hay que seguir para lograr las metas que tenemos en tiempo y forma. Además muestra de forma gráfica mediante un diagrama de Gantt el programa completo, las actividades, así como las fechas y duraciones en que cada una de las tareas deberá ser realizada.

Una buena planeación necesita de una programación lo más real posible, y a pesar de que siempre hay cambios entre lo estimado y lo real se debe tomar en cuenta la mayor cantidad de factores que la pueden alterar, por ello planear no significa simplemente mostrar las fechas en que las cosas deben ser realizadas, significa prever, anticiparse a los hechos, mostrar el orden cronológico en que las actividades han de ser iniciadas y completadas, así como calcular la ruta o camino crítico que se debe seguir para evitar retrasos los cuales provocan pérdidas tanto económicas como en tiempo.

En un proyecto de Construcción es indispensable conocer de manera anticipada los riesgos que se podrían presentar durante la realización del proyecto, esto para disminuir los costos de ejecución así como de re-trabajos. En las empresas Constructoras hay un área encargada de ello (Planeación y Control de Proyectos) que tiene como finalidad anticipar los imprevistos dentro del desarrollo de los proyectos, primero realizando la planeación previa y posteriormente controlando los tiempos del proyecto con la colaboración de todas las áreas de la empresa al igual que con el gerente del proyecto.

## **B. PROBLÉMÁTICA**

Los proyectos Industriales por lo general suelen ser muy ambiciosos y presentan oportunidades de inversión muy atractivas al cliente, sin embargo, son proyectos de mucho riesgo tanto económico, técnico y legal, por lo que en algunos casos resulta complicado finalizarlos a tiempo y dentro del presupuesto que se había previsto originalmente, por ello se generan retrasos no planeados que terminan por elevar los costos de todo el proyecto y por consecuencia afectar los resultados para las empresas constructoras.

## **C. OBJETIVO**

Establecer estrategias de planeación y control de proyectos que de manera anticipada disminuyan el riesgo económico y técnico de cualquier proyecto.



## **D. METODOLOGÍA**

Describir el proceso de Planeación y Programación de Operaciones para proyectos Industriales en etapa de Oferta haciendo uso de herramientas como Diagramas de Gantt y CPM, así como analizar cada una de las etapas que debe seguir un proyecto y la importancia de la Planeación en el proceso de control del proyecto adecuado a los requerimientos del Cliente y a las políticas y estándares de la empresa.

## **E. DESCRIPCIÓN DEL CONTENIDO**

En el segundo capítulo se describe la historia de la Compañía desde su fundación hasta su llegada a México, así como los grandes proyectos realizados. Además se hace una breve recapitulación del surgimiento y concepción de la planeación por diferentes autores para profundizar después en lo que hoy se conoce como Administración de Proyectos dentro de la aplicación posterior.

En el tercer capítulo se describe la importancia de la Administración de Proyectos en la empresa Constructora en cuestión, al explicar de forma general el proceso por el que pasa un proyecto desde sus primeras etapas hasta terminar con el cierre del proyecto y entrega del mismo. Todo esto enfocado a las actividades de Planeación durante la programación de un proyecto con ayuda de técnicas de Ingeniería Industrial como Diagramas de Gantt y CPM.

En el último capítulo se describe el proceso de planeación y programación durante la oferta y ejecución de un proyecto en proceso con ayuda de las herramientas: Diagramas de Gantt y CPM. Se hace una valoración de su importancia para el adecuado control del proyecto durante la etapa de ejecución.

## **II. MARCO TEÓRICO**

### **A. LA COMPAÑÍA**

Alrededor del año de 1945 un Grupo de empresas del ramo industrial fue fundado por ingenieros italianos. La compañía comenzó con proyectos de construcción en Latinoamérica seguido de la producción de estructuras de acero, partes y equipo mecánico en Argentina. Con la ampliación de sus plantas en todo el mundo, la compra de otras empresas y el gran compromiso con la calidad, la eficiencia, la seguridad y salud de sus trabajadores a lo largo de más de 65 años de historia, el Grupo ha logrado posicionarse dentro de los primeros lugares en varios sectores de la industria.

Actualmente el Grupo está conformado por seis empresas de las cuales dos de ellas son acereras con plantas en Argentina, Brasil, Estados Unidos, Canadá, México entre otros. Otra de estas empresas se dedica a proveer tecnología de punta para la industria metalúrgica y minera en toda América, Europa, Asia, Oceanía y parte de África. También se encuentra presente en la exploración y producción de petróleo y gas en lugares como Argentina, Colombia, México y Estados Unidos. En Italia se encuentran las únicas sedes de una red de Hospitales en ciudades como Milán, Bérgamo y Turín.

Finalmente el Grupo está integrado por una empresa Constructora dedicada a la ingeniería, suministro, construcción, operación y servicio de diferentes tipos de proyectos industriales de gran complejidad con sedes en diferentes países en todo el mundo y cuya sede principal se encuentra en Argentina. En México realiza operaciones desde 1954 en proyectos como ductos, plantas petroquímicas y siderúrgicas, hospitales, plantas de generación de energía eléctrica, líneas de transmisión y sub-estaciones, entre otros como instalaciones en minas de arena de petróleo y carbón.

### **B. PLANEACIÓN Y CONTROL DE PROYECTOS**

#### **1. HISTORIA DE LA PLANEACIÓN**

En tiempos antiguos la Planeación llegó a ser considerada una actividad únicamente con fines bélicos para la conquista de territorios. Uno de los primeros generales militares que aplicó el concepto de Planeación para sus batallas fue Aníbal, nativo de la antigua ciudad de Cartago al norte de Túnez y considerado como “Padre de la Estrategia”, cuando planeaba conquistar Roma inició con la definición de la misión de su reino, elaboró y organizó sus estrategias analizando factores externos como el medio ambiente y administró sus recursos para finalmente determinar las tácticas para ganar la batalla.

Posteriormente hubo más líderes que consideraron necesaria la Planeación, Nicolás Maquiavelo en su libro “El Príncipe” explica la necesidad de la planeación para la realización de un buen gobierno.

La Primera y Segunda Guerra Mundial mostraron las primeras apariciones de lo que hoy conocemos como Planeación elaborándose estrategias específicas para combatir a los enemigos o contrarrestar los ataques, sin embargo, estas estrategias dependían de lo que pasara en cada batalla ya que no había un plan establecido previamente al inicio de la guerra.

Después de la Segunda Guerra Mundial muchas empresas se dieron cuenta de la existencia de cambios que no pueden ser controlados y por tanto es necesaria una respuesta inmediata para estos cambios de tal forma que se puedan tomar decisiones anticipadas antes de que ocurran dichos cambios.

En los años 1960 se vivió una época de estabilidad mundial y la Planeación dejó de mostrar avances en su investigación y aplicación, sin embargo, en la década de los años 1970 el mundo presenció una etapa de muchos cambios como la recesión económica de Estados Unidos, el incremento en los precios del petróleo, una crisis mundial de energía, inflación, entre otros como la caída del precio del dólar a su nivel histórico más bajo, por lo que hubo la necesidad de planificar. Aquellas empresas que decidieron hacerlo, se dieron cuenta que estaban en mejor posición que las que no la aplicaban. En la actualidad la Planeación tiene otro punto de vista diferente al militar, se aplica a todo tipo de proyectos y es la base de cualquier resultado posterior a este.

## 2. CONCEPTO DE PLANEACIÓN

Algunos conceptos de Planeación elaborados por varios autores son los siguientes:

- ✓ *“La planeación consiste en fijar un curso completo de acción que ha de seguirse, estableciendo los principios que habrán de orientarlo, la secuencia de operaciones para realizarlo y las determinaciones de tiempos y de números necesarias para su realización.”* (Reyes Ponce, 2004)
  
- ✓ *“Es diseñar un futuro deseado así como los medios efectivos para realizarlo [...] Es un proceso de toma de decisiones, pero igualmente evidente es que la toma de decisiones no siempre es planeación.”* (Ackoff, 2012)
  
- ✓ *“Es seleccionar información y hacer suposiciones respecto al futuro para formular las actividades necesarias para realizar los objetivos organizacionales.”* (Terry & Franklin, 1986)
  
- ✓ *“Es un proceso, es decir una actividad continua y unitaria que no termina con la formulación de un plan determinado, sino que implica reajuste permanente entre medio y fines.”* (Ander-Egg, 1991)

Por las definiciones anteriores podemos decir que planear implica establecer un rumbo hacia el que irán orientadas todas las acciones, determinar la secuencia y lógica de las operaciones que se deberán realizar para alcanzar los objetivos y metas, además de servirnos para tomar decisiones anticipadas con respecto a lo que podría pasar en el futuro.

Como el Doctor en Filosofía Russel Ackoff<sup>3</sup> (2012) afirma *“No hacerla bien no es ningún pecado, pero sí lo es conformarse con hacerla menos que bien.”* (p. 103), por ello se considera a la Planeación un proceso continuo en el que no se puede pensar en un plan único y definitivo, sino en uno provisional que debe ser revisado y modificado constantemente para lograr una planeación realmente efectiva.

### 3. ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS

En la actualidad el Ingeniero Industrial se ha abierto paso en diferentes sectores de la Industria siendo la principal en la rama de la manufactura y los servicios donde se tiene la oportunidad de desarrollar mejoras para hacer más eficientes los procesos y optimizar los servicios buscando siempre la mejora continua a través del aprendizaje.

Sin embargo, un campo en el que cada vez más Ingenieros Industriales están incursionando es en el que los productos o servicios únicamente se realizarán una vez, tal es el caso de la Construcción, el Diseño o la Consultoría en los que el cliente requiere de un producto o servicio con características únicas. Si bien el enfoque esencial de la Ingeniería Industrial son los *“Procesos”* en los que hay que realizar alguna mejora, los *“Proyectos”* están comenzando a ser parte de las actividades diarias de un Ingeniero Industrial, ya que, son actividades que se realizan cuando se requieren cambios importantes en una empresa. Un proyecto se define como *“Una serie de actividades ordenadas y encaminadas a lograr un objetivo con ciertas especificaciones, en un tiempo dado y con unos recursos determinados.”*<sup>4</sup>

A lo largo de los años muchas empresas han realizado al menos un proyecto debido a la necesidad de cambiar algo en su proceso de producción o de servicio, sin embargo, esto no ha garantizado la correcta ejecución de los mismos, por lo que se llevan a cabo en tiempos y costos mayores a lo planeado. Para ello se han desarrollado técnicas que ayudan a realizar los proyectos de manera más eficiente, estas técnicas se han concentrado en una sola disciplina a la se le conoce como *“Administración de Proyectos”*.

Un proyecto tiene las siguientes características esenciales:

- a. Van encaminados al logro de un objetivo que se desea alcanzar.
- b. El objetivo será alcanzado mediante una serie de actividades ordenadas que se deben realizar.
- c. El logro del objetivo requiere de tiempo y recursos.
- d. El proyecto deberá ser realizado en un periodo de tiempo determinado por un principio y un fin.

---

<sup>3</sup> Fuente: (Ackoff, 2012)

<sup>4</sup> Fuente: (Romero Hernández, Muñoz Negrón, & Romero Hernández, 2006)

En la Administración de Proyectos se deben tomar en cuenta tres aspectos esenciales que rigen cualquier proyecto, estos son el tiempo, el costo y el desempeño. Al principio de cada proyecto se determina la forma en que se medirá cada uno de ellos, para ello se establecen los tres ejes que caracterizan a cada proyecto.

El eje del tiempo está representado por el Programa, que indica los tiempos máximos de duración del proyecto. El costo es representado por el Presupuesto que representa el nivel máximo de recursos que se tienen destinados. Y finalmente el eje de desempeño corresponde a las Especificaciones del proyecto. A estos tres ejes se les conoce comúnmente como el “Cubo del proyecto” y muestra de manera gráfica los factores (tiempo, costo y desempeño) y sus correspondientes niveles que se desea lograr (Programa, Presupuesto y Especificaciones). (Figura 3)

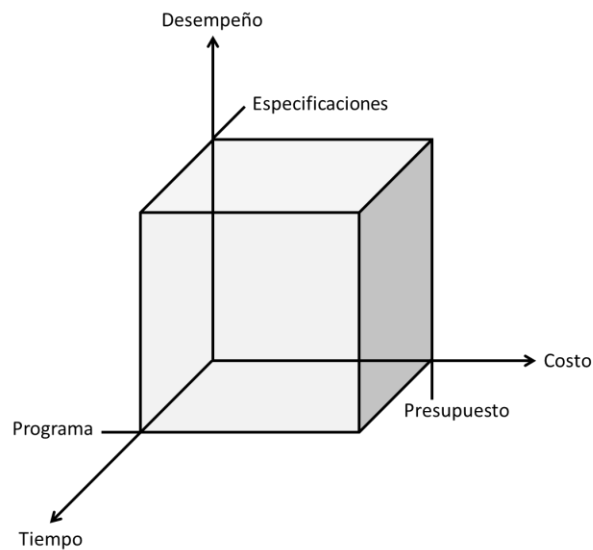


Figura 3 Cubo del proyecto<sup>5</sup>

Cualquier punto que se encuentre dentro de las dimensiones del cubo cumplirá con los requisitos deseados. Cada uno de los ejes tiene que ser asignado de forma independiente, pero sin olvidar que los cambios hechos en uno de ellos afectarán directamente a los otros, de esta manera si el proyecto aumenta sus especificaciones (desempeño) es necesario que se modifique su fecha de terminación en el programa (tiempo) o que se asigne un presupuesto (costo) mayor para realizarlo en estos nuevos términos. Esto ocurre en cualquier tipo de proyecto y en la Construcción no es la excepción.

<sup>5</sup> Fuente: (Romero Hernández, Muñoz Negrón, & Romero Hernández, 2006)

Como todos sabemos los seres humanos cumplimos un ciclo esta vida, nacimiento, desarrollo y muerte. En los proyectos pasa de manera similar, la forma de visualizar todas sus etapas es mediante su “Ciclo de Vida” el cual se presenta a continuación: (Figura 4)

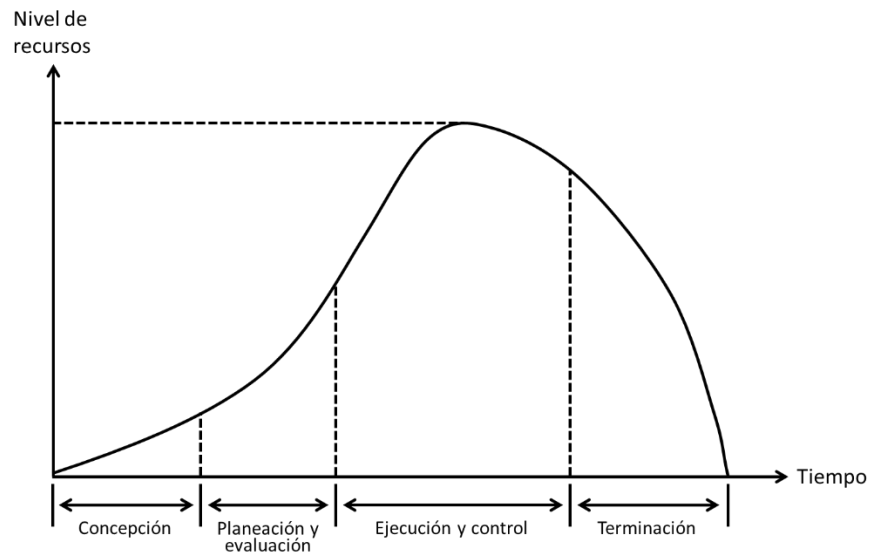


Figura 4 Ciclo de vida de un proyecto<sup>6</sup>

- a. Concepción. Se definen los objetivos que se desean lograr.
- b. Planeación. Se establece la forma y tiempos en que se realizará el proyecto.
- c. Evaluación. Se determina si el proyecto es viable tanto financiera como técnicamente.
- d. Ejecución. Se llevan a cabo las actividades planeadas previamente.
- e. Control. Se verifica que las actividades se vayan realizando conforme a lo planeado y presupuestado.
- f. Terminación. Las actividades planeadas se han llevado a cabo y se ha cumplido con el objetivo.

Como lo vemos en la Figura 4, el eje horizontal indica el tiempo del proyecto y el eje horizontal los recursos utilizados. Estos recursos van incrementando gradualmente en las primeras etapas del proyecto para llegar después a un punto máximo y después disminuir paulatinamente conforme el proyecto llega a su conclusión, lo cual veremos más adelante que es complicado que ocurra en la realidad.

Si bien todas las etapas de un proyecto vistas anteriormente son muy importantes, la Planeación juega un papel crucial para tener éxito, ya que el plan permite conocer todos los aspectos a considerar, así como los inconvenientes y posibles problemas que se podrían presentar.

<sup>6</sup> Fuente: (Romero Hernández, Muñoz Negrón, & Romero Hernández, 2006)

## 4. PLANEACIÓN OPERACIONAL

Derivada del concepto de Planeación Estratégica, existe otro tipo de planeación la cual se aplicará para cumplir con objetivos específicos y metas a corto plazo del proyecto. Este tipo de planeación es mejor conocida como “Planeación Operativa” o “Planeación Operacional” ya que es definida para cada una de las tareas o actividades y formada por objetivos, programas y gráficos que son indispensables para su integración.

La planeación de cualquier proyecto implica establecer los objetivos deseados, dividir el trabajo conforme a los objetivos y metas, así como determinar las actividades que serán ejecutadas para anticiparse a los posibles problemas que se puedan presentar y con ello evitar errores al tomar decisiones que minimicen las desviaciones con respecto a lo planeado. A continuación se desglosan cada una de las partes que compone a la Planeación Operacional.

### a) LOS OBJETIVOS

Como se vio anteriormente, el ciclo de vida de un proyecto inicia con el establecimiento de los objetivos que se desean lograr, los cuales pueden dividirse en objetivos generales y objetivos específicos; el objetivo general debe ser el propósito general del proyecto el cual es único, y a su vez los objetivos específicos son metas que van encaminadas al logro del objetivo general.

Según Harold Kerzner<sup>7</sup> (2009) los objetivos deben tener las siguientes características:

- a. Específicos
- b. No muy complejos
- c. Medibles, tangibles y verificables
- d. Realistas y alcanzables
- e. Consistentes y establecidos de acuerdo a los recursos disponibles
- f. Consistentes con los planes, políticas y procedimientos organizacionales.

En la planeación del proyecto estos objetivos generalmente son actividades o tareas que han de ser realizadas en cierto tiempo o completadas para determinada fecha por lo que el plan deberá estar enfocado a la consecución de este objetivo.

---

<sup>7</sup> Fuente: (Kerzner, 2009)

## b) ESTRUCTURA DESGLOSADA DE TAREAS (WBS)

En Administración de Proyectos se parte del principio de División del Trabajo, esto se debe a que resulta más eficiente planear, controlar y asignar el trabajo en pequeñas partes que en partes demasiado grandes. Además de que es necesario definir las actividades que son importantes para conseguir los objetivos planteados.

Es por ello que una técnica utilizada en planeación es la “Estructura Desglosada de Tareas” (EDT), mejor conocida por sus siglas en inglés como “WBS” (Work Breakdown Structure), la cual es una descomposición jerárquica del proyecto en partes que permiten un mejor control del trabajo. Esta estructura en forma de árbol comienza con el objetivo principal, el cual posteriormente se subdivide en partes cada vez más pequeñas y específicas que indican entre otras cosas la división de responsabilidades para cada tarea.

Las divisiones y subdivisiones del trabajo se conocen dentro de la WBS como niveles, de esta manera un proyecto tendrá un número de niveles dependiendo de su complejidad. Las tareas o actividades dentro de esta división del trabajo deben cumplir con las siguientes propiedades:

- Deben ser exhaustivas, es decir que cuando sean completadas todas las tareas o actividades del proyecto, éste se dará por concluido automáticamente.
- Mutuamente excluyentes, por ello cada parte del trabajo corresponde únicamente a una de las tareas o actividades definidas.

Para cualquier proyecto existe una gran variedad de formas en que se puede realizar la división del trabajo, por ello el encargado de planeación debe elegir la estructura que facilite la administración de todas las etapas del proyecto desde la misma planeación, la ejecución y el control, tomando siempre en cuenta el tipo de proyecto y sus alcances.

Hay dos principales modos de mostrar esta división del trabajo. La primera corresponde a la Estructura Desglosada de Tareas (WBS) en forma de árbol (Figura 5), la cual muestra de forma gráfica los niveles de actividades dentro de un proyecto.

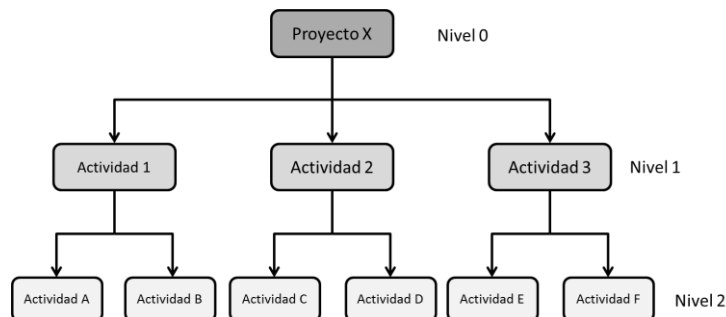


Figura 5 WBS en forma de árbol<sup>8</sup>

<sup>8</sup> Fuente: Elaboración propia



La otra manera que es también la más usada, es por medio de códigos alfanuméricos que indiquen el desglose de actividades de manera jerárquica en forma de lista. (Figura 6)

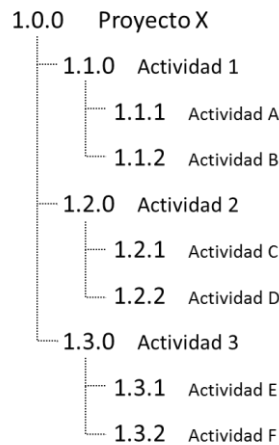


Figura 6 WBS en forma de lista<sup>9</sup>

### c) PROGRAMACIÓN DE OPERACIONES

La “Programación de Operaciones” forma parte de esta planeación operacional y en ella se definen los programas de actividades que se deben realizar para cumplir con los objetivos dentro del periodo establecido y con el presupuesto que ha sido asignado.

El Programa de actividades muestra cuando deben iniciar y finalizar cada una de las tareas. Se realiza por medio de una secuenciación lógica de las actividades, es decir, estableciendo relaciones de precedencia que indican el orden en que serán realizadas cada una de ellas.

Generalmente esta programación se realiza por medio de “Diagramas de Redes” que según la definición del M. en C. Benito Marín Pinillos<sup>10</sup> (1994) “Consiste en un conjunto de puntos de unión llamados nodos, cada uno de los cuales está unido a algunos o todos los demás por medio de arcos.” (p. 277)

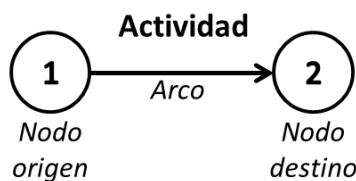


Figura 7 Diagrama de Red<sup>11</sup>

<sup>9</sup> Fuente: Elaboración propia

<sup>10</sup> Fuente: (Marín Pinillos, 1994)

<sup>11</sup> Fuente: Elaboración propia

Los Diagramas se pueden clasificar de la siguiente manera:

- a. Con actividades sobre los arcos, en donde los nodos indican eventos que son puntos instantáneos en el tiempo, a diferencia de los arcos que tienen duración. (Figura 8)

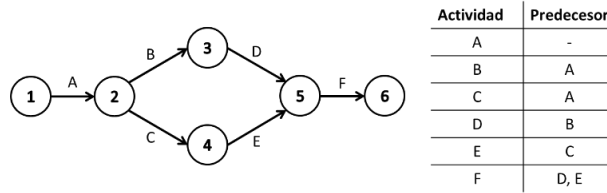


Figura 8 Diagrama de Red con actividades sobre los arcos<sup>12</sup>

- b. Con actividades en los nodos, en esta los arcos representan las relaciones entre ellas y los nodos las duraciones de cada actividad. (Figura 9)

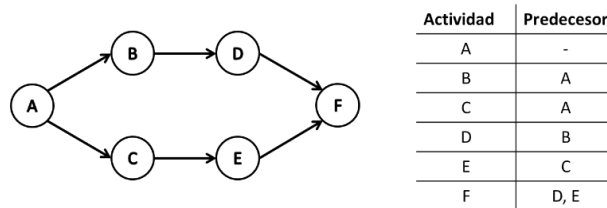


Figura 9 Diagrama de Red con actividades en los nodos<sup>13</sup>

Una vez establecidas las relaciones lógicas entre las actividades se asignan las duraciones a éstas, las cuales dependen de los niveles de recursos previstos y finalmente se hace una evaluación de la Ruta Crítica del proyecto. Para ello se hace uso de diferentes técnicas de análisis como Gráficas de Gantt, Diagramas de Espacio – Tiempo y la Ruta Crítica, los cuales se describen a continuación.

<sup>12</sup> Fuente: (Marín Pinillos, 1994)

<sup>13</sup> Fuente: (Marín Pinillos, 1994)

#### d) RUTA CRÍTICA<sup>14</sup>

Es la herramienta más utilizada para la planeación, programación y control de proyectos, fue desarrollada por E. I. du Pont de Nemours & Company y fue aplicado a proyectos de construcción. El CPM (Critical Path Method) se basa principalmente en el tiempo, y se creó simultáneamente con el PERT (Project Evaluation & Review Technique), la diferencia entre estos dos métodos de programación de proyectos es que el CPM considera las estimaciones como determinantes y el PERT como probables.

La primera fase del CPM consiste en descomponer el proyecto en varias actividades estimando sus tiempos de ejecución, una vez determinados se construye un diagrama de red, representado mediante arcos y nodos que indican la interdependencia entre las actividades del proyecto. Finalmente se construye un diagrama de tiempo que muestre el inicio y término de las actividades, así como su relación con otras actividades del proyecto.

El programa señala la ruta crítica del proyecto, y para las actividades que no pertenecen a la ruta crítica se muestra las holguras disponibles. Durante la fase de control se utiliza el diagrama de red y la gráfica de tiempo para generar reportes y analizar el progreso del proyecto.

El resultado de la aplicación del CPM es clasificar las actividades del proyecto en Críticas o No Críticas. Una actividad es Crítica si una demora en su comienzo causa una demora en la fecha de terminación del proyecto completo. Una actividad No Crítica es tal que el tiempo entre su fecha de inicio más próximo y de terminación más tardía es más grande que su duración real, en ese caso se dice que la actividad tiene un tiempo de holgura. Se le llama Ruta Crítica a la cadena de actividades críticas que conectan los nodos de inicio y fin del proyecto.

Los cálculos de la ruta crítica se dividen en dos fases. La primera fase se llama “Cálculos hacia adelante” (dentro de cuadros □), donde se realizan los cálculos del nodo de inicio al nodo de terminación y se obtiene para cada nodo de la red el tiempo de inicio más próximo (*TIP*), para todas las actividades (*i, j*) definidas.

$$TIP_j = \text{máx}\{TIP_i + D_{ij}\}$$

La segunda fase se conoce como “Cálculos hacia atrás” (dentro de triángulos Δ), en ésta fase se realizan los cálculos partiendo del nodo de terminación hacia el nodo de inicio y se obtiene el tiempo de terminación más tardío (*TTT*) en cada nodo de la red, para todas las actividades (*i, j*) definidas.

$$TTT_i = \text{min}\{TTT_j - D_{ij}\}$$

---

<sup>14</sup> Fuente: (Taha, 1995)

Posteriormente se realiza el cálculo de la Holgura total ( $HT$ ), que es la diferencia entre el máximo tiempo disponible para realizar la actividad y su duración. Para éstos cálculos es necesario el tiempo de inicio más tardío ( $IT$ ) y el tiempo de terminación más próximo ( $TT$ ), para todas las actividades ( $i, j$ ) definidas.

$$IT_{ij} = TTT_j - D_{ij}$$

$$TT_{ij} = TIP_i + D_{ij}$$

$$HT_{ij} = TTT_j - TIP_i - D_{ij} = TTT_j - TT_{ij} = IT_{ij} - TIP_i$$

Una vez realizados los cálculos, la ruta crítica se puede identificar de dos formas:

- a) Cuando la actividad ( $i, j$ ) satisface las tres condiciones siguientes:

$$TIP_i = TTT_i \dots (1)$$

$$TIP_j = TTT_j \dots (2)$$

$$TIP_j - TIP_i = TTT_j - TTT_i = D_{ij} \dots (3)$$

- b) Cuando la actividad ( $i, j$ ) tiene una holgura total ( $HT$ ) igual a cero.

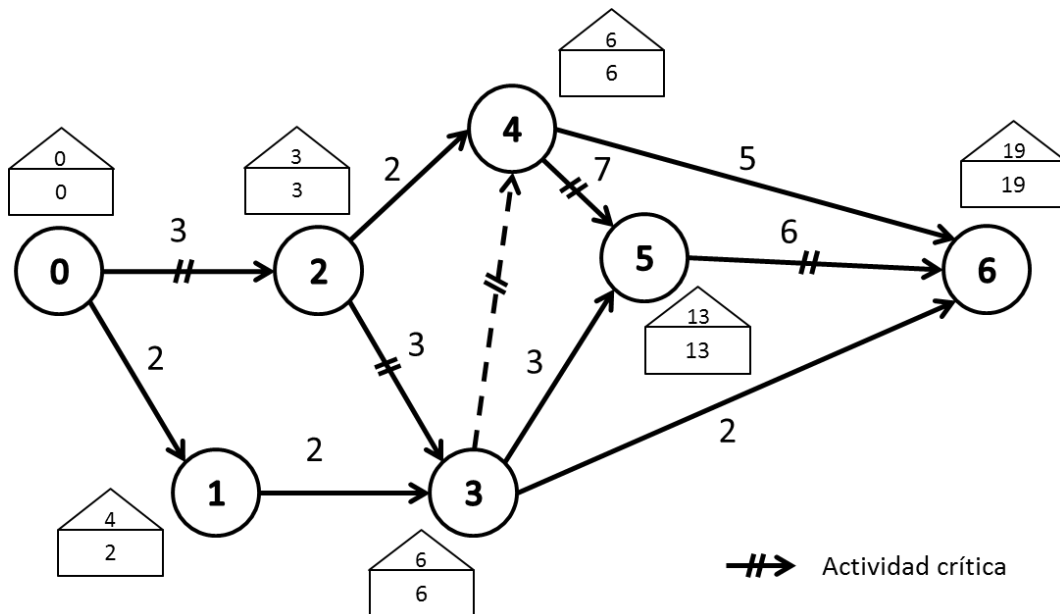


Figura 10 Diagrama de red - CPM<sup>15</sup>

<sup>15</sup> Fuente: (Taha, 1995)

### e) DIAGRAMA DE GANTT

Es una técnica de planeación que consiste en una gráfica de barras horizontales que representan la ejecución de actividades que pueden ser realizadas en serie o en paralelo durante un determinado periodo de tiempo con fechas de inicio y fin. Este diagrama fue desarrollado por Henry L. Gantt en 1917 con la finalidad de controlar la ejecución de varias actividades simultáneamente. A continuación se muestra un ejemplo de Diagrama de Gantt. (Figura 11)

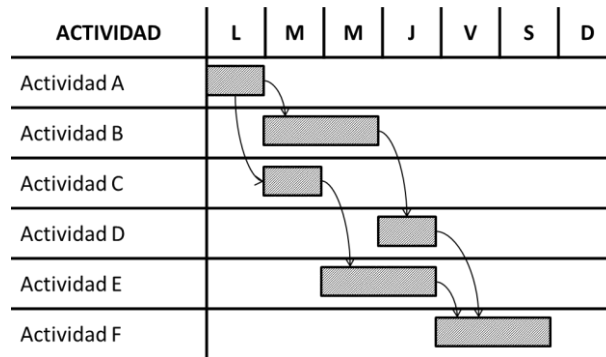


Figura 11 Diagrama de Gantt<sup>16</sup>

Dentro de las ventajas que tiene el uso de Gráficos de Gantt están:

- Muestra claramente las fechas en las que una actividad será ejecutada.
- Las barras de resumen agrupan varios periodos de actividades.
- Permite visualizar la Ruta Crítica y las actividades con holgura.

Existe una gran variedad de software que permite la elaboración de un diagrama de Gantt. Incluso se puede realizar en "Microsoft Excel", sin embargo las herramientas más conocidas y que se especializan directamente en la creación de este gráfico son "Microsoft Project" y "Oracle Primavera". Este programa además de permitir la creación del gráfico de Gantt, también es capaz de calcular la Ruta Crítica del proyecto por medio del CPM (Critical Path Method) y para ello es necesario el Diagrama de Red visto anteriormente que es la base para crear relaciones de dependencia entre las actividades del proyecto.

<sup>16</sup> Fuente: Elaboración propia

## f) DIAGRAMA ESPACIO – TIEMPO

Este tipo de gráficos es utilizado mayormente en la Construcción, esto se debe a que permite la programación lineal de actividades por medio de la representación del proyecto en dos ejes: Tiempo y Lugar. Al igual que el Diagrama de Gantt permite ver fácilmente de forma gráfica la planeación de las actividades programadas.

La principal aplicación de este tipo de gráficos tiene lugar en la programación de proyectos como edificios, carreteras, ductos, líneas de ferrocarril, túneles, minas, etc. Todos ellos con la característica de ser proyectos Lineales en donde las actividades se realizan de forma repetitiva. (Figura 12)

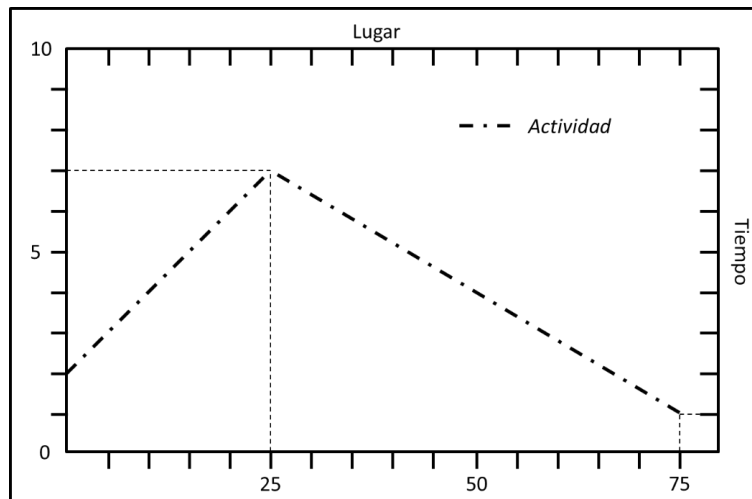


Figura 12 Diagrama Espacio – Tiempo<sup>17</sup>

Al igual que los Diagramas de Gantt, el Diagrama Espacio – Tiempo debe ser elaborado minuciosamente con programas especializados como “TILOS”. Este software a diferencia de “Microsoft Project” tiene la característica de mostrar gráficamente el enlace entre la localización donde se deben estar realizando las tareas (eje de lugar) y el momento en que se realizan (eje de tiempo).

<sup>17</sup> Fuente: Elaboración propia

### **III. PROGRAMACIÓN DE OPERACIONES EN PROYECTOS INDUSTRIALES**

#### **A. INTRODUCCIÓN**

Antes de iniciar con la explicación de lo que se realiza en el área de Planeación y Control de Proyectos es necesario aclarar que por políticas y confidencialidad de la empresa en que se realizó este trabajo de ahora en adelante se le llamará “Constructora” y la empresa licitante será referida como “Cliente”.

El departamento de Planeación y Control de Proyectos a su vez está dividido en “Personal de sede” que se encarga de realizar la Programación durante la etapa de oferta de cualquier proyecto; y en “Personal de obra” quienes tienen la responsabilidad de dar seguimiento a la ejecución física del proyecto.

Como Analista de Planeación Jr. formé parte del grupo encargado de la elaboración y análisis del proyecto en etapa de oferta y posteriormente fui asignado al proyecto “*Termoeléctrica*” con el fin de realizar el seguimiento y control del programa. A estas actividades se les conoce como “Programación de Operaciones”, a continuación hago una descripción de la elaboración de programas de ejecución para cualquier proyecto, sin embargo, debo aclarar que cada proyecto es único y cada uno tendrá características especiales que lo hará diferente de otros, por ello es que lo siguiente es la base para la elaboración de nuevos proyectos industriales dentro de la Constructora y se harán las adecuaciones pertinentes según las necesidades y requerimientos de cada cliente.

#### **B. CONDICIONES DEL PROYECTO**

Cada proyecto realizado por la Constructora tiene que empezar por lo más básico que es conocer del Cliente, de que se trata el proyecto, el país o ciudad en que se realizará, las condiciones y demás características en que se trabajará, además de otras como las fechas importantes de la Licitación y fechas críticas para el proyecto.

Todo esto lo encontramos estipulado previamente por el Cliente quien da a conocer los términos y condiciones en que deberá ser realizado todo el proceso desde la licitación hasta la puesta en marcha y entrega del proyecto mediante documentos que se dan a conocer a todo el personal que estará involucrado con la Licitación. A este documento se le conoce comúnmente como “Pliego”.

El departamento Comercial es el encargado de difundir esta información con las respectivas áreas involucradas como Presupuestos, Ingeniería, Operaciones, Suministros, Calidad, Seguridad, Planeación y otras como Recursos Humanos y Contabilidad mediante un espacio creado para la oferta en el servidor de la Constructora, de esta manera se garantiza que las personas tengan toda la información generada durante la Oferta y el trabajo se haga de la manera más eficiente y transparente posible. Algunos de los puntos más importantes del Pliego son:

- a. Términos y condiciones del proyecto
- b. Objeto de la Licitación
- c. Alcance de los trabajos
- d. Subcontratos
- e. Condiciones de trabajo y del sitio de trabajo
- f. Estándares de Ingeniería
- g. Suministros
- h. Programación y Control de Avances
- i. Aseguramiento de la Calidad
- j. Órdenes de cambio
- k. Seguridad, Higiene y Medio Ambiente
- l. Facturaciones y pagos
- m. Anexos, entre otros.

En cada uno de estos puntos el Cliente describe ampliamente todo lo que se necesita saber para concursar en la licitación y presentar la oferta.

En el departamento de Planeación es importante conocer bien el proyecto, si bien parte de la información no es indispensable para el desarrollo del Programa de Actividades, resulta necesario estar al tanto de lo más importante y elemental del Pliego emitido por el Cliente. En primera instancia en el área estamos encargados de realizar la Programación durante la Oferta, comenzando por apegarnos a lo estipulado por el Cliente con relación al Programa de Oferta y que comúnmente es explicado más a detalle en uno de los Anexos de dicho Acuerdo. A continuación se mencionan y describen los puntos que incluye este Anexo:

- a. Fechas clave para el proyecto
- b. Ruta crítica
- c. Nivel de detalle por Fase y Disciplina
- d. Estructura Desglosada de Tareas (WBS)
- e. Asignación de Recursos
- f. Software a utilizar
- g. Reportes y otra documentación entregable durante la fase de Construcción.

### **C. ESTRUCTURA DESGLOSADA DE TAREAS (WBS)**

La Estructura Desglosada de Tareas (EDT) o también llamada “WBS” por sus siglas en inglés, es una herramienta que nos permitirá organizar el proyecto de manera jerárquica en sus diferentes etapas. Para realizar esta jerarquización o clasificación se comienza por las más grandes áreas de trabajo en que puede ser dividido el proyecto, posteriormente cada una de éstas áreas se divide en otras más pequeñas hasta conseguir el nivel de detalle necesario para cada proyecto.



La compañía propone una WBS como la que se muestra a continuación (Figura 13). Debido a que cada proyecto tiene características y etapas específicas ésta WBS solo servirá como base para la elaboración de las nuevas WBS que puedan presentarse para otros proyectos.

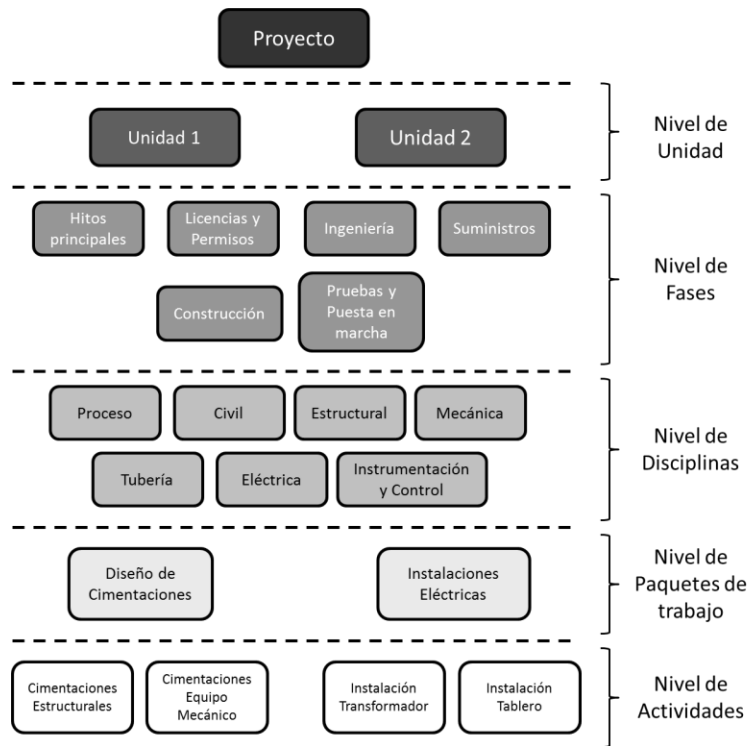


Figura 13 WBS para proyectos<sup>18</sup>

Dependiendo del alcance del proyecto y basándose en el diagrama anterior se hace una jerarquización de niveles como se muestra a continuación:

## 1. UNIDADES

En este nivel se hace una separación del proyecto en sus diferentes Unidades dentro de la misma Planta. Esta clasificación se realiza cuando el alcance de los trabajos incluye dos o más partes de la Planta y simplemente se deben realizar las tareas o actividades por separado.

En algunas ocasiones estas Unidades son diferentes una de la otra por lo que se llega a necesitar maquinaria y equipo distinto durante la construcción, suministros e ingeniería diferentes, así como trámites de licencias y permisos exclusivos para cada Unidad. (Figura 14)

<sup>18</sup> Fuente: Elaboración propia

Otras veces las Unidades son prácticamente iguales, en estos casos se requiere ingeniería, suministros y únicamente la construcción se realizará de forma independiente, por lo que este nivel de Unidad podrá cambiarse de orden dentro de la WBS. (Figura 15)

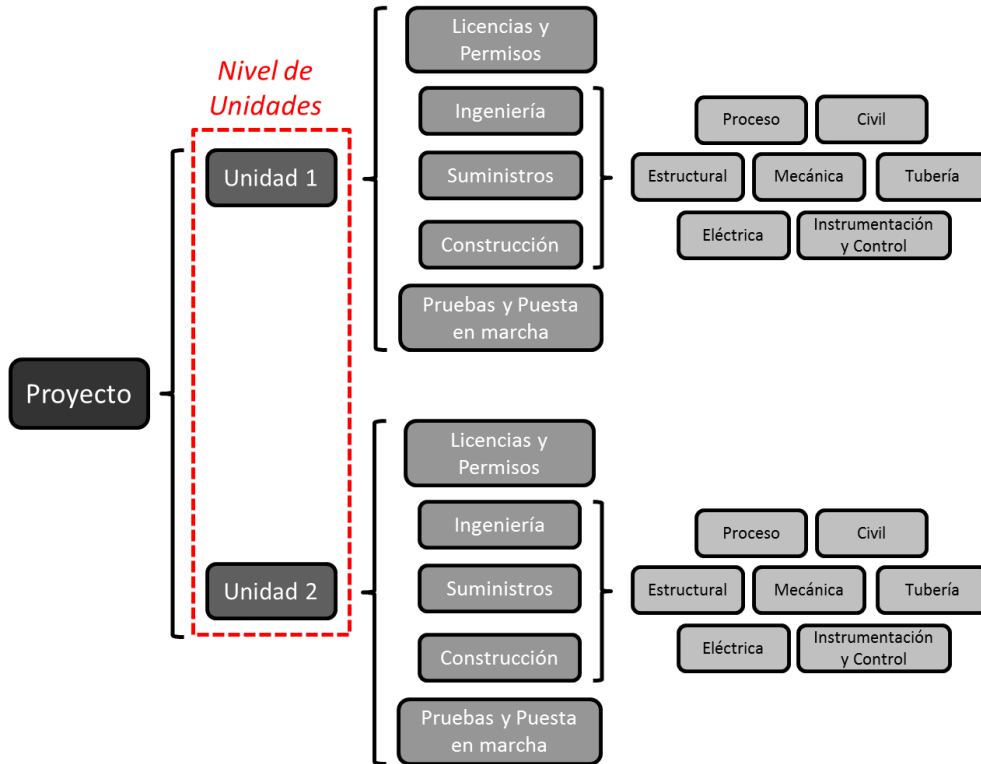


Figura 14 Nivel de Unidades a)<sup>19</sup>

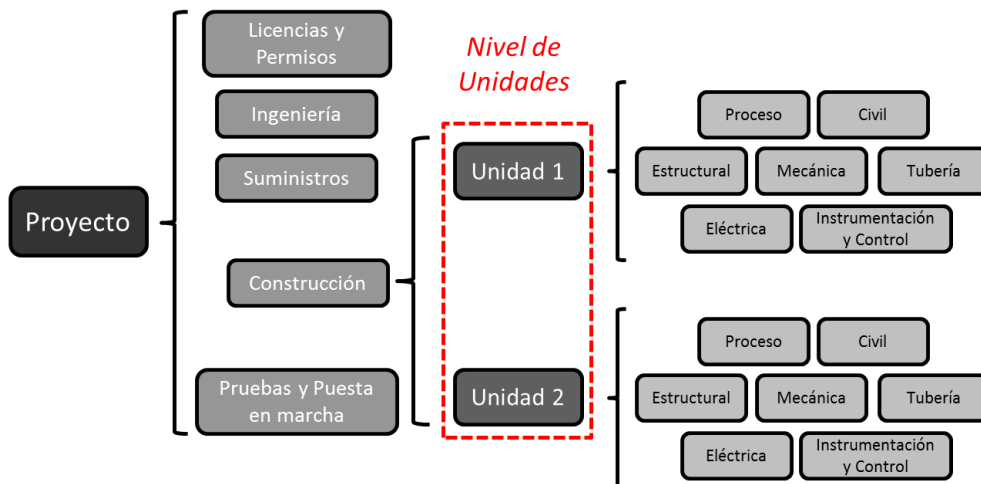


Figura 15 Nivel de Unidades b)<sup>20</sup>

<sup>19</sup> Fuente: Elaboración Propia

<sup>20</sup> Fuente: Elaboración propia

## 2. FASES

Posterior al nivel de Unidad el siguiente nivel depende directamente del alcance (EPC, EP, E o C), éste determina que trabajos se llevarán a cabo y por lo tanto las Fases en las que se dividirá el proyecto en cada una de sus Unidades. Adicional a las Fases de Ingeniería, Suministros, Construcción y Pruebas y Puesta en marcha, siempre se considera agregar una fase de resumen con las fechas más importantes del proyecto llamada “Hitos Principales”. (Figura 16)

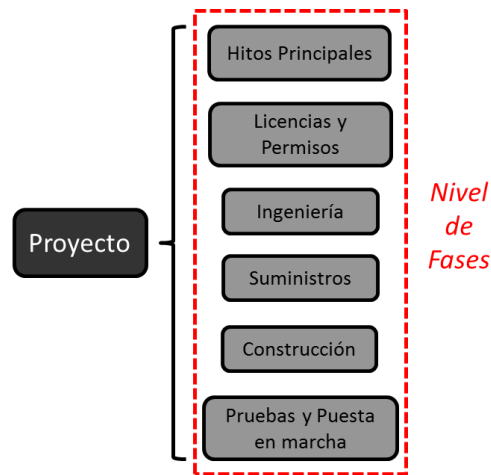


Figura 16 Nivel de Fases<sup>21</sup>

A continuación se describen cada una de estas Fases y la importancia que tienen tanto para el departamento de Planeación como durante la etapa de obra de cualquier proyecto:

### a) HITOS PRINCIPALES

Las fechas clave de cada proyecto deben estar indicadas como “Hitos” que son eventos de una sola vez. En ocasiones se consideran como metas del proyecto y son fechas tan importantes que merecen una Fase en la apertura de la WBS de cualquier proyecto. Algunos de estos hitos son:

- a. Firma del contrato
- b. Colocación de orden de compra de equipos críticos
- c. Inicio de la construcción
- d. Completamiento mecánico
- e. Disponibilidad de energía eléctrica y de sustancias (gas, agua, etc.)
- f. Inicio de pruebas y puesta en marcha
- g. Operación comercial

<sup>21</sup> Fuente: Elaboración propia

Esta Fase debe estar incorporada en el Programa de Oferta y dependerá de las especificaciones del “Cliente” así como las consideraciones y alcances de cada proyecto.

## **b) LICENCIAS Y PERMISOS**

En cualquier proyecto un factor crítico para su correcta ejecución es la obtención de licencias y permisos. Vale la pena mencionar que aunque se tengan ya los planos de construcción, los equipos entregados y el personal listo para iniciar los trabajos de obra, será imposible comenzar con las actividades si faltan los permisos o las licencias necesarios, esto se debe a que en muchos casos son compras de terrenos y es aquí donde interviene el factor humano.

Los proyectos llegan a retrasarse por la simple negativa de las personas por vender parte de sus terrenos, lo que conlleva a recalcular la ruta del proyecto y con ello cambiar planos, estudios y demás actividades implicadas. Por otro lado puede que la ruta por donde pasa el proyecto interfiera con cruces de carreteras, ductos, líneas de transmisión e incluso por zonas en las que se encuentran vestigios arqueológicos. Por ello algunas de las licencias y permisos que se tramitan y deben ser programadas dependiendo del proyecto son:

- a. Ambientales
  - a. Medición de Impacto Ambiental (MIA)
  - b. Estudio de Riesgo Ambiental (ERA)
  - c. Estudio Técnico Justificativo (ETJ)
  - d. Protección y reubicación de especies de flora y fauna
- b. No ambientales
  - a. Licencia de uso de suelo
  - b. Licencia de construcción
  - c. Permisos de cruces (CFE, PEMEX, CONAGUA, SCT)
  - d. Anuencias (Compra de terrenos)
  - e. Liberación por parte del INAH

## **c) INGENIERÍA**

La Fase de Ingeniería se divide en Ingeniería Básica, la cual genera los planos que han de ser aprobados posteriormente para que estos sirvan en la etapa de construcción. Partiendo de la Ingeniería Básica se tiene la Ingeniería de Detalle la cual generará los planos, diagramas y especificaciones detalladas de equipos, accesorios, estructuras, entre otros elementos. Estas especificaciones serán revisadas en diversas ocasiones (Rev. 0, 1, 2, etc.) para después emitir las Solicitudes de Material (Material Requisitions - MR's), Lista de Materiales (Material Take Off - MTO's) y Solicitudes de Trabajo (Work

Requisition - WR's) según sea el caso. Esta etapa de Ingeniería se subdivide a su vez en Disciplinas las cuales veremos más adelante con más detalle.

#### **d) SUMINISTROS**

Posterior a la emisión de MR's, MTO's y WR's por parte de Ingeniería, el departamento de Suministros comienza con la gestión de compra de todos los materiales, equipos y servicios que han sido requeridos por Ingeniería. La gestión de compra incluye la búsqueda de proveedores y el análisis de cada uno de ellos para determinar las mejores condiciones de la compra.

Una vez seleccionado el proveedor se coloca la orden de compra con todas las especificaciones de materiales y equipos e inicia el periodo de fabricación, el cual dependerá del tipo de material o equipo que se desee fabricar. Generalmente las órdenes de compra de los equipos críticos se colocan con anticipación para evitar retrasos sabiendo de antemano que la entrega de estos equipos es crucial para la fecha de terminación del proyecto.

En el caso de los servicios, los cuales no pasan por una etapa de fabricación, se realizan subcontratos. Generalmente los subcontratos son para actividades en las que la Constructora no se especializa y por lo tanto se contrata a una empresa que se especialice en dicha actividad.

Después de que son fabricados los materiales y equipos, se tiene que contemplar un periodo en el que se incluyen todos los trámites en aduanas y el transporte, ya sea terrestre o marítimo, desde su lugar de fabricación hasta su arribo al sitio del proyecto. Un caso especial de entrega se presenta para materiales como tuberías, cables, concreto, varillas, etc. Los cuales son fabricados y entregados en varios lotes según convenga, por lo que en estos casos se programan entregas parciales de estos materiales.

Considerando lo anterior, el proceso de suministros para cada equipo de cada Disciplina quedaría estructurado de la siguiente manera:

- a. Gestión de compra
- b. Colocación de la orden de compra
- c. Fabricación
- d. Transporte
- e. Entrega en sitio (única o parciales)

#### **e) CONSTRUCCIÓN**

A diferencia de las Fases anteriores (Ingeniería y Suministros) en las que el personal trabaja en el corporativo de la Constructora, la Fase de Construcción se realizará en el Sitio del proyecto y para

iniciarla se deberán haber obtenido las licencias y/o permisos necesarios para iniciar la Construcción, así como algunos estudios y planos necesarios dependiendo de los trabajos a realizar.

La programación de la Fase de Construcción tiene diversos factores que la hacen muy diferente a las otras fases, por ejemplo para cada proyecto se tienen diferentes formas de realizar las actividades y dependiendo del tipo de proyecto es la forma en que se ejecutan. Además, es aquí donde radica la importancia del Gerente del Proyecto y del Gerente de Construcción, ya que regularmente son asignados dependiendo de su experiencia en proyectos similares por lo que elaboran estrategias basadas en proyectos que han realizado.

El programa de actividades para esta Fase dependerá del tipo de proyecto. La construcción de ductos se programa en Diagramas de Espacio – Tiempo y los proyectos más complejos como Plantas de generación de energía se realizan con Diagramas de Gantt en los que se dividen las actividades por Disciplina, las cuales se explican más adelante.

Las actividades de Construcción dependen siempre del trabajo de Ingeniería y Suministros, quienes son los responsables de la emisión de los documentos necesarios para la construcción o instalación de algún equipo y la compra de los materiales necesarios para realizar los trabajos, desde las grúas para el montaje hasta el concreto necesario para realizar las cimentaciones.

## **f) PRUEBAS Y PUESTA EN MARCHA**

La Fase final de cualquier proyecto comienza con las pruebas locales en las que se verifica que cada parte funcione adecuadamente de manera independiente. Estas pruebas locales son mejor conocidas como “Pre-commissioning” y se realizan a todos los equipos individualmente antes de ponerlos en marcha.

Posteriormente se empieza con las pruebas en conjunto primero sin sustancias ni materiales y luego suministrándolas al proceso completo para ver el funcionamiento completo del sistema. A estas pruebas en conjunto también se les conoce como “Commissioning”.

Finalmente al terminar las dos etapas de pruebas se realiza una capacitación al personal operativo, se emite el manual para la correcta operación de la planta, se da por terminado el proyecto y está listo para su Operación comercial.

### 3. DISCIPLINAS

Este nivel de la WBS se caracteriza por dividir cada una de estas Fases en grupos más pequeños, permitiendo mayor orden y control dentro del programa. Los departamentos de Ingeniería, Suministros y Operaciones tienen grupos de trabajo que se encargan de cada Disciplina, y esto se ve reflejado en el programa como muestra la siguiente imagen (Figura 17):

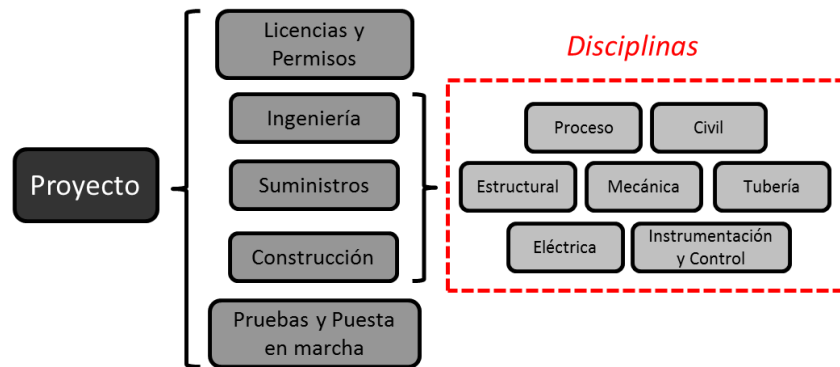


Figura 17 Nivel de Disciplinas<sup>22</sup>

Las disciplinas consideradas en cada proyecto son las siguientes:

#### a) PROCESO

Es la disciplina con la que se diseña el funcionamiento de la planta. Esta disciplina considera aspectos como las sustancias de trabajo de la planta, el flujo que tendrán los materiales de trabajo así como las diferentes partes de la planta y su funcionamiento.

#### b) CIVIL

Esta disciplina incluye todas las actividades que tengan que ver con el diseño, compra, entrega e instalación o construcción de cimentaciones, movimiento de suelos y modificaciones del terreno para prepararlo antes de realizar cualquier trabajo.

<sup>22</sup> Fuente: Elaboración propia

### **c) ESTRUCTURA**

Se involucran actividades como el diseño de soportes en Fase de Ingeniería, compra y entregas de acero estructural durante la Fase de Suministros e Instalación de soportes y columnas de acero en la fase de Construcción.

### **d) MECÁNICA**

Se encarga del diseño y especificación (Ingeniería), compra y entrega del equipo mecánico que regularmente forma parte de la ruta crítica del proyecto y finalmente la instalación de dichos equipos como bombas, compresores, turbinas, tanques, etc.

### **e) TUBERÍAS**

Debido a que la Constructora realiza proyectos que involucran complejos industriales en los que las tuberías son el alma de la planta, esta disciplina se podría decir que es una de las que tiene mayor importancia. Ya que dependiendo del diseño de la red de tuberías se tendrán las dimensiones de la planta.

### **f) ELÉCTRICA**

Se encarga del diseño eléctrico, la compra y suministro de materiales eléctricos y finalmente de la instalación y arranque de equipos generalmente como los tableros, centro de control de motores (CCM), transformadores y materiales como cables y bandejas necesarios para las conexiones.

### **g) INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL**

Junto con los trabajos eléctricos, la instalación de instrumentos de medición y control como válvulas, manómetros y cables para su conexión son consideradas como las últimas actividades de instalación.



#### 4. PAQUETES DE TRABAJO

Los Paquetes de Trabajo se refieren a un conjunto de actividades que se ven agrupadas en un solo rubro, esto con el fin de mostrar un nivel de detalle del programa adecuado para las revisiones iniciales que se harán entre los responsables de los distintos departamentos, el Gerente de Proyecto y el Cliente. Cabe mencionar que este nivel de detalle se llega a considerar como último durante la Oferta y en el transcurso del proyecto éste nivel se amplía dando mayor apertura y detalle al programa. El siguiente es un ejemplo del nivel de Paquete de Trabajo durante la Oferta de un proyecto. (Figura 18)

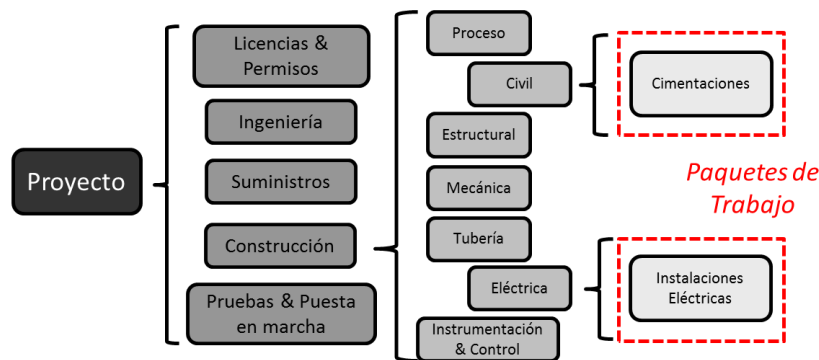


Figura 18 Nivel de Paquetes de Trabajo<sup>23</sup>

#### 5. ACTIVIDADES

Es considerado como el nivel de detalle final, en él se encuentran los trabajos que conforman cada Paquete de trabajo e integran las tareas que se deben realizar en cada disciplina (Figura 19). Estas tareas o actividades son conocidas también como “Voces” dentro del programa y corresponden al único nivel donde se pueden formar redes lógicas entre ellas, es decir, se crean cadenas de “Predecesores” y “Sucesores” que relacionan cada una de las actividades de tal manera que describan el orden cronológico para realizarlas.

Se debe tener cuidado en relacionar adecuadamente las actividades del programa, ya que esto afecta directamente a la Red de actividades del proyecto y por consiguiente el software puede realizar de forma incorrecta el cálculo de la Ruta Crítica. Los tipos de relaciones se describen más adelante.

<sup>23</sup> Fuente: Elaboración propia

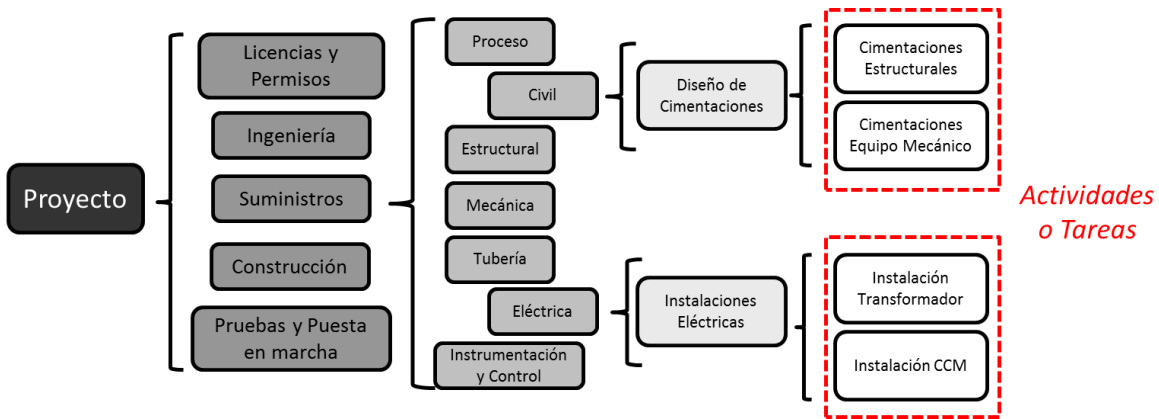


Figura 19 Nivel de Actividades<sup>24</sup>

A diferencia de todos los niveles anteriores que solamente muestran el resumen de las actividades contenidas en ellos, este nivel tiene la característica de poder asignar duración, fecha de inicio y término, recursos, predecesor y sucesor, entre otras de menor uso para cada una de las tareas.

Dentro del programa las actividades o tareas se pueden clasificar de dos formas dependiendo su duración:

- a. **Hito o "Milestone"**. Los cuales tienen duración cero y son utilizados para indicar el inicio o término de un evento en cualquier proyecto. Son representados mediante un punto en el diagrama. (Figura 20)

ACTIVIDAD	L	M	M	J	V	S	D
Inicio del Proyecto	◆						
Fin del Proyecto							◆

Figura 20 Hitos en un Diagrama de Gantt<sup>25</sup>

- b. **Tarea o "Task"**. Es representada por una barra con duración mayor a cero, es decir que su fecha de inicio y término son siempre distintas. (Figura 21)

ACTIVIDAD	L	M	M	J	V	S	D
...							
Instalación Transformador		■					

Figura 21 Tareas en un Diagrama de Gantt<sup>26</sup>

<sup>24</sup> Fuente: Elaboración propia

<sup>25</sup> Fuente: Elaboración propia

<sup>26</sup> Fuente: Elaboración propia

Para ambos tipos de actividades se tienen varias formas de asignar predecesores y sucesores para interrelacionar las tareas, cada una de ellas con características y funciones distintas (Figura 22). Se dividen en cuatro formas que son las siguientes:

- “Inicio - Inicio” (SS).** El inicio de la actividad sucesora depende del inicio de su predecesora.
- “Inicio - Final” (SF).** La actividad predecesora terminará cuando inicie su sucesora.
- “Final - Inicio” (FS).** La actividad sucesora solo puede iniciar cuando la predecesora termine.
- “Final - Final” (FF).** El término de la actividad sucesora depende del término de su predecesora.

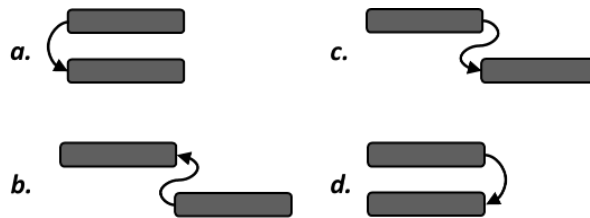


Figura 22 Tipos de relaciones lógicas a. SS, b. SF, c. FS y d. FF<sup>27</sup>

## D. DIAGRAMAS DE GANTT Y ESPACIO-TIEMPO

El Programa es representado gráficamente mediante un Diagrama de Gantt en el que se muestran las actividades que se consideran necesarias para la realización del proyecto. Estas actividades son representadas por medio de barras que proporciona información como los tiempos y fechas en que iniciarán o finalizarán cada una de estas actividades, para ello es necesario el uso de Software especializado en Programación como lo son “Microsoft Project 2010” y “Primavera P6 V7.2”.

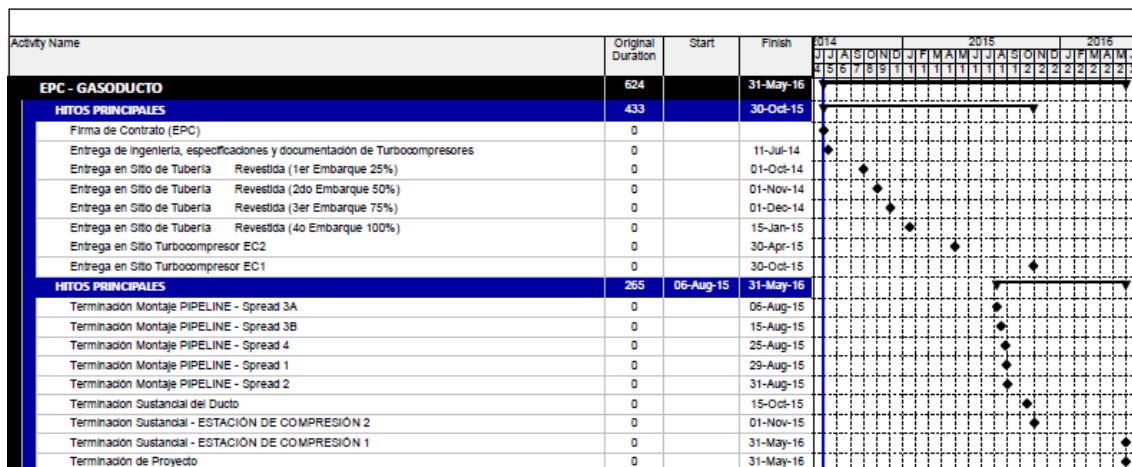


Figura 23 Diagrama de Gantt<sup>28</sup>

<sup>27</sup> Fuente: Elaboración propia

<sup>28</sup> Fuente: Elaboración propia

El Diagrama Espacio – Tiempo se elabora en un Software llamado “TILOS V7” el cual a diferencia de los dos anteriores es utilizado para programar la construcción de cualquier tipo de ductos (gasoductos, acueductos, etc.), carreteras y líneas de transmisión. El eje horizontal del diagrama representa la Distancia y el vertical muestra el Tiempo. En el gráfico central las líneas corresponden a las tareas repetitivas (Lineales) y las actividades no lineales, es decir las actividades cuyas tareas no son repetitivas, se muestran en forma de bloques.

Además de las actividades del proyecto también es posible presentar en el diagrama los niveles del terreno donde se llevarán a cabo las actividades, eventos como lluvias y posibles complicaciones para el proyecto.

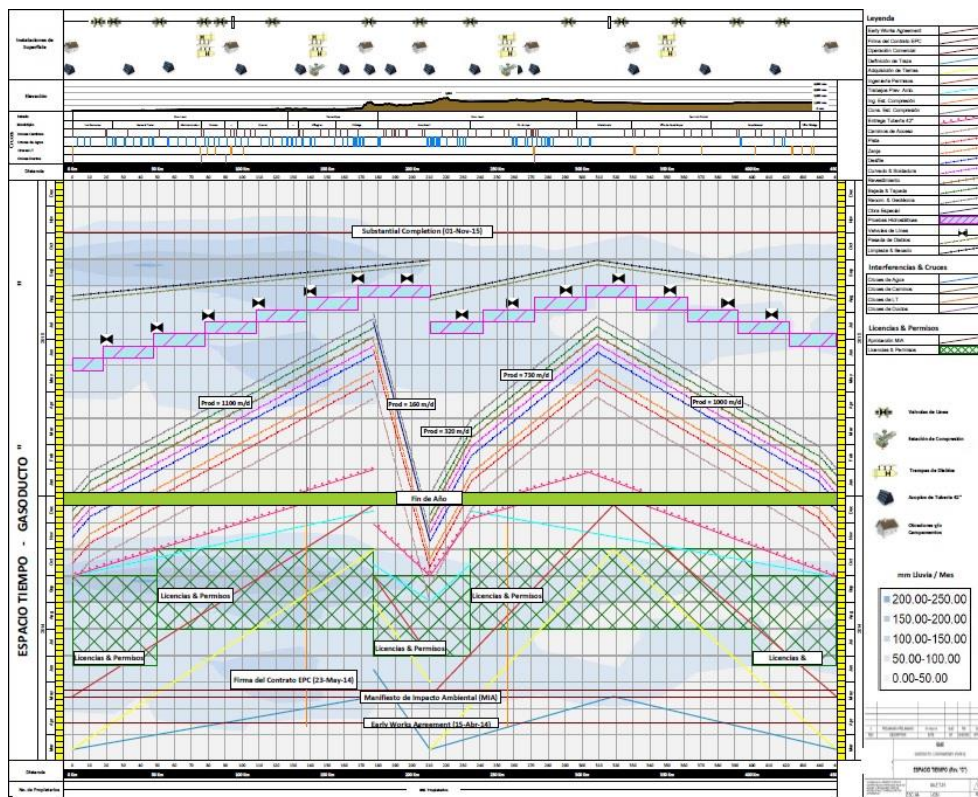


Figura 24 Diagrama Espacio – Tiempo<sup>29</sup>

En la Figura 24 se puede ver la programación de un gasoducto, en donde el eje horizontal corresponde a la distancia que recorre el gasoducto, el eje vertical indica el tiempo en meses para la ejecución del proyecto y las líneas de colores muestran las actividades que se ejecutan en determinado lugar y tiempo. En la parte superior se tiene un diagrama de elevación del terreno.

Cada Software tiene características y herramientas que hacen más sencilla la programación de proyectos tanto en etapa de Oferta como en la etapa de Control de Proyecto, y su uso dependerá de los requerimientos particulares de cada licitación, el grado de complejidad, la magnitud, los alcances y el tipo de proyecto.

<sup>29</sup> Fuente: TILOS V7

## **E. CONTROL DEL PROYECTO**

Una parte indispensable para una buena planeación es la comunicación con diversas áreas de la empresa como Ingeniería, Suministros y Operaciones, ya que ellos son los responsables de emitir los documentos necesarios para la confección de dicho programa, por ejemplo las cantidades de material eléctrico y civil, tamaño y volúmenes de instalación de equipos y estructuras, tiempos de entrega, emisión de Órdenes de Compra, origen y arribos en sitio, entre otras. Por supuesto el trabajo en conjunto con el Gerente de Proyecto también llamado “Project Manager” es de suma importancia para la elaboración de cualquier documento que se entregará durante la Licitación.

El Gerente del Proyecto en conjunto con el área de Planeación serán los encargados de programar el orden en que se deberán llevar a cabo las actividades para cumplir con los tiempos establecidos por el Cliente. Generalmente se hace lo siguiente, después de recibir la información por parte del área comercial se comienza con la elaboración de la Estructura Desglosada de Tareas (WBS) como se verá posteriormente, después se programan actividades con muy poco nivel de detalle ya sea en “Microsoft Project” o en “Primavera P6”, conforme las áreas de ingeniería comienzan a emitir los planos, especificaciones y listas de equipos, se agregan más actividades al programa y se establecen las relaciones de precedencia entre ellas. Una vez que se tiene una base del programa es momento de hacer revisiones tanto con el director del área de Planeación y Control de Proyectos como con el Gerente del Proyecto quienes regularmente por su experiencia en diversos proyectos, capacidades de la Constructora en cuanto a mano de obra, recursos financieros y demás factores establecen la forma en que se deberá realizar el proyecto y las adecuaciones del programa en cuanto a tiempos y fechas.

Estas reuniones se realizan de forma constante para actualizar la información recibida por parte de otras áreas, de esta manera se asegura que la programación del proyecto sea lo más eficiente y cuente con la información correcta y necesaria para su ejecución. En el capítulo siguiente se verá con más detalle éste punto.

## IV. APLICACIÓN DE PROGRAMACIÓN DE OPERACIONES EN UN PROYECTO EPC

### A. ANTECEDENTES

En los últimos años la demanda de energía eléctrica en México ha aumentado considerablemente. Según datos de la Comisión Federal de Electricidad, la CFE proporciona servicio a más de 38 millones de clientes en toda la república y se registra una tasa de crecimiento de clientes del 5.8% anual durante los últimos 10 años.

Con la aprobación de la Reforma Energética se prevén proyectos en materia de energía que se vea reflejado en potenciales fuentes de trabajo para las empresas privadas del sector energético.

### B. DESCRIPCIÓN

El proyecto se trata del diseño, suministro, construcción y puesta en marcha de una Central Termoeléctrica de Ciclo Combinado en el Estado de Nuevo León. Contará con una capacidad instalada para generar aproximadamente 900 MW anuales de electricidad utilizando gas natural como combustible.

El proyecto estará dividido en tres partes fundamentales. El **Bloque de Potencia**, que será integrado por tres turbogeneradores de gas y uno de vapor, convirtiéndose así en un Ciclo Combinado en donde la energía térmica generada por las turbinas de gas será aprovechada por unas calderas de recuperación que servirán para producir el vapor que hará girar la cuarta turbina.

El **Bloque de Servicios**, en donde principalmente se encontrará una planta de tratamiento de agua que recibirá agua proveniente de un acueducto, la procesará y abastecerá a la planta de agua potable, agua de servicio y agua desmineralizada para el funcionamiento de la turbina de vapor.

Por último se tiene una **Subestación Eléctrica** que recibirá la energía producida en bloque de potencia y la incorporará al Sistema Eléctrico Nacional para su transmisión y distribución por parte de CFE a diferentes partes de la República.

## **C. ALCANCES DEL PROYECTO**

Se trata de un contrato a Precio Alzado o “Lump Sum”, el cual tiene la característica de que el precio fijado al cliente no puede ser modificado en el transcurso del proyecto si no es por una orden de cambio que únicamente aplicará para cambios no imputables al contratista y que sean aprobados por el cliente.

A mediados del 2014 se firmó el contrato definitivo en el que se adjudica el proyecto a la Constructora que será la encargada de realizar los trabajos que se describen a continuación como parte del alcance general del contratista.

En esta ocasión se tiene un proyecto EPC, el cual deberá incluir los siguientes alcances:

- a. Ingeniería
- b. Suministro
- c. Construcción
- d. Trámite de licencias y permisos
- e. Movilización del personal al sitio
- f. Control de calidad y seguridad
- g. Pruebas locales y en conjunto
- h. Entrenamiento de personal operativo y de mantenimiento
- i. Elaboración de manuales de operación y mantenimiento

Cabe destacar que el Cliente se encargará de adjudicar la ingeniería y suministro de los equipos principales del Bloque de Potencia a una empresa que ha elegido previamente, por lo que la Constructora únicamente se encarga de realizar el seguimiento al proveedor con el fin de llevar un control de calidad en la fabricación los equipos, avances y tiempos de entrega en sitio.

## **D. PLANEACIÓN Y CONTROL DEL PROYECTO**

Dentro de las bases de licitación del proyecto el Cliente establece que el contratista deberá entregar un programa de oferta detallado al nivel que considere necesario para mostrar las actividades que han de ser realizadas dentro del periodo de tiempo establecido en las mismas bases. El área de Planeación de la Constructora es la encargada de llevar a cabo esta tarea, para ello es indispensable tener clara la estrategia que seguirá el equipo del proyecto para realizar los trabajos. La estrategia se determina partiendo de las fechas clave del proyecto que el Cliente establece en el contrato y que cualquier retraso en su ejecución será considerado como una penalización al contratista.

La estrategia es plasmada en un programa de actividades que forma parte del contrato y se toma como base durante la fase de ejecución. El programa a grandes rasgos está integrado por la Estructura

Desglosada de Tareas (WBS), la Red de actividades que incluye la Ruta Crítica del Proyecto y el Diagrama de Gantt, todo esto se describe con más detalle a continuación:

## **1. ESTRUCTURA DESGLOSADA DE TAREAS (WBS)**

Primero se establece una WBS que será nuestro punto de partida y que nos ayuda a realizar un control adecuado mediante la separación de áreas y distribución de las tareas dentro del programa. En donde el “Nivel 0” de la WBS corresponde al nombre del proyecto que para estos fines lo llamaremos “Termoeléctrica”. La WBS del proyecto se puede ver en la de la siguiente manera:

### **a) NIVEL DE FASES**

Es considerado como el Nivel 1 dentro del programa, las fases que integrarán a este proyecto son: Hitos principales, Información de proveedores del bloque de potencia (IP) y del bloque de servicios (BOP), Licencias y permisos, Ingeniería, Suministros, Construcción, Puesta en Marcha y Capacitación del personal que operará la planta. (Figura 25)

### **b) NIVEL DE DISCIPLINAS**

Cada unidad contiene las disciplinas apropiadas para cada trabajo, de forma general estas disciplinas son Civil, Estructuras, Mecánica, Tubería, Eléctrica e Instrumentación. Además de otras utilizadas dependiendo de la fase como Proceso y Modelo 3D ambos durante la fase de Ingeniería, y Pruebas en la fase final de la Construcción de la planta. (Figura 25)

### **c) NIVEL DE UNIDAD**

Como mencioné anteriormente este nivel suele cambiarse de orden dependiendo del proyecto, esto principalmente para llevar un mejor control de las actividades y para mostrar de manera más clara la forma en que se estructura el proyecto. En este caso las grandes unidades consideradas son el bloque de potencia (IP), el bloque de servicios (BOP) y la subestación (SE). (Figura 25)



## d) NIVEL DE PAQUETES DE TRABAJO

En este nivel de detalle tenemos trabajos a realizar por cada disciplina los cuales se agrupan en paquetes de actividades cuyas características son similares. Por ejemplo para la disciplina Civil en la fase de Construcción y dentro del bloque de potencia (IP) tenemos el movimiento de suelos, la obra enterrada y la construcción de cimentaciones. (Figura 25)

## e) NIVEL DE ACTIVIDADES

Una vez establecidos los niveles anteriores de la WBS llegamos al nivel de actividades, en este nivel es donde se asignan tiempos, fechas y relaciones a las tareas para formar una red de actividades que nos permita visualizar y analizar los tiempos en que cada una de ellas deberá ser ejecutada. Este nivel de detalle está integrado por las tareas que han de ser realizadas durante cada fase, unidad, disciplina y paquete de trabajo. Algunos ejemplos de ellas son para la disciplina Civil en el paquete de Fundaciones se tienen las cimentaciones de equipos, edificios, estructuras, entre otros. (Figura 25)

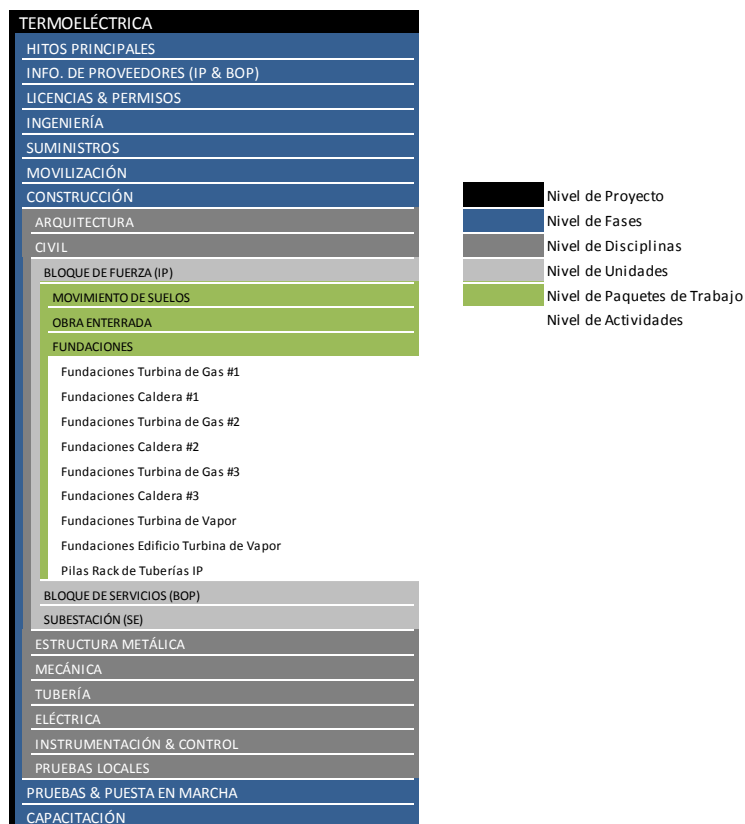


Figura 25 WBS Proyecto Termoeléctrica<sup>30</sup>

<sup>30</sup> Fuente: Elaboración propia

## 2. RED DE ACTIVIDADES

La Programación de cada una de las actividades dependerá de las relaciones lógicas y restricciones que tengan a su vez con otras actividades del programa. Esta Programación es esencialmente una “Red de actividades”, sin embargo, se representa gráficamente en un Diagrama de Gantt donde la longitud de las barras corresponde a la duración de cada tarea, y el color dependerá del estado de la actividad.

A continuación se muestra un ejemplo de cadena lógica de actividades fuera de la Ruta Crítica que corresponde a todos los trabajos relacionados con las turbinas y sus respectivas actividades predecesoras (Figura 26).

Actividad	Nombre de Actividad	Predecesor
A	Orden de Proceder	-
B	Diseño de Proceso	A
C	Especificaciones Civiles	B
D	Especificaciones Técnicas Movimiento de Suelos	C
E	Planos de Movimiento de Suelos	D
F	WR Movimiento de Suelos	D
G	Proceso de Compra	F
H	Orden de Compra	G
I	Movilización del Subcontratista al Sitio	H
J	Llegada al Sitio	I
K	Movimiento de Suelos	E, J
L	Planos de Fundaciones - TG1	C
M	Fundaciones - TG1	K, L
N	Especificaciones Técnicas Equipos Mecánicos	B
O	Típicos de Montaje Mecánico	N
P	Orden de Compra	N
Q	Fabricación - TG1	P
R	Transporte - TG1	Q
S	Entrega en Sitio - TG1	R
T	Montaje - TG1	M, O, S
U	Pruebas	T
V	Puesta en marcha	U

Figura 26 Lista de Actividades con predecesores inmediatos<sup>31</sup>

Esta red se puede representar gráficamente como actividades en las flechas, donde los nodos indican los eventos de inicio y término de cada actividad, de ésta manera el software realiza el cálculo por medio del CPM y automáticamente se tienen los tiempos de holgura y el cálculo completo de la ruta crítica del proyecto, en la siguiente figura se muestra el diagrama de redes para las actividades relacionadas con la Turbina de Gas # 1. (Figura 27)

<sup>31</sup> Fuente: Elaboración propia

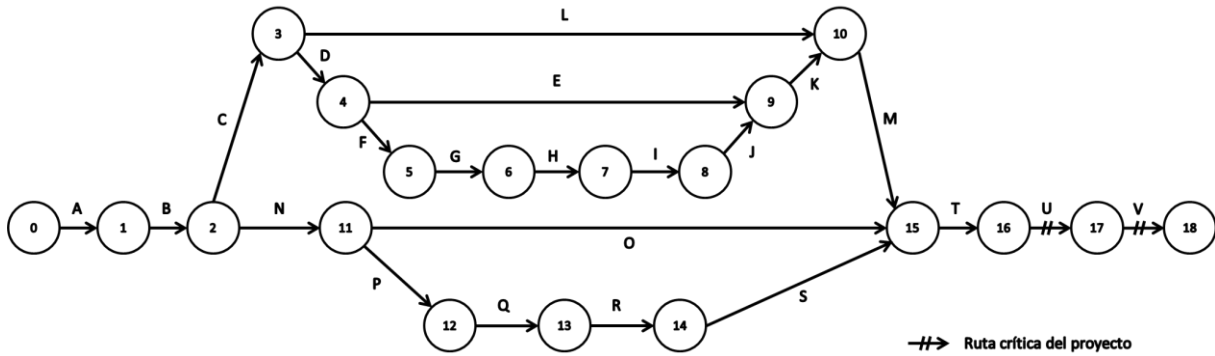


Figura 27 Red de Actividades<sup>32</sup>

La primera actividad de la Figura 27 es la “Orden de Proceder” que indica el inicio de los trabajos de “Diseño de Proceso” por parte del departamento de Ingeniería, ésta a su vez está ligada a la emisión de las “Especificaciones Civiles” durante la Ingeniería Básica. Posteriormente Ingeniería emite las “Especificaciones Técnicas de Movimiento de Suelos”, los “Planos de Movimiento de Suelos” y la “Solicitud de Trabajo de Movimiento de Suelos”, todas ellas dentro de la disciplina Civil. A su vez la disciplina Mecánica genera las “Especificaciones Técnicas de Equipos Mecánicos” y los “Planos de Montaje” correspondientes a la Ingeniería de Detalle. Así mismo se recibe la “Orden de Compra” de las Turbinas dentro del alcance del Cliente.

Después de que Ingeniería emita la Solicitud de Trabajo (WR) el departamento de Suministros comienza con el “Proceso de Compra”, éste proceso incluye la cotización con diferentes clientes, un análisis técnico y económico, y finalmente la emisión de una “Orden de Compra”. Después de ello viene la “Movilización” y la “Llegada al Sitio” del Subcontratista para comenzar con el “Movimiento de Suelos” que a su vez requiere de los “Planos de Movimiento de Suelos” emitidos por Ingeniería para la ejecución de los trabajos correspondientes.

Una vez terminado el “Movimiento de Suelos” del bloque de potencia (IP) se puede empezar con las “Fundaciones de la Turbina de Gas #1” conforme a los “Planos de Fundaciones Turbina de Gas #1”. Por otro lado la Constructora está encargada de la supervisión de la “Fabricación”, “Transporte” y posterior “Entrega en Sitio” de la Turbina #1.

El “Montaje de la Turbina de Gas #1” depende de la terminación de las “Fundaciones de la Turbina de Gas #1” y de la “Entrega en Sitio de la Turbina de Gas #1”, además de requerir los “Típicos de Montaje” para comenzar con la instalación del equipo. Cuando el montaje ha finalizado, se comienza con las “Pruebas” y posteriormente la “Puesta en marcha” de la planta.

En la Figura 28 se muestra la representación de la red de actividades (Figura 27) en un diagrama de Gantt, donde se observa la distribución de las mismas en el tiempo.

<sup>32</sup> Fuente: Elaboración propia

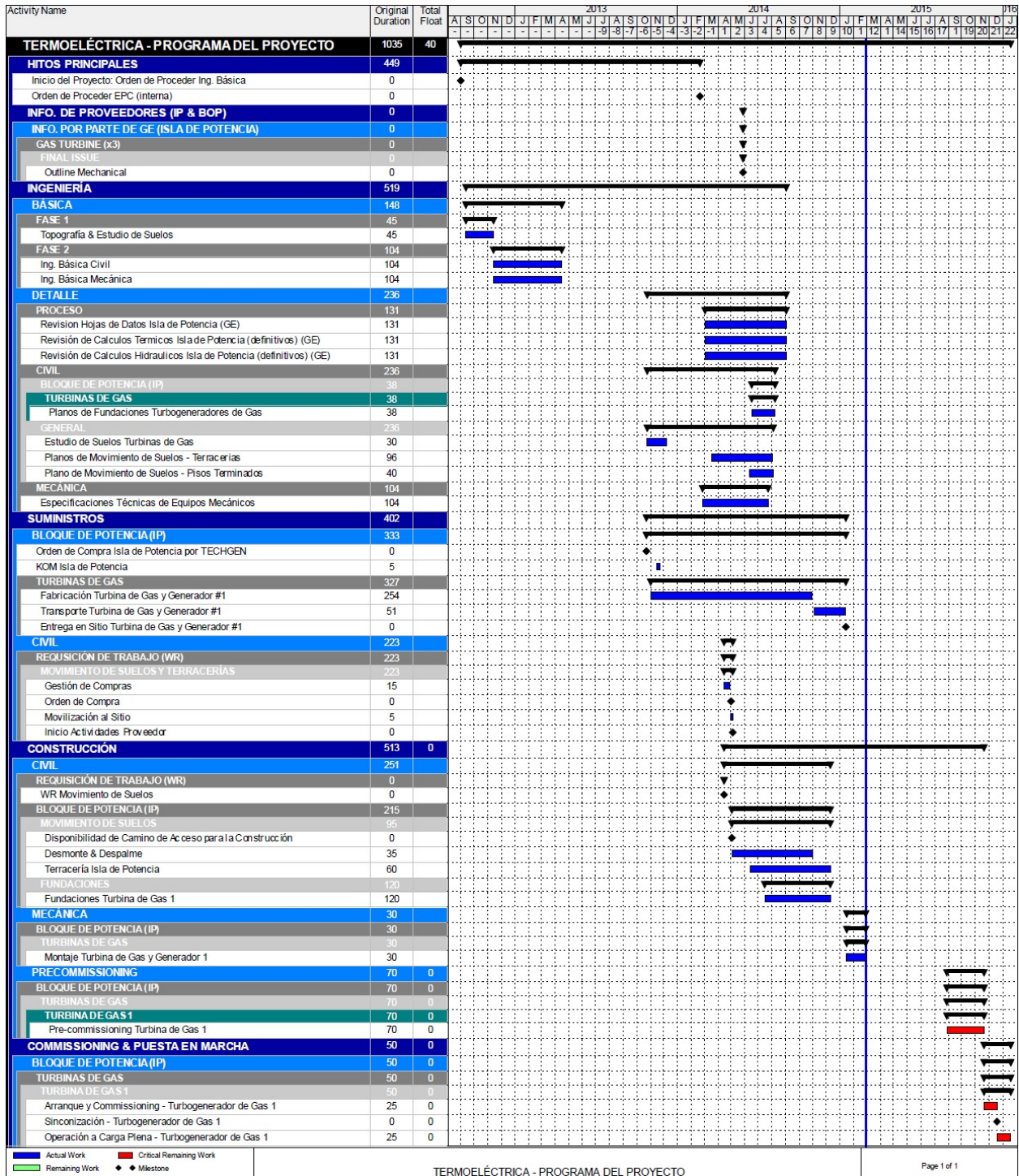


Figura 28 Diagrama de Gantt de Instalación de Turbina de Gas #1<sup>33</sup>

<sup>33</sup> Fuente: Primavera P6

### 3. RUTA CRÍTICA

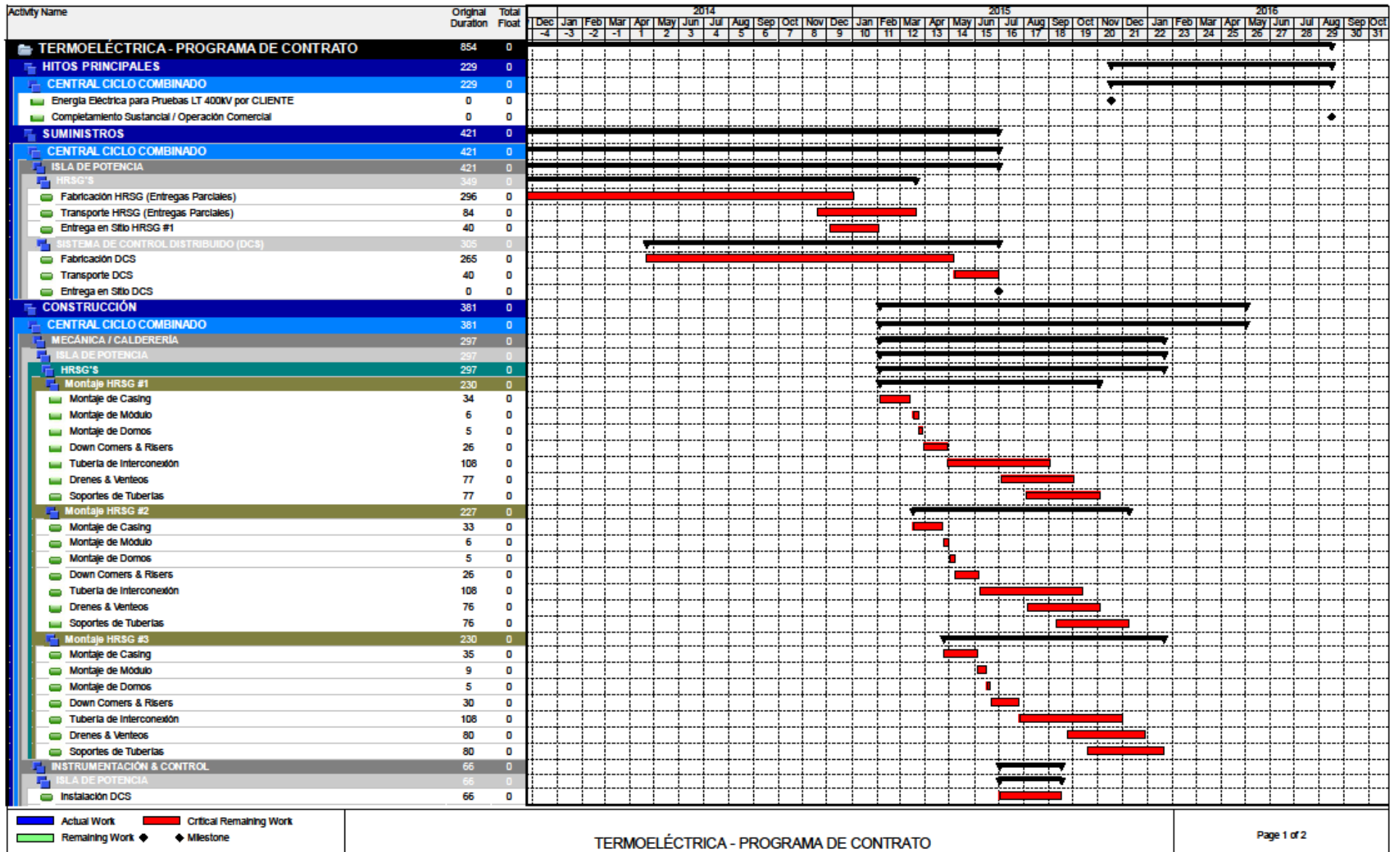
La Ruta Crítica del proyecto son aquellas actividades que tienen un tiempo de Holgura igual a cero y nos indican que cualquier retraso en estas actividades afectará directamente en la fecha de terminación del proyecto. Para que el programa calcule la Ruta Crítica es necesaria la fecha de terminación, la cual limita la duración total del proyecto y permite visualizar las actividades que pertenecen a la Ruta Crítica en el Diagrama de Gantt en barras de color rojo. (Programa 1)

Esta técnica nos da una perspectiva de cuáles son las actividades que por ningún motivo pueden retrasarse en su realización, ya que como lo vimos anteriormente un retraso en tiempo afecta directamente en el costo del proyecto.

A continuación se muestra el Programa 1 que corresponde a la Ruta Crítica original contenida en el programa base del proyecto y que forma parte del contrato con el Cliente.

Los principales elementos de esta ruta crítica original son:

- ✓ **Calderas de Recuperación.** Son tres calderas con diez módulos cada una, se realizan entregas parciales de las partes que constituyen cada caldera y forman parte de la Ruta Crítica debido a la gran cantidad de componentes que las integran y la complejidad de las maniobras de montaje.
- ✓ **Sistema DCS.** El Sistema de Control Distribuido es aquel sistema que controla a toda la planta, e incluye todos los equipos e instrumentos que se requieren para su operación. El DCS está incluido en la Ruta Crítica debido a que se requiere para comenzar con las pruebas del sistema, y además de tener un largo plazo de entrega.
- ✓ **Pruebas de las Calderas.** Se requiere tener listas las calderas antes del arranque de la turbina de vapor, ya que las calderas suministran el vapor necesario para su funcionamiento.
- ✓ **Pruebas de Turbogeneradores.** Para realizar las pruebas de las tres turbinas de gas y la de vapor es necesario tener funcionando el Sistema DCS, por lo que integran la ruta crítica el arranque, sincronización y operación a plena carga de los cuatro turbogeneradores.
- ✓ **Pruebas del Condensador.** Se realizan pruebas al condensador que se encuentra junto a la turbina de vapor y que es el encargado de condensar el vapor de agua que ésta emite.
- ✓ **Pruebas de Ciclo Combinado.** Una vez realizado el arranque de los turbogeneradores se comienza con las pruebas que involucran todos los sistemas en funcionamiento de la planta, se realizan diferentes pruebas como el primer arranque del ciclo combinado, pruebas de confiabilidad, pruebas de aceptación y la elaboración de los documentos de cierre y entrega del proyecto.



Programa 1 Ruta Crítica Contractual <sup>34</sup>

<sup>34</sup> Fuente: Primavera P6



#### 4. CONTROL DEL PROYECTO

Conforme el proyecto avanza se detectan posibles desvíos en tiempo, estas actividades aún no afectan la Ruta Crítica, sin embargo, quedan justos en tiempo para su ejecución. Mi trabajo como Planeación es detectar, controlar y alertar sobre estos desvíos para que no impacten en la duración total del proyecto.

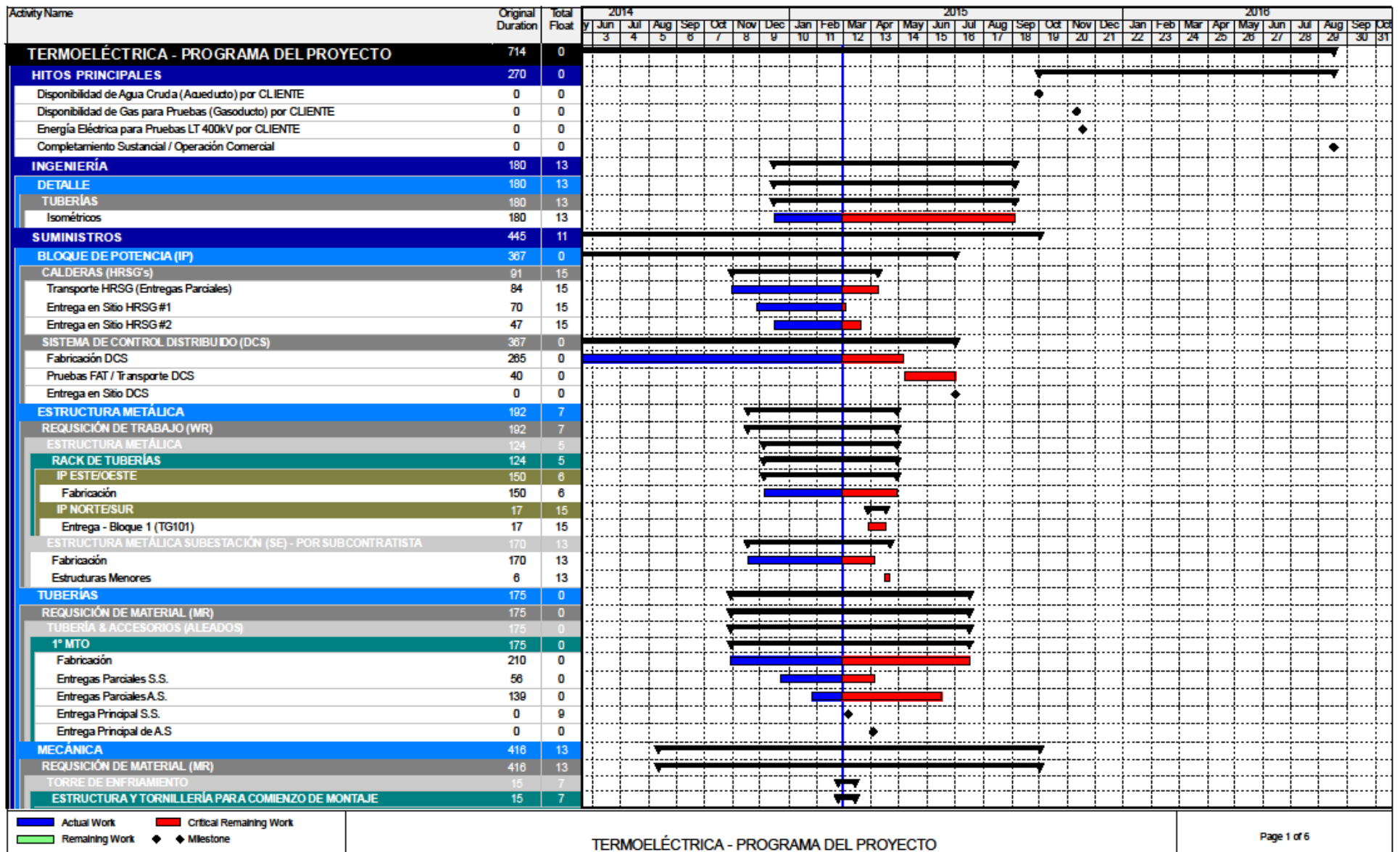
A continuación se muestran las actividades que se añadieron a la Ruta Crítica del proyecto a Febrero del 2015 (Programa 2), aclarando que como medida preventiva se consideran aquellas actividades cuyo tiempo de holgura es menor a 15 días. Esto nos da una visión de las tareas que, si bien aún tienen holgura, no se deben perder de vista y dar un seguimiento particular para evitar que se hagan críticas y posteriormente puedan retrasar el proyecto por cualquier imprevisto.

Los elementos que se integraron a la ruta crítica del proyecto son los siguientes:

- ✓ **Isométricos de tuberías.** Son planos de tuberías aéreas (sobre rack) y enterradas necesarios para prefabricar la tubería por un subcontratista, enviarlo a obra y posteriormente montar la tubería conforme al plan establecido.
- ✓ **Suministro, prefabricado y montaje de tubería aleada e inoxidable.** Es considerado un suministro crítico debido a los altos volúmenes que se manejan. El prefabricado se retrasó por los isométricos y debido a estos retrasos y a la cantidad de tubería se prevé doble turno a partir del mes de mayo del 2015. La tubería de acero aleado se utiliza para transportar fluidos de alta temperatura y presión durante el ciclo de vapor, por otra parte la tubería inoxidable es usada para transportar químicos debido a sus propiedades anticorrosión.
- ✓ **Torre de enfriamiento.** Este suministro no era considerado como crítico hasta que se recibió una carta del subcontratista donde notifica el retraso en la entrega de la estructura de la torre. La estructura es la primera en ser instalada ya que en ella se montarán todos los equipos y tubería necesaria para su funcionamiento. El retraso de un mes que informa el subcontratista es debido a problemas aduanales durante el envío de la estructura proveniente de países orientales. Actualmente se está dando un seguimiento exhaustivo al subcontratista para evitar más demoras y se le pidió un programa de actividades en el que muestre las acciones necesarias para mitigar tales retrasos.
- ✓ **Dosificador de químicos.** El suministro de éste equipo se ha ido complicando debido a los constantes cambios que ha sufrido el sistema de dosificación. Los cambios realizados fueron en la cantidad de patines de dosificación y en los químicos que se deberán dosificar. Se analizan alternativas viables para dosificar los químicos manualmente para el arranque de las pruebas a la torre de enfriamiento.



- ✓ **Calentador eléctrico.** Éste equipo se hizo crítico debido a la indefinición por parte de nuestra ingeniería del tamaño del equipo que era necesario para elevar la temperatura del gas necesaria para las pruebas de la turbina de gas, adicionado a esto no se pudo negociar un menor plazo de entrega y por ello el retraso es de seis meses en comparación con lo que originalmente se tenía programado. Aún con el retraso se encuentra en tiempo para ser instalado y se analizan alternativas para alcanzar la temperatura necesaria para las pruebas de las turbinas de gas.
  
- ✓ **Válvulas de seguridad.** En un inicio se contemplaba un paquete total que incluiría todas las válvulas de la planta (de seguridad, de control, de bloqueo), sin embargo, hubo complicaciones al intentar comprar la totalidad de las válvulas con un solo proveedor. Esto principalmente debido a que no todos los proveedores no fabricaban ni distribuían las marcas de válvulas y actuadores solicitados por el cliente. Por ello se decidió separar cada tipo de válvula y comprarlas por separado, no obstante ya se tenía retraso en la colocación de la orden de compra. A fines de febrero se logró comprar la totalidad de las válvulas con casos específicos donde el proveedor se ha comprometido a realizar entregas parciales.
  
- ✓ **Montaje del rack de tuberías en el Bloque de Potencia.** Se integró a la ruta crítica debido a la gran cantidad de montajes que se realiza en esa zona de trabajo. El paso de las grúas impediría el montaje de la totalidad del rack, sin embargo, se prevé terminar los montajes de las calderas antes de comenzar con el montaje del rack.
  
- ✓ **Montaje de estructura y equipos de la Subestación.** El retraso en la subestación se debe principalmente a que el material sobrante de las excavaciones hechas tanto en el Bloque de Potencia y el Bloque de servicios fue depositada en la zona de la Subestación a lo largo de 7 meses desde mayo del año pasado. Por lo que se tuvo que retirar todo ese material y posteriormente comenzar con la obra civil.



Programa 2 Ruta Crítica Febrero 2015 <sup>35</sup>

<sup>35</sup> Fuente: Primavera P6











Para darle seguimiento al programa se realizan juntas de Seguimiento del Proyecto semanalmente, en estas reuniones se da seguimiento a las actividades. El objetivo de las reuniones es verificar el estado de cada actividad con los responsables de las mismas, el Gerente de Proyecto y el responsable de Planeación.

- ✓ **Ingeniería.** Se revisa el estado de emisión de planos, diseños y especificaciones próximos a iniciar, terminar o que se encuentran en progreso. Ésta revisión se hace con el Gerente de Ingeniería del proyecto y el jefe de cada especialidad (Civil, Estructural, Tubería, Mecánica, Eléctrica e Instrumentación).
- ✓ **Suministros.** En conjunto con el Gerente de Compras del proyecto y el comprador asociado a cada suministro.
- ✓ **Construcción.** Se realiza con la participación del Gerente de Construcción del proyecto y dependiendo del tema el supervisor en cuestión (Civil, Estructural, Tubería, Mecánico, Eléctrico o Instrumentista).

En cada reunión se trabaja de la siguiente manera: (Figura 29)

1. Se repasan una a una las actividades que deben iniciar, terminar o que se encuentran en progreso.
2. Se realizan los comentarios en cada punto para revisar el estado de cada actividad.
3. Se verifica si la actividad es viable de terminar en la fecha establecida, si es así únicamente se le da seguimiento y en caso contrario se establece una fecha compromiso para terminar la actividad.
4. Se realiza el seguimiento de la actividad durante la semana y se comprueba que los compromisos de esa semana se hayan cumplido.
5. Se da retroalimentación a las áreas correspondientes y se prepara para la siguiente reunión.

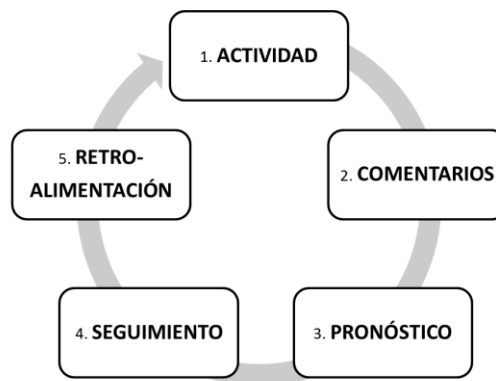


Figura 29 Reuniones de seguimiento semanal <sup>36</sup>

<sup>36</sup> Fuente: Elaboración propia



Éstas reuniones nos han servido muy bien para establecer una efectiva comunicación entre las diferentes áreas involucradas en el proyecto, sin embargo, aún se debe trabajar en éste sentido ya que por lo general las personas realizan su trabajo pero no lo comunican a las demás áreas y esto genera que haya confusiones al respecto. Por ello considero que las reuniones semanales han sido una buena herramienta para difundir la información apropiada para cada área.

Siguiendo con el tema, además de las reuniones semanales se tienen reuniones mensuales únicamente con los Gerentes de área, el Gerente de Proyecto y el equipo de Planeación. Esto para dar a conocer los cambios que hubo en el programa, cómo han afectado en tiempo y las acciones a tomar para evitar que perjudique en la ruta crítica del proyecto.

Es por ello que mensualmente se hace la actualización del programa del proyecto, esto se hace con los comentarios y compromisos de las reuniones de seguimiento. Los comentarios son reflejados en el programa y se realiza la actualización de fechas pronóstico y duraciones para cada una de las 2,000 actividades aproximadamente que componen el programa.

De ésta manera se levantan alertas necesarias para evitar que las actividades con retraso afecten la ruta crítica. Sin embargo, mi tarea como Planeación es analizar la situación y conformar un plan para mitigar el retraso, es por eso que me encargué de elaborar los siguientes programas de trabajo:

#### **a) PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA**

Si bien la Planta de tratamiento de agua no forma parte de la ruta crítica, es considerada una parte fundamental del proyecto, por lo que el departamento de planeación se anticipó a cualquier demora que se pudiera presentar y se analizaron e incluyeron los programas del subcontratista al programa del proyecto para darnos una idea de cómo impactaban los tiempos del subcontratista en los tiempos del proyecto.

Gracias a ello se elaboró anticipadamente un programa de emisión de planos de cimentaciones de edificios y equipos de la planta de agua con ayuda del departamento de Ingeniería. Además se tomaron en cuenta las fechas de llegada de los equipos con la finalidad de tener listas las cimentaciones para su montaje.

Lo anterior se puede observar detalladamente en el Programa 3, en donde se incluyen las actividades correspondientes a la emisión de planos por zona (Ingeniería), las fechas de arribo de equipos (Suministros) y los tiempos de montaje e instalación (Construcción).



Activity Name	Original Duration	Total Float	2014												2015												2016											
			Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug							
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29							
<b>ESTRUCTURA METÁLICA</b>	117	174																																				
<b>EDIFICIOS, CASETAS &amp; COBERTIZOS</b>	117	174																																				
<b>PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA</b>	117	174																																				
<b>ESTRUCTURAS CENTRIFUGACIÓN</b>	61	174																																				
<b>EDIFICIO PLANTA DE LODOS</b>	55	89																																				
<b>SALA DE CONTROL, CCM Y LABORATORIO</b>	40	133																																				
<b>EDIFICIO DE ÓSMOSIS INVERSA Y ULTRAFILTRACIÓN</b>	38	112																																				
<b>ESTRUCTURA SAC/MAC</b>	35	155																																				
<b>DEPÓSITO DE PROD. QUIMICOS, TALLER YALMACÉN</b>	45	125																																				
<b>MECÁNICA</b>	512	223																																				
<b>REQUISICIÓN DE MATERIAL (MR)</b>	512	223																																				
<b>PLANTA TRATAMIENTO DE AGUA</b>	512	223																																				
Notice To Proceed	0																																					
Gestión de Compras	47																																					
Orden de Compra - 6600090701	0																																					
<b>PRE-TREATMENT</b>	215	81																																				
<b>DEMINERALIZER SYSTEM</b>	308	312																																				
<b>MCC ROOM/CONTROL SYSTEM</b>	245	92																																				
<b>ZLD SYSTEM</b>	386	223																																				
<b>GENERAL SYSTEMS</b>	266	355																																				
<b>CONSTRUCCIÓN</b>	395	79																																				
<b>CIVIL</b>	395	79																																				
<b>BLOQUE DE SERVICIOS (BOP)</b>	395	79																																				
<b>FUNDACIONES</b>	395	79																																				
<b>PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA</b>	395	79																																				
<b>ZONA 1</b>	128	101																																				
CLS system - Tag N° 2 to 12	110	109																																				
Sluge forwarding pump - Tag N° 45/46	12	219																																				
CLS recycle pump & CLS underflow pump - Tag N° 14 y 13	6	181																																				
Coagulant dosing system - Tag N° 17/68/69	10	178																																				
Polymer dosing system - CLS - Tag N° 34/35/36	7	206																																				
Recovery UF process pump, backpulse tank & membrane blower - Tag N° 163/164/166	10	163																																				
Sluge thickener & thickned sluge transfer pump - Tag N° 37/38/39/40/41	7	222																																				
Chemical Waste CII. Sump & Forwarding Pump - Tag N° 152/153/154	7	160																																				
UF feed pump - Tag N° 52 Y 53	6	181																																				
Sluge holding tank - Tag N° 42/43/44	5	214																																				
Citric Acid, Sodium hypo chlорite, RO antiscalant & sm bs dosing systems - Tag N° 66	20	64																																				
Lime & Soda Ash preparation and dosingsystems - Tag N° 18 to 25/26 to 33	40	64																																				
UF membrane & tank - Tag N° 161/162	30	95																																				
<b>ZONA 2</b>	123	138																																				
Primary UF skid - Tag N° 55/56	14																																					
Primary RO skid - Tag N° 78 TO 83	40																																					
Hero BWRO Skid - Tag N° 100 TO 110	30																																					

TERMOELÉCTRICA - PROGRAMA DEL PROYECTO

Programa 3 Planta de Tratamiento de Agua (Continuación)

Activity Name	Original Duration	Total Float	2014												2015												2016											
			Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug							
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29							
SWRO skid - TAG N° 111 to 117	7																																					
Demineralized RO skid - Tag N° 135 TO 140	7																																					
EDI skid - Tag N° 141 - fundación	5																																					
RO CIP tank, RO CIP pump & CIP cartridge filter - Tag N° 144 to 148	7	148																																				
SAC skid & WAC skid - Tag N° 89 to 94	20	220																																				
Acid storage tank - Tag N° 118/119/123/124/48/61	12	226																																				
Brine measuring tank and regeneration pump - Tag N° 128/127/128	7	186																																				
Demin water feed tank & hero (BWRO) reject storage tank - Tag N° 85/120	20	113																																				
Hero Feed Pump - Tag N° 87/88	5	160																																				
Primary RO reject tank - Tag N° 86	16	157																																				
Primary UF CIP tank - Tag N° 62/63	5	126																																				
UF backwash pump & UF CIP pump - Tag N° 59/60/64/65	7	166																																				
UF permeate tank - Tag N° 73	14	192																																				
UF self cleaning filter - Tag N° 54	5	152																																				
Brine maker tank - Tag N° 125	12	164																																				
UF backwash waste sump & recovery UF forwarding pump - Tag N° 158/159/160	18	129																																				
WAC regen waste tank & forwarding pump - Tag N° 149/150	14	133																																				
Activated carbon skid - Tag N° 132/133/134	5	144																																				
Degasser system - Tag N° 95/96/97/98/99	14	149																																				
Forced draft decarbonator tank & fan - Tag N° xxx	5	164																																				
MMF for wash water - Tag N° XXX	7	197																																				
Caustic dosing system - Tag N° 129/130/131	16	184																																				
Transformadores	40	94																																				
<b>ZONA 3</b>	<b>122</b>	<b>120</b>																																				
Antifoam dosing system - Tag N° 195/196	7	138																																				
Seal flush pump - Tag N° 191/192	5	223																																				
Boilout tank - Tag N° 199/200/201	30	106																																				
Electric Boiler - Tag N° 217	10	223																																				
ZLD feed pump, heat recovery exchanger, centrale tank & centrale pump - Tag N° 156	7	223																																				
Vapor compressor - Tag N° 176/177	20	200																																				
Destillate tank, pump & hot water flush pump - Tag N° 178/179/185/186/189	7	128																																				
SAC regen waste tank - Tag N° xxx	10	128																																				
ZLD feed pond - Tag N° 155	60	120																																				
<b>ZONA 4</b>	<b>35</b>	<b>151</b>																																				
Sanitary waste water treatment plant	20	166																																				
Oil waste water system - Tag N° 223	30	151																																				
<b>OTROS</b>	<b>372</b>	<b>79</b>																																				
Fundaciones - Sala de Control y CCM	60	104																																				
Fundaciones - Edificio de Ósmosis Inversa y Ultrafiltración (RO)	90	99																																				
Fundaciones - Racks PTA	97	31																																				
Fundaciones - SAC / WAC	50	104																																				

■ Actual Work    ■ Critical Remaining Work  
■ Remaining Work    ◆ Milestone

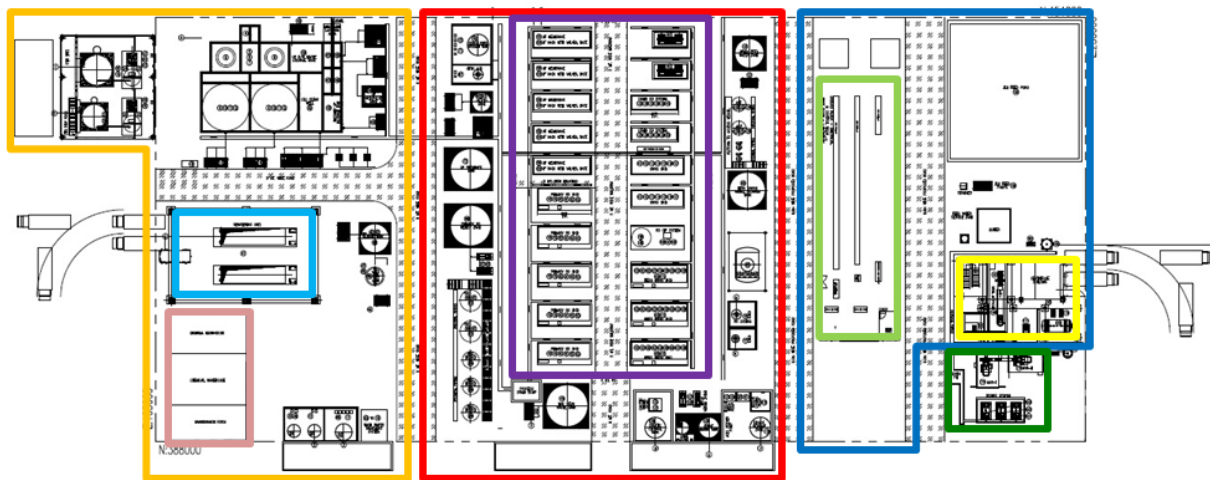
TERMOELÉCTRICA - PROGRAMA DEL PROYECTO

Programa 3 Planta de Tratamiento de Agua (Continuación)



El Programa 3 muestra un retraso en la emisión de planos civiles, sin embargo, desde finales de Noviembre del 2014 hemos venido trabajando junto con Ingeniería para programar la emisión de planos de cimentaciones para la PTA. En general se clasificó como Zonas 1, 2, 3 y 4 a las cimentaciones de equipos y como Edificios a las cimentaciones de los edificios, casetas o cobertizos dentro de la PTA. (Programa 3)

- ✓ Zona 1. Primer nivel de pretratamiento del agua proveniente del acueducto.
- ✓ Zona 2. Patines de ósmosis y ultrafiltración (RO y UF).
- ✓ Zona 3. Equipos del CCM, laboratorio y ZLD.
- ✓ Zona 4. Sistemas de drenajes de agua y aceite.
- ✓ Edificios, casetas y cobertizos de la PTA.



<b>Avance</b>		<b>Avance</b>	
	<b>Ing.</b>		<b>Ing.</b>
	Zona 1 79%		Edificio de Mantenimiento y Almacén de Prod. Químicos 0%
	Zona 2 80%		Edificio de Ósmosis Inversa y Ultrafiltración 47%
	Zona 3 13%		Edificio de Deshidratación de Lodos 3%
	Zona 4 0%		Estructura de ZLD 6%
			Edificio de Control, CCM y laboratorio 93%

\*Avances calculados al 10-Febrero-15

Figura 30 Plano de Clasificación de áreas Civiles PTA<sup>38</sup>

En la imagen anterior (Figura 30) se puede ver claramente la clasificación de las áreas de la PTA, a grandes rasgos el plan de construcción de cimentaciones empieza por la Zona 1 y 2 así como las bases para los edificios de Ósmosis y Ultrafiltración, y el CCM.

<sup>38</sup> Fuente: Planos Proyecto Termoeléctrica

## b) SUBESTACIÓN ELÉCTRICA

Como lo dije anteriormente la zona de la Subestación resultó afectada debido a que por varios meses sirvió como depósito de material sobrante de las excavaciones, esto provocó un retraso en el inicio de actividades de aproximadamente 5 meses, sin embargo, se realizan las tareas necesarias para recuperar el tiempo perdido y poder liberar zonas priorizando actividades.

Para ello se detalló el programa de actividades existente y se agregaron las actividades que se consideraron necesarias (Programa 4), de esta manera arrancaron los frentes de trabajo civiles desde el mes de diciembre del 2014 para tener listas las cimentaciones de la Subestación antes de la llegada del subcontratista. A inicios del mes de Febrero del 2015 se detectaron desvíos en la entrega de las estructuras, sin embargo, se logró adelantar la entrega y evitar afectaciones en el programa.

En el siguiente plano se puede apreciar el plan de construcción de cimentaciones en la SE, la idea es comenzar perforaciones para pilas de Norte a Sur y de Este a Oeste. En color naranja se observan las cimentaciones más grandes debido a que serán para estructuras mayores y menores (trabes y columnas) y los puntos negros corresponden a las cimentaciones de equipos.

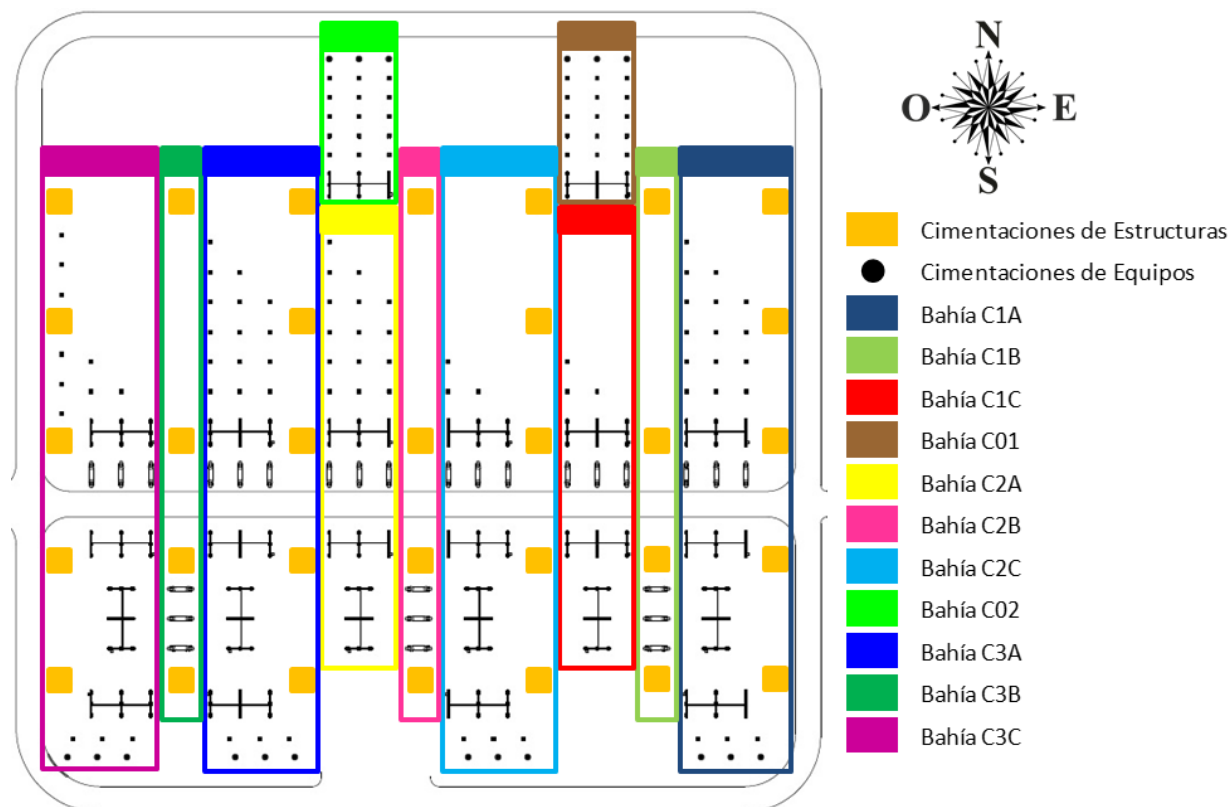
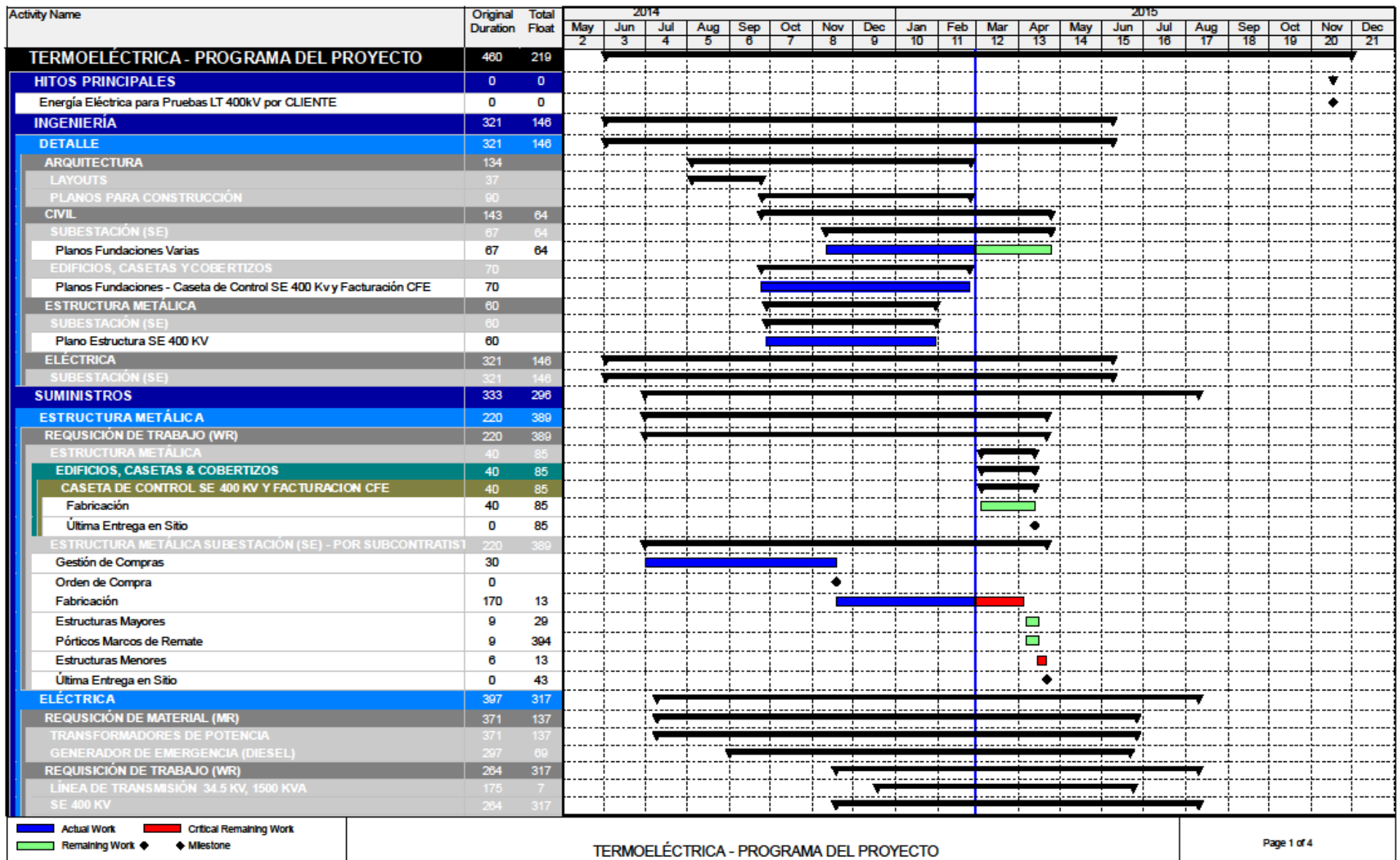


Figura 31 Plano de Cimentaciones de Bahías SE<sup>39</sup>

<sup>39</sup> Fuente: Planos Proyecto Termoeléctrica



Programa 4 Subestación <sup>40</sup>

<sup>40</sup> Fuente: Primavera P6



Activity Name	Original Duration	Total Float	2014												2015											
			May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec				
			2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21				
Orden de Compra	0																									
INTERRUPTORES DE POTENCIA - SE	247	23																								
CUCHILLAS DESCONECTORAS - SE	192	35																								
TRANSFORMADORES DE CORRIENTE Y POTENCIAL (INSTRUMENT)	178	57																								
APARTARRAYOS - SE	164	149																								
AISLADORES - SE	120	398																								
TABLEROS P C Y M - SE	231	28																								
TABLEROS DE CONTROL SUPERVISORIO (SISTEMA SICLE) - SE	165	45																								
SISTEMA COMUNICACIONES - SE	109	115																								
TRANSFORMADORES DE SERVICIOS PROPIOS - SE	237	104																								
TABLEROS DE SERVICIOS PROPIOS CA - SE	171	77																								
HERRAJES Y CONECTORES - SE	197	68																								
CABLE CONDUCTOR Y DE GUARDIA - SE	200	65																								
BANCO DE BATERÍA Y CARGADOR - SE	200	62																								
BULK MATERIAL - SE	246	101																								
<b>CONSTRUCCIÓN</b>	<b>392</b>	<b>236</b>																								
<b>CIVIL</b>	<b>377</b>	<b>246</b>																								
<b>SUBESTACIÓN (SE)</b>	<b>377</b>	<b>246</b>																								
MOVIMIENTO DE SUELOS	203	112																								
Desmorte & Despalme	35																									
Terracería SE Eléctrica 400 KV	60	14																								
Vialidades	20	112																								
OBRA ENTERRADA	200	131																								
FUNDACIONES	56	407																								
FUNADACIONES VARIAS (PÓRTICOS DE TRANSF.)	28	411																								
TR - TV	10	411																								
TR - TG1	10	411																								
TR - TG2	10	411																								
TR - TG3	10	411																								
<b>BAHÍAS (MAYORES Y MENORES)</b>	<b>56</b>	<b>59</b>																								
Bahía C1B (F-G)	12	54																								
Bahía C1A (F-G)	12	54																								
Bahía C01 (E-F)	12	54																								
Bahía C1C (E-F)	12	56																								
Bahía C2C (D-E)	14	56																								
Bahía C2B (D-E)	14	56																								
Bahía C02 (C-D)	13	56																								
Bahía C2A (C-D)	13	56																								
Bahía C3A (B-C)	13	59																								
Bahía C3B (B-C)	13	59																								
Bahía C3C (A-B)	15	59																								

■ Actual Work    ■ Critical Remaining Work  
■ Remaining Work    ◆ Milestone

TERMOELÉCTRICA - PROGRAMA DEL PROYECTO

Programa 4 Subestación (Continuación)

Activity Name	Original Duration	Total Float	2014												2015											
			May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec				
			2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21				
<b>EDIFICIOS, CAJETAS Y COBERTIZOS</b>	102	14																								
<b>SUBESTACIÓN (SE)</b>	102	14																								
Caseta de Control SE 400 Kv y Facturación CFE	102	14																								
<b>ESTRUCTURA METÁLICA</b>	57	361																								
<b>SUBESTACIÓN (SE) - POR SUBCONTRATISTA</b>	57	361																								
<b>MONTAJE DE ESTRUCTURAS MENORES</b>	46	19																								
Bahía C1A	6	13																								
Bahía C01	4	13																								
Bahía C1C	4	13																								
Bahía C1B	4	13																								
Bahía C2C	4	13																								
Bahía C2A	5	13																								
Bahía C2B	5	13																								
Bahía C02	5	13																								
Torqueo de Estructura Metálica	15	19																								
Bahía C3A	5	13																								
Bahía C3B	4	13																								
Bahía C3C	4	13																								
<b>MONTAJE DE PÓRTICOS</b>	24	394																								
TR - TV	5	398																								
TR - TG1	5	394																								
TR - TG2	5	394																								
TR - TG3	5	394																								
<b>MONTAJE DE ESTRUCTURAS MAYORES</b>	38	29																								
Bahía C1A (F-G): Prearmado, Columnas y Trabes	6	29																								
Bahía C1B (F-G): Prearmado, Columnas y Trabes	5	29																								
Bahía C1C (E-F): Prearmado, Columnas y Trabes	6	29																								
Bahía C2C (D-E): Prearmado, Columnas y Trabes	6	29																								
Bahía C2B (D-E): Prearmado, Columnas y Trabes	6	29																								
Bahía C2A (C-D): Prearmado, Columnas y Trabes	6	29																								
Bahía C3B (B-C): Prearmado, Columnas y Trabes	6	29																								
Bahía C3A (B-C): Prearmado, Columnas y Trabes	6	29																								
Bahía C3C (A-B): Prearmado, Columnas y Trabes	6	29																								
<b>ELÉCTRICA</b>	135	241																								
<b>BLOQUE DE POTENCIA (IP)</b>	127	22																								
<b>INSTALACIÓN EQUIPOS</b>	127	22																								
Montaje Transformador de Potencia TV	9	136																								
Montaje Transformador de Potencia TG1	9	134																								
Montaje Transformador de Potencia TG2	9	59																								
Montaje Línea de Transmisión 34.5KV, 1500 KVA - Aérea	60	6																								

█ Actual Work    █ Critical Remaining Work  
█ Remaining Work    ◆ Milestone

TERMOELÉCTRICA - PROGRAMA DEL PROYECTO

Programa 4 Subestación (Continuación)

Activity Name	Original Duration	Total Float	2014												2015											
			May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec				
			2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21				
Montaje Transformador de Potencia TG3	9	58																								
Montaje Línea de Transmisión 34.5KVA - Subterránea	45	6																								
<b>SUBESTACIÓN (SE) - POR SUBCONTRATISTA</b>	133	241																								
<b>INSTALACIÓN DE BANDEJAS Y CABLES</b>	96	40																								
Conduits & Charolas	54	58																								
Cableado & Conexión de cables de Control y Fuerza	68	58																								
Sistema de Alumbrado Exterior	40	58																								
Aterrizamiento de Equipos y Estructuras a red PAT	37	20																								
<b>BUSES</b>	60	19																								
Buses ejes 2 - 6	30	19																								
Buses ejes A - G	30	19																								
<b>INSTALACIÓN EQUIPOS</b>	133	241																								
Montaje Aisladores	34	340																								
Montaje Apararrrayos	18	127																								
Montaje Cuchillas Desconectoras	61	30																								
Montaje Generador de Emergencia (Diesel) - SE - TQ-19801	26	64																								
Montaje Transformadores de Instrumentos (Corriente y Potencial) - TP's TC	37	30																								
Montaje Sistema de Tierras y Pararrayos	40	58																								
Instalación Sistema de Telefonía IP	50	42																								
Montaje Transformadores de Servicios Propios	4	87																								
Montaje Interruptores de Potencia (1 - 9)	44	20																								
<b>CASETA DE CONTROL Y FACTURACIÓN CFE</b>	86	14																								
Montaje Tableros de Baja Tensión (Servicios Propios CA)	24	14																								
Montaje Tableros Control Supervisorio (Sistema SICLE)	22	39																								
Montaje Tableros de Baja Tensión (CA y CD)	30	14																								
Montaje Tableros PCyM	14	14																								
HVAC	34	14																								
Sistema Contra Incendio	29	14																								
Montaje Cargadores y Bancos de Baterías (SE 400KV)	30	14																								
Montaje Sistema de Comunicaciones	35	14																								
<b>INSTRUMENTACIÓN &amp; CONTROL</b>	20	13																								
<b>SUBESTACIÓN (SE) - POR SUBCONTRATISTA</b>	20	13																								
<b>PRECOMMISSIONING</b>	57	6																								
<b>SUBESTACIÓN (SE) - POR SUBCONTRATISTA</b>	57	6																								
<b>COMMISSIONING &amp; PUESTA EN MARCHA</b>	11	188																								
<b>SUBESTACIÓN (SE)</b>	11	188																								
Energización SE - 400 KV	0	0																								
Pruebas de Medición	11	188																								

■ Actual Work    ■ Critical Remaining Work  
■ Remaining Work    ◆ Milestone

Programa 4 Subestación (Continuación)

### c) CALDERAS DE RECUPERACIÓN

Se tuvo la necesidad de detallar el montaje de las tres calderas de recuperación, hasta la fecha no se presentan desvíos en la entrega ni el montaje, sin embargo, al tener varios equipos que instalar se debe tener un programa que presente la secuencia y tiempos a seguir durante el montaje de las calderas (Programa 5). La primera fase es el montaje de las 10 estructuras que componen el “Casing” de cada caldera, las cuales miden alrededor de 30 m de alto. La segunda fase es la más complicada, ya que se realiza cuando el Casing está completo, se introducen los 10 mazos de tubos que van dentro del Casing, a éstos se les llama “Módulos” y miden cerca de 30 m de alto por 4 m de ancho, y pesan aproximadamente 220 Ton por lo que la maniobra se realiza con 3 grúas de 800 Ton, 600 Ton y 500 Ton. (Figura 32)

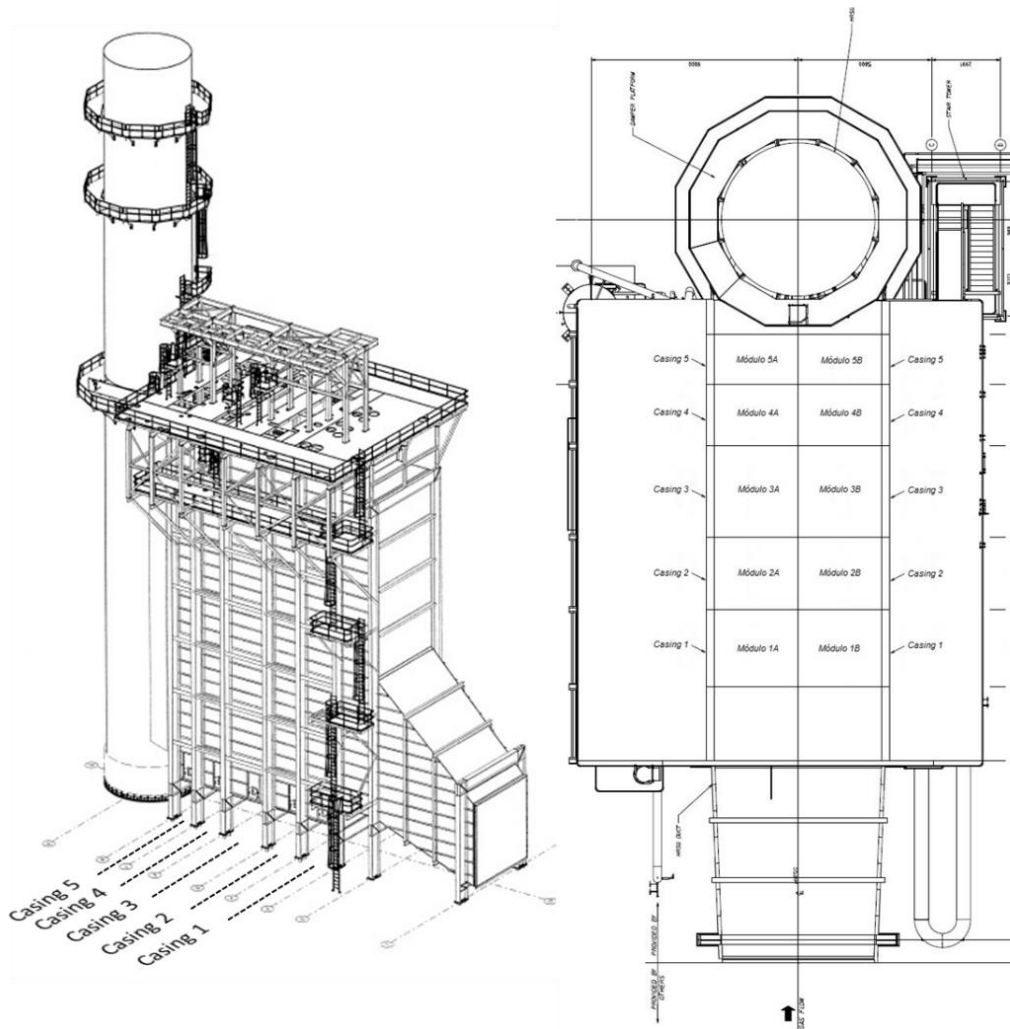


Figura 32 Caldera de Recuperación (HRSG)<sup>41</sup>

<sup>41</sup> Fuente: Planos Proyecto Termoeléctrica

Activity Name	Original Duration	Total Float	2014												2015												2018			
			Apr 1	May 2	Jun 3	Jul 4	Aug 5	Sep 6	Oct 7	Nov 8	Dec 9	Jan 10	Feb 11	Mar 12	Apr 13	May 14	Jun 15	Jul 16	Aug 17	Sep 18	Oct 19	Nov 20	Dec 21	Jan 22	Feb 23	Mar 24	Apr 25			
<b>TERMOELÉCTRICA - PROGRAMA DEL PROYECTO</b>	755	32																												
<b>INGENIERÍA</b>	70																													
<b>DETALLE</b>	70																													
CIVIL	70																													
BLOQUE DE POTENCIA (IP)	70																													
HRSG'S	70																													
Planos de Fundaciones HRSG's y Chimeneas	70																													
Emisión para Aprobación	0																													
<b>SUMINISTROS</b>	426	32																												
BLOQUE DE POTENCIA (IP)	426	32																												
CALDERAS (HRSG's)	426	32																												
Fabricación HRSG (Entregas Parciales)	296																													
Transporte HRSG (Entregas Parciales)	84	15																												
Entrega en Sitio HRSG #1	70	15																												
Entrega en Sitio HRSG #2	47	15																												
Entrega en Sitio HRSG #3	56	35																												
<b>CONSTRUCCION</b>	529	32																												
CIVIL	139																													
BLOQUE DE POTENCIA (IP)	139																													
FUNDACIONES	139																													
Fundaciones HRSG 1	120																													
Fundaciones HRSG 2	120																													
Fundaciones HRSG 3	120																													
<b>MECÁNICA</b>	314	35																												
BLOQUE DE POTENCIA (IP)	314	35																												
CALDERAS (HRSG's)	314	35																												
<b>MONTAJE CALDERA #1</b>	267	29																												
Montaje de Casing # 1	7																													
Montaje de Casing # 2	7																													
Torre de Escalera	13																													
Montaje de Casing # 3	7																													
Montaje de Casing # 4	7																													
Montaje de Casing # 5	7																													
Montaje de Módulo V220 A/B	6																													
Montaje de Módulo V210 A/B	6																													
Montaje de Módulo V230 A/B	6																													
Montaje de Módulo V240 A/B	6																													
Montaje de Módulo V250 A/B	6																													

■ Actual Work    ■ Critical Remaining Work  
■ Remaining Work    ◆ Milestone

TERMOELÉCTRICA - PROGRAMA DEL PROYECTO

Page 1 of 3

Programa 5 Calderas 1, 2 y 3 <sup>42</sup>

<sup>42</sup> Fuente: Primavera P6

Activity Name	Original Duration	Total Float	2014												2015												2016			
			Apr 1	May 2	Jun 3	Jul 4	Aug 5	Sep 6	Oct 7	Nov 8	Dec 9	Jan 10	Feb 11	Mar 12	Apr 13	May 14	Jun 15	Jul 16	Aug 17	Sep 18	Oct 19	Nov 20	Dec 21	Jan 22	Feb 23	Mar 24	Apr 25			
Montaje de Domos	30	29																												
Chimenea	50	88																												
Platafoma Principal	30	44																												
Down Corners & Risers	26	29																												
Instalación de Ductos	38	88																												
Tubería de Interconexión	108	29																												
Drenes & Verteos	77	29																												
Soportes de Tuberías	77	29																												
<b>MONTAJE CALDERA #2</b>	<b>274</b>	<b>15</b>																												
Torre de Escalera	13																													
Montaje de Casing # 1	7																													
Montaje de Casing # 2	7																													
Montaje de Casing # 3	7																													
Montaje de Casing # 4	7																													
Montaje de Casing # 5	7																													
Montaje de Módulo V220 A/B	6																													
Montaje de Módulo V210 A/B	6																													
Montaje de Módulo V230 A/B	6																													
Chimenea	50	46																												
Montaje de Módulo V250 A/B	6	15																												
Montaje de Módulo V240 A/B	6	15																												
Montaje de Domos	30	15																												
Platafoma Principal	30	41																												
Down Corners & Risers	26	15																												
Instalación de Ductos	38	46																												
Tubería de Interconexión	108	15																												
Drenes & Verteos	76	15																												
Soportes de Tuberías	76	15																												
<b>MONTAJE CALDERA #3</b>	<b>241</b>	<b>35</b>																												
Torre de Escalera	13																													
Montaje de Casing # 1	7																													
Montaje de Casing # 2	7																													
Montaje de Casing # 3	7																													
Montaje de Casing # 4	7	40																												
Montaje de Módulo V230 A/B	6	35																												
Montaje de Módulo V220 A/B	6	35																												
Montaje de Casing # 5	7	45																												

■ Actual Work     ■ Critical Remaining Work  
■ Remaining Work     ◆ Milestone

TERMOELÉCTRICA - PROGRAMA DEL PROYECTO

Programa 5 Calderas 1, 2 y 3 (Continuación)

Activity Name	Original Duration	Total Float	2014												2015												2018			
			Apr 1	May 2	Jun 3	Jul 4	Aug 5	Sep 6	Oct 7	Nov 8	Dec 9	Jan 10	Feb 11	Mar 12	Apr 13	May 14	Jun 15	Jul 16	Aug 17	Sep 18	Oct 19	Nov 20	Dec 21	Jan 22	Feb 23	Mar 24	Apr 25			
Montaje de Módulo V240 A/B	6	35																												
Montaje de Módulo V210 A/B	6	35																												
Chimenea	50	70																												
Montaje de Módulo V250 A/B	6	35																												
Montaje de Domos	30	35																												
Plataforma Principal	30	65																												
Down Corners & Risers	30	35																												
Instalación de Ductos	38	70																												
Tubería de Interconexión	108	35																												
Drenes & Venteos	80	35																												
Soportes de Tuberías	80	35																												
<b>PRECOMMISSIONING</b>	<b>113</b>	<b>32</b>																												
<b>BLOQUE DE POTENCIA (IP)</b>	<b>113</b>	<b>32</b>																												
<b>CALDERAS (HRSG'S)</b>	<b>113</b>	<b>32</b>																												
<b>CALDERA# 1</b>	<b>82</b>	<b>23</b>																												
Prueba Hidráulica HRSG 1	20	0																												
Aislamiento de Domos & Tuberías HRSG 1	75	13																												
Pintura de Acabado HRSG 1	60	32																												
Lavado Químico HRSG 1	20	0																												
<b>CALDERA#2</b>	<b>78</b>	<b>30</b>																												
Prueba Hidráulica HRSG 2	20	0																												
Aislamiento de Domos & Tuberías HRSG 2	75	18																												
Pintura de Acabado HRSG 2	60	37																												
Lavado Químico HRSG 2	20	1																												
<b>CALDERA#3</b>	<b>75</b>	<b>32</b>																												
Prueba Hidráulica HRSG 3	20	0																												
Aislamiento de Domos & Tuberías HRSG 3	75	20																												
Pintura de Acabado HRSG 3	60	40																												
Lavado Químico HRSG 3	20	0																												
<b>COMMISSIONING &amp; PUESTA EN MARCHA</b>	<b>55</b>	<b>0</b>																												
<b>BLOQUE DE POTENCIA (IP)</b>	<b>55</b>	<b>0</b>																												
<b>CALDERAS (HRSG's)</b>	<b>55</b>	<b>0</b>																												
<b>CALDERA#1</b>	<b>15</b>	<b>0</b>																												
Soplado con Vapor HRSG 1	15	0																												
<b>CALDERA#2</b>	<b>15</b>	<b>0</b>																												
Soplado con Vapor HRSG 2	15	0																												
<b>CALDERA#3</b>	<b>15</b>	<b>0</b>																												
Soplado con Vapor HRSG 3	15	0																												

■ Actual Work    ■ Critical Remaining Work  
■ Remaining Work    ◆ Milestone

Programa 5 Calderas 1, 2 y 3 (Continuación)

La secuencia de montaje se puede describir con ayuda del Programa 5 y el plano de la Figura 32, en donde comienza con el montaje de todo el Casing en orden ascendente (1, 2, 3, 4 y 5) para posteriormente realizar la maniobra de montaje de los Módulos A y B con la siguiente secuencia 2, 1, 3, 4 y 5. En paralelo se realizaba el pre armado en piso de la Torre de escalera para luego montarla. El programa de montaje se realizó junto con los gerentes de montaje de la planta y el subgerente de proyecto quien daba seguimiento al proveedor de los equipos primarios del Bloque de Potencia. Esta secuencia se realiza en paralelo para el montaje de las 3 calderas de recuperación de la planta.

Una vez que se tienen montados los 10 módulos se coloca la plataforma principal y sobre ella irán los equipos secundarios de las calderas. Además, se trabaja en paralelo en el armado de la parte inferior de la chimenea, mientras que se realiza sobre el suelo el pre armado de la parte superior de la chimenea, para después colocarla sobre la parte inferior.

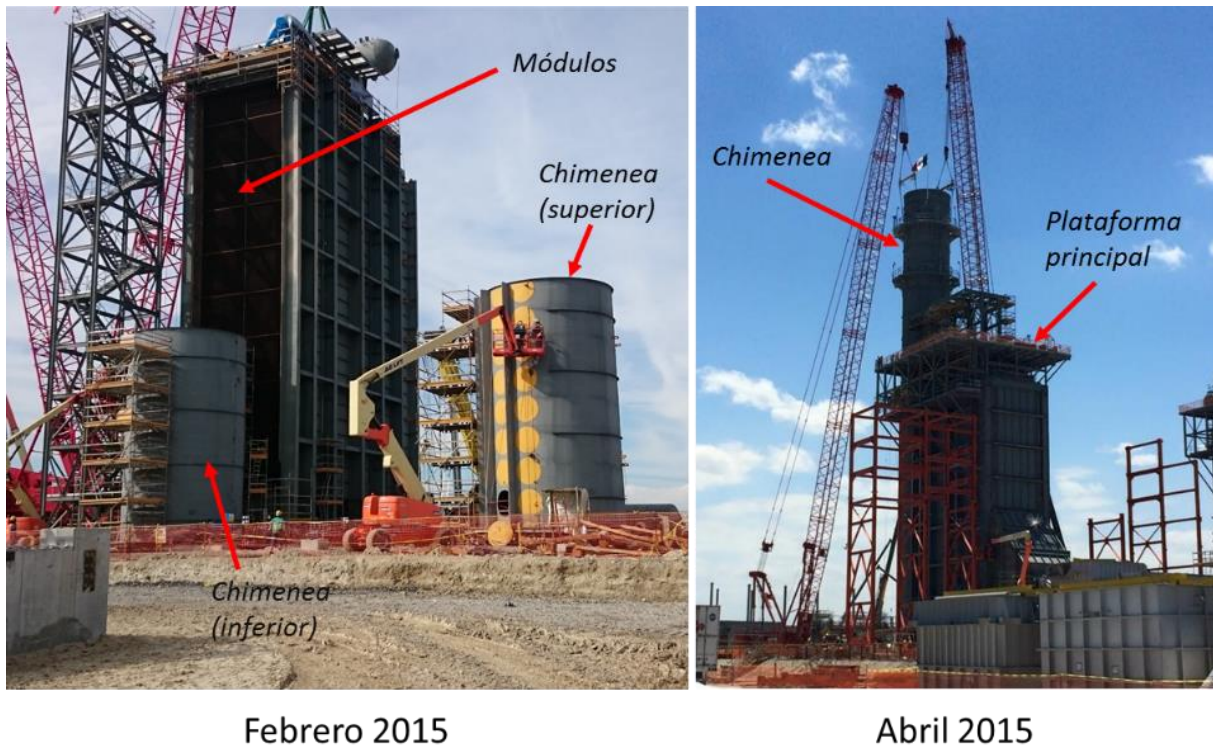


Figura 33 Montaje Caldera #1 <sup>43</sup>

<sup>43</sup> Fuente: Fotografía Proyecto Termoeléctrica



#### d) TURBINA DE VAPOR

La mayor complicación que se presenta para la turbina de vapor está en la secuencia de montaje. Primero se construyó la losa principal del edificio, posteriormente las 8 columnas y finalmente la losa elevada que soportará la turbina de vapor. Sin embargo, de acuerdo al proveedor de la turbina para poder instalarla sin riesgo de algún daño se debe tener terminado el techo del edificio de estructura que se coloca sobre la turbina, esto para evitar que la turbina esté en contacto directo con el agua de lluvia.

Originalmente en el programa de contrato se tenían pocas actividades que indicaban la construcción de las cimentaciones para la turbina de vapor, sin embargo, para tener una idea más clara de todos los trabajos que se realizan se hizo una apertura de las actividades (Programa 6) en conjunto con los supervisores civiles que construyen las cimentaciones, gerentes de montaje que realizan la maniobra con la turbina de vapor y con el subgerente de proyecto que realiza el seguimiento de los equipos principales del Bloque de Potencia.

En la siguiente imagen (Figura 34) se puede apreciar que en febrero del 2015 aún se encontraba la cimbra de la losa elevada, para abril del 2015 se observa cómo se encuentra prácticamente terminada la cimentación de la turbina de vapor. Esta va montada sobre la losa elevada, mientras que el condensador se instala sobre la losa principal.

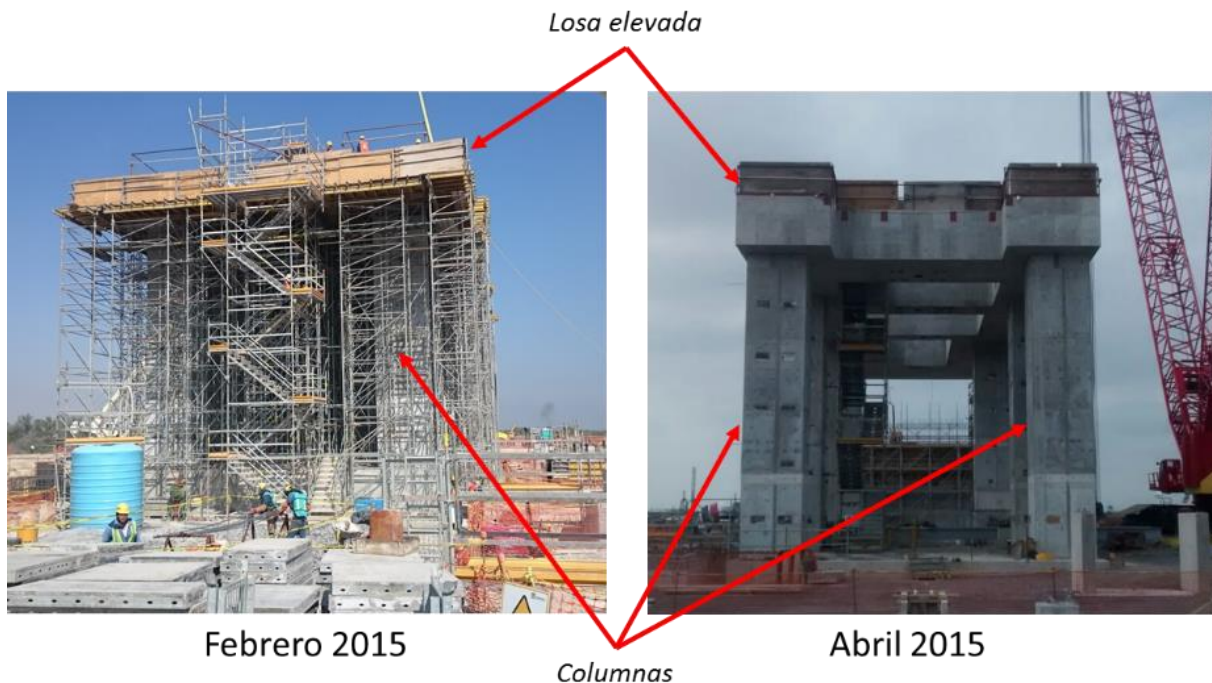
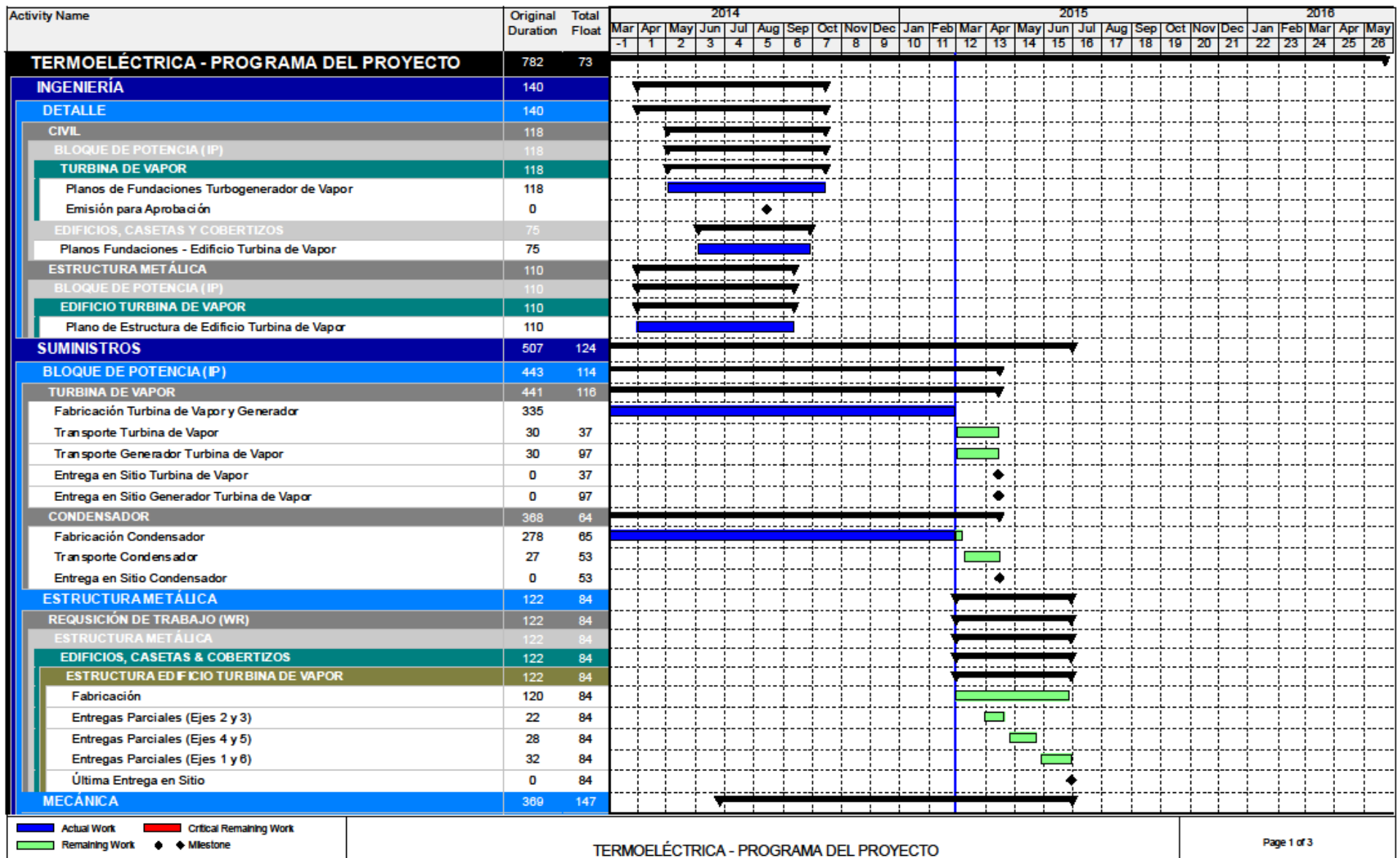


Figura 34 Cimentaciones Turbina de Vapor<sup>44</sup>

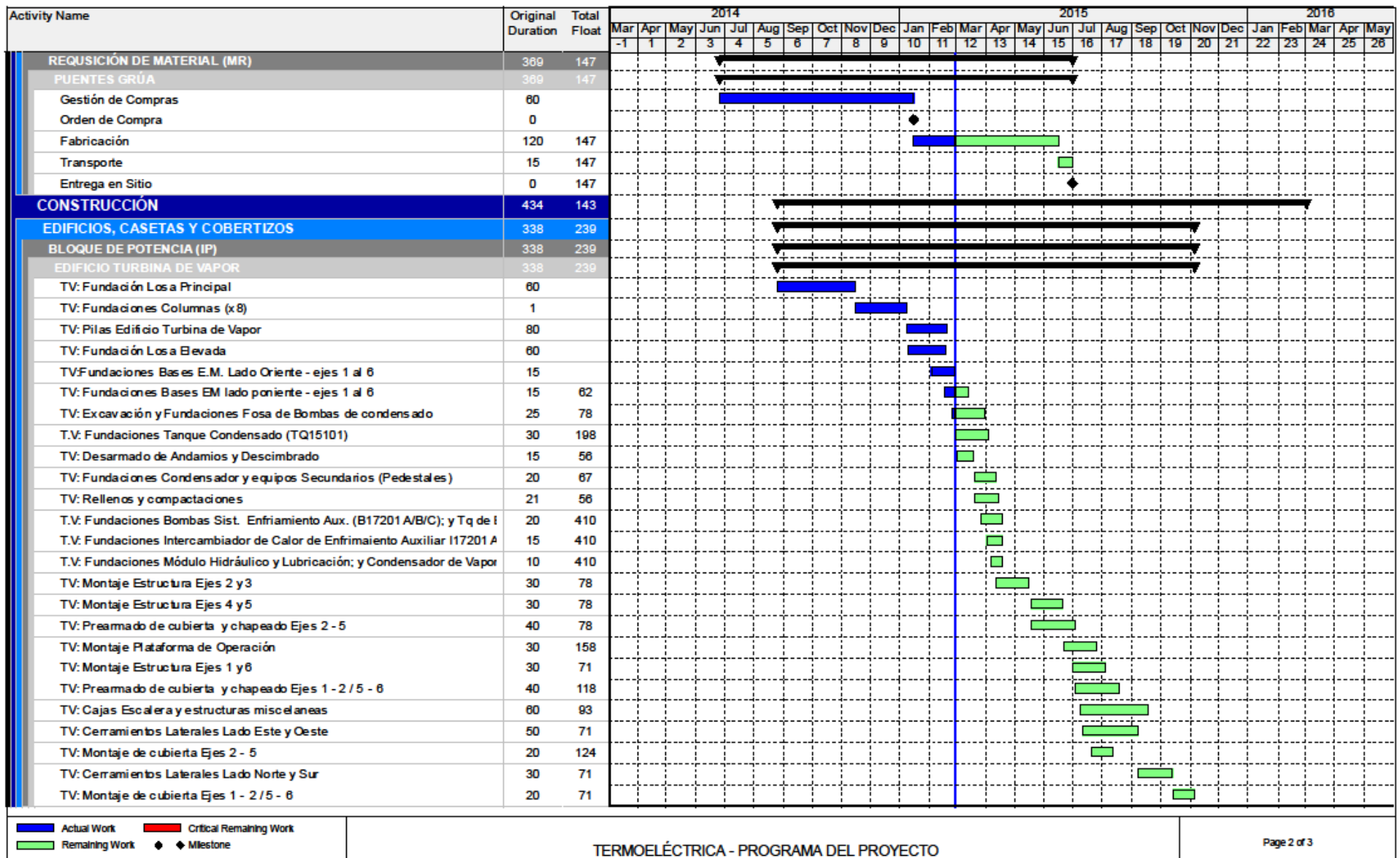
<sup>44</sup> Fuente: Fotografía Proyecto Termoeléctrica



TERMOELÉCTRICA - PROGRAMA DEL PROYECTO

Programa 6 Turbina de Vapor<sup>45</sup>

<sup>45</sup> Fuente: Primavera P6



Programa 6 Turbina de Vapor (Continuación)



## e) TORRE DE ENFRIAMIENTO

Como se comentó anteriormente, se recibió una notificación de retraso por parte del proveedor argumentando problemas en los puertos de embarque de la estructura de la Torre de enfriamiento, inmediatamente se simuló el retraso de casi un mes con respecto a lo planeado en el programa del proyecto y se determinó que se tienen tiempos demasiado justos para comenzar las pruebas de la Turbina de vapor, por ello se está en constante comunicación con el proveedor para recuperar el tiempo perdido por dicho retraso.

En el siguiente cuadro resumen (Figura 35) se pueden ver los desvíos totales que se presentan al comparar lo que se tiene a febrero del 2015 contra el Original, en donde se tienen desvíos de 2 y 3 meses aproximadamente. También vemos que a pesar de tener un adelanto total de 17 y 50 días en la primera entrega y el fin de la cimentación principal respectivamente, cuando comparamos lo que se tenía previsto en enero del 2015, sin considerar el retraso del proveedor, contra la actualización de febrero del 2015 se presenta un retraso de 22 días en la entrega de la estructura por parte del proveedor y el montaje se retrasará al menos 16 días con respecto a lo que se tenía pensado, aunque con los trabajos a doble turno se prevé mitigar esos 16 días de retraso y terminar el montaje a principios de octubre del 2015.

Para fines de la Constructora se puede decir que únicamente se tienen retrasos en los ítems A, B, E y F sin embargo los ítems C y D aunque parecen presentar un adelanto en realidad se encuentran retrasados respecto a lo firmado entre la Constructora y el proveedor de la Torre de enfriamiento.

Item	Actividad	Original	Enero 2015	Febrero 2015	Diferencia	Diferencia	Diferencia
		(1)	(2)	(3)	Orig vs Ene15	Ene15 vs Feb15	Total
A	Emisión final Planos TE	02-dic-14	29-ene-15	29-ene-15	-58	0	-58
B	Orden de Compra TE	28-jun-14	28-ago-14	28-ago-14	-61	0	-61
C	Primer Entrega TE	31-mar-15	20-feb-15	14-mar-15	39	-22	17
D	Fin Cimentación TE	25-abr-15	19-feb-15	06-mar-15	65	-15	50
E	Fin Montaje TE	27-sep-15	01-oct-15	17-oct-15	-4	-16	-20
F	Fin Pruebas TE	24-oct-15	28-ene-16	28-ene-16	-96	0	-96

- NOTAS:
- 1 Fechas tomadas del programa contractual.
  - 2 Fechas tomadas del programa de Enero 2015.
  - 3 Fechas tomadas del programa de Febrero 2015. Incluye desvío del proveedor de la T.E.

Figura 35 Retrasos Torre de Enfriamiento<sup>46</sup>

<sup>46</sup> Fuente: Elaboración propia



Figura 36 Fundaciones Torre de Enfriamiento<sup>47</sup>

Una vez analizada la situación se emite una alerta por el posible retraso y se toman las siguientes medidas para contrarrestar el retraso presentado:

- Se establece que el proveedor deberá realizar trabajos en doble turno para recuperar el tiempo perdido por el retraso en la entrega de la estructura.
- Se continuarán los trabajos en las demás cimentaciones de la T.E. con el fin de ir liberando progresivamente el área conforme el proveedor avanza en el montaje de estructura en la cimentación principal de la T.E.
- Se tendrán reuniones semanales con el proveedor con el fin de revisar y detectar cualquier desvío en el programa, esto para evitar cualquier otro retraso por parte del proveedor.
- Ante cualquier retraso imprevisto se plantea la posibilidad de arrancar pruebas únicamente con una parte de la T.E. en funcionamiento.

<sup>47</sup> Fuente: Fotografías Proyecto Termoeléctrica

## f) EQUIPOS Y MATERIALES CRÍTICOS

Los equipos y materiales críticos son el dosificador de químicos, el calentador eléctrico y las válvulas de seguridad. Para llevar el control de estos equipos se debe tener constante comunicación con la gente de Suministros, ya que ellos son los encargados de dar seguimiento al proveedor. Estos suministros son críticos debido a los siguientes factores:

- Lista de proveedores autorizados por el cliente muy limitada (“Vendor List”).
- Retraso en la colocación de la Orden de compra.
- Largos plazos de entrega por parte del proveedor.
- Cambios en las especificaciones del equipo.

Estos tres factores se pueden explicar de la siguiente manera. El proceso de compra de un equipo inicia cuando Suministros recibe la MR, comienzan a pedir cotizaciones a distintos proveedores del *Vendor list*, reciben las ofertas y analizan técnica y comercialmente. La parte técnica es analizada por Ingeniería y por el Cliente, y la comercial la realiza directamente el comprador. Es ahí donde se tiene el retraso para la emisión de la OC, técnicamente por los cambios en las especificaciones y comercialmente debido a que no se cierran las negociaciones económicas y de plazos de entrega de los equipos.

Item	Actividad (1)	Original (2)	Febrero 2015 (3)	Diferencia (4)
<b>1 DOSIFICADOR DE QUÍMICOS</b>				
A	Emisión MR	07-ago-14	12-ago-14 (5)	-5
B	Firma OC	25-nov-14	06-mar-15	-101
C	Plazo de entrega	240	180	60
D	1er Entrega en Sitio	23-jul-15	02-sep-15	-41
E	Flotante total	44	3	41
<b>2 CALENTADOR ELÉCTRICO</b>				
A	Emisión MR	03-jul-14	01-jul-14 (5)	2
B	Firma OC	22-sep-14	23-ene-15 (5)	-123
C	Plazo de entrega	185	251	-66
D	1er Entrega en Sitio	26-mar-15	01-oct-15	-189
E	Flotante total	202	13	189
<b>3 VÁLVULAS DE SEGURIDAD</b>				
A	Emisión MR	07-oct-14	17-oct-14 (5)	-10
B	Firma OC	06-dic-14	27-feb-15 (5)	-83
C	Plazo de entrega	165	202	-37
D	1er Entrega en Sitio	20-may-15	17-sep-15	-120
E	Flotante total	129	9	120

- NOTAS:
- Plazo de entrega y flotante total en días naturales.
  - Datos tomados del programa contractual.
  - Datos tomados del programa de Febrero 2015.
  - Diferencia en días naturales.
  - Fechas cumplidas al 28 Febrero 2015.

Figura 37 Retrasos en equipos Críticos<sup>48</sup>

<sup>48</sup> Fuente: Elaboración propia

Como se puede ver en la Figura 37, los tres equipos presentan diferencias muy marcadas con lo que se tenía planeado originalmente, por ello durante el mes de febrero del 2015 se realizó un análisis de las holguras perdidas en el proceso de compra de los equipos (incluyendo equipos no críticos) y se obtuvieron los siguientes datos:

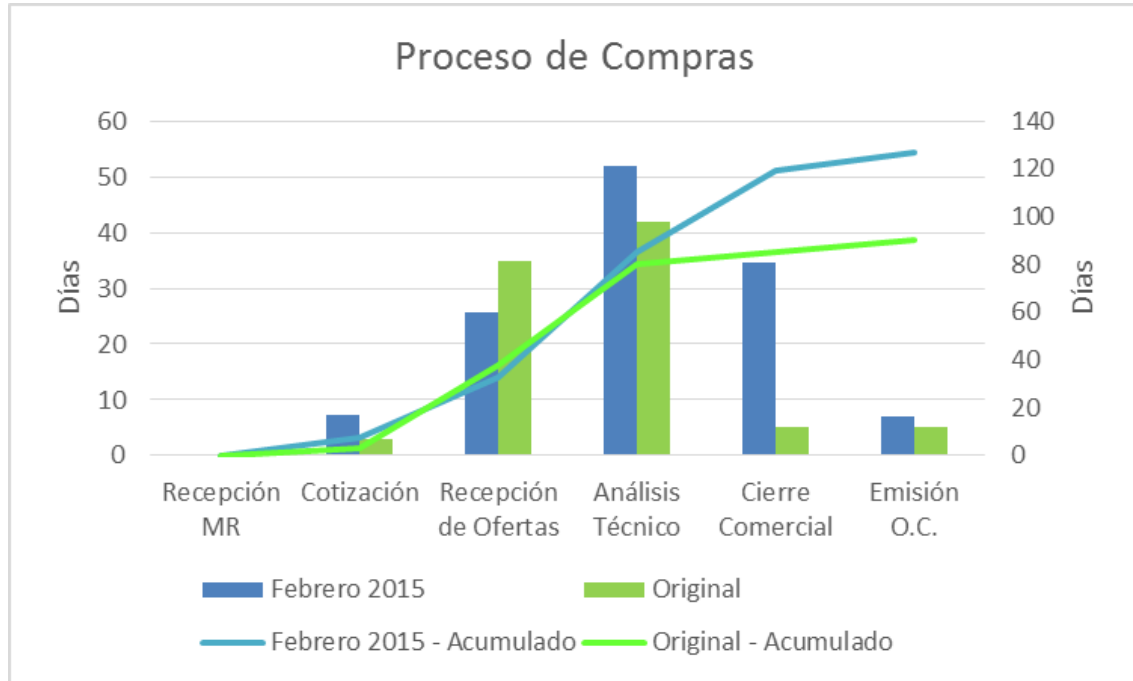


Figura 38 Proceso de compra Original vs Febrero 2015<sup>49</sup>

En la Figura 38 se puede ver el retraso que se presenta principalmente durante el cierre comercial, esto se realiza después del análisis técnico por parte de ingeniería. En la mayoría de los casos el retraso en el cierre comercial se justificó con disminución en el tiempo de entrega y un ahorro en el costo del equipo, sin embargo, en los equipos vistos anteriormente se tuvo desvíos considerables en tiempo y costo.

Planeación se ve involucrado en el proceso de compra al establecer las fechas de necesidad en sitio para los equipos, el problema fue que en algunos casos como el anterior no se respetaron los tiempos del proyecto y nos llevó a un retraso considerable en la entrega del equipo y su eventual inclusión en la ruta crítica del proyecto.

El principal problema que se enfrenta en estos casos es que a la fecha se están terminando los tiempos de holgura que se tenían originalmente en el proyecto, esto presenta un riesgo de retraso del proyecto y posibles desvíos en el presupuesto.

Para evitar que sigan teniendo retraso, se trabaja en conjunto con el grupo de Commissioning que realizará la fase de Pruebas y puesta en marcha de la planta, con ello se busca reducir tiempos durante

<sup>49</sup> Fuente: Elaboración propia



las pruebas así como en el montaje de los equipos. Además, semanalmente se revisa el estado de fabricación de los equipos para evitar cualquier retraso en la entrega en sitio por parte de los proveedores.

Los temas anteriores son incluidos dentro de los reportes semanales del proyecto, adicionando los temas más relevantes de la semana y enviando las alertas emitidas a niveles superiores de la organización. Esto también forma parte de las responsabilidades de Planeación y se considera parte fundamental para el seguimiento del proyecto por parte de la dirección de la empresa. En ocasiones, como lo fue en su momento el cierre comercial de la Planta de Tratamiento de Agua, los reportes y alertas emitidas por parte de Planeación han llegado a la presidencia de la empresa y logrado que los niveles más altos de la organización se involucren en el proceso para cerrar el trato con el proveedor.

Sin embargo, se intenta trabajar de cerca con los diferentes departamentos para evitar llegar hasta esas instancias, por lo que los reportes y reuniones semanales, así como los programas y planes del proyecto son herramientas necesarias y que en ocasiones no se les da la debida atención por parte de las personas que integran el proyecto.

Por ello, se debe estar en constante comunicación con las áreas que integran el proyecto para dar un mejor y más cercano seguimiento y que de ésta manera se tengan las suficientes herramientas así como la información correcta y oportuna para actuar cuando se necesite, previendo en medida de lo posible, los trabajos que han de ser realizados en determinado tiempo y manteniendo supervisado el proyecto desde un nivel que nos permita detectar y alertar sobre cualquier posible desvío en los tiempos del proyecto.

## V. CONCLUSIÓN

La Industria de la Construcción espera ser beneficiada con varios proyectos en materia de energía, y para ello es necesario que la Constructora se apegue en su totalidad a los requerimientos del cliente, por lo anterior es indispensable realizar de forma adecuada la planeación del proyecto, ya que habrá mucha competencia en el mercado y el competidor que respete al máximo los tiempos y requerimientos del proyecto soportados en su planeación, será quien tenga en sus manos el poder de llevar a cabo proyectos de gran importancia y magnitud.

Cualquier retraso en las fechas establecidas será causa de pérdidas e incluso penalizaciones por parte del cliente. Con lo visto en los capítulos anteriores nos podemos dar una idea de la gran cantidad de factores que afectan a un proyecto de Construcción, y para ello es necesaria la participación conjunta de diversas áreas de la empresa y el departamento de Planeación, primero durante la fase de licitación para la elaboración de un plan que plasmado en un programa de actividades muestre la forma en que se abordará el proyecto, y posteriormente el seguimiento de dicho programa durante la fase de ejecución.

La elaboración de un programa de oferta no solo involucra establecer tiempos para cada tarea, sino saber controlarlos de manera eficiente para cumplir con las metas. Como se ha visto en varias ocasiones los encargados de los departamentos tienden a protegerse a sí mismos y a su trabajo dando tiempos muy largos para la realización de sus actividades. Después de analizarse con el equipo de planeación resultan ser tiempos inconsistentes con lo que generalmente se tardaría en dicha actividad, esto suele pasar con varios casos y se debe principalmente a que cada quien se preocupa únicamente por sus intereses y no por los intereses de la compañía o del cliente.

Si bien el área de Planeación no se encarga de emitir planos, ni realizar los cálculos o diseños para el proyecto, es de suma importancia involucrarse en las distintas áreas con las que se trabaja, de esta manera es posible definir cuáles son nuestros objetivos y difundirlos para que las demás áreas de la empresa se muevan en conjunto hacia las metas planteadas.

Cuando comencé a trabajar en la Constructora me fue realmente útil saber sobre temas técnicos relacionados con mi trabajo de planeación. Es por ello que en mi opinión como ingeniero industrial tengo una ventaja competitiva que es la de ser un ingeniero multidisciplinario. Con esto no intento de decir que no podemos especializarnos en nada, al contrario, que tenemos un amplio conocimiento de muchas disciplinas de ingeniería y que, si bien no somos expertos, nuestra formación nos permite desarrollarnos en la que mejor nos desempeñemos o la que más nos interese.

Tal fue mi caso en la Constructora que a pesar de ser esencialmente un área de ingeniería civil, me fue posible adaptarme rápidamente. Y es que, aunque la planeación no se realiza de la misma manera en un proyecto de construcción que en un proceso de producción, se tienen las mismas bases para realizarla. Con ello me refiero a que el fin primordial de la planeación es el de fijarnos una línea de acción que nos permita tomar decisiones que nos lleven hacia un objetivo establecido.

La planeación aplicada a proyectos nos lleva al concepto de Administración de Proyectos, el cual en la teoría tiene como parte esencial a la planeación y en la práctica lo confirmé durante mi estancia en el proyecto Termoeléctrica, la planeación es el brazo derecho del Gerente de Proyecto.

Como lo menciono en el último capítulo, la planeación es la base para el correcto control del proyecto, además de lo importante que es la comunicación entre las diferentes áreas para evitar confusiones, ya que su trabajo alimenta de información al Analista de planeación y viceversa.

Se puede destacar dentro de todo, que la herramienta de CPM es la más importante de ellas, ya que nos permite valorar si un proyecto puede ser completado en tiempo. A falta de año y medio de proyecto se tienen buenos resultados, si bien habrá que cuidar detalladamente cada uno de los elementos críticos, la mayoría se encuentran en proceso y se espera que los programas actuales muestren lo que queda pendiente en el proyecto, sin embargo, como me queda muy claro, la planeación nunca termina y para que los planes y programas de ejecución se sigan se debe realizar un estricto control y seguimiento del proyecto.

## VI. REFERENCIAS

- Ackoff, R. L. (2012). *El paradigma de Ackoff: Una administración sistémica*. (R. Piña García, Trad.) México: Limusa Wiley.
- Ander-Egg, E. (1991). *Introducción a la planificación*. Madrid.
- Google Docs. (s.f.). Recuperado el 20 de Febrero de 2014, de <https://docs.google.com/document/d/1bT0EMWwrBDHp7qDrGS5VqrMkcWrn2X7dvZ721WmitY8/edit?pli=1>
- Guerrero Longoria, J. M. (2007). *Propuesta para el mejoramiento de programación y control para la construcción del Hospital General zona Norte del estado de Puebla 2ª etapa*. Tesis profesional, Universidad de las Américas Puebla, Ingeniería Civil y Ambiental, Puebla.
- Kerzner, H. (2009). *Project Management: A Systems Approach to Planning, Scheduling, and Controlling* (Décima ed.). Nueva Jersey: John Wiley and Sons.
- Knootz, H., & Weihrich, H. (1990). *Administración*. (McGraw-Hill, Trad.) México: McGraw-Hill.
- Marín Pinillos, B. (1994). *Investigación de Operaciones I*. México: U.N.A.M.
- Martino, R. L. (1965). *Planeación de Operaciones Aplicada*. (C. Díaz Gómez, Trad.) México: Editora Técnica.
- Münch Galindo, L., & García Martínez, J. (1990). *Fundamentos de Administración* (Quinta ed.). México: Trillas.
- Peña Nieto, E. (20 de Diciembre de 2014). *Presidencia de la República: Reforma Energética*. Obtenido de <http://cdn.reformaenergetica.gob.mx/decreto-reforma-energetica.pdf>
- Project Management Institute. (2013). *A guide to the project management body of knowledge* (5th ed.). Pennsylvania: Project Management Institute.
- Reyes Ponce, A. (2004). *Administración Moderna*. México: Limusa.
- Romero Hernández, O., Muñoz Negrón, D., & Romero Hernández, S. (2006). *Introducción a la ingeniería, un enfoque industrial*. México: Thomson Learning.
- Taha, H. (1995). *Investigación de Operaciones*. México: Alfaomega.
- Terry, G. R., & Franklin, S. G. (1986). *Principios de Administración*. (W. A. Vasseur, Trad.) México: Compañía Editorial Continental.

## VII. TABLA DE FIGURAS

Figura 1 Panorámica del Proyecto Termoeléctrica en Pesquería, Mty.....	4
Figura 2 Maqueta 3D Proyecto Termoeléctrica.....	5
Figura 3 Cubo del proyecto.....	13
Figura 4 Ciclo de vida de un proyecto.....	14
Figura 5 WBS en forma de árbol.....	16
Figura 6 WBS en forma de lista.....	17
Figura 7 Diagrama de Red.....	17
Figura 8 Diagrama de Red con actividades sobre los arcos.....	18
Figura 9 Diagrama de Red con actividades en los nodos.....	18
Figura 10 Diagrama de red - CPM.....	20
Figura 11 Diagrama de Gantt.....	21
Figura 12 Diagrama Espacio – Tiempo.....	22
Figura 13 WBS para proyectos.....	25
Figura 14 Nivel de Unidades a).....	26
Figura 15 Nivel de Unidades b).....	26
Figura 16 Nivel de Fases.....	27
Figura 17 Nivel de Disciplinas.....	31
Figura 18 Nivel de Paquetes de Trabajo.....	33
Figura 19 Nivel de Actividades.....	34
Figura 20 Hitos en un Diagrama de Gantt.....	34
Figura 21 Tareas en un Diagrama de Gantt.....	34
Figura 22 Tipos de relaciones lógicas a. SS, b. SF, c. FS y d. FF.....	35
Figura 23 Diagrama de Gantt.....	35
Figura 24 Diagrama Espacio – Tiempo.....	36
Figura 25 WBS Proyecto Termoeléctrica.....	41
Figura 26 Lista de Actividades con predecesores inmediatos.....	42
Figura 27 Red de Actividades.....	43
Figura 28 Diagrama de Gantt de Instalación de Turbina de Gas #1.....	44
Figura 29 Reuniones de seguimiento semanal.....	56
Figura 30 Plano de Clasificación de áreas Civiles PTA.....	62
Figura 31 Plano de Cimentaciones de Bahías SE.....	63
Figura 32 Caldera de Recuperación (HRSG).....	68
Figura 33 Montaje Caldera #1.....	72
Figura 34 Cimentaciones Turbina de Vapor.....	73
Figura 35 Retrasos Torre de Enfriamiento.....	77
Figura 36 Fundaciones Torre de Enfriamiento.....	78
Figura 37 Retrasos en equipos Críticos.....	79
Figura 38 Proceso de compra Original vs Febrero 2015.....	80

## VIII. TABLA DE DIAGRAMAS DE GANTT

Programa 1 Ruta Crítica Contractual .....	46
Programa 2 Ruta Crítica Febrero 2015 .....	50
Programa 3 Planta de Tratamiento de Agua .....	58
Programa 4 Subestación .....	64
Programa 5 Calderas 1, 2 y 3 .....	69
Programa 6 Turbina de Vapor.....	74